

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Младена Апостоловића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 946/1 од 29.4.2015. године, а на основу закључка и записника са 785. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду која је одржана 21.4.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Младена Апостоловића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под радним насловом: *„Допринос методологијама за спречавање загушења у повезаним преносним мрежама у условима бројних прекограничних трговачких трансакција“*, за који ова Комисија предлаже да се измени и да гласи: **„Превенција загушења у преносним мрежама трансакционим моделовањем резидуалних берзанских понуда“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Мр Младен Апостоловић, диплинж., рођен је 6. октобра 1975. године у Београду, где је завршио основну школу (Вукова диплома) и средњу Електротехничку школу „Никола Тесла“ са одличним успехом, на смеру за примењену електронику. Електротехнички факултет Универзитета у Београду, Енергетски одсек, Смер за Енергетске претвараче и погоне, уписао је школске 1994/95. године. Дипломирао је 28. децембра 2000. године код проф. др Миленка Б. Ђурића са оценом 10 на дипломском испиту и општим успехом 8,47 у току студија. Постдипломске студије на истом факултету, на Смеру за Електроенергетске мреже и системе уписао је школске 2001/02. године. Магистарску тезу под називом „Метода координисане аукције преносних капацитета у условима дерегулације електроенергетског сектора“, одбранио је код проф. др Ивана А. Шкоклјева 29. децембра 2005. године и тиме стекао академски назив магистра електротехничких наука – област електроенергетске мреже и системи.

Од марта 2001. до септембра 2005. године био је запослен у „Електроенергетском координационом центру д.о.о.“ у Београду, на радном месту сменског инжењера. Послови су обухватали координацију рада тадашњег ЈИЕЛ (сада СММ) регулационог блока (који чине Србија, Црна Гора и Македонија) у оквиру европске интерконекције, а до септембра 2004. године у оквиру тзв. Друге *UCTE* синхроне зоне. Састојали су се од прикупљања, обраде и хармонизације података о планираним и оствареним прекограничним разменама електричне

енергије, надзор над радом електроенергетских система у реалном времену, као и дневну израду модела и прогнозу загушења у преносним мрежама (*DACF – Day Ahead Congestion Forecast*). У оквиру допунских активности, најзначајније су чланство у Техничком комитету *UCTE* за пријем Албаније у пуноправно чланство удружења европских оператера преносних система (сада *ENTSO-E Project Group Albania*) у периоду 2004.-2005., затим место секретара Радне групе за успостављање „Унутар-дневног тржишта у ЈИЕЛ блоку“, учешће у првим прорачунима прекограничних преносних могућности електроенергетских система (*NTC – Net Transfer Capability*) у региону Балкана, као и учешће у својству аутора у изради три међународне студије и четири елабората.

Од октобра 2005. до септембра 2007. године био је запослен у Јавном предузећу „Електропривреда Србије“ (ЈП ЕПС) у Београду, у Дирекцији за трговину електричном енергијом, на радном месту Главног инжењера за репланирање и оперативно енергетско управљање, којом приликом је учествовао у формирању новог диспечерског центра ЕПС (након издвајања ЈП „Електромрежа Србије“) и имплементацији новог *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)* система. Примарни послови су обухватили израду реплана производње и потрошње електричне енергије тарифних купаца, администраирање трговина и размена електричне енергије, оперативно управљање производњом, прикупљање, обраду и анализу података о оствареној производњи и хидрологији, као и координацију рада са осталим релевантним енергетским субјектима. У оквиру допунских активности током 2007. године, био је представник ЈП ЕПС у процесу „Пробне примене координисане аукције прекограничних преносних капацитета у региону југоисточне Европе“ и учествовао у организованим тестирањима, како самог система, тако и коришћене методологије.

Од октобра 2007. године до данас, запослен је у компанији „EFT TRADE d.o.o. Beograd“, где је обављао више функција. Почео је на радном месту Стручног сарадника за краткорочно планирање и пријаву планова размене, где је до јануара 2009. године обављао послове који су обухватили припрему, проверу изводљивости и израду интерних и прекограничних трансакција електричне енергије између компаније и њених партнера, укључујући трговину на берзама електричне енергије и учествовање на дневним аукцијама за доделу расположивих прекограничних преносних капацитета, након чега је следило номиновање поменутих трансакција релевантним операторима преносних система и операторима тржишта у државама на чијим територијама компанија послује. Од фебруара 2009. године прелази на радно место Самосталног стручног сарадника за дугорочно планирање и координацију трговачких активности које обухвата послове администраирања дугорочних трговина електричном енергијом, закуп и интерну администрацију неопходних прекограничних преносних капацитета, као и оптимално вођење трговачког портфеља (односно скупа свих уговорених трговина и закупљених капацитета). У јулу 2010. године унапређен је у Директора Сектора за дугорочно планирање и координацију трговачких активности, на којој позицији се и данас налази. У периоду од децембра 2011. до марта 2015. године био је упоредо и в.д. Директора дирекције за трговину и пласман електричне енергије, задужен за координацију рада Сектора и Служби у оквиру Дирекције. Од новембра 2012. године је члан европског удружења трговаца енергијом (*EFET - European Federation of Energy Traders*) и то његове Радне групе за источну Европу - област електрична енергија (*Task Force Eastern Europe - Electricity*).

Активно учествује у раду *CIGRE* Србија (раније *JUKO CIGRE*), а 2008. године постаје и члан Студијског комитета Ц5 – Тржиште и регулација. Такође активно учествује на скуповима Савеза енергетичара. Као панелиста или предавач по позиву, учествовао је на десетак домаћих и међународних стручних скупова, округлих столова и конференција, од којих се посебно могу издвојити излагања на Атинском Форуму (2014.), конференцији у организацији *Marcus Evans: "Intelligent Hedging and Portfolio Optimisation for the Energy Markets"* (2012.), затим *IENE* семинару "*Opening Up the West Balkans Energy Market*" (2012.) и семинару Светске банке "*Carbon capture and storage (CCS): Perspectives for the Balkan Region*" (2011.).

Посебне области стручног и научног интересовања су му методе за превенцију и спречавање загушења у високонапонским преносним мрежама и организована тржишта електричне енергије. Као аутор или коаутор, углавном обрађујући претходно наведене области, до краја 2014. године објавио је 29 радова у домаћим часописима, на међународним конференцијама, домаћим саветовањима и симпозијумима.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат мр Младен Апостоловић је школске 2001/02 године уписао постдипломске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на смеру Електроенергетске мреже и системи. Након што је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом, магистарску тезу под називом „Метода координисане аукције преносних капацитета у условима дерегулације електроенергетског сектора“, одбранио је код проф. др Ивана А. Шокљева 29. децембра 2005. године и тиме стекао академски назив магистра електротехничких наука – област електроенергетске мреже и системи.

Задатак самог магистарског рада је био да након дефинисања проблема загушења у високонапонским преносним мрежама и прегледа свих тренутно примењиваних или теоријски разматраних метода за њихово елиминисање у Европи, обради све релевантне аспекте практичне примене методе координисане аукције преносних капацитета у условима дерегулације електроенергетског сектора на реалној интерконекцији у региону југоисточне Европе у коме се налази и електроенергетски систем (ЕЕС) Републике Србије. Метода координисане аукције преносних капацитета кроз централизовани оптимизациони алгоритам једновремено на економски ефикасан и технички прихватљив начин додељује расположиве преносне капацитете интерконективних далековада оним учесницима на тржишту заинтересованим за међудржавну трговину који те преносне капацитете највише цене. Новине у односу на постојеће примењене методе су примена матрице дистрибутивних фактора трансфера снаге (*PTDF – Power Transfer Distribution Factor*) и физичких капацитета на граници (*BC – Border Capacity*). Матрица *PTDF* фактора одсликава утицај планираних међудржавних размена електричне енергије на токове активних снага по интерконективним далеководима, а вредности *BC* представљају физичка ограничења токовима снага по тим далеководима. Коришћењем ове методе, прати се симултани утицај свих разматраних трансакција на токове снага интерконективних далековада чиме се стиче глобални увид у ситуацију у читавом разматраном региону и селективним прихватањем оних трансакција које доносе већу добит од аукције, одржава се захтевани ниво сигурности функционисања ЕЕС-а уз максимално искоришћење оскудних преносних капацитета интерконективних далековада чиме се максимално промовише трговина електричном енергијом.

Сам магистарски рад, обима 148 страна, састоји се из садржаја, увода, пет поглавља, закључка и списка цитиране литературе. Рад садржи 32 табеле и 37 илустрација. У уводу је описан основни циљ магистарског рада, његова форма и садржај. У првом поглављу је описан процес дерегулације електроенергетског сектора, основна правна регулатива и досадашње активности на креирању тржишта електричне енергије у југоисточној Европи и Републици Србији. Друго поглавље обрађује тему улоге преносне мреже у дерегулисаном окружењу и уводи проблем загушења високонапонских преносних мрежа. Затим се објашњава и потреба за увођењем адекватних метода за управљање и елиминацију тих загушења, првенствено путем алокације међудржавних преносних капацитета. У трећем поглављу су описане тренутно примењене методе за алокацију преносних капацитета у Европи, као и предлози нових метода. Потом је извршена упоредна анализа свих метода са циљем избора адекватне методе за примену у региону југоисточне Европе. У четвртном поглављу је описана идејна варијанта методе координисане аукције преносних капацитета и изложена је њена детаљна математичка формулација уз дефинисање *PTDF* фактора. Затим је приложен и програмски код развијеног рачунарског програма за спровођење оптимизационе процедуре у методи координисане аукције уз пар илустративних примера њеног коришћења

на малој мрежи. У петом поглављу је акценат стављен на питања која се отварају приликом процене могућности примене методе координисане аукције на реалној интерконекцији. У овом поглављу су детаљно приказана сва неопходна побољшања и допуне идејне варијанте ове методе у циљу њене практичне примене, а презентовани су и примери примене методе на реалној интерконекцији у региону југоисточне Европе. Закључак који је изведен на основу изложене материје у магистарском раду јесте да је примена регионално координисаних метода за елиминисање загушења које се заснивају на токовима активних снага, односно конкретно методе координисане аукције преносних капацитета, корак даље у ефикаснијем коришћењу постојећих и расположивих преносних капацитета у интерконекцији, а у условима либерализованог и слободног тржишта електричне енергије.

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (Категорија М33)

- 1) Apostolović M., Studović M.: *Actual State, Future Trends and Desirable Directions of Electricity Sector Development in the Region of South-East Europe*, - 8th International Conference on the European Electricity Market - EEM 2011, Zagreb, Croatia, 25-27 May 2011, Towards a fully functioning IEM, R6, pp 911-916, ISBN: 978-1-61284-285-1 ©2011 IEEE, DOI: 10.1109/EEM.2011.5953139
- 2) Apostolović M.: *Overview of the present situation and the vision of the future trading and investment activities in the South-East Europe*, - DEMSEE 2009: 4th International Conference on Deregulated Electricity Market Issues in South-Eastern Europe, Belgrade, Serbia, 17-18 September 2009, Technical session II - Markets, Operation Planning, R6
- 3) Vukasović M., Apostolović M., Škuletić S.: *Analysis of South-East Europe Transmission Network Expansion Plan under the Future Market Conditions*, - DEMSEE 2009: 4th International Conference on Deregulated Electricity Market Issues in South-Eastern Europe, Belgrade, Serbia, 17-18 September 2009, Technical session I - Energy Policy, Regulatory Issues, Power System Planning, R2
- 4) Vukasović M., Apostolović M.: *Line-wise ("maximal flow") method for the allocation of physical transmission rights and its influence on physical and financial firmness*, - 6th International Conference on the European Electricity Market - EEM 2009, 27-29 May 2009, Leuven, Belgium, P5B: Transmission : Congestion Management, ISBN: 978-1-4244-4455-7 ©2009 IEEE, DOI: 10.1109/EEM.2009.5207213
- 5) Vukasović M., Apostolović M., Todem C.: *Implementation aspects of partial netting in flow based auction clearing mechanism*, - 5th International Conference on the European Electricity Market - EEM 2008, 28-30 May 2008, Lisbon, Portugal, ISBN: 978-1-4244-1743-8 ©2008 IEEE, DOI: 10.1109/EEM.2008.4579026
- 6) Janković I., Apostolović M.: *Unbundling of the Public Enterprise "Electric Power Industry of Serbia" with the emphasis on the role of the Electricity Trade Department*, - CIRED 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, Austria, 21-24 May 2007, Paper 0400
- 7) Vujasinović Z., Apostolović M., Mijailović S.: *Development of Congestion Management Procedures in South-east Europe*, - Proceedings of the 5th Balkan Power Conference, Sofia, Bulgaria, 14-16 September 2005
- 8) Vujasinović Z., Apostolović M., Mijailović S.: *Razvoj na metodite za upravuvanje so zagušavanjata vo jugoistočna Evropa*, - Četvrto sovetuvanje MAKO CIGRE 2004, Ohrid, Makedonija, 26-29 septemvri 2004, C2-03

Радови публиковани у водећим часописима националног значаја (Категорија М51)

- 1) Apostolović M., Čokorilo M.: *Elektroenergetski bilansi zemalja jugoistočne Evrope i perspektive razvoja regionalnog tržišta električne energije*, - Energija, br.1-2, 2014., ISSN br. 0354-8651, UDC: 620.9 : 339.13 (4), str. 7-15
- 2) Apostolović M., Škokljev I.: *Aspekti praktične primene metode koordinisane aukcije prenosnih kapaciteta zasnovane na tokovima snaga*, - Elektroprivreda, ISSN 0013-5755, br. 2, 2006., str. 26-34
- 3) Apostolović M., Škokljev I.: *Berze električne energije – uloga, osobine i način rada*, - Energija, br.2-3, 2005., ISSN br. 0354-8651, UDC: 621.31:336.76, str. 275-280
- 4) Škokljev I., Apostolović M.: *Deregulacija elektroenergetskog sektora*, - Energija, br.1, 2005., ISSN br. 0354-8651, UDC: 621.31 : 35.078.8, str. 48-56
- 5) Mijailović S., Vujasinović Z., Apostolović M.: *Primena metoda za upravljanje zagušenjima u prenosnoj mreži u jugoistočnoj Evropi*, - Elektroprivreda, ISSN 0013-5755, br.2, 2004., str. 9-25
- 6) Mijailović S., Vujasinović Z., Apostolović M.: *Pregled aktuelnih metoda za upravljanje zagušenjima u prenosnoj mreži u Evropi*, - Elektroprivreda, ISSN 0013-5755, br.1, 2004., str. 40-55

Саопштења са домаћих скупова штампана у целини (Категорија М63)

- 1) Apostolović M., Škokljev I.: *Regionalizacijom do potpune integracije jedinstvenog evropskog tržišta (električne) energije*, - 30. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 29. maj – 3. jun 2011., referat C5-01
- 2) Martinović T., Vujasinović Z., Apostolović M.: *Matematički model regionalnog balansnog tržišta i principi rada platforme „BETSEE 2.0“*, - 29. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 31. maj – 6. jun 2009., referat C5-14
- 3) Apostolović M., Vukasović M.: *Regionalni projekti i inicijative za alokaciju prekograničnih prenosnih kapaciteta u Evropi*, - 29. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 31. maj – 6. jun 2009., referat C5-08
- 4) Vukasović M., Apostolović M.: *Energetski derivati za smanjenje rizika u prekograničnoj trgovini električnom energijom: FTRs i CfDs*, - 28. Savetovanje JUKO CIGRE, Vrnjačka banja, 30. septembar – 5. oktobar 2007., referat C5-01
- 5) Apostolović M.: *Evolutivni razvoj metode eksplicitnih aukcija prenosnih kapaciteta*, - 13. Simpozijum JUKO CIGRE Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Tara, 2006. godine, referat C5-08
- 6) Apostolović M., Vranić J., Basarić M.: *Planiranje rada EES EPS-a i uloga dispečerskog centra EPS-a*, - Međunarodni simpozijum Elektrane 2006, Vrnjačka Banja, 19-22. septembar 2006., rad br. 90
- 7) Apostolović M., Stančević P.: *Modelovanje UCTE interkonekcije za potrebe prognoze zagušenja u jugoistočnoj Evropi*, - 27. Savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, 29. maj – 3. jun 2005., referat C2-06
- 8) Mijailović S., Apostolović M., Vujasinović Z.: *Pravci budućeg razvoja metoda za eliminisanje zagušenja na zajedničkom evropskom tržištu električne energije*, - 27. Savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, 29. maj – 3. jun 2005., referat C5-10

- 9) Apostolović M., Mijailović S., Vujasinović Z.: *Eksplisite aukcije prenosnih kapaciteta – osnovni principi, varijante i primena*, - 27. Savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, 29. maj – 3. jun 2005., referat C5-11
- 10) Vujasinović Z., Apostolović M., Mijailović S.: *Koordinisanje aukcija prenosnih kapaciteta na regionalnom nivou*, - 27. Savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, 29. maj – 3. jun 2005., referat C5-12
- 11) Apostolović M., Škokljev I.: *Koordinisane aukcije prenosnog kapaciteta – primena distributivnih faktora transfera snage*, - 12. Simpozijum JUKO CIGRE Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Bečići, Crna Gora, 19-21. maj 2004., referat I.7
- 12) Mijailović S., Apostolović M., Vujasinović Z.: *Aktivnosti na procedurama upravljanja zagušenjima u jugoistočnoj Evropi – mogućnosti primene koordinisane aukcije*, - 12. Simpozijum JUKO CIGRE Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Bečići, Crna Gora, 19-21. maj 2004., referat I.6
- 13) Apostolović M., Mijušković N.: *Eliminisanje zagušenja – iskustva nordijskih država*, - 26. Savetovanje JUKO CIGRE Banja Vrućica – Teslić, Bosna i Hercegovina, 25-30. maj 2003., referat R 39-03
- 14) Škokljev I., Apostolović M.: *Alokacija troškova transakcija pomoću distributivnih faktora*, - 11. Simpozijum JUKO CIGRE Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Herceg Novi, Crna Gora, 21-24. maj 2002., referat III.5
- 15) Mijailović S., Mikša P., Apostolović M.: *Analiza sigurnosti mreže jugoistočne Evrope po obnovi interkonekcije UCTE*, - 11. Simpozijum JUKO CIGRE Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Herceg Novi, Crna Gora, 21-24. maj 2002., referat I.4.

Кандидат мр Младен Апостоловић је 4. маја 2015. године полагао докторски испит на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, при чему је Комисија у саставу:

- 1) др Никола Рајаковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду
- 2) др Нинел Чукалевски, научни саветник, Институт „Михајло Пупин“ Универзитета у Београду
- 3) др Дејан Тошић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду

закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, односно да је да је кандидат мр Младен Апостоловић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације (докторски испит) добио оцену задовољно, уз предлог Комисије да се радни наслов теме докторске дисертације измени и да гласи: **„Превенција загушења у преносним мрежама трансакционим моделовањем резидуалних берзанских понуда“**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, а од којих би издвојили следеће:

- Одбрана магистарске тезе под називом „Метода координисане аукције преносних капацитета у условима дерегулације електроенергетског сектора“, након полагања свих испита предвиђених наставним планом и програмом,
- Публиковање укупно двадесет девет радова, од којих осам на међународним скуповима, шест у водећим часописима националног значаја и петнаест на домаћим скуповима,

- Дана 4. маја 2015. кандидат је одбранио тему докторске дисертације на јавној усменој одбрани пред Комисијом (проф. др Никола Рајаковић, др Нинел Чукалевски, проф. др Дејан Тошић) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, на својој седници број 785 од 21.4.2015. године, при чему је Комисија предложила да се радни наслов теме докторске дисертације измени и да гласи: **„Превенција загушења у преносним мрежама трансакционим моделовањем резидуалних берзанских понуда“**,
- Учесће и презентације на већем броју домаћих и међународних конференција и стручних тематских скупова,
- Остварено практично искуство у области коју покрива предложена тема докторске дисертације, што кроз досадашња радна места, што кроз чланство и активност у неколико домаћих и међународних радних група струковних организација,

можемо закључити да кандидат мр Младен Апостоловић у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет предложене теме докторске дисертације кандидата мр Младена Апостоловића је у ужем смислу анализа, унапређење и предлог новог приступа методи имплицитне доделе краткорочних прекограничних преносних капацитета (ППК), познатије као стандардна метода „спајања тржишта“. У ширем смислу, истражују се могућности за превенцију загушења применом методологија за доделу/алокацију расположивих ППК високонапонских (ВН) преносних мрежа (*Cross-border Capacity Allocation*), међусобно повезаних у интерконекију. Загушења се иначе јављају услед бројних и екстензивних прекограничних трговачких трансакција којима се размењује електрична енергија уговореном снагом између различитих области у једној интерконекији. Додела ППК је један од најважнијих сегмената у процесу управљања загушењима (*Congestion Management*) у ВН преносним мрежама и спада у почетне, превентивне, активности у овом процесу. Појам „загушења“ се у дерегулисаном правном оквиру функционисања електроенергетских система (ЕЕС) дефинише као ситуација када не могу сви достављени захтеви за прекограничном (међудржавном) трговином бити испуњени, а да се при том не угрози статичка сигурност функционисања ЕЕС-а (дефинисана „n-1“ критеријумом сигурности). У оваквом случају је потребно спровести селекцију достављених захтева и неке од њих делимично или у потпуности одбити на основу унапред постављених критеријума, а до износа који не угрожава сигуран рад ЕЕС-а. У радијално повезаним ЕЕС-има, употреба ограничења прекограничној трговини у виду расположивих ППК тј. *ATC*-а (*Available Transfer Capacity*) који се рачунају само између суседних ЕЕС-а (билатерални *ATC*) је углавном задовољавајућа, али је у „петљастим“ мрежама (какве су на територији већег дела Европе) неопходно применити другачији, комплекснији приступ, заснован на физичким токовима снага који су последица билатералних прекограничних трансакција. Ово се постиже применом *PTDF* (*Power Transfer Distribution Factor*) фактора који представљају мерило физичког утицаја прекограничних трансакција електричне енергије на токове снага у интерконекивној мрежи. Треба спровести упоредну анализу изворне дефиниције *ATC*-а и оне примењене у Европи, уз потврђивање потребе за употребом *PTDF* дистрибутивних фактора у процесу доделе *ATC*-а и образложити различите врсте ограничења прекограничној трговини која се могу поставити (*ATC*, *BC* – *Border Capacity*, *MF* – *Maximum Flow*). Све претходно наведено је применљиво и на дугорочном (наредни месец, година) и на

краткорочном (сати наредног дана) временском хоризонту доделе. Након краћег осврта на доделу дугорочних права преноса, пажња ће се усмерити на краткорочну доделу капацитета, у којој је активно учешће берзи електричне енергије не само актуелни тренд, већ и важећом европском регулативом из ове области зацртани и обавезујући, пут развоја свих краткорочних (*Spot*) националних тржишта. Иако је прошло скоро две деценије након усвајања прве Директиве о унутрашњем тржишту електричне енергије у Европској унији (ЕУ), иако како се чини, на корак од прокламованог циља једног јединственог, отвореног и слободног тржишта, на простору не само држава чланица ЕУ, већ и чланица Енергетске заједнице, остало је још доста недовољно добро дефинисаних и решених проблематика његовог функционисања. Једна од њих су и методологије за доделу расположивих ППК (*ATC*), како на дугорочном, тако и на краткорочном временском хоризонту, јер је закуп права на коришћење расположивих ППК основни предуслов међудржавној, тј. прекограничној трговини. За почетак је потребно сагледати тренутно примењене, а и раније примењиване и предлагане, методе, које су се временом мењале и прилагођавале, и дати приказ актуелног стања. Након упоредне анализе, треба указати на предности и мане актуелне праксе и приступити истраживању могућих побољшања или новог решења за доделу капацитета које ће бити у смеру повећања сигурности повезаних ВН преносних мрежа, тј. интерконекције као целине, у сложеним условима дерегулације електроенергетског сектора.

Циљ истраживања је да се већ у фази доделе краткорочних ППК превентивно делује у смислу смањења могућности за појаву физичких загушења (прекорачење лимита елемената ВН мреже) у фази експлоатације ЕЕС у временском периоду за који је додела ППК и спровођена, када би се морале применити и одговарајуће корективне акције. Превенција загушења ће се спровести тако што ће се приликом доделе краткорочних ППК уважавати неколико битних фактора који проистичу из основних закона физике, комерцијално-трговачког виђења ППК као транспортног ограничења за пренос њихове „робе“ и (краткорочног) временског хоризонта доделе ППК који доминантно утиче и предодређује могућности употребе прво поменутих фактора. Основни фактор је новина, како у односу на актуелну праксу, тако и у односу на досадашња истраживања из ове области, а огледа се у трансакционом моделовању резидуалних берзанских понуда, за разлику од различитих врста метода за краткорочну имплицитну доделу расположивих ППК, а конкретно у односу на стандардну варијанту методе „спајања тржишта“, која минимизира разлике цена међу берзанским тржиштима формирањем тзв. нето извозних и увозних кривих састављених од локално незадовољених (резидуалних) понуда са берзи електричне енергије. Следећи фактор који ће бити уважен је коришћење *PTDF* фактора, односно ограничења трговини заснованих на физичким особинама ВН мрежа, за разлику од стандардног „спајања тржишта“ у коме је преовлађујуће коришћење билатералних вредности *ATC*-а између суседних система као ограничења прекограничној трговини. Као што је речено, разматраће се и истраживати увођење и коришћење „виртуелних“ међуберзанских билатералних трансакција, формираних комбиновањем незадовољених (резидуалних) понуда за куповину и продају са различитих берзи по принципу што веће разлике између цена, односно помоћу трансакционог моделовања резидуалних понуда са берзи електричне енергије. Овако моделоване трансакције омогућавају примену још једног битног фактора – уважавању контра-токова (*netting*), а коме су подложне због временског хоризонта (краткорочно) на коме се примењују, односно због постојања обавезе реализације овако формираних, а у процесу селектовања и прихваћених, трансакција. Након свега претходно наведеног, треба да се спроведе максимизација додатне добити остваривањем овако формираних билатералних

транзакција и то уз уважавање ограничења трговини заснованих на физичким особинама ВН мрежа. Овакав приступ је изабран, између осталог и због уважавања важности и обима билатералне прекограничне трговине, како би се понудила могућност да и њихове билатералне понуде буду уважене у процесу „спајања тржишта“ и да се равноправно такмиче са „виртуелним“ међуберзанским трансакцијама. С тим у вези, потребно је развити алгоритам за оптималну реализацију билатералних трансакција моделованих на претходно описани начин. Овакав алгоритам би могао да послужи и операторима преносних система за предикцију понашања трговаца и утицаја њихових трансакција на преносну мрежу. Посебан изазов који се јавља у региону југоисточне Европе је непостојање берзи у свим државама, за шта ће решење бити понуђено кроз формирање „екстерних тржишних зона“ на територијама тих држава, а које ће бити администриране од стране неке од (суседних) берзи и симулираће рад непостојећих националних берзи.

Значај овог истраживања се огледа у томе што ће предложено решење трансакционог моделовања резидуалних берзанских понуда и развијеним алгоритмом њиховог селективног прихватања с једне стране унапредити постојећу праксу у примени стандардне методе „спајања тржишта“, иницирати ближу сарадњу националних берзи електричне енергије, промовисати већу прекограничну профитно оријентисану трговину (али строго у оквиру постављених ограничења), а превенцији загушењ дати значајнију улогу. Са друге стране, разматрана проблематика се сагледава из једног новог угла, за који се очекује да унапреди постојећа и иницира даља истраживања у области унапређења постојећег модела тржишта електричне енергије, пре свега у Европи, јер његово коначно формирање још увек није завршено, а уочени недостаци се управо отклањају на основу резултата научно истраживачког рада. Са електроенергетског аспекта разматране проблематике, применом адекватнијих метода за доделу ППК, као што је нпр. и ова предложена у дисертацији, оправдано се очекује да токови снага кроз ВН преносну мрежу у фази експлоатације ЕЕС-а буду што ближи онима који су предвиђани у периоду планирања, односно да буду што извеснији. Ова проблематика је нарочито актуелна последњих година у централној Европи због „кружних“ токова снага (*Loop Flows*) који су последица стања у „трећим“ ЕЕС-има. Превентивним деловањем, које се спроводи приликом саме доделе капацитета уз примену одговарајућих метода, смањују се потребе за корективним деловањем у реалном времену у смислу оперативних диспечерских акција зарад очувања сигурности ЕЕС-а које је неминовно скопчано са додатним непланираним трошковима, који су се могли избећи, као и са правилним и правичним алоцирањем таквих трошкова на енергетске субјекте.

Релевантни библиографски извори:

Најзначајније референце везане за истраживања из области теме докторске дисертације су наведене у следећој листи:

1. Jullien C, Pignon V., Robin S., Staropoli C.: *Coordinating cross-border congestion management through auctions: An experimental approach to European solutions*, - Elsevier - Energy Economics, Vol 34, No 1, 2012, pp. 1-13.
2. Weber A., Graeber D., Semmig A.: *Market Coupling and the CWE Project*, - Zeitschrift für Energiewirtschaft, Vol 34, No 4, 2010, pp. 303-309.
3. Meeus L., Vandezande L., Cole S., Belmans R.: *Market coupling and the importance of price coordination between power exchanges*, - Energy, Vol 34, No 3, 2009, pp. 228-234.

4. Genesi C., Marannino P., Montagna M., Rossi S., Siviero I., Zanellini F.: *Coordinated implicit allocation of the CBTCs for the integration of the national European electricity markets*, - IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, Pittsburgh, PA, USA, 2008, pp. 1-8.
5. Kumar R. Gupta S.C., Khan B.: *Power Transfer Distribution Factor Estimate Using DC Load Flow Method*, - International Journal of Advanced Electrical and Electronics Engineering, Vol 2, No 6, 2013, pp. 155-159.
6. Adamec M.: *Transformation of Commercial Flows into Physical Flows of Electricity – Flow Based Method*, - Acta Polytechnica – Journal of Advanced Engineering, Vol 49, No 2, 2009, pp. 1-11.
7. Galiana F.D., Conejo A.J., Gil H.A.: *Transmission Network Cost Allocation Based on Equivalent Bilateral Exchanges*, - IEEE Transactions on Power Systems, Vol 18, No 4, 2003, pp. 1425-1431.
8. Athanasiadis N., Chatzarakis G.E., Athanasiadis E., Fourlaris D.: *Analysis and Future Prospects for Cross-border Congestion Management Methods for the European Electricity Market*, - Springer Electrical Engineering, Vol 89, No 6, 2007, pp. 509-517.
9. Ehrenmann A., Smeers Y.: *Inefficiencies in European congestion management proposals*, - Elsevier - Utilities Policy, Vol 13, No 2, 2005, pp. 135-152.
10. Huang, T., Bompard, E., Yan, Z.: *Congestion Management Impacts on Bilateral Electricity Markets Under Strategic Negotiation*, - Electric Power Systems Research, Vol 81, No 5, 2011, pp. 1161-1170.
11. Tao S., Gross G.: *A Congestion-Management Allocation Mechanism for Multiple Transaction Networks*, - IEEE Transactions on Power Systems, Vol 17, No 3, 2002, pp. 826-833.
12. Sood Y. R.: *Feasibility assessment of simultaneous bilateral and multilateral transactions*, - International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol 32, No 8, 2010, pp. 879-885.
13. Hamoud G.: *Feasibility Assessment of Simultaneous Bilateral Transactions in a Deregulated Environment*, - IEEE Transaction on Power Systems, Vol 15, No 1, 2000, pp. 22-26.
14. Sood Y.R., Padhy N.P., Gupta H.O.: *Assessment for feasibility and pricing of wheeling transactions under deregulated environment of power industry*, - Electrical Power and Energy Systems, Vol 26, No 3, 2004, pp. 163-171.
15. Chao H., Peck S., Oren S., Wilson R.: *Flow-Based Transmission Rights and Congestion Management*, - The Electricity Journal, Vol 13, No 8, 2000, pp. 38-58.
16. Budhraj V.: *Harmonizing Electricity Markets with the Physics of Electricity*, - The Electricity Journal, Vol 16, No 3, 2003, pp. 51-58.

3. Полазне хипотезе

Либерализација тржишта електричне енергије условљена дерегулацијом електроенергетског сектора у Европи унела је и низ промена у функционисање ЕЕС-а. Успостављана су организована национална тржишта и брзе електричне енергије, интензивирана је

прекогранична трговина електричном енергијом, што је праћено све непредвидљивијим токовима снага преко интерконективних далековода и у самим националним преносним мрежама. Ово потоње је довело до формулисања појма прекограничних преносних капацитета (ППК), односно АТС-а као ограничења прекограничној трговини, а које је наметнуто због очувања сигурности функционисања ЕЕС-а у новонасталим околностима. Захтеви за том трговином који превазилазе расположиве могућности преносних мрежа доводе их до „загушења“ и последица су њеног интензивног коришћења у дерегулисаном окружењу. Превенција загушења помоћу тржишно заснованих метода у којима се користе погодно и што ближе реалности дефинисана ограничења прекограничној трговини, као и брзе електричне енергије, кључни су фактори успеха отвореног тржишта електричне енергије. Иако се на берзама обавља у просеку само 20-25% целокупне трговине у једној држави (све остало је билатерална трговина), њихово постојање је важно због анонимности, транспарентности и веће сигурности трговине, као и референтних цена које оне дају. Због важности за тржиште и уз њихово учешће ефикаснију доделу краткорочних капацитета (имплицитном методом), интегришу се две или више суседних берзи путем „спајања“ њихових локално незадовољених (резидуалних) понуда, коришћењем АТС-а између разматраних тржишта тих берзи. Међуберзанских, прекограничних трансакција ће бити, само уколико се њима повећава укупна „друштвена“ добит (*welfare*) тј. ако постоји разлика у ценама између тих тржишта. Експлицитни закуп АТС-а (који природно претходи прекограничној трговини), а који је раздвојен од саме трговине електричном енергијом, уноси низ неизвесности јер није обавезно да закупљени капацитет буде и искоришћен. Стога имплицитна аукцијска додела АТС-а коју обављају берзе једновремено са трговином на њима, представља боље решење из угла сигурности ЕЕС-а. Метода за краткорочну имплицитну доделу расположивих прекограничних преносних капацитета, односно стандардна метода „спајања тржишта“, минимизира разлике цена међу берзанским тржиштима формирањем тзв. нето извозних и увозних кривих састављених од локално незадовољених (резидуалних) понуда са берзи електричне енергије, уз коришћење преносних ограничења заснованих на билатерално рачунатом АТС-у, али се може показати да примена преносних ограничења заснованих на прорачунима токова снага коришћењем *PTDF* фактора Боље и тачније репрезентује утицај комерцијалне активности међуберзанских трговина на физички систем, па је из тог разлога пожељнија и подеснија за практичну примену. Већина трговаца електричном енергијом (незаобилазних и по бројности преовлађујућих учесника на тржишту), било да су само посредници у купопродаји или регистровани купци за потребе своје физичке потрошње или продавци који пласирају своју физичку производњу, у свом портфељу (скуп свих трговачких уговора) има више билатералних трансакција, чији је пак скуп подложен оптимизацији. Полази се од претпоставке да је могуће економским мерама (цена, трошкови) стимулисати трговце да се у свом пословању чији је циљ остваривање профита, делују што више у складу са преносним могућностима ВН мрежа, уз јавно им достављање, пожељно што мањег али довољног, скупа релевантних информација о могућностима прекограничних трговина.

4. Научне методе истраживања

Методе које ће бити коришћене приликом истраживања у оквиру дисертације спадају у групу оптимизационих метода. За потребе формулисања проблема доделе прекограничних

преносних капацитета међуберзанским трансакцијама биће формиран математички модел који ће уважавати све достављене захтеве по задатом приоритету и селективно их прихватати све дотле док се неко од постављених ограничења не угрози, након чега процес прихватања треба зауставити. За решавање овако постављеног проблема ће бити коришћена оптимизациона метода линеарног програмирања, чија употреба ће бити могућа с обзиром на линеарну природу управљачких променљивих и постављених им ограничења. Након симулације селективне доделе прекограничних преносних капацитета међуберзанским трансакцијама над реалним улазним подацима, биће урађена и компаративна анализа предложеног решења у односу на стандардну методу „спајања тржишта“ ради сагледавања његових очекиваних позитивних ефеката у смислу доприноса превенцији загушења.

5. Очекивани научни допринос

- Предлог и елаборација методе за превенцију загушења у повезаним високонапонским преносним мрежама трансакционим моделовањем резидуалних понуда са берзи електричне енергије;
- Предлог и елаборација алгоритма за оптималну реализацију моделованих трансакција, уз уважавање задатих ограничења у виду расположивих капацитета повезаних високонапонских преносних мрежа.

6. План истраживања и структура рада

- Истраживања на бази доступне стране и домаће литературе из наведене области;
- Истраживање страних решења и искустава, на основу расположивих података и документације;
- Анализирање постојећих решења;
- Развој софтверског пакета за симулацију рада берзе електричне енергије и имплицитну доделу расположивих капацитета преносних мрежа, учешћем берзи у том процесу;
- Развој алгоритма за трансакционо моделовање резидуалних (локално незадовољених) понуда са берзи електричне енергије генерисањем „виртуелних“ међуберзанских, а самим тим и прекограничних, трансакција;
- Истраживање различитих врста оптимизационих метода и одабир погодне за решавање разматране проблематике;
- Формулисање и развој методе за оптималну реализацију међуберзанских трансакција;
- Формулисање и развој методе за одређивање износа и цене додељених преносних капацитета појединим елементима разматраног скупа међуберзанских трансакција;
- Развој софтверског пакета за оптималну реализацију генерисаног скупа међуберзанских трансакција;
- Симулација примене развијене методе на сопственим софтверским пакетима, са реалним улазним подацима.

7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног, Комисија сматра да је предложени садржај теме докторске дисертације под радним називом „*Допринос методологијама за спречавање загушења у повезаним преносним мрежама у условима бројних прекограничних трговачких трансакција*“ актуелна у светлу даљег развоја тржишта електричне енергије, а у смислу истраживања и моделовања утицаја трговачких трансакција електричном енергијом на

електроенергетске мреже. Стога би резултати до којих кандидат треба да дође током израде докторске дисертације имали значајан, како научни, тако и практични допринос у области дерегулације електроенергетског сектора и тржишта електричне енергије.

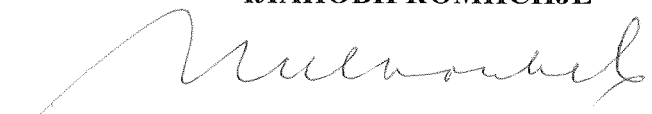
Кандидат мр Младен Апостоловић се током свог научноистраживачког и стручног рада претежно бавио тематиком која спада у најужу област предложене теме докторске дисертације. Предложена тема и њено образложење одсликавају континуитет у научноистраживачком раду у односу на магистарску тезу и објављене радове, што уз стручне активности кандидата указује на чињеницу да је кандидат подобан за реализацију свих постављених циљева предвиђених темом докторске дисертације.

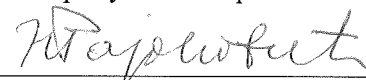
Комисија сматра да кандидат мр Младен Апостоловић испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме и приступање изради докторске дисертације под имењеним називом предложеним од стране ове Комисије, а који гласи: **„Превенција загушења у преносним мрежама трансакционим моделовањем резидуалних берзанских понуда“**.

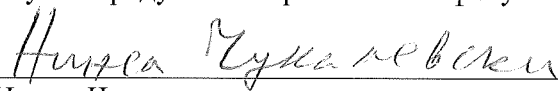
Ужа научна област дисертације су електроенергетске мреже, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. Узимајући у обзир све поменуте чињенице, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Младену Апостоловићу одобри израду докторске дисертације под претходно наведеним насловом. За ментора израде докторске дисертације се предлаже др Иван Шкокљев, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. Уз овај извештај се прилаже и списак радова предложеног ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

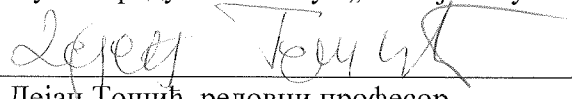
У Београду, 26. маја 2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Иван Шкокљев, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Никола Рајаковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Нинел Чукалевски, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт „Михајло Пупин“


др Дејан Тошић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет