

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
1. Датум и орган који је именовео комисију: Декан Факултета техничких наука на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука; Решење број 012-199/33-2021 дана 27.01.2022.			
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :			
1.	<b>др Илија Ђосић</b>	Професор емеритус	Производни и услужни системи, организација и менаџмент, 24. 03. 2016.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	<b>др Радо Максимовић</b>	редовни професор	Производни и услужни системи, организација и менаџмент, 01.10.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	<b>др Дубравко Ђулибрк</b>	редовни професор	Инжењерство информационих система, 17.01.2018.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	<b>др Мирко Стојиљковић</b>	ванредни професор	Термотехника, термоенергетика и процесна техника, 13.01.2021.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Машински факултет, Ниш		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	<b>др Маша Букуров</b>	редовни професор	Механика флуида, хидропнеуматска, гасна и нафтна техника, 17.01.2018.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
6.	<b>др Мирослав Кљајић</b>	ванредни професор	Термотехника, термоенергетика и управљање енергијом, 01.12.2019.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

**II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

1. Име, име једног родитеља, презиме: Милован, Милан, Медојевић
2. Датум рођења, општина, држава: 07.10.1984., Нови Сад, Република Србија
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Факултет техничких наука, Мастер академске студије, Мастер инжењер инжењерског менаџмента, Мастер инжењер индустријског инжењерства
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2012; Индустријско инжењерство / Инжењерски менаџмент

**III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

АНАЛИЗА ПОНАШАЊА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА НА ОСНОВУ ТЕОРИЈЕ ЕНЕРГЕТСКИХ  
ТОКОВА НЕЛИНЕАРНИХ ДИНАМИЧКИХ СИСТЕМА

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација је изложена у 4 кључна поглавља на 232 стране. Садржај дисертације је дат на 2 стране, а попис коришћене литературе са 267 референци наведен је на 16 страна. Докторска дисертација садржи 97 слика и 10 табела интегрисаних у основни текст дисертације. После насловне стране, приложена је кључна документација на српском и енглеском језику, након чега следи садржај, листа слика, листа табела и захвалница. Кључна поглавља која представљају приказ истраживања која су извршена у оквиру дисертације су:

#### **1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА**

- 1.1 ОБРАЗЛОЖЕЊЕ О ПОТРЕБАМА ИСТРАЖИВАЊА
- 1.2 ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ И НАУЧНИХ СТАВОВА У ОБЛАСТИ
- 1.3 ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА
- 1.4 ИСТРАЖИВАЧКИ ПРОБЛЕМ
  - 1.4.1 ИоТ: Примарни технолошки концепт за решавање истраживачког проблема
- 1.5 ПРИМЕЊЕНЕ МЕТОДЕ И СТРУКТУРА ПРОЦЕСА ИСТРАЖИВАЊА
- 1.6 ЛОКАЦИЈЕ УЗОРКОВАЊА ПОДАКА И ИЗВОЂЕЊА ЕКСПЕРИМЕНАТА
- 1.7 ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА
- 1.8 ДЕФИНИСАНЕ ХИПОТЕЗЕ

#### **2. ТЕПРОЈСКЕ ПОДЛОГЕ ИСТРАЖИВАЊУ**

- 2.1 УВОД У АНАЛИЗУ СИСТЕМА
  - 2.1.1 Појам система и његовог окружења
  - 2.1.2 Својства система
  - 2.1.3 Класификација система и њихове карактеристике
  - 2.1.4 Извод из опште теорије система
  - 2.1.5 Структура система
- 2.2 КОНЦЕПТ ПРОИЗВОДНОГ СИСТЕМА
  - 2.2.1 Кратак осврт на еволуцију и развој производних система кроз индустријске револуције
  - 2.2.2 Сложеност производних система
    - 2.2.2.1 Теорија хаоса и нелинеарне динамике
    - 2.2.2.2 Теорија информација
    - 2.2.2.3 Хибридни приступ
    - 2.2.2.4 Теорија аксиоматског дизајна
    - 2.2.2.5 Остале неklasификоване теорије
    - 2.2.2.6 Кратак осврт на идентификоване теорије и резултате у пракси
- 2.3 КОНВЕНЦИОНАЛНИ ПРИЛАЗИ КВАНТИФИКАЦИЈИ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГИЈЕ У ПРОИЗВОДНИМ СИСТЕМИМА
  - 2.3.1 Процењивање путем ексергијског оквира
  - 2.3.2 Процена преко номиналне снаге
  - 2.3.3 Процена путем симулације
  - 2.3.4 Процена путем емпиријских модела
  - 2.3.5 Кратак осврт на идентификоване теорије и резултате у пракси
    - 2.3.5.1 Анализа типа 1: Једноставне машине
    - 2.3.5.2 Анализа типа 2: Прилагодљиве једноставне машине
    - 2.3.5.3 Анализа типа 3: Сложене машине једне намене
    - 2.3.5.4 Анализа типа 4: Вишенаменске сложене машине
    - 2.3.5.5 Коришћење енергије на нивоу производног система
    - 2.3.5.6 Пример примењене методологије
- 2.4 ТРАНЗИЦИЈА КА ИНТЕЛИГЕНТНИМ ПРОИЗВОДНИМ СИСТЕМИМА СА ФОКУСОМ НА ЗНАЧАЈ И УЛОГУ ЕНЕРГИЈЕ
  - 2.4.1 Основни технолошки концепти
    - 2.4.1.1 Концепт интелигентне производње
    - 2.4.1.2 Производња подржана ИоТ-јем
    - 2.4.1.3 Производња заснована на облаку
    - 2.4.1.4 Сајбер-физички системи

2.4.1.5 Аналитика великих података

2.4.1.6 Информационо-комуникационе технологије

### **3. РАЗВОЈ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА И ИЗВОЂЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНАТА**

3.1 РАЗВОЈ ИИОТ УРЕЂАЈА ЗА АКВИЗИЦИЈУ ПОДАТАКА

3.2 РАЗВОЈ ХАРДВЕРСКОГ ПРОГРАМСКОГ КОДА - FIRMWARE-A

3.3 ОСНОВНЕ ФУНКЦИОНАЛНОСТИ РАЗВИЈЕНОГ РЕШЕЊА

3.4 ПРВИ ЕКСПЕРИМЕНТ (SHIZUOKA SV-4020 ВЕРТИКАЛНИ МАШИНСКИ ЦНЦ ЦЕНТАР)

3.4.1 Дискусија резулта генерисаних првим експериментом

3.5 ДРУГИ ЕКСПЕРИМЕНТ (МАШИНСКИ ПАРК ФАБРИКЕ ABSOLUTE CNC)

3.5.1 Модел за аутоматизовано профилисање понашања система на основу праћења токова енергије

3.5.1.1 Дискусија генерисаних резултата

3.5.2 Модел за одређивање ангажоване снаге система током времена

3.5.2.1 Евалуација модела за одређивање ангажоване снаге система током времена

3.5.2.2 Дискусија генерисаних резултата

3.5.3 Модел предвиђања будућег стања система

3.5.3.1 Задатак 1

3.5.3.2 Дискусија резултата

3.5.3.3 Задатак 2

3.5.3.4 Дискусија резултата

### **4. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА**

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

- **Наслов** докторске дисертације „Анализа понашања производних система на основу теорије енергетских токова нелинеарних динамичких система“ је прикладно формулисан и описује предмет, проблем и област истраживања.

- **Поглавље 1 (УВОДНА РАЗМАТРАЊА):**

У овом поглављу дат је филозофски поглед на суштинску апстарктност појма енергије са једне и неопходност континуалног тока исте за основно функционисање система са друге стране. Затим су детаљније анализиране потребе за истраживањем, на основу чега је конципиран предмет истраживања и приказан истраживачки проблем. Идентификован је примарни технолошки концепт за решавање истраживачког проблема, методе и структура процеса истраживања. Индикуване су локације узорковања података и извођења експеримената као и истраживачки циљеви пропраћени истраживачким хипотезама:

**X1:** Идентификација и увођење нелинеарних чланова (променљивих) може имати значајан утицај на побољшање перформансе система пружајући јасан увид и реалну репрезентацију понашања система услед низа активности које му нелинеарно мењају стање.

**X2:** Примена модела праћења понашања производних система које карактерише нелинеарно динамичко својство а који се заснива на принципима теорије енергетских токова у реалном времену, поспешује ефикасније доношење одлука за повећање енергетске ефикасности производних система, њихове оптимизације те интеграцију нових технолошких концепата.

**X3:** Стицањем увида у динамику тока енергије производног система у реалном времену могуће је развијати подсистеме за машинско учење процеса и транзицију ка интелигентним системима које карактерише висок степен флексибилности и напредне контроле.

