

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2026 - 35/99

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

9. 4. 2026.

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Процеси деградације изолационог система енергетских трансформатора у присуству
елементарног сумпора и развој технологије екстракционо реакционе десулфуризације**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Дејан (Миодраг) Коларски

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Хемијско инжењерство, мастер инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2018.

4. Година уписа на докторске студије: 2019.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

6. Датум подношења пријаве
теме докторске дисертације:

5. 2. 2026.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Дејан Коларски**

Име и презиме ментора: **др Сандра Глишић**

Звање: доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D. Prokić Vidojević, **S. Glišić**, J. Krstić, A. Orlović, Aerogel Re/Pd-TiO₂/SiO₂ and Co/Mo-Al₂O₃/SiO₂ catalysts for hydrodesulphurization of dibenzothiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene, *Catalysis Today*, Volume 378, 2021, pages 10-23, <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.11.022>. IF2(2020)=6,766, ISSN: 1873-4308
2. A. R. Ćosović, T. Žák, **S. B. Glisic**, M. D. Sokić, S. S. Lazarević, V. R. Ćosović, A. M. Orlović, Synthesis of nano-crystalline NiFe₂O₄ powders in subcritical and supercritical ethanol, *The Journal of Supercritical Fluids*, volume 113, 2016, pages 96–105. (doi:10.1016/j.supflu.2016.03.014) IF2(2016)=2.991, ISSN: 0896-8446
3. D. Prokić-Vidojević, **S. B. Glišić**, R. Pešić, A. M. Orlović, Desulphurisation of dibenzothiophene and 4,6 – dimethyl dibenzothiophene via enhanced hydrogenation reaction route using RePd–TiO₂/SiO₂ aerogel catalysts: Kinetic parameters estimation and modelling, *Hemijska Industrija*, volume 76 (3), 2022, pages 135-145, DOI:<https://doi.org/10.2298/HEMIND220114008P>, IF5(2022)=0.700, ISSN: 0367-598X4.
4. **S.B. Glisic**, J.M. Pajnik, A.M. Orlovic, Process and techno-economic analysis of green diesel production from waste vegetable oil and the comparison with ester type biodiesel production, *Applied Energy*, volume 170, 2016, pages 176–185. [doi:10.1016/j.apenergy.2016.02.102](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.102), IF5(2016)=7.500, ISSN:0306-2619
5. **S.B. Glišić**, A.M. Orlović, The influence of hydrodearomatisation reaction kinetics on the modelling of sulphur and aromatics removal from diesel fuel in an industrial hydrotreating process, *Energies*, 2021, 14 (15), 4616, <https://doi.org/10.3390/en14154616>, IF5=3,333, ISSN: 1996-1073

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 9. 4. 2026. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од
значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

Решењем декана бр. 2025-20/200 од 21. 11. 2025. одобрено је продужење рока за завршетак
студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног
студијског програма, односно до 30. 9. 2028. године.

- Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и
у једном писаном примерку за архиву Универзитета**



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 2025 - 20/200

12.1 NOV 2025 год
БЕОГРАД

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Дејан Коларски**, број индекса 2019/4025, уписан у прву годину докторских академских студија школске 2019/2020 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30.09.2028 године.



Деканка
Mirjana Kijevc
Проф. др Мирјана Кијевчанин

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 9. 4. 2026. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и одређивању ментора

Прихвата се Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата **Дејана Коларског**, број индекса 2019/4025, под називом: **„Процеси деградације изолационог система енергетских трансформатора у присуству елементарног сумпора и развој технологије екстракционо реакционе десулфуризације”**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Сандра Глишић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Доношењем ове одлуке престаје да важи одлука Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/281 од 22. 11. 2022. године.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Дејана Коларског, магистар инжењерске технологије.

Одлуком бр. 2026-35/30 од 5. фебруара 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Дејана Коларског, магистар инжењерске технологије, под насловом „Процеси деградације изолационог система енергетских трансформатора у присуству елементарног сумпора и развој технологије екстракционо реакционе десулфуризације“.

На основу материјала приложеног уз пријаву теме кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Дејан Коларски, магистар инжењерске технологије, рођен је 24. децембра 1993. године у Панчеву. По завршетку средње школе, школске 2012. године започиње основне академске студије на Технолошко-металуршком факултету на студијском програму Хемијско инжењерство - Органска хемијска технологија. Основне академске студије завршава у септембру 2018. године, са просечном оценом 7,96. По завршетку основних студија, уписује мастер академске студије на Технолошко-металуршком факултету на студијском програму Хемијско инжењерство које завршава у септембру 2019. године. Од 2018. године запослен је на Електротехничком институту „Никола Тесла“ у Београду, у склопу специјализоване Лабораторије за испитивање минералних изолационих уља и папира. Почетком школске године 2019/2020. започиње школовање на докторским академским студијама, студијски програм Хемијско инжењерство. Аутор је регистрованог патента на међународном нивоу под називом „*Desulphurisation process*” број патента GB2631809B.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Дејан Коларски, магистар инжењерске технологије, се током вршења дужности у Електротехничком институту Никола Тесла бави истраживањем из области деривата нафте, десулфуризације минералног изолационог уља у оквиру истраживачког задатка Лабораторије за испитивање изолационог уља и папира. Кандидат се бавио развојем нове технологије за уклањање елементарног сумпора из минералних изолационих уља, из чега је произашао патент регистрован на међународном нивоу и радови публиковани у научноистраживачким часописима и на конференцијама. Одлуком научног већа Електротехничког института „Никола Тесла”, Дејан Коларски је 2019. године изабран у звање истраживач приправник, док је тренутно у звању стручни сарадник.

Област научноистраживачког рада током докторских студија Дејана Коларског обухвата развој новог поступка за уклањање елементарног сумпора (S_8) из минералних изолационих уља као и интеграцију ново развијеног поступка са претходно развијеним поступком за уклањање дибензил-дисулфида (DBDS) и полихлорованих бифенила (PHB) у циљу формирања јединствене мултифункционалне технологије за симултано уклањање S_8 , ДБДС и ПХБ из минералних изолационих уља као и испитивање кинетике реакције елементарног сумпора са сребром у минералном изолационом уљу.

У оквиру докторских студија положио је све испите предвиђене студијским планом и програмом са просечном оценом 8,45, завршни испит је одбрао са оценом 10.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 76. Статута Универзитета у Београду Технолошко-металуршког факултета и молбе студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

Положени испити и остварени бодови у оквиру докторских студија:

Р. бр.	Предмет	ЕСПБ	Оцена
1.	Математичка обрада експерименталних података	5	6
2.	Хетерогена катализа	4	10
3.	Хемијска кинетика	5	7
4.	Аналогије феномена преноса	5	6
5.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	7	9
6.	Увећање размере процеса	4	7
7.	Одабрана поглавља пројектовања процеса у хемијској индустрији	5	9
8.	Пренос топлоте и енергетска интеграција	5	9
9.	Течна хроматографија-масена спектрометрија	5	10
10.	Хемијска термодинамика	5	10
11.	Енглески језик	-	10
12.	Завршни испит	30	10
	Укупно	80	
	Просечна оцена	8,45	

Дејан Коларски је до сада објавио: један рад у врхунском међународном научном часопису категорије M21, три рада у истакнутом међународном научном часопису категорије M22, један рад у међународном научном часопису категорије M23, један рад у зборнику са међународног скупа штампаног у целини категорије M33, два рада у националном часопису категорије M53 и два рада са скупа националног значаја штампано у целини M63. Аутор је регистрованог патента на међународном нивоу M91, објављеног патента на међународном нивоу M93 и објављеног патента на националном нивоу M94.

ПАТЕНТИ M90

Регистрован патент на међународном нивоу (M91)

1. **Dejan Kolarski**, Desulfurization process, Publication number GB2631809B, Publication date 16.07.2025.

Објављен патент на међународном нивоу (M93)

1. **Dejan Kolarski**, Jelena Lukic, Jelena Jankovic, Desulphurisation process, Publication number WO/2025/014385, International Application No. PCT/RS2024/000010, Publication date 16.01.2025.

Објављен патент на националном нивоу (M94)

1. **Dejan Kolarski**, Postupak za desulfurizaciju, broj prijave: П2023/0532, datum objavljivanja prijave: 31.01.2025.

РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У НАУЧНИМ ЧАСОПИСИМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА – M20

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. **D. Kolarski**, J. Lukić, J. Janković, S. Glišić and A. Orlović, "Process for Simultaneous Removal of S8, DBDS, and PCBs From Mineral Insulating Oils" IEEE Access, vol. 13, pp. 126780-126788, 16 July 2025, (IF=3,6) (ISSN: 2169-3536), doi: 10.1109/ACCESS.2025.3589171
2. **D. Kolarski**, J. Lukić, J. Janković, S. Glišić, "Kinetic Analysis of the Reaction of Silver with Elemental Sulfur in Mineral Insulating Oil" Materials 2025, 18(16), 3771, (IF=3,2) (ISSN: 1996-1944), <https://doi.org/10.3390/ma18163771>

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. J. Janković, J. Lukić, J. Planojević, **D. Kolarski**, J. Janačković "Application of Highly Selective Adsorbent in the Removal of Elemental Sulfur and Other Corrosive Sulfur Compounds From Mineral Insulating Oils" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 29 No.1, pp. 54 - 61 February 2022, (IF=3,1) (ISSN: 1070-9878), DOI: 10.1109/TDEI.2022.3148479
2. J. Jankovic; J. Lukic; **D. Kolarski**; D.Veljović; Ž. Radovanovic; S. Dimitrijević "Isotherm, Thermodynamic and Kinetic Studies of Elemental Sulfur Removal from Mineral Insulating Oils Using Highly Selective Adsorbent" Materials 2023, vol. 16, no. 9, 3522, 4 May 2023, (IF=3,2) (ISSN: 1996-1944), <https://doi.org/10.3390/ma16093522>

Рад у међународном часопису категорије (M23)

1. J. Lukić, J. Janković, **D. Kolarski**, D. Mihajlović, S. Glišić, A. Orlović "D1-Silver Corrosion Testing and Mitigation" in CIGRE Science and Engineering, 36 (2025): D1.10893, (IF=0,41) (ISSN: 2426-1335), https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_technorep_8265.

ЗБОРНИЦИ МЕЂУНАРОДНИХ НАУЧНИХ СКУПОВА – M30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **D. Kolarski**, V. Vasović, J. Janković, D. Mihajlović, J. Bošnjaković, „Primena inovativnog postupka za desulfurizaciju mineralnih izolacionih ulja”, I Savetovanje o Elektrodistributivnim mrežama Crne Gore, CIRED CG, 10-13.jun 2024. Budva, DOI: 10.5281/ZENODO.15102191

РАДОВИ У ЧАСОПИСИМА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА – M50

Рад у националном часопису (M53)

1. **D. Kolarski**, J. Janković, D. Mihajlović, N. Kovačević, J. Lukić, „Rešavanje problema eksploatacije transformatora sa korozivnim sumporom desulfurizacijom ulja primenom jake neorganske baze i organskog rastvarača" Zbornik radova elektrotehnički institut Nikola Tesla, 31 pp. 113-123, (2021), ISSN: 0350-8528, <https://doi.org/10.5937/zeint31-34696>
2. **D. Kolarski**, J. Lukić, V. Vasović, J. Janković, D. Mihajlović, „Rezultati GreenCleanS projekta Fonda za nauku Republike Srbije" Zbornik radova, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 34, pp. 83-94 (2024), ISSN: 0350-8528, <https://doi.org/10.5937/zeint34-54867>

ЗБОРНИЦИ НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА – M60

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. **D. Kolarski**, V. Vasović, J. Janković, D. Mihajlović, J. Bošnjaković „Postupak za uklanjanje elementarnog sumpora iz ulja energetskih transformatora – smanjenje rizika od havarija energetskih transformatora" 14. Savetovanje CIRED Srbija 16-20 Septembar 2024, Kopaonik, Srbija, R-1.07, DOI: 10.46793/CIRED24.R-1.07DK

2. **D. Kolarski**, J. Lukić, V. Vasović, J. Janković, D. Mihajlović, I. Mitrović, M. Đorđević „Korozija srebrnih kontakata teretne regulacione preklapke i mere mitigacije A2.03” 37. savetovanja CIGRE Srbija, 26-30. maj 2025, Kopaonik, <https://doi.ub.kg.ac.rs/doi/cigre37-a2-03/>

1.3. Оцена оспособљености кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства, Дејан Коларски, маг. инж. показао је склоност и способност за бављење научноистраживачким радом који припада научној области Технолошког инжењерства, ужа научна област хемијско инжењерство. На основу досадашње сарадње са кандидатом, комисија сматра да испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања/дисертације

Енергетски трансформатори (ЕТ) представљају кључни елемент у енергетској мрежи. Њихова поузданост и дуготрајност је од суштинског значаја за стабилност и функционалност енергетског система. Међутим, ЕТ су подложни бројним факторима ризика који могу озбиљно угрозити њихову функционалност и изазвати хаварије. Ови фактори ризика могу произаћи из различитих извора и обухватити широк спектар проблема, а један од њих је појава корозивности изолационог уља чија експлоатација може довести до таложења електропроводних сулфида метала (бабра и сребра) и последичне хаварије трансформатора. Стога је од виталног значаја идентификовати проблем и применити адекватне корективне мере, како би се осигурало континуирано и поуздано функционисање ЕТ.

Корозивна сумпорна једињења, пре свега дибензил-дисулфид (DBDS), доводе до формирања и таложења електропроводних бакар-сулфида на папирној изолацији намотаја, смањујући диелектричне особине изолационог система, при чему настају електропроводне стазе између навојака намотаја и долази до пробоја чврсте изолације намотаја, односно хаварије трансформатора.

Поступцима регенерације минералног изолационог уља адсорбентима успешно се уклањају продукти старења и ДБДС, чиме се продужава животни век течног изолационог диелектрика. Осим тога, ови поступци смањују количину генерисаног отпадног уља, чиме се додатно продужава функционалност енергетских трансформатора и осигурава стабилност енергетске мреже. Међутим, током процеса регенерације уља, који укључује високо-температурни поступак реактивације адсорбента (преко 600 °C), може доћи до формирања елементарног сумпора (S_8), који има висок афинитет да реагује са сребром при веома ниским оперативним температурама (амбијентални услови). Реакцијом S_8 са сребром долази до формирања високопроводних наслага сребро-сулфида, чиме су најугроженији сребрни контакти теретне регулационе преклопке (ТРП), чак и у присуству ниских концентрација S_8 у уљу, [1-3].

Присуство корозивног сумпора у трансформаторском уљу може бити последица и контаминације уља другим материјалима који садрже сумпор, као што су: гумене заптивке; цементи који се користе за причвршћивање порцелана на проводним изолаторима за прирубнице; заптивни материјали између језгра и дна трансформаторског суда и лепкови на бази воде који се користе за причвршћивање папира [1].

У овом контексту, посебна пажња посвећује се анализи феномена који су доминантни у реакцији S_8 са сребром у минералном изолационом уљу и поступцима уклањања S_8 из уља енергетских трансформатора, са циљем смањења ризика од хаварија и очувања интегритета енергетског система.

Поступци, тј. технике за смањење ризика од хаварија енергетских трансформатора, услед присуства корозивног сумпора, могу се поделити на привремене и трајне. У привремене технике

спада додатак метал пасиватора, који могу бити адекватна заштита бакарних површина уколико је у уљу присутан DBDS. Међутим, ова техника се показала као неефикасна у заштити сребра од корозије нарочито уколико је у уљу присутан S₈, чак и при изузетно високим концентрацијама пасиватора у уљу (око 1000 mg/kg) [4].

Поступци обраде уља адсорбентима, или реагенсима, спадају у трајне технике којима се корозивна једињења сумпора трајно уклањају из уља. Конвенционални адсорбенти који се примењују за регенерацију уља и уклањање корозивног ДБДС из минералног изолационог уља, Фулерова земља, сепиолити и бентонити, показали су се неефикасним за уклањање S₈ из уља, [4-12]. Поступци десулфуризације уља применом комплекса калијума или натријума са полиетилен-гликолом, (K-PEG) или (Na-PEG), ефикасни су за уклањање DBDS и полихлорованих бифенила (PHV) из уља, док за уклањање S₈ ови поступци нису ефикасни, [13-15].

У циљу превазилажења изазова у уклањању S₈ из минералних изолационих уља, и смањења ризика од хаварија енергетских трансформатора услед присуства S₈ у уљу, циљ истраживања био је развој новог технолошког поступка чијом применом би се ефикасно уклонио S₈ из уља а уље након третмана би било погодно за даљу употребу као изолационо уље. Предложено решење је у развоју нове реагенс смеше за обраду уља, чијом применом долази до селективног уклањања S₈ из минералног изолационог уља на ниским температурама, испод 100 °C.

Иако се присуство S₈ у изолационом уљу повезује са његовом корозивношћу према сребру, осмоатомни молекул сумпора може реаговати са свим металима у елементарном стању осим злата и платине, формирајући одговарајуће сулфиде метала, [9]. У зависности од услова на којима се одвија реакција, молекул сумпора са неким металима реаговаће брже док ће са другим металима реаговати спорије.

Овом докторском дисертацијом биће обухваћена анализа феномена који су доминантни у реакцији S₈ са сребром у минералном изолационом уљу као и развој реагенс смеше за уклањање S₈ из минералног изолационог уља. Предложена је реагенс смеша за уклањање S₈ из минералног изолационог уља на бази диспергованих биметалних честица Cu/Fe и/или Cu/Zn диспергованих у погодном течном агенсу као што је полиетилен гликол.

Ова смеша има за циљ селективно уклањање елементарног сумпора (S₈) из минералног изолационог уља уз испуњење специфичних технолошких услова као што је ниска цена коштања, ниска емисија штетних гасова, применљивост и интеграција реагенс смеше на постојећем индустријском постројењу за уклањање дибензил-дисулфида и полихлорованих бифенила [14].

Ефикасност реагенс смеше у процесу десулфуризације испитиваће се најпре у лабораторијским условима, са акцентом на дефинисање оптималних параметара реакције десулфуризације: температуре; време контакта; садржаја биметалних честица; и избора дисперзионог агенса. Након тога, експериментални рад ће бити настављен на пилот постројењу где ће се одредити кинетички подаци о реакцији десулфуризације, а добијени резултати биће верификовани на индустријском нивоу.

Резултати истраживања омогућиће ефикасан поступак уклањања S₈ из минералног изолационог уља укључујући и интеграцију ново развијеног процеса са претходно развијеним процесом за уклањање дибензил-дисулфида и полихлорованих бифенила у циљу формирања јединствене мултифункционалне технологије за симултано уклањање свих нежељених једињења из минералних изолационих уља. Након извршене десулфуризације физичко-хемијске и електричне карактеристике изолационог уља биће побољшане у односу на почетно стање при чему ће се добити уље погодно за поновну употребу као изолациони флуид у енергетским трансформаторима.

Научни циљеви истраживања у оквиру ове дисертације су:

- Анализа феномена који утичу на реакцију S_8 са сребром у минералном изолационом уљу;
- Развој реагенс смеше за селективно уклањање S_8 из минералног изолационог уља;
- Одређивање оптималних процесних параметара реакције уклањања S_8 из минералног изолационог уља на лабораторијском и пилот нивоу;
- Одређивање кинетичких параметара реакције десулфуризације;
- Примена развијене реагенс смеше за селективно уклањање S_8 из минералног изолационог уља на индустријском нивоу;
- Развој интегрисане мултифункционалне технологије за симултано уклањање S_8 , дибензил-дисулфида и полихлорованих бифенила, применљиве на индустријском нивоу;
- Испитивање утицаја ново развијеног процеса десулфуризације на физичко-хемијске и електричне карактеристике уља, са циљем његове поновне употребе као изолационог флуида.

Списак релевантне литературе:

- [1] M. Foata, K.H. Lindl, M. Da Costa, J. Lukic, J. Jankovic, D. Mihajlovic, "Risk Assessment and Mitigation of Corrosive Sulphur Other Than DBDS," Cigre Workspot X, Brazil, 2022.
- [2] J. Lukic, J. Jankovic, J. Planojevic, M. Foata, C. Zieglschmid, V. Castano, and A. Briotto, "Silver sulphide in OLTCs-root causes and proactive mitigation strategies," in Proc. TechCo, Sydney, NSW, Australia, May 2019, pp. 4–5.
- [3] L. Lewand, "The role of corrosive sulfur in transformers and transformer oil" (2002). Doble Engineering Company, USA. https://www.doble.com/wp-content/uploads/2002_3B.pdf (accessed, February 2025).
- [4] S. Samarasinghe ; H. Ma; D. Martin; T. Saha "Investigations of Silver Sulfide Formation on Transformer OLTC Tap Selectors and Its Influence on Oil Properties". IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 2019, 26, 1926–1933. DOI: 10.1109/TDEI.2019.008232
- [5] J. Jankovic; J.Lukic; J. Planojevic; D.Kolarski; D.Janackovic"Application of Highly Selective Adsorbent in the Removal of Elemental Sulfur and Other Corrosive Sulfur Compounds From Mineral Insulating Oils" IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 2022, 29, 54–61. DOI: 10.1109/TDEI.2022.3148479
- [6] J. Lukic; J. Jankovic; J. Planojevic; M. Foata; C. Zieglschmid; V. Castano; A. Briotto,"Silver Sulphide in OLTCs—Root Causes and Proactive Mitigation Strategies". In Proceedings of the TechCon, Aus-NZ, Sydney, Australia, 4–5 April 2019.
- [7] D. Ding; L.Yang; W. Li; Y. He; B. Deng; H. Zhang; Z. Wu"Removal of Dibenzyl Disulfide (DBDS) by Polyethylene Glycol Sodium and Its Effects on Mineral Insulating Oil". IEEE Access, 2019, 7, pp. 121530–121539. doi:10.1109/access.2019.2937393
- [8] D. Kolarski, J. Lukić, J. Janković, S. Glišić and A. Orlović, "Process for Simultaneous Removal of S_8 , DBDS, and PCBs From Mineral Insulating Oils," in IEEE Access, vol. 13, pp. 126780-126788, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3589171
- [9] F. A.Khan A.; Tamboli "Effect of DBDS and DBPC on Paper Oil Insulation of Power Transformers" IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering. 2015, (10) 5, pp. 19-28. DOI: 10.9790/1676-10521928
- [10] R. Behmadi; M. Mokhtarian; K. Ghadrian; A. Davoodi; S. Hosseinpou "Development of a low-cost activated mesoporous bauxite for the reclamation of used transformer oil Separation and Purification Technology", 2022 280 <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119826> pp. 119826
- [11] J. Lukić; D. Nikolić; V. Mandić; S. Glisić; D. Antonović; A. Orlović "Removal of Sulfur Compounds from Mineral Insulating Oils by Extractive Refining with N-Methyl-2-pyrrolidone"

- Industrial & Engineering Chemistry Research. 2012, 51 (12), pp. 4467-4768. <https://doi.org/10.1021/ie300450e>
- [12] H.Yongjun Fu, Shao-Wei Chen, Yi-Ling, "A reaction study of sulfur vapor with silver and silver-indium solid solution as a tarnishing test method" J Mater Sci: Mater Electron (2016) 27:10382–10392, DOI: 10.1007/s10854-016-5124-y
- [13] F. Lin; H.L.Lien; D. Kuo; K. Wang; Y. Shih "Degradation of Pentachlorophenol by CTAB-Modified Ni/Fe Bimetallic Nanoparticles in the Soil Solution". ACS ES&T Engineering. 2024 (4) 2, pp. 221-487 <https://doi.org/10.1021/acsestengg.3c00292>
- [14] J. Wang; C. Liu; I. Hussain; C. Li; J. Li; X. Sun; J. Shen; W. Han; L. Wang "Iron-copper bimetallic nanoparticles supported on hollow mesoporous silica spheres: the effect of Fe/Cu ratio on heterogeneous Fenton degradation of a dye" RSC Advances, 2016, 6, pp. 54623 54635 DOI:10.1039/c6ra08501f
- [15] C.Sievers; Y.Noda; E. L. Qi; R. Albuquerque and S. Scott "Phenomena Affecting Catalytic Reactions at Solid-Liquid Interfaces" November 2016 ACS Catalysis 6(12) DOI: 10.1021/acscatal.6b02532

3. Полазне хипотезе

Детаљним увидом у доступну литературу може се закључити да би предложени реагенс на бази биметалних честица бакра на површини гвожђа диспергован у погодном течном агенсу као што је полиетилен гликол могао бити ефикасан у процесу десулфуризације минералног изолационог уља, а да би поступак са КОН/PEG реагенсом за уклањање дибензил дисулфида и полихлорованих бифенила био модификован и унапређен.

Очекује се да биметалне честице прелазног метала (Cu) на површини гвожђа покажу највећи афинитет према елементарном сумпору, иако се присуство S₈ у изолационом уљу везује за корозију сребра, примена сребра у индустријском процесу није разматрана услед високе цене коштања.

У циљу испитивања ефикасности реагенса потребно је извршити одговарајућу припрему биметалних честица методом која омогућава високу активност и селективност добијених честица у дисперзионом агенсу, такође по завршетку процеса неопходно је ефикасно раздвајање металних честица из уља како би третирано уље било погодно за даљу експлоатацију као изолациони флуид.

У експерименталном делу, прво ће на лабораторијском нивоу бити испитани појединачни метали у праху за уклањање S₈ из уља као и со бакра, затим ће бити испитан утицај начина припреме реагенс смеше за уклањање S₈ из уља укључујући различите дисперзионе агенсе као и оптимални параметри реакције као што су температура, време реакције и масени однос метала и уље. Као критеријум за оцену ефикасности реагенс смеше испитаће се осим конверзије S₈ из уља и тестова корозије и физичко-хемијске и електричне карактеристике уља укључујући и садржај заосталих метала у уљу по завршетку процеса десулфуризације.

По завршетку лабораторијских експеримената биће извршени експерименти на пилот постројењу где ће бити примењени претходно одређени оптимални процесни параметри и одредили кинетички подаци о реакцији десулфуризације и по потреби кориговани како би процес био ближе индустријској примени.

4. Научне методе истраживања

- Анализа кинетике и доминантних феномена у реакцији елементарног сумпора са сребром у минералном изолационом уљу биће изведена применом нумеричких оптимизационих метода и математичким моделовањем кинетике реакције.
- Реагенс смеша на бази биметалних честица бакра на површини гвожђа биће припремљена влажним поступком, додавањем прашкастог гвожђа у водени раствор соли бакра чиме ће доћи до издвајања бакра на површину гвожђа, након чега ће се добијена смеша дисперговати у полиетилен гликолу као погодном течном агенсу.
- За квантификацију садржаја елементарног сумпора у минералном изолационом уљу користиће се гасна хроматографија са 'Electron capture detector' (ECD) детектором.
- Одређивање садржаја метала у уљу након третмана биће извршено техником индуктивно спрегнутом плазмом са атомском емисионом спектрометријом (ICP-AES)
- Елементарни састав на површини плочице након тестова корозивности уља пре и након поступка десулфуризације биће одређен скенирајућом електронском микроскопијом са енергетском дисперзивном спектроскопијом (SEM-EDS).
- Активност и ефикасност реагенс смеше на лабораторијском нивоу биће испитана у лабораторијској чаши док ће експерименти на пилот постројењу бити реализовани у прохромском суду запремине 100 l са стубном мешалицом на температурама до 100 °C а затим ће развијени поступак десулфуризације бити верификован на индустријском нивоу.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да се научни допринос истраживања, обухваћен овом докторском дисертацијом, огледати у:

- Одређивању и бољем разумевању доминантних феномена у процесу реакције S_8 из минералног изолационог уља са посребреним компонентама енергетских трансформатора;
- Развоју новог, економски и еколошки прихватљивог поступка десулфуризације минералних изолационих уља верификованог на индустријском постројењу;
- Одређивању кинетичких параметара реакције у сврху оптимизације реакције на индустријским условима;
- Унапређење постојеће реагенс смеше за уклањање дибензил-дисулфида и полихлорованих бифенила са циљем формирања јединствене мултифункционалне технологије за уклањање свих нежељених једињења из минералних изолационих уља примењене на индустријском нивоу.

6. План истраживања и структура рада

План рада ове докторске дисертације обухвата анализу кинетике реакције елементарног сумпора са сребром у минералном изолационом уљу и развој новог поступка за уклањање елементарног сумпора из минералног изолационог уља.

У докторској дисертацији биће обрађена следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература.*

У поглављу *Увод* биће приказана актуелност теме у Свету и значај испитивања у оквиру предложене докторске дисертације, циљеви рада, као и предмет истраживања.

Поглавље *Теоријски део* обухватиће преглед литературе која је релевантна за предложена истраживања као и преглед и анализа до сада објављених резултата мера митигација присуства корозивног сумпора у изолационом уљу.

У *теоријском делу* биће обухваћене следеће целине:

- Изолациони материјали у енергетским трансформаторима
- Минерална изолациона уља
- Карактеристике минералних изолационих уља
- Проблеми експлоатације корозивних минералних изолационих уља
- Преглед поступака десулфуризације нафте
- Методе митигације присуства корозивног сумпора у изолационом уљу
- Поступци регенерације минералних изолационих уља
- Поступци десулфуризације корозивних минералних изолационих уља у пракси
- Кинетички модели реакције елементарног сумпора са сребром
- Преглед утицаја процесних параметара за десулфуризацију минералних изолационих уља

У *Експерименталном делу* дисертације биће описани:

- Полазни материјали и методе испитивања,
- Опис и поступак експеримената на лабораторијском нивоу,
- Опис и поступак експеримената на пилот постројењу,
- Третман уља на индустријском постројењу уља које садржи S₈ ДБДС и ПХБ.

Поглавље *Резултати и дискусија* садржаће детаљан приказ свих добијених резултата. Добијени резултати испитивања биће критички сагледани. Наведено поглавље биће конципирано у шест целина које презентују добијене резултате током експерименталних истраживања.

- Резултати добијени током анализе кинетике реакције S₈ са сребром у минералном изолационом уљу
- Резултати добијени током лабораторијских експеримената
- Резултати добијени током експеримената на пилот постројењу
- Резултати добијени током индустријске пробе поступка за десулфуризацију
- Техно-економска анализа развијеног поступка
- Анализа угљеничног отиска развијеног поступка

У поглављу *Закључак* биће приказани најважнији закључци до којих је кандидат дошао током израде ове дисертације, укључујући примењене кинетичке моделе, поређење ефикасности поступка на лабораторијском нивоу, пилот и индустријском постројењу уз осврт на иновативност, важност и практичну примену поступка.

У делу *Литература* биће наведене све референце цитиране у докторској дисертацији, које су релевантне за истраживање, као и радови проистекли током израде ове дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације кандидата Дејана Коларског под називом *„Процеси деградације изолационог система енергетских трансформатора у присуству елементарног сумпора и развој технологије екстракционо реакционе десулфуризације“* научно заснована и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За ментора се предлаже др Сандра Глишић, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области технолошко инжењерство, ужа научна област хемијско инжењерство за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 2. март 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др **Сандра Глишић**, доцент Универзитета у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

др **Александар Орловић**, редовни професор Универзитета у
Београду, Технолошко-металуршки факултет

др **Јелена Лукић**, виши научни сарадник, Универзитета у Београду,
Електротехнички институт Никола Тесла а.д. Београд