

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Драгана Брајовића за израду докторске дисертације

На 733. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 14. јуна 2011. године, именована је Комисија за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације магистра Драгана Брајовића, дипломираног инжењера електротехнике, под насловом **"Утицај електричног пражњења у гасовима на контаминацију напонског облика у нисконапонској електричној мрежи"**, у саставу др З. Лазаревић, проф., др М. Ђурић, проф., др Б. Лончар, ван. проф., др М. Костић, проф. и др П. Осмокровић, проф. После увида у достављени материјал Комисија је предложила Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да именује нову Комисију за оцену услова и прихватање теме у саставу др П. Осмокровић, проф., др Ј. Цветић, проф., др М. Костић, проф. и др М. Курајица, ван. проф. (Физички факултет Београд), као и да усвоји, нови, кориговани наслов пријављене докторске дисертације мр Драгана Брајовића **"Стабилизација електричног пажњења у гасовима под дејством спољашњег зрачења"**. На 738. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 1. новембра 2011. године, овај предлог је прихваћен и именовани смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације мр Драгана Брајовића под насловом **"Стабилизација електричног пажњења у гасовима под дејством спољашњег зрачења"**. После увида у накнадно достављени материјал Комисија је написала Извештај за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације мр Драгана Брајовића који је на седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 27.12.2011. године, прихваћен, а Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 27.02.2012. године дало сагласност на тему докторске дисертације мр Драгана Брајовића под називом **"Стабилизација електричног пажњења у гасовима под дејством спољашњег зрачења"**. Међутим, приликом писања овог Извештаја Комисија одређена од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду је поставила преамбициозан циљ дисертације који је захтевао вршење експеримената које више није могуће, на жалост, урадити у Србији или у окружењу. Кандидат је радећи према захтевима поменутог Извештаја постигао значајне резултате које је публикувао у водећим међународним часописима. Како ови резултати и ако задовољавају потребне и довољне услове за израду докторске дисертације, нису у складу са циљем, планом и програмом предвиђеним у Извештају о оцени услова и прихватању теме докторске дисертације чланови Комисије су се сложили да кандидат пријави докторску дисертацију под новим насловом која ће бити из области унутар које кандидат ради и има већ постигнуте резултате. Професор М. Костић који се сложио и подржао овај став Комисије, изјавио је да не жели да буде члан нове Комисије пошто тема не припада ужој научној области којом се бави. Након овог договора на сугестију свих чланова претходне Комисије за прихватање теме, кандидат мр Драган Брајовић је предао Пријаву за израду докторске дисертације под насловом **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"**. Одлуком бр. 179/2 са 759. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 12.02.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата магистра Драган Брајовића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"**. После увида у првобитно и накнадно достављени материјал приложен уз Захтев кандидата, Комисија подноси Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Драган Брајовић је рођен 12. децембра 1963. године у Чачку, где живи и ради. Основну школу, основну музичку школу и средње усмерено образовање математичко – техничке струке завршио је у Чачку (1978., 1979. и 1982. године). На енергетском одсеку Електротехничког факултета у Београду дипломирао је 1990. године, одбравивши дипломски рад под називом **"Тестирање живиних и натријумових извора светлости високог притиска"**. Звање магистра техничких наука стекао је 2003. године на Техничком факултету у Чачку, а магистарски рад је носио назив **"Прикључивање и утицај електротермичких уређаја и постројења на напојну електричну мрежу"**. Стручни испит прописан за дипломираног инжењера електротехнике, енергетског одсека, положио је 1994. године. Поседује лиценцу "Одговорни пројектант електроенергетских инсталација ниског и средњег напона" и лиценцу "Одговорни извођач радова електроенергетских инсталација ниског и средњег напона". Положио је и стручни испит за послове заштите од пожара, 2006. године.

За време школовања стекао је више признања од којих су следећа најзначајнија: диплома "Вук Караџић", златна медаља на Републичком такмичењу из електротехнике, златна медаља на Савезном такмичењу из електротехнике, бронзана медаља на Републичком такмичењу из електротехнике.

Од 1991. године запослен је на Вишој техничкој школи Чачак на радном месту асистента, а затим стручног сарадника. На електротехничком одсеку ове школе био је ангажован на извођењу лабораторијских и рачунских аудиторних вежби из следећих предмета: Електране и разводна постројења, Електричне инсталације и осветљење и Пренос електричне енергије. Поред овога, био је ангажован као стручни сарадник и на предметима Техничко цртање (електротехнички одсек) и Електротехника (машински одсек). Од 2003. године ради као предавач на Вишој техничкој школи Чачак за предмете Електране и разводна постројења, Електричне инсталације и осветљење и научну област Електроенергетика.

Одлуком Наставног већа Високе школе техничких струковних студија Чачак о утврђивању еквивалентних изборних звања, запослен је од 01.10.2007. године, па до данас, као предавач Високе школе струковних студија за ужу научно стручну област Електроенергетика и наставне предмете: Електране и разводна постројења, Квалитет електричне енергије, Електричне инсталације, Електрично осветљење, Специјалне електричне инсталације, Релејна заштита, Основи електроенергетике и Стручна пракса. Као ментор, до сада је учествовао у изради дипломских и завршних радова студената на основним студијама Електротехничког одсека, смера Електроенергетика, и специјалистичких радова, у оквиру предмета на којима изводи наставу.

Од 2005. године руководи радом Високошколске јединице ВШТСС Чачак у Лазаревцу, а од 2010. године је и заменик директора школе. Ожењен је и отац троје деце, две ћерке и сина.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат је свој магистарски рад под насловом **"Прикључивање и утицај електротермичких уредјаја и постројења на напојну електричну мрежу"** одбранио 30.05.2003. године на Техничком факултету у Чачку Универзитета у Крагујевцу пред Комисијом у саставу: проф.др Владимир Катић- председник (Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду), проф.др Данило Стојановић-члан (Технички факултет Чачак

Универзитета у Крагујевцу), проф.др Сретен Поповић-ментор (Технички факултет Чачак Универзитета у Крагујевцу).

У наведеном раду се истражују проблеми које електротермички уређаји и постројења као нелинеарни електрични пријемници пресликавају на напојну електричну мрежу са аспекта квалитета електричне енергије. Проблеми се анализирају како са теоретског тако и са практичног аспекта и као резултат тога дају се адекватна решења за њихово превазилажење. Издвојени су доминантни ефекти који се огледају кроз несиметрију напона као последицу прикључења једнофазних пријемника великих снага и виших хармоника напона и струје као последицу прикључења нелинеарних термичких пријемника, једнофазних и трофазних. Вршена су мерења виших хармоника напона и струје на конкретном примеру једне електролучне пећи помоћу развијеног мерног система за мерење и обраду резултата мерења. У циљу истраживања проблема развијен је општи аналитички модел прорачуна снаге трофазног електричног система, а као вредан допринос струци добијен је израз за привидну снагу који се разликује за допунску снагу деформације при несиметричној расподели, што је потврђено и мерењима у току циклуса топљења шарже у електролучној пећи.

Списак публикованих радова Драгана Брајовића је следећи:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја SCI са листе

1. М. Pejović, N. Tešić, M. Pejović, **D. Brajović**, I. Denić, Investigation of post-discharge processes in nitrogen at low pressure, Physics of Plasmas 19, 123512 (2012) <http://dx.doi.org/10.1063/1.4773026>, American Institute of Physics, 2012. [ISSN 1070-664X], [IF: 2.320], **M21**
2. **D. Brajović**, M. Vujisić, M. Stojkanović, U. Kovačević, A. Vasić, Stabilization of gas-filled surge arrester's characteristics by use of ionizing radiation, Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol. 27, No. 3, 2012, pp. 274-283. [ISSN 1451-3994], [IF: 1.159], **M22**
3. M. Pejović, I. Spasić, M. Pejović, N. Tešić, **D. Brajović**, Processes in afterglow responsible for initiation of electrical breakdown in xenon at low pressure, Journal of Plasma Physics, <http://dx.doi.org/10.1017/S0022377813000238> Cambridge University Press, 2013. [ISSN 0022-3778], [IF: 2.320], **M23**

Публикације националног значаја

- [1] **D. Brajović**, "Testiranje živinih i natrijumovih izvora svetlosti visokog pritiska"-diplomski rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1990.
- [2] V. Brajović, **D. Brajović**, "Male livačke peći", Republičko ministarstvo za nauku i tehnologiju, Beograd, 1992.
- [3] M. Vujičić, **D. Brajović**, "Uticaj cene električne energije na ukupne godišnje troškove provodnika", Zbornik radova Tehničkog fakulteta, Čačak, 1993.
- [4] **D. Brajović**, M. Otović, "Transformatori sa rasipnim poljem za uređaje sa svetlećim cevima napona preko 1000V", Jugoslovensko savetovanje Osvetljenje 93, Novi Sad, 1993.
- [5] **D. Brajović**, "Analiza problema sa harmonicima i niskim faktorima snage izvora svetlosti sa električnim pražnjenjem", Osvetljenje 95, Ivanjica, 1995.
- [6] **D. Brajović**, T. Marjanović, M. Otović, "Tehnološki aspekti primene predspojnih komponenti za sijalice sa pražnjenjem", Osvetljenje 95, Ivanjica, 1995.
- [7] **D. Brajović**, M. Vujičić, Izbor optimalnog izvora svetlosti u javnom osvetljenju, Zbornik radova Tehničkog fakulteta, Čačak, 1995.
- [8] M. Ljubić, P. Bojić, P. Božić, B. Marić, **D. Brajović**, Osvetljenje-stručna publikacija, Elektroprivreda Srbije, 1996.
- [9] **D. Brajović**, M. Vujičić, "Novi kvaliteti proračuna osvetljenja tunela", Zbornik radova Tehničkog fakulteta, Čačak, 1996.

- [10] **D. Brajović**, T. Marjanović, *“Ispitivanje transformatora sa rasipnim poljem za napajanje svetlećih cevi napona preko 1000V”*, Savetovanje Transformatori u elektro-energetici, Beograd, 1996.
- [11] M. Vujičić, P. Ružičić, **D. Brajović**, *“Tipovi poljoprivrednih sušara za brdsko-planinsko područje”*, Savremena poljoprivreda VOL46, Novi Sad, 1998.
- [12] V. Brajović, **D. Brajović**, *“Filosofija električne zaštite”*, IV Konferencija-Atmosferska pražnjenja i zaštita, Vrnjačka Banja, 2001.
- [13] **D. Brajović**, V. Katić, S. Popović, *“Elektrolučne peći kao izvori viših harmonika-analiza rezultata merenja”*, JUKO-CIRED, Vrnjačka Banja, 2002.
- [14] **D. Brajović**, S. Popović, V. Katić, D. Popov, *“Influenta receptorilor electrici asupra calitatii energiei din retelele electroenergetice”*, Tehnica Instalatiilor 5/2002, Bucuresti, 2002.
- [15] **D. Brajović**, V. Katić, S. Popović, *“Modelovanje i merenje viših harmonika elektrolučne peći”*, JUKO-CIGRE, Banja Vrućica-Teslić, 2003.
- [16] **D. Brajović**, *“Priključivanje i uticaj elektrotermičkih uređaja i postrojenja na napojnu električnu mrežu”*, magistarski rad, Tehnički fakultet, Čačak, 2003.
- [17] **D. Brajović**, *“Electric energy quality-analysis of connecting electro-arched furnace to charge grid problem”*, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Hammamet, Tunisia, 2007.
- [18] **D. Brajović**, V. Brajović, *“Analiza rada uređaja za dielektrično grejanje kondenzatorskog tipa”*, Tehnika i praksa, br.1, VŠTSS Čačak, 2010, crp.21-33.
- [19] **D. Brajović**, Ž. Čurguz, O. Stijačić, *“Incidentne situacije u korišćenju SF6 visokonaponskih prekidača i preventivne mere za njihovo sprečavanje”*, Tehnika i praksa, br. 2, VŠTSS Čačak, 2010, crp.87-95.
- [20] **D. Brajović**, V. Savić, D. Mladenović, *“Brza lokalizacija kvarova na SN vodovima upotrebom mikroprocesorskih releja i digitalne geografije”*, Tehnika i praksa br. 2, VŠTSS Čačak, 2010, crp.95-107.
- [21] **D. Brajović**, P. Grujičić, N. Stojanović, A. Kovačević, *“Analiza elektrostatičkih filtera u termoelektranama”*, Tehnika i praksa, br. 3, VŠTSS Čačak, 2010, crp.41-51.
- [22] **D. Brajović**, B. Milošević, D. Todorčić, D. Tanjević, *“Povećanje snage generatora i savremene relejne zaštite generatora i blok transformatora u termoelektranama”*, Tehnika i praksa, br. 3, VŠTSS Čačak, 2010, crp.51-61.
- [23] **D. Brajović**, N. Bubalo, Š. Vujić, B. Đurđić, *“AMM sistem za daljinsko očitavanje i upravljanje brojilima”*, Tehnika i praksa, br. 3, VŠTSS Čačak, 2010, crp.61-71.
- [24] **D. Brajović**, N. Munjas, *“Primena savremenih programskih paketa kod izbora optimalnog rešenja u osvetljenju umetničkih galerija”*, Tehnika i praksa, br. 3, VŠTSS Čačak, 2010, crp.71-81.
- [25] **D. Brajović**, P. Aksentijević, B. Mladenić, N. Petković, *“Ispitivanje mikroprocesorske zaštite srednjenaponskih vodova”*, Tehnika i praksa, br. 3, VŠTSS Čačak, 2010, crp.81-87.
- [26] **D. Brajović**, B. Palivec, M. Čolović, E. Zajmović, *“Korekcija faktora snage u distributivnim mrežama sa priključenim vetrogeneratorima”*, Tehnika i praksa, br. 5, VŠTSS Čačak, 2011, crp.47-57.
- [27] **D. Brajović**, M. Jevđić, B. Stevanović, *“Prepoznavanje kvara energetskih transformatora u eksploataciji na bazi analize ulja”*, Tehnika i praksa, br. 5, VŠTSS Čačak, 2011, crp.83-91.
- [28] **D. Brajović**, I. Samardžić, M. Gogić, *“Poboljšanje energetske efikasnosti u osvetljenju”*, Tehnika i praksa, br. 5, VŠTSS Čačak, 2011, crp.101-111.
- [29] **D. Brajović**, Z. Lazarević, *“Optimal compensation of reactive power in wire nets with higher harmonics of voltage and current”*, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Prague, 2011, TMT-2011/079-TMT11-102.

- [30] **D.Brajović**, D.Sretenović, *"Influence of continual regulation of light flux in public lighting on electric energy quality"*, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Prague, 2011, TMT-2011/078-TMT11-103.
- [31] E.Gašanin, **D.Brajović**, M.Dobričić, Z.Ristanović, *"The corelation between the change in the density of free electrons and the relative magnetic permeability of the amorphous alloy FE37.5NI17.5CR5CO15SI10 under the influence of heat action"*, YUCOMAT 2011, Herceg Novi, 2011.
- [32] Z.Ristanović, M.Dobričić, **D.Brajović**, D.Sretenović, *"Influence of mechanical activation on the electrical and magnetic properties of ferrite powders"*, YUCOMAT 2011, Herceg Novi, 2011.
- [33] **D.Brajović**, P.Spasojević, T.Stevanović, M.Lukić, Ž.Trifunović, *"Primena digitalnih rekordera u kontroli kvaliteta snabdevanja električnom energijom"*, Tehnika i praksa, br. 6, VŠTSS Čačak, 2011, стр.17-25.
- [34] **D.Brajović**, V.Cvijović, M.Maleš, S.Gajević, *"Analiza novog sistema pobude sinhronog generatora u TE Pljevlja"*, Tehnika i praksa, br. 6, VŠTSS Čačak, 2011, стр.25-35.
- [35] **D.Brajović**, D.Simović, M.Maleš, N.Trifunović, *"Prilog standardizaciji zaštite od atmosferskih pražnjenja visokih objekata sa posebnim osvrtom na vetroelektrane"*, Tehnika i praksa, br. 6, VŠTSS Čačak, 2011, стр.41-51.
- [36] **D.Brajović**, D.Manić, *"Primena EPLANA u projektovanju u elektroenergetici"*, Tehnika i praksa, br. 6, VŠTSS Čačak, 2011, стр.51-61.
- [37] **D.Brajović**, D.Čačić, S.Marjanović, B.Bečić, *"Solarne elektrane u elektroenergetskom sistemu sa posebnim osvrtom na proizvodnju u najnepovoljnijim uslovima"*, Tehnika i praksa, br. 7, VŠTSS Čačak, 2012, стр.95-105.
- [38] **D.Brajović**, Z.Lazarević, P.Osmokrović, M.Kostić, *"Uticaj uređaja za kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa na parametre kvaliteta električne energije-analiza rezultata merenja"*, CIRED-Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja 2012, R-2.02.
- [39] **D.Brajović**, V.Žarković, M.Bezarević, *"Savremene tendencije u relejnoj zaštiti elektrovučnih podstanica u železničkom saobraćaju na elektrificiranim prugama jednofaznog sistema 25 kV, 50 Hz"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.61-70.
- [40] **D.Brajović**, B.Perović, *"Primena numeričke relejne zaštite u uzemljenoj sredjenaponskoj mreži Crne Gore"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.71-81.
- [41] **D.Brajović**, B.Jakovljević, N.Nenadović, *"Kontrola reaktivne snage i regulacija napona u elektroenergetskim sistemima sa vetrogeneratorima"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.87-95.
- [42] **D.Brajović**, R.Kovačević, *"Realizacija savremenih sistema upravljanja u termoelektranama primenom SCADA sistema"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.103-113.
- [43] **D.Brajović**, D.Kovačević *"Prilog optimizaciji izbora baterija električnih akumulatora kao rezervnih izvora napajanja u razvodnim postrojenjima"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.113-123.
- [44] **D.Brajović**, R.Šćekić, M.Šćekić, S.Šahman, I.Ćuković, *"Pametne mreže u EES"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.139-147.
- [45] **D.Brajović**, D.Radosavović, D.Filipović, D.Lješćević *"Eksploatacija izolatora u reonima sa zagadjenom atmosferom"*, Tehnika i praksa, br. 8, VŠTSS Čačak, 2012, стр.185-197.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу објављених радова види се континуитет истраживачког и научног рада магистара Драгана Брајовића у областима електричних разводних постројења високог и средњег напона, производње и преноса електричне енергије, електричног осветљења и квалитета

електричне енергије. Публикације објављене у међународном часописима са *SCI* листе указују да се кандидат бави истраживањем у области електричног пражњења у гасовима којој припада и тема докторске дисертације **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"**, па на основу тога Комисије оцењује да се ради о младом научном раднику који ће успешно и у року реализовати циљеве који су постављени у пријави докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Пренапонске појаве настају директно као последица комутационих процеса унутар самих уређаја односно унутар мрежа на које су уређаји прикључени или индиректно као последица интеракције жичаних структура уређаја са електромагнетним импулсима. Могући извори транзијентних електромагнетних појава су импулсни пренапони на водовима, атмосферско пражњење, радарски импулси и нуклеарна експлозија. Негативни ефекти пренапонских појава углавном су везани за полупроводничке компоненте, мада оштећења изолације могу бити проузрокована и на другим електричним пријемницима услед деловања високонапонских транзијентних изазваних најчешће блиским атмосферским пражњењем. Атмосферска пражњења утичу и на исправан рад елемената електроенергетског система излажући их механичким и термичким напрезањима. Пренапони атмосферског порекла настају услед статичког електрицитета или директног пражњења у виду грома.

Полупроводничке компоненте у нисконапонским сигналним и контролним колима, индиректно су спрегнуте са линијама напајања, али могу бити подложне уништењу због релативно малог дозвољеног струјног, односно напонског радног опсега. Постоји и могућност уништења електронских компоненти спрегнутих са осталим жичаним структурама (на пример антене), које могу постати извор транзијентних пренапона услед деловања електромагнетних импулса. У случају да пренапонска заштита уређаја није довољно ефикасна, пренапонске појаве могу изазвати оштећења електронских елемената, склопова и читавог уређаја доводећи до њиховог делимичног или потпуног уништења.

Елементи пренапонске заштите могу се поделити на нелинеарне и линеарне. У нелинеарне елементе спадају пренапонске диоде, варистори и гасни одводници пренапона, док у линеарне спадају различите врсте електричних филтера. У пракси се често користи комбинација ових елемената, због чињенице да већина комерцијалних филтера није предвиђена за коришћење против сметњи које достижу неколико хиљада волти. Осим тога врло је тешко обезбедити потребан ниво заштите уз употребу самог филтера.

Гасни одводници пренапона раде на принципу електричног пробоја гасова и могу се користити за заштиту од пренапона интензитета од неколико десетина волти до неколико десетина хиљада волти. У погледу енергетске издржљивости они су најиздржљивији, а у погледу цене најјефтинији елементи за заштиту од пренапона. Функционисање одводника везано је за Таунсендов механизам пробоја. Предност гасних одводника пренапона над осталим елементима за заштиту од пренапона су у могућности провођења великих струја (до 60 kA), ниској сопственој капацитивности (реда величине 1 pF што их чини подесним за примену у подручју високих фреквенција). Недостаци су у спорости реаговања и несигурности радне тачке (зависна од промене производа притиска и међуелектродног растојања pd).

Циљ рада је да се провери могућност примене кинетичке теорије гасова на гас слободних електрона као компоненту смеше гаса унутар којег је настао услед дејства секундарног космичког зрачења и сударних процеса атома гаса са десног краја Максвеловог спектра при ниским притисцима. На бази ове анализе ће се извести нови изрази за јонизационе коефицијенте изражени преко еквивалентне пробојне температуре Максвеловог спектра гаса слободних електрона. То ће омогућити сагледавања елементарних процеса гасног

пражњења, а тиме и усмерити експериментални поступак у правцу остварења циља који се састоји да се уз задржавање свих добрих особина гасних одводника пренапона поправе његове карактеристике.

Основна научно-стручна литература на коју ће се ослонити, односно коју ће надградити резултати предложене дисертације су:

- [1] B. Lončar, P. Osmokrović, S. Stanković: *Radioactive Reliability of Gas Filled Surge Arresters*-IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 50 , No. 5, 2003, pp. 1725-1731.
- [2] P. Osmokrović, A. Vasić, T. Živić: *The Influence of the Electric Field Shape on the Gas Breakdown under Low Pressure and Small Inter-Electrode Gap Conditions*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 33, No. 5, 2005, p.p. 1677-1681.
- [3] P. Osmokrović, B. Lončar, S. Stanković: *The New Method of Determining Characteristics of Elements for Overvoltage Protection of Low-voltage System*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 55, No. 1, 2006, pp. 257-265.
- [4] B. Lončar, P. Osmokrović, A. Vasić, S. Stanković: *Influence of Gamma and X Radiation on Gas-filled Surge Arrester Characteristics*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 34, No. 4 , 2006 , pp. 1561-1565.
- [5] P. Osmokrović, M. Vujisić, J. Cvetić, M. Pešić: *Stochastic nature of electrical breakdown in vacuum*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 14, No. 4, 2007 , pp. 803-812.
- [6] P. Osmokrovic, M. Jurosevic, K. Stankovic, M. Vujisic: *Radiation hardness of gas discharge tubes and avalanche diodes used for transient voltage suppression*, Radiation Effects and Defects in Solids, Vol. 164, No. 12, pp. 800-808, 2009.
- [7] P. Osmokrović, S. Đekić, K. Stanković, M. Vujisić: *Conditions for the applicability of the geometrical similarity law to gas pulse breakdown*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 17, No. 4, 2010 , pp. 1185-1195.
- [8] G. Đogo, P. Osmokrović: *Statistical Properties of Electrical Breakdown in Vacuum*, IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. 24, 1989 , pp. 949-953.
- [9] M. M. Pejovic, G. S. Ristic, J. P. Karamarkovic: *Electrical Breakdown in Low Pressure Gases*, -J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 35, 2002, pp. 91-103.
- [10] M. M. Pejovic, G. S. Ristic: *Memory Effects in Argon, Nitrogen, and Hydrogen*, IEEE Trans. Plasma Sci. Vol. 30, 2002 , pp. 1315-1319.
- [11] P. Osmokrovic, M. Vujisic, K. Stankovic, A. Vasic, B. Loncar: *Mechanism of electrical breakdown of gases for pressures from 10^{-9} to 1 bar and inter-electrode gaps from 0.1 to 0.5 mm*, Plasma Sources Sci. Technol., Vol. 16, 2007 , pp. 643-655.
- [12] Meek J.M. and Craggs J.D.: *Electrical Breakdown of Gases*, John Wiley and Sons, New York, 1978.
- [13] Brown S.C.: *Introduction to Electrical Discharges in Gases*, John Wiley and Sons, New York, 1966.
- [14] P. Osmokrović, K. Stanković, M. Vujisić: *Merna nesigurnost*, Akademska misao, Beograd, 2009.
- [15] P. Osmokrović, M. Pešić, Č. Določanin, K. Stanković: *Statističke metode u elektroenergetici*, Akademska misao, Beograd, 2009.
- [16] P. Osmokrović: *Electrical Breakdown of SF_6 at Small Values of Product pd* , IEEE Transactions on Power Delivery , Vol. 4, No. 4, 1989, pp. 2095 - 2100.
- [17] P. Osmokrović, S. Krstić, M. Ljevak . D. Novaković: *Influence of GIS parameters on the Tople Constant*, IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 27, No. 2, 1992, pp. 214-220.
- [18] P. Osmokrović: *Mechanism of Electrical Breakdown of Gases at Very Low Pressure and Inter-electrode Gap Values*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 21, No. 6, 1993, pp. 645-654.
- [19] P. Osmokrović, I. Krivokapić, S. Krstić: *Mechanism of Electrical Breakdown Left of the Paschen's Minimum*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 1, No. 1, 1994 , pp. 77-82
- [20] P. Osmokrović, I. Krivokapić, D. Matijašević, N. Kartalović : *Stability of the Gas Filled Surge Arresters Characteristics Under Service Conditions*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 1, 1996 , pp. 260-266.

- [21] P. Osmokrović, D. Petković, O. Marković: *Measuring Probe for Fast Transients Monitoring in Gas Insulated Substation*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 46, No.1, 1997 , pp. 36-45.
- [22] P. Osmokrović, N. Kartalović: *Applicability of Simple Expressions for Electrical Breakdown Probability Increase in Vacuum and Gas*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 4, 1997 ,pp. 1455-1460.
- [23] P. Osmokrović, M. Stojanović, B. Lončar, N. Kartalović, I. Krivokapić: *Radioactive Resistance of Elements for Over-voltage Protection of Low-voltage Systems*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 140 , 1998 , pp. 143-151.
- [24] P. Osmokrović, N. Kartalović, N. Atanackov, D. Ostojić: *Model Law for Gas Isolated Systems*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 28, No. 1, 2000 ,pp. 298-302.
- [25] P. Osmokrović, B. Lončar, S. Stanković.: *Investigation the Optimal Method for Improvement the Protective Characteristics of Gas Filled Surge Arresters-w/o the Built in Radioactive Sources*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.30, No.5 , 2002 , pp. 1876-1880.
- [26] P. Osmokrović, B. Lončar, S. Stanković, A. Vasić.: *Aging of the Over-voltage Protection Elements Caused by Over-voltages*, Microelectronics Reliability, Vol.42, No.12, 2002 , pp. 1959-1966.
- [27] B. Lončar, P. Osmokrović, S. Stanković.: *Radioactive Reliability of Gas Filled Surge Arresters*, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 50 , No. 5., 2003 , pp. 1725-1731.
- [28] P. Osmokrović, B. Lončar, M. Gajić-Kvašček.: *The Model Law for SF6 insulated systems*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 32, No. 5, 2004 , p.p. 1849-1855.
- [29] P. Osmokrović, A. Vasić.: *Anomalous Paschen Effect*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 33, No. 5, 2005 , p.p. 1672-1676.
- [30] P. Osmokrović, A. Vasić, T. Živić.: *The Influence of the Electric Field Shape on the Gas Breakdown under Low Pressure and Small Inter-Electrode Gap Conditions*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 33, No. 5, 2005 , p.p. 1677-1681.
- [31] P. Osmokrović, B. Lončar, R. Šašić.: *Influence of the Electrode Parameters on Pulse Shape Characteristic of Gas-Filled Surge Arresters at small Pressure and Inter-electrode Gap Values*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 33, No. 5, 2005 , pp. 1729-1735.
- [32] B. Lončar, P. Osmokrović, S. Stanković, R. Šašić.: *Influence of Electrode Material on Gas-Filled Surge Arresters Characteristics in γ and X Radiation Field*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 8, No. 2, 2006 , pp. 863-866.
- [33] P. Osmokrović, T. Živić, B. Lončar, A. Vasić.: *The Validity of the General Similarity Law for Electrical Breakdown of Gases*, Plasma Sources Science and Technology, Vol. 15, No. 4 2006, pp. 703-713.
- [34] Osmokrovic P., Zivic T., Loncar B., Vasic A.: *The validity of the similarity law for the electrical breakdown of SF6 gas*, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 35, No. 1 , 2007, pp. 100 - 109.
- [35] P. Osmokrović, M. Vujisić, K. Stanković, A. Vasić, B. Lončar.: *Mechanism of electrical breakdown of gases for pressure for 10 to 1 bar and inter-electrode gaps from 0,1 to 0,5 mm*, Plasma Sources Science and Technology, Vol. 16, No. 4, 2007 , pp. 643-655.
- [36] P.Osmokrovic, G. Ilic, C. Dolicanin, K. Stankovic, M. Vujsic: *Determination of Pulse Tolerable Voltage in Gas-Insulated Systems*, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, No.12, 2008, pp. 8928-88934.
- [37] K.Stankovic, P.Osmokrovic, C.Dolicanin, M.Vujsic, A.Vasic: *Time enlargement low for pulse breakdown Plasma Source Sciance and Technology*, Vol.18, No.2, 2009,art. no. 025028.
- [38] P. Osmokrović, S. Đekić, K. Stanković, M. Vujisić: *Conditions for the applicability of the geometrical similarity law to gas pulse breakdown*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 17, No. 4, 2010 , pp. 1185-1195.

3. Полазне хипотезе

Полазећи од познатих ефеката електричног пражњења у гасовима, јонског избијања, фотоелектричног ефекта, меморијског ефекта, хладне и топле емисије и ефекта јонизујућег зрачења у гасовима биће испитиван начин који обезбеђује поуздан рад гасних одводника пренапона за координацију изолације на нисконапонском нивоу у условима оптерећења импулсним (динамичким) напонима произвољног облика. Основна научно-стручна литература на коју ће се ослонити, односно коју ће надградити резултати предложене дисертације приказани су у делу 2. овога Извештаја.

4. Научне методе истраживања

Истраживања ће се вршити теоретском анализом на основу познатих феномена електричног пражњења у гасовима при ниском притиску посматрајући гас као гасну смешу атома гаса, јона гаса и слободних електрона. Свим овим компонентама тако дефинисане смеше придружиће се одговарајуће Максвелове расподеле тако да ће бити могуће повезати микроскопску величину еквивалентна температура Максвеловог спектра (у тренутку пробоја) са макроскопским величинама облик електричног поља, пробојни напон, притисак гаса и међуелектродно растојање. Такав приступ феномену електричног гасног пражњења допринеће бољем разумевању синергистичких ефеката претходно набројаних компонената гасне смеше у ширем смислу речи. Исто теоретско разматрање ће се вршити и за двокомпонентне и остале вишекомпонентне смеше гасова. Ове смеше ће бии претежно смеше племенитих гасова али ће бити разматране и смеше племенитих гасова са електронегативним гасовима. На основу оваквих теоретских разматрања биће изведени изрази зависности пробојног напона од pd (производ притиска и међуелектродног растојања) као и зависност пробојног напона од пробојне температуре Максвеловог спектра гаса слободних електрона. Претходно наведена теоретска разматрања ће бити експериментално проверена под добро контролисаним лабораторијским условима. Експерименти ће бити вршени на моделу гасног одводника пренапона као и на комерцијалним гасним одводницима. Током експеримената ће варијацијом параметара релевантних за стабилност карактеристика гасног одводника пренапона бити извршена фина корекција истих чиме ће се омогућити стабилизација радне тачке. Експерименталним поступком уз претходну теоретску анализу ће се такође покушати наћи конструктивно решење за брзину одзива гасних одводника пренапона примењујући различиту топографију електродних површина, ефекат шупље катоде и радиоактивног зрачења.

5. Очекивани научни допринос

Основни очекивани научни допринос се састоји у провери примењивости Максвелове расподеле на гас слободних електрона у племенитим гасовима при ниском притиску и малом међуелектродном растојању. Такође ће бити изведени изрази за Таунзендове коефицијенте у смешама племенитих гасова. На основу тако развијених теоријских модела биће развијен алгоритам за нумеричку симулацију и предикцију понашања гасних одводника пуњених племенитим гасовима и смешом племенитих гасова. У циљу провере претпоставке о важењу Максвелове расподеле за гас слободних електрона и примењивости изведених израза за Таунзендове коефицијенте биће развијен оригинални мерни поступак који ће омогућити мерење једносмерног динамичког пробојног напона уз узимање у обзир меморијског ефекта. Тако развијен мерни поступак ће се користити за фино подешавање импулсних карактеристика гасних одводника пренапона које ће

омогућити велику брзину одзива и стабилну радну тачку на дужи временски период. То ће бити постигнуто варијацијом електродних ефеката који утичу на једносмерни и динамички пробој гасова и применом радиоактивних изотопа.

6. План истраживања и структура рада

Рад кандидата Драгана Брајовића под насловом **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"** састојаће се од уводног дела, теоретског разматрања, експерименталног поступка, алгоритма за теоретско–нумеричку обраду података мерења и закључка.

У уводном делу рада биће дефинисани проблем и циљ рада. Ту ће такође бити укратко представљене основе теорије електричног пражњења у гасовима, интеракција зрачења са материјалима, емисиони механизми, као и сви остали ефекти који самостално и у садејству са другим могу утицати на степен јонизације гаса на ниском притиску.

У оквиру теоретског разматрања биће развијен теоретски алгоритам који ће омогућити да се на феномене електричног пражњења гасова на ниском притиску примени теорија сличности и теорија пораста вероватноће пробоја. Основе за увођење ових теорија биће Таунсендов закон сличности за електрично пражњење у гасовима и закон мултипликативности независних вероватноћа електричног пражњења, при чему ће се концентрисати на вероватноће комплементарних појава. Добијени резултати ће омогућити израду теоретских и семиемпиријских алгоритама за уопштење експериментално добијених резултата и одређивање њихових волт-секундних карактеристика.

У експерименталном делу рада, под добро контролисаним лабораторијском условима, вршиће се следећа истраживања: биће развијен оригинални аутоматизовани мерни систем који ће омогућавати мерење великог броја вредности једносмерног импулсног пробојног напона без битних иреверзибилних промена на електродама; такође ће бити развијен модел гасног одводника пренапона са одговарајућим гасним кругом за пуњење; модел гасног одводника пренапона ће бити флексибилног типа што ће омогућити промену параметара изолационог система, уношење радиоактивног извора и стабилну радну тачку; гасни круг ће бити конципиран тако да се у моделу гасног одводника може формирати смеша племенитих гасова високе чистоће унапред задатог састава; Смеша племенитих гасова биће формирана методом парцијалних притисака. Комбинована мерна несигурност мерног система биће процењена и очекује се да не буде већа од 3 % .

7. Закључак и предлог

Мр Драган Брајовић, дипломирани инжењер електротехнике, пријавио је своју докторску дисертацију под насловом **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"** у складу са Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, подневши на увид сва, поменути правилником, предвиђена документа. На основу поднесених докумената констатовано је да је Драган Брајовић дипломирао на Електротехничком факултету у Београду. Магистрирао је на Техничком факултету у Чачку Универзитета у Крагујевцу. Не постоје никакве законске сметње да пријави докторску дисертацију. Кандидат има радове који су представљени на домаћим и међународним стручним конференцијама, као и низ публикација у националним оквирима. Из достављене документације, која укључује и библиографију до сада објављених научних и стручних радова Драгана Брајовића, може се закључити да се ради о успешном младом научном раднику од којег се очекује да ће циљеве постављене у пријави своје дисертације успешно реализовати у року који је предвиђен законом.

На основу образложења предмета и циља истраживања, полазних хипотеза истраживања, очекиваних научних доприноса и плана истраживања, може да се закључи да тема пријављене докторске дисертације под насловом **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"** омогућава да се у оквиру ње остваре значајни научни и стручни доприноси из области пражњења у гасовима. Предложени ментор, проф. др Предраг Осмокровић, има велики број научних радова из области којој припада пријављена докторска дисертација кандидата мр Драгана Брајовића, те у том смислу сматрамо да је компетентан да обавља функцију ментора ове дисертације. Стога предлажемо Наставно-научном већу да одобри израду докторске дисертације кандидата Драгана Брајовића под насловом **"Оптимизација динамичких карактеристика гасних одводника пренапона на нисконапонском нивоу"**, под менторством проф. др Предрага Осмокровића.

У Београду,
26. март 2013. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Предраг Осмокровић
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Проф. др Јован Цветић
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Проф. др Александра Васић-Миловановић
Машински факултет Универзитета у Београду