*Комисија закључује да су предмет, проблем истраживања, план реализације, заједно са постављеним циљевима дисертације, представљеним истраживачким хипотезама и осталим истраживачким питањима прецизно и адекватно дефинисани и у потпуности потврђени.*

- **Поглавље 2 (ТЕОРИЈСКЕ ПОДЛОГЕ ИСТРАЖИВАЊУ):**

У овом поглављу поглављу истичу се кључни елементи анализе система при чему се у овом истраживању систем разматра из енергетског аспекта. Указује се на сам појам система и његовог окружења, својства и структуре система, као и њихову класификацију сходно релевантним карактеристикама. Претходно је финално пропраћено кратким изводом из опште теорије система са циљем да се формулишу и изведу принципи применљиви у различитим врстама система. Затим, дефинисан је концепт производног система, дате су основне дефиниције пропраћене одговарајућом теоријском подлогом које представљају полазну основу овог истраживања. Посебна пажања посвећена је анализи сложености производних система са циљем проналажења везе између перформанси производних система, њиховог понашања, као и метрика сложености са једне и утврђивања корелације степана сложености и еволуције понашања производних система са друге стране. Такође, разматрани су конвенционални прилази квантификацији коришћења енергије у производним системима. Приказани су неки од постојећих приступа у вези са одређивањем и предвиђањем коришћења енергије у производним системима, попут процењивања путем ексергијског оквира, преко номиналне снаге, путем симулације, и емпиријских модела, након чега је приказан кратак осврт на идентификоване теорије и резултате у пракси. У овом делу дисертације се разматра процес транзиције ка интелигентним производним системима са фокусом на значај и улогу енергије. Дат је преглед основних концепата и технологија које омогућавају производним системима досезање напредног нивоа из аспекта производних могућности, а то су: Концепт интелигентне производње, производња подржана ИоТ-јем, производња заснована на облаку, Сајбер-физички системи, Аналитика

великих података, и Информационо-комуникационе технологије. Истраживања фокусирана на ове концепте су различита и заснована су на различитим идејама., при чему се не умањује значај и потенцијал технологија које нису споменуте.

*Комисија сматра да приказани преглед стања у области, дат у наведеном поглављу, указује на актуелност истраживања и на потребу за анализом понашања производних система на основу теорије енергетских токова нелинеарних динамичких система, при чему је теоријско утемељење и аргументација потребе за истраживањем и развојем модела потпуно оправдана и постављена у складу са темом дисертације.*

- **Поглавље 3 (РАЗВОЈ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА И ИЗВОЂЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНАТА):**

У овом поглављу предложено је неколико експеримената за потребе истраживања и доказивања наведених хипотеза. Предложено је, пројектовано и развијено хардверско решење за ефикасно праћење коришћења енергије брзореактивних енергетских система у индустријским окружењима. Техничко решење представља уређај за аквизицију података о интензитету струје и припада категорији индустријских ИоТ уређаја (*IIoT, eng. Industrial Internet of Things*). За потребе доказивања прве две хипотезе (X1 и X2) уређај је имплементиран у производном погону компаније ЦНЦ Дуо МЛ на Shizuoka SV-4020 вертикалном машинском ЦНЦ центру. Фокус истраживања усмерен је на једну комплексну машину, идентификацију интензитета коришћења енергије приликом извођења операције за потребе експеримента и идентификацију типова понашања из аспекта коришћења енергије. Други експеримент изведен је у производном погону компаније Абсолюте ЦНЦ, при чему су посматране све радне машине које учествују у процесу рада. Генерисани резултати искоришћени су касније за доказивање треће хипотезе (X3).

Развијен је модел за аутоматизовано профилисање понашања система на основу праћења токова енергије који је способан да идентификује, класификује и квантификује стања система, као и да идентификована стања прикаже у профилу понашања. Резултати генерисани овим моделом иду у прилог дефинисаној хипотези X3, која тврди да је стицањем увида у динамику тока енергије производног система у реалном времену, могуће развијати подсистеме за машинско учење процеса и транзицију ка интелигентним системима које карактерише висок степен флексибилности и напредне контроле. Имплементација овог модела у пракси је значајна са аспекта стицања увида у појаву нових, неочекиваних стања система (последица нелинеарности) у реалном времену, што омогућава брзо одлучивање, као и правовремену реакцију и извођење неопходних анализа.

Развијен је и модел неуронске мреже који на основу података о интензитету струје, са одређеном тачношћу може одредити ангажовану снагу, односно количину енергије коју је систем искористио за посматрани временски период.

На самом крају истраживања, као резултат претходно наведеног идентификована је нова хипотеза:

**X4:** Ако је могућа аутоматизована идентификација стања која егзистирају у оквиру неког понашања система, онда је могуће у одређеној мери предвидети будуће стање система релативно тачно у зависности од дужине временског периода за које се предвиђање изводи.

Доказивање нове хипотезе заснива се на имплементацији дубоког учења на бази побољшане рекурентне неуронске мреже (РНН), односно ЛСТМ мреже (*eng. Long Short-Term Memory*). Развијени модели добро генерализују посматрани проблем на основу чега се закључује да су погодни за примену.

*Комисија закључује да је методологија развоја модела представљена на адекватан и систематичан начин. Сви кораци развоја модела су детаљно и транспарентно приказани и описани што олакшава њихово разумевање и примену. Истраживање је коректно реализовано применом методе дизајна експеримента, а методологија развоја концептуалних модела је потврђена датим резултатим уз дискусију. Комисија констатује да је дискусија резултата добијених верификацијом концептуалних модела изведена на адекватан начин.*

- **Поглавље 4 (ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА):**

У овом поглављу сумирано је све претходно наведено у оквиру овог истраживања, где је опис целокупног моделирања представљен на систематичан начин истичући најважније карактеристике. Поред тога, формулисани су закључци уз сумирање научног доприноса дисертације са представљеном могућношћу и резултатима практичне примене модела у индустријском окружењу.

*Комисија сматра да су доприноси истраживања, као и могућност примене предложених решења истраживачког проблема у пракси адекватно приказани и оправдани.*

*Такође, изведени закључци потврђују значај примене креираних модела у производним системима и представљају научни допринос области енергетског менаџмента у индустрији.*

- На самом крају је наведена коришћена **литература** и дат је списак институција које су подржале ово истраживање.

*Комисија констатује задовољавајући број релевантних литературних извора новијег датума који указује на актуелност теме којом се бави ова докторска дисертација.*

## **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 складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

Списак објављених радова:

### **М23 Међународни часопис**

- **Medojevic M.**, Tejic B., Medojevic M., Kljajic M., *Design and development of IIoT-based system for behavior profiling of nonlinear dynamic production systems based on energy flow theory*, Thermal Science, Vol. 26, No. 3A, (2022), pp. X-15, <https://doi.org/10.2298/TSCI210327228M>
- Medojevic M., **Medojevic M.**, Díaz V.P., *Simulation-based design of solar photovoltaic energy generation system for manufacturing support*, Thermal Science, Vol. 25, Issue 4, Part A, (2021), pp. 2517-2538, <https://doi.org/10.2298/TSCI190719161M>

### **М33 Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

- **Medojevic M.**, Medic N., Marjanovic U., Lalic B., Majstorovic V., *Exploring the Impact of Industry 4.0 Concepts on Energy and Environmental Management Systems: Evidence from Serbian Manufacturing Companies*, *Advances in Production Management Systems (APMS)*, Vol. 24-2 (2019), pp. 355-362, ISBN 978-3-030-29995-8
- **Medojevic M.**, Díaz V.P., Cosic I., Rikalovic A., Sremcevic N., Lazarevic M., *Energy management in Industry 4.0 ecosystem: A review on possibilities and concerns*, *DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, Vol. 29 (2018), pp. 393-399, ISBN 978-86-6022-098-3

### **Међународни часопис (Без категорије према КОБСОН-у)**

- Medojevic M., **Medojevic M.**, Delic M. *An integrated framework of factors affecting energy-related user behavior*, *International Journal of Sustainable Energy*, Vol. 40, Issue: 4, (2021), pp. 364-388, <https://doi.org/10.1080/14786451.2020.1811280>, ISSN:1478646X, 14786451

*Комисија је закључила да садржај објављених радова показује да је тим радовима већ извршена делимична потврда резултата истраживања у научној и стручној јавности.*

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:**

Прегледом докторске дисертације утврђена је систематизована истраживачка грађа, која омогућује да се, уз примену предложене методологије научног рада, изврши анализа података из релевантних извора (из научне и стручне литературе из области истраживања). На основу анализе и интерпретације свих раслопживих података, развијени су оригинални модели који доприносе анализи понашања производних система на основу теорије енергетских токова нелинеарних динамичких система. Према добијеним резултатима могу се извести следећи закључци:

- Уочена је ограниченост идентификованих анализа, алата, метода, као и модела, да на свеобухватан начин квантификују утицајне факторе, интензитет њиховог деловања, као и међусобне релације на начин коришћења енергије посматраног система у реалном времену, првенствено због искључености динамичке компоненте посматрања система што је кључно да би се стекао увид у стање и понашање неког система на основу интензитета и начина његовог коришћења енергије.
- Анализом конвенционалних прилаза за квантификацију коришћења енергије у производним системима, констатовано је да и поред бројних предности, брзине примене и лаке имплементације, предложени приступи једноставно нису задовољавајући посматрано из аспекта постављених хипотеза овог истраживања. Иако је потребно иницијално уложити одређени напор, континуално мерење је неопходно како би се на основу увида у динамику енергетских токова могла идентификовати карактеристична стања у којим се посматрани систем може наћи, односно профили понашања елемената система, као и временски периоди појаве одређених нелинеарности у том понашању, које указују на појаву анамалија у функционисању система.
- Предложено је, развијено и имплементирано техничко решење које представља хардверски уређај за ефикасно праћење коришћења енергије брзореактивних енергетских система у индустријским окружењима, односно за аквизицију података о интензитету електричне струје, а које припада категорији индустријских *IIoT, eng. Industrial Internet of Things*).
- Експериментални рад базиран је на методологији дизајна експеримента а узорковање података извршено је на две локације при чему су обе окарактерисане као производни системи за формирање и обраду метала.
- Подаци генерисани експерименталним поставкама искоришћени су за потребе развоја модела коришћењем техника и концепата вештачке интелигенције и имплементације подсистема за машинско учење процеса и предиктивно одржавање са фокусом на транзицију ка интелигентним производним системима које карактерише висок степен флексибилности и напредне контроле.
- Развијено је неколико модела:
  - Модел за аутоматизовано профилисање понашања система на основу праћења токова енергије,
  - Модел неуронске мреже за одрживање ангажоване снаге, и
  - Модел за предвиђање будућег стања система техником дубоког учења.
- Извршено је проширење у научној области и дат допринос развоју поља истраживања на тему енергетског менаџмента у индустрији.
- Закључци су јасно и транспарентно наведени, што је пропраћено и дефинисаним правцима будућих истраживања.

*Имајући у виду горе наведено, Комисија сматра да је кандидат успешно извршио планирана истраживања, урадио докторску дисертацију, остварио постављене циљеве и дао оригиналан научни допринос развоју теорије и праксе за унапређење производних система у области индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента, као основног подручја истраживања.*

## **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

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

Кандидат је коректно приказао полазне поставке истраживања, у потпуности дефинисао методологију реализације истог при чему су резултати истраживања у складу са поставкама и методологијом и не одступају од циљева дефинисаних у оквиру дисертације. Резултати истраживања су транспарентни и објективно протумачени. Кандидат је на основу истраживања и добијених резултата формирао моделе и адекватно приказао значај примене истих, чиме је целокупни процес истраживања заокружен. Оцена начина приказа и тумачења резултата је позитивна.

Докторска дисертација је проверена на плагијаризам у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate* на основу чега је потврђено да текст не садржи елементе плагијаризма.

#### **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?

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним 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 од радова овог типа.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Разматрајући докторску дисертацију кандидата, комисија је закључила да она представља оригиналан допринос у области индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента. Развијени модели, као и експериментално потврђивање развијене методологије и техничко решење, представљају научни допринос аутора анализи понашања производних система на основу предложене теорије енергетских токова нелинеарних динамичких система у теорији и пракси. Допринос примене предложеног приступа огледа се у следећем. Приликом примене било које аналитичке, конвенционалне методе потребно је симултано одредити динамику промене силе и кретања предмета рада, што се даље компликује неминовним потешкоћама при коришћењу метода коначних елемената или експерименталне модалне анализе, односно захтева екстремно мале величине елемената да би се постигла потребна рачунска прецизност. Са друге стране, променљива која се одређује овим приступом комбинује ефекте и од сила и од брзина, а њихов производ, снагу, односно интензитет промене енергије, карактерише динамичко понашање, које укључује и одражава потпуну информацију о његовој равнотежи и кретању, те стога превазилази ограничења за проучавање промена силе и кретања одвојено.

*Комисија закључује да су истраживањем испуњени сви задати циљев и да докторска дисертација кандидата представља оригиналан допринос у области унапређења енергетског менаџмента производних система. Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.*

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? Дисертација нема битних недостатака који би утицали на резултате истраживања.
<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.

У Новом Саду и Нишу, 17.03.2022.

1. др Илија Ћосић, професор емеритус  
\_\_\_\_\_, председник
2. др Радо Максимовић, редовни професор  
\_\_\_\_\_, члан
3. др Дубравко Ђулибрк, редовни професор  
\_\_\_\_\_, члан
4. др Мирко Стојиљковић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан
5. др Маша Букуров, редовни професор  
\_\_\_\_\_, члан
6. др Мирослав Кљајић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан/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 и да исти потпише.