

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

**Predmet** : referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidatkinje mr Ivane Vlajić - Naumovske, dipl. inž.

Odlukom Nastavno-naučnog veća br. 934/3 od 26. maja 2014. godine imenovani smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidatkinje mr Ivane Vlajić-Naumovske, dipl. inž., pod naslovom

**Štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije**

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa kandidatkinjom Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

**1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije**

Magistarski rad pod naslovom "*Izbor optimalnog broja rezervnih transformatora 10 kV /0,4 kV u pogledu pouzdanosti napajanja potrošača i ukupnih godišnjih troškova*" kandidatkinja je odbranila 10. jula 2003. godine na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Kandidatkinja je doktorsku disertaciju pod naslovom „*Štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije*“ prijavila 03. septembra 2012. godine. Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta je na 752. sednici, održanoj 04. septembra 2012. godine imenovalo Komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije u sastavu: vanredni profesor dr Dragutin Salamon (mentor), docent dr Predrag Stefanov i naučni saradnik dr Saša Milić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd. Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta usvojilo je izveštaj Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije na 754. sednici održanoj 23. oktobra 2012. godine. Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu je na 21. sednici održanoj 24. decembra 2012. godine dalo saglasnost na predloženu temu.

Kandidatkinja je urađenu disertaciju predala na pregled i ocenu 8. maja 2014. godine. Na osnovu predloga Komisije za studije trećeg stepena od 29. aprila 2014. godine, Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu je na 774. sednici održanoj 20. maja 2014. godine imenovalo Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije u sastavu: vanredni profesor dr Dragutin Salamon, redovni profesor dr Ivan Škokljević, docent dr Predrag Stefanov, redovni profesor

dr Vladica Mijailović, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku i naučni saradnik  
dr Saša Milić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd.

## **1.2 Naučna oblast disertacije**

Disertacija „*Štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije*“ pripada naučnoj oblasti Tehničke nauke – elektrotehnika, užoj naučnoj oblasti Elektroenergetski sistemi, za koju je matični fakultet Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu.

Za mentora doktorske disertacije određen je dr Dragutin Salamon, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu koji se više godina bavi naučno istraživačkim i nastavnim radom u oblasti elektroenergetskih sistema i publikovao je veći broj radova iz ove oblasti u časopisima sa SCI liste.

## **1.3 Biografski podaci o kandidatu**

Ivana Vlajić-Naumovska je rođena 04. avgusta 1972. godine u Smederevskoj Palanci. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Smederevskoj Palanci sa odličnim uspehom. Školske 1991/92. godine upisala je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirala je 1998. godine na Energetskom odseku, na Smeru za energetske pretvarače i pogone, sa ocenom 10. Postdiplomske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, na smeru Elektroenergetska postrojenja i oprema, upisala je školske 1999/2000. godine, a magistrirala je 10. jula 2003. godine. Mentor pri izradi magistarskog rada bio je dr Dragutin Salamon, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

Od 1999. godine zaposlena je na Višoj elektrotehničkoj školi u Beogradu kao stručni saradnik na predmetima: Elektrane i razvodna postrojenja, Električne instalacije i osvetljenje, Analiza elektroenergetskih mreža, Aplikativni softver i Primena računara, a od 2004. godine kao predavač na predmetima Električne instalacije i osvetljenje, Elementi elektroenergetskih sistema, Aplikativni softver (od 2004 do 2006) i Osnovi elektroenergetike (od 2007).

Mentor je za više od dvadeset diplomskih radova na Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu.

Od 1. aprila 2006. do 31. marta 2007. bila je šef smera Energetika. U školskoj 2006/07 učestvovala je u akreditaciji Više elektrotehničke škole i studijskog programa Nove energetske tehnologije.

U okviru programa permanentnog usavršavanja članova Inženjerske komore Srbije održala je dva kursa:

- *Izrada tekstualne tehničke dokumentacije u radnim tabelama*, predavači: D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, Inženjerska komora Srbije, septembar 2005. godine,
- *Prezentacija poslovnih i tehničkih projekata pomoću programa za izradu overhead prezentacija (Power Point, Impress)*, predavači: D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, Inženjerska komora Srbije, novembar 2005. godine.

Učestvovala je u izradi 2 studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, urađene za Elektrodistribuciju Beograd i Elektroprivredu Srbije, pod rukovodstvom profesora dr Jovana Nahmana.

## **2. OPIS DISERTACIJE**

### **2.1 Sadržaj disertacije**

Disertacija je napisana na 164 strane, i pored naslovne strane i sadržaja, sadrži ukupno sedam poglavlja sa zaključkom i spiskom literature u kome je navedeno ukupno 38 referenci. Disertacija sa priložima sadrži 38 slika i 263 tabele. Prilozi obuhvataju ukupno 8 strana.

Doktorska disertacija se sastoji od devet poglavlja. Poglavlja su :

1. Uvod
2. Pouzdanost sistema za distribuciju električne energije
3. Proračuni šteta usled prekida isporuke električne energije
4. Proračuni šteta kod domaćinstava usled prekida isporuke električne energije
5. Proračuni šteta kod komercijalnih potrošača usled prekida isporuke električne energije
6. Štete kod mešovite grupe potrošača domaćinstva-komercijala
7. Proračuni šteta kod potrošača usled prekida koji su se dogodili
8. Zaključak
9. Literatura.

Po formi i sadržaju zadovoljava standarde za doktorsku disertaciju.

## **2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja**

U uvodnom poglavlju opisuju se predmet i cilj i metode istraživanja i navode se polazne hipoteze. Urađen je pregled dostupnih do sada objavljenih radova sa sličnom problematikom. Dat je sažet opis i sadržaj disertacije uz navođenje ključnih aspekata na koje će se disertacija usmeriti.

U drugom poglavlju su definisani osnovni pojmovi i veličine iz oblasti pouzdanosti elektroenergetskih sistema i prikazane metode za analizu pouzdanosti postrojenja, s posebnim akcentom na tabličnu metodu.

U trećem poglavlju je objašnjen značaj proračuna šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. Opisan je razvijeni probabilistički model za ocenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije koji uzima u obzir slučajnost preklapanja vremena trajanja prekida napajanja i obavljanja određene aktivnosti potrošača. Definisana je razmatrana distributivna električna mreža sa tri varijante napajanja 10 kV vodom. Određeni su ekvivalentni kvarovi za dva primera proračuna. Detaljno su analizirane aktivnosti kod domaćinstava i komercijalnih potrošača, opisani su anketni upitnici, odnosno dati su podaci o anketama koje su korišćene u doktorskoj disertaciji.

U četvrtom, petom i šestom poglavlju prikazani su rezultati proračuna šteta usled prekida isporuke električne energije za domaćinstva, komercijalne potrošače i potrošače "mešovite grupe domaćinstva-komercijala", respektivno. Korišćeni su odgovarajući matematički modeli za statističku obradu rezultata sprovedenih anketa da bi se formirali referentni uzorci i Markovljevi probabilistički modeli za proračun verovatnoće i očekivanog trajanja prekida karakterističnih aktivnosti potrošača i učinjenih šteta. Kao poseban pokazatelj kojim se obuhvataju nematerijalni efekti prekida napajanja analiziran je stepen neprihvatljivosti. Ovaj pokazatelj odražava meru nezadovoljstva potrošača pouzdanošću snabdevanja električnom energijom i jasno ukazuje na delove distributivnog sistema koji zahtevaju određena poboljšanja.

U šestom poglavlju je definisana tipična transformatorska stanica 10 kV/0,4 kV koju čine potrošači "mešovite grupe domaćinstva-komercijala". Izračunati su pokazatelji pouzdanosti SAIFI i SAIDI kao i ukupne godišnje štete za dva primera proračuna i tri varijante razmatrane distributivne električne mreže napajanja vodom 10 kV. Upoređeni su pokazatelji pouzdanosti SAIFI i SAIDI i ukupne godišnje štete kod potrošača za pojedine primere i slučajeve napajanja osam tipičnih transformatorskih stanica vodom 10 kV.

U sedmom poglavlju su prikazani proračuni šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije koji su se dogodili za karakteristične dane koji se nalaze u određenoj sezoni i mogu da budu radni ili neradni, kao i na godišnjem nivou, zavisno od načina grejanja. Na osnovu sprovedenih analiza aktivnosti koje obavljaju i šteta usled prekida isporuke električne energije, komercijalni potrošači su podeljeni u grupe i podgrupe u petom i sedmom poglavlju.

U zaključnom, osmom, poglavlju je izložen rezime istraživanja. Najpre je dat kratak osvrt na predloženo rešenje i hipotezu postavljenu na početku istraživanja. Nakon toga su istaknuti ostvareni rezultati i doprinosi teze. Na kraju su istaknute mogućnosti korišćenja predložene metode u proceni šteta kod potrošača i date smernice za dalja istraživanja.

U devetom poglavlju je dat pregled referentne i korišćene literature.

U prilogu A je dat popis promenljivih sa definicijama, u prilogu B su prikazani anketni upitnici, a u prilogu C su prikazani podaci o štetama u različitim zemljama.

### **3. OCENA DISERTACIJE**

#### **3.1 Savremenost i originalnost**

Na osnovu pregledane doktorske disertacije Komisija smatra da disertacija obrađuje vrlo aktuelnu problematiku šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije koja pripada naučno-stručnoj oblasti deregulacije elektroenergetskih sistema i tržišta električne energije. Aktuelnost i značaj istraživanja u ovoj oblasti proizilazi iz činjenice da se u svetu pitanju procene pokazatelja pouzdanosti i šteta kod prekida napajanja potrošača posvećuje velika pažnja, jer ovi podaci bitno utiču na planiranje razvoja distributivnog sistema i ugovorne odnose između isporučilaca i korisnika električne energije.

Stalnost isporuke električne energije predstavlja jedno od osnovnih merila kvaliteta snabdevanja potrošača. U uslovima deregulisanog tržišta štete usled prekida snabdevanja potrošača električnom energijom vrednuju se ekonomski i direktno utiču na profit i poslovanje preduzeća koja isporučuju električnu energiju. Poslednjih nekoliko godina se na međunarodnom nivou pitanju procena šteta kod prekida isporuke električne energije posvećuje velika pažnja. U velikom broju zemalja sprovedene su ankete kod potrošača kako bi se došlo do ovih procena za prekide različitog trajanja i učestanosti. Ove se procene zasnivaju na različitim pretpostavljenim scenarijima događaja u vezi sa vremenom i dužinom nastanka prekida i načinima i troškovima substitucije. Pomenuta problematika bila je predmet razmatranja posebne radne grupe međunarodne CIGRE. I u našoj zemlji su takođe sprovedene odgovarajuće ankete u nekoliko gradova kod potrošača različite vrste.

Prekidi isporuke električne energije dovode do pojave šteta kako kod distributivnih kompanija, tako i kod potrošača. Kod distributivnih kompanija štete nastaju kao posledica neostvarene dobiti na prodaji električne energije i plaćanja penala pojedinim potrošačima, ako je to predviđeno ugovorom. Ukupne štete neposredno zavise od broja i pojedinačnih trajanja nenajavljenih prekida. Kod potrošača štete mogu biti nematerijalne i materijalne prirode i posledica su narušavanja ili ometanja njihovih normalnih aktivnosti i mogućeg stvaranja škarta.

U cilju da se uspostavi ravnoteža ekonomskih parametara i pouzdanosti sistema, u procesu donošenja odluka je potrebno uzeti u obzir oba kriterijuma, veličine šteta i pouzdanosti. U tom smislu, potrebno je što tačnije odrediti vrednosti pokazatelja pouzdanosti i šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.

U poslednjih nekoliko godina, prisutne su promene u potrebama i navikama kupaca električne energije u Srbiji usled raznih uticaja. Najznačajniji uticaji su ekonomski, finansijski, energetski (npr. gasna kriza), promene pariteta cena energenata, proces globalizacije i klimatske promene usled globalnog otopljanja.

Zbog povećanja potrošnje električne energije i prema tome i zavisnosti od ovog plemenitog izvora energije može se očekivati trend povećanja stepena neprihvatljivosti usled neisporučene električne energije. Kako se u narednom periodu očekuje i relativan rast cene električne energije, to će

prouzrokovati i povećanje novčanih iznosa vezanih za štete usled neisporučene električne energije.

Usvajanjem novog Zakona o energetici u Srbiji, 2011. godine, domaća legislativa je harmonizovana sa evropskim zakonodavstvom i uređen je odnos između snabdevača i kupaca električne energije, uključujući prava i obaveze u snabdevanju krajnjih kupaca i zaštitu krajnjih kupaca.

U cilju formiranja metodologije, na početku disertacije prikazan je pregled postojećih istraživanja i rezultata u oblasti šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. Naglašeno je da su razvoj distributivnih sistema i unapređenje modela za određivanje šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije i pokazatelja pouzdanosti međusobno zavisni. Kvalitetna analiza i procena šteta kod potrošača i pouzdanosti distributivnog sistema može da pruži korisne informacije za eksploataciju i planiranje poboljšanja postojećih ili izgradnju novih distributivnih sistema.

U prošlosti su urađene mnoge detaljne studije kako bi se ocenile štete kod potrošača usled prekida napajanja. Posledice prekida isporuke su ocenjivane korišćenjem anketa u kojima su potrošači procenjivali štete uz usvojene fiksne scenarije u pogledu godišnjeg doba (sezone), dana i časa kada dolazi do iznenadnog prekida isporuke električne energije.

Na osnovu izvršenih analiza uočeno je da je kod nekih potrošača moguće uvesti određena unapređenja koja bi dovela do poboljšanja kvaliteta anketa koje se primenjuju za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. U skladu sa tim, predložena su poboljšanja anketa kod domaćinstava i komercijalnih potrošača. Originalnost ovog rada ogleda se u unapređenju metodologije proučavanja posledica prekida napajanja na različite potrošače kroz detaljnije modelovanje aktivnosti domaćinstava i komercijalnih potrošača, koje u kombinaciji sa odgovarajućim modelima kvarova daju podatke o verovatnoći i očekivanim trajanjima narušavanja tih aktivnosti i time obezbeđuju realnu podlogu za procenu šteta.

Kod domaćinstava je ranije korišćena anketa poboljšana uvođenjem aktivnosti klima uređaj jer zbog klimatskih promena i povećane pristupačnosti klima uređaja, mnoga domaćinstva koriste klima uređaje za hlađenje prostorija prilikom visokih temperatura, ali i za dogrevanje u prelaznim periodima jesen - zima. U svetu se od početka osamdesetih godina prošlog veka pojavljuju podaci o štetama kod pojedinih potrošača, uključujući i komercijalne potrošače. Komercijalni sektor se obično posmatra kao homogena grupa, dok je u stvarnosti heterogena. U smislu tačnijeg sagledavanja šteta kod komercijalnih potrošača pripremljen je detaljan anketni upitnik i sprovedena anketa kojom je obuhvaćeno sedamnaest različitih tipova komercijalnih potrošača. U anketnom upitniku, aktivnosti su podeljene u tri grupe:

- opšte, koje sprovode svi komercijalni potrošači (14 aktivnosti),
- aktivnosti koje se odnose na pića i prehrambene artikle (8 aktivnosti) i
- dodatne, specifične aktivnosti za pojedine komercijalne potrošače.

Ukupan broj različitih aktivnosti koje su pokrivena sprovedenom anketom je 31.

Posebna pažnja je posvećena razvoju odgovarajućeg programa u MATLAB okruženju čime je omogućeno brzo, efikasno i precizno sprovođenje proračuna i analiza uticaja raznih parametara na štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.

S obzirom na kompleksnost i aktuelnost teme zaključujemo da je urađena disertacija po značaju na visokom naučnom nivou koji zadovoljava sve standarde za izradu doktorske disertacije i da dobijeni rezultati predstavljaju naučni doprinos u odnosu na postojeće stanje i otvaraju prostor za dalja istraživanja.

### **3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu**

Kandidatkinja je u disertaciji koristila savremenu i relevantnu literaturu i korektno je navela dostupne reference koje su u vezi sa temom disertacije. Korišćena literatura u potpunosti ispunjava zahteve dobrog pokrivanja oblasti istraživanja, adekvatnosti i savremenosti analize najnovijih rezultata i trendova razvoja u oblasti istraživanja. Navedeno je ukupno 38 referenci koje obuhvataju najznačajnije autore iz ove oblasti, knjige, doktorske disertacije, radove iz naučnih časopisa i sa konferencija, studije i ankete.

### **3.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda**

Osnovna polazna postavka ovog istraživanja je potreba za tačnijom procenom šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. Istraživanja u okviru disertacije bazirana su na razvoju metodologije proučavanja posledica prekida napajanja kroz detaljnije modelovanje aktivnosti domaćinstava i komercijalnih potrošača. Pored navedenog, u okviru modela su predloženi i pokazatelji za kvantifikovanje nematerijalnih posledica koji mogu da posluže kao dopunska merila za ocenu kvaliteta isporuke električne energije. Predložena metodologija je efikasna i jednostavna za primenu i omogućava dobijanje korisnih informacija za razvoj distributivnih elektroenergetskih sistem. Unapređenjem modela i određivanjem realnih šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije postignuto je ne samo zadovoljenje zakonskih i regulatornih obaveza već i povećavan stepen zadovoljstva potrošača, što predstavlja dobrobit za celo društvo.

Budući da u svetu ne postoji jedinstvena metodologija za vrednovanje efekata prekida isporuke električne energije, nema čvrstih pravila o tome kako sprovesti procenu štete, pa izbor metode zavisi od konkretnih uslova i situacije. Većina elektrodistributivnih preduzeća favorizuje metodu ankete za procenu štete usled prekida isporuke električne energije. Ova metoda se zasniva na premisi da je potrošač je u najboljoj poziciji da proceni svoje novčane i nenovčane troškove u vezi sa nepouzdanošću isporuke, odnosno usled prekida isporuke električne energije.

Istraživanje u okviru disertacije je bazirano na osnovu dostupnih podataka iz literature, kao i podataka anketa sprovedenih za potrošače u Beogradu i realizovano je na teorijskom nivou, sa jasnom praktičnom primenom. Primenjene metode istraživanja su metoda anketiranja potrošača, metode analize, poređenja i procene rezultata, metoda kompilacije uz primenu sinergije. U okviru rada korišćeni su matematički modeli za statističku obradu rezultata sprovedenih anketa da bi se formirali referentni uzorci i grupe potrošača i Markovljevi probablistički modeli za proračun verovatnoće i očekivanog trajanja prekida karakterističnih aktivnosti potrošača i učinjenih šteta. Primena predloženog modela je demonstrirana na distributivnoj mreži sa tri razmatrane varijante napajanja 10 kV vodom.

Metodološki gledano, proces procene štete usled prekida isporuke električne energije je razložen u nekoliko koraka, tj. u prepoznavanje, analizu i procenu šteta, kao i preduzimanju odgovarajućih mera.

Ceo postupak izrade ove doktorske disertacije može se sumirati kroz sledeći niz aktivnosti:

1. Sistematizovano prikupljanje i proučavanje dostupne literature i analiza postojećih naučnih rezultata i dostignuća iz oblasti disertacije.
2. Kritička analiza problematike šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije sa stanovišta uticaja predloženih unapređenja na kvalitet dobijenih rezultata.
3. Pripremanje detaljnih anketnih upitnika za domaćinstva i komercijalne potrošače i sprovedenje anketa.
4. Razvoj potrebnih matematičkih modela.

5. Razvoj odgovarajuće softverske podrške u programskom okruženju MATLAB za proračun šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.
6. Sprovođenje proračuna i analize rezultata proračuna za razmatranu distributivnu mrežu.
7. Poređenje sa podacima ranijih anketa za domaćinstva.
8. Donošenje konačnih zaključaka u vezi šteta kod pojedinih potrošača usled prekida isporuke električne energije.

Prepoznavanjem, analizom i procenom šteta usled prekida isporuke električne energije i definisanjem efikasnog modela podstiče se dalji razvoj distributivnih sistema. Na osnovu analize sadržaja doktorske disertacije može se zaključiti da primenjene naučne metode i tehnike, po svom značaju i strukturi, odgovaraju temi disertacije i sprovedenim istraživanjima.

### **3.4 Primenljivost ostvarenih rezultata**

Ova doktorska disertacija inicirana je praktičnim i teorijskim potrebama za tačnijom procenom štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije, kao i zakonskim i regulatornim obavezama preduzeća za distribuciju električne energije u uslovima deregulacije elektroenergetskih sistema i otvaranja tržišta električne energije. Na bazi bolje zasnovanih tehničko-ekonomskih analiza iz doktorske disertacije dobijaju se korisne informacije za eksploataciju i planiranje poboljšanja postojećih ili izgradnju novih distributivnih sistema, što omogućava poboljšanje kvaliteta isporuke električne energije i unapređenje i razvoj distributivnih elektroenergetskih sistema. Unapređenjem modela i određivanjem realnih šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije postignuto je ne samo zadovoljenje zakonskih i regulatornih obaveza već i povećan stepen zadovoljstva potrošača, što predstavlja dobit za celo društvo.

S obzirom da je za potrebe sprovođenja svih potrebnih proračuna i analiza u okviru doktorske disertacije razvijena i odgovarajuća softverska podrška u MATLAB okruženju, realno se otvaraju i mogućnost komercijalne primene razvijene metodologije u oblasti deregulacije elektroenergetskih sistema i tržišta električne energije.

### **3.5 Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad**

U toku izrade doktorske disertacije kandidatkinja je pokazala sposobnost da sagleda problem istraživanja sa više aspekata i kreativno pristupi njegovom rešavanju. Uočila je glavne nedostatke i probleme postojećih metodologija i predložila originalnu metodologiju za procenu štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.

Rezultati istraživanja u okviru disertacije demonstrirani su na distributivnoj mreži sa tri razmatrane varijante napajanja 10 kV vodom i verifikovani su publikovanjem u međunarodnom i domaćim časopisima i na konferencijama.

Sveobuhvatan i sistematizovan pregled stanja u oblasti elektroenergetskih sistema pokazuje sposobnost kandidatkinje za samostalno uočavanje i sagledavanje otvorenih problema istraživanja, kao i kritičku analizu postojećih saznanja u ovoj oblasti. Na osnovu navedenog smatramo da kandidatkinja poseduje potrebno znanje i iskustvo za samostalan naučni rad.

## **4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

### **4.1 Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa**

Izrada predložene disertacije doprinosi razvoju modela za procenu šteta usled prekida isporuke električne energije. Za potrebe doktorske disertacije i u cilju unapređenja modela, temeljno su pripremljene i sprovedene odgovarajuće ankete. Na osnovu odgovarajućih matematičkih modela, razvijeni su softverski programi u MATLAB-u pomoću kojih su sprovedeni proračuni šteta. Detaljno je analiziran uticaj pojedinih parametara na štete kod potrošača. U disertaciji su obuhvaćene sve relevantne situacije, procena šteta je strukturirana i u skladu je sa postojećim zakonskim obavezama i prihvaćenim standardima.

Osnovni doprinos disertacije je unapređenje metodologije proučavanja posledica prekida napajanja na različite potrošače kroz detaljnije modelovanje aktivnosti domaćinstava i komercijalnih potrošača, koje u kombinaciji sa odgovarajućim modelima kvarova daju podatke o verovatnoći i očekivanim trajanjima narušavanja tih aktivnosti i time obezbeđuju realnu podlogu za procenu šteta. Pored navedenog, u okviru modela su predloženi i pokazatelji za kvantifikovanje nematerijalnih posledica koji mogu da posluže kao dopunska merila za ocenu kvaliteta isporuke električne energije.

U okviru predložene doktorske disertacije ističemo sledeće naučne doprinose:

- Izvedena je analiza i dat kritički osvrt na dosad korišćene razvijene modele za procenu šteta usled prekida isporuke električne energije. Za potrebe analize dat je i sistematizovan pregled metodologija za procenu šteta koje se koriste u pojedinim zemljama.
- Razvijeni su efikasni probablistički matematički modeli za realne procene nematerijalnih i materijalnih šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije jednostavni za primenu.
- Ukazano je na prednosti primene razvijenog modela za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.
- U cilju unapređenja modela, temeljno su pripremljene i sprovedene odgovarajuće ankete. Kod domaćinstava je u anketnom upitniku dodata nova aktivnost klima uređaj. Kod komercijalnih potrošača u anketnom upitniku postoje tri tabele sa aktivnostima; prva obuhvata opšte aktivnosti koje pretežno svi komercijalni potrošači sprovode (14 aktivnosti), druga se odnosi na aktivnosti koje se odvijaju kod komercijalnih potrošača koji za svojoj delatnosti koriste pića i prehrambene artikle (8 aktivnosti) i treća tabela se odnosi na dodatne, specifične aktivnosti koje se javljaju kod pojedinih komercijalnih potrošača, zavisno od njihove delatnosti. Kod tabele sa dodatnim aktivnostima ostavljen je prostor za pet dodatnih aktivnosti koje komercijalni potrošač može sam da definiše, u skladu sa svojom delatnošću. Ukupan broj različitih aktivnosti koje su pokrivene sprovedenom anketom je 31.
- Na bazi analize tipova potrošača u elektrodistributivnoj mreži u Beogradu modelovana je "mešovita grupa domaćinstva-komercijala" jedne tipične TS 10 kV/0,4 kV.
- Razvijena je softverska podrška u MATLAB okruženju koja omogućuje efikasan i precizan proračun šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.
- Detaljno je analiziran uticaj pojedinih aktivnosti i načina grejanja na štete kod potrošača, a za proračune u slučaju prekida koji su se dogodili, analiziran je uticaj sezone godine, tipa dana (radnog i neradnog) i načina grejanja na štete kod različitih potrošača usled prekida napajanja.
- Na temelju sprovedenih proračuna i analiza izvedeni su zaključci koji jasno ukazuju na karakteristike šteta kod pojedinih potrošača što predstavlja praktičan doprinos razvoju modela za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.



Doprinosom razvoju matematičkih modela za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije kandidatkinja je kroz doktorsku disertaciju ostvarila generalno najvažniji cilj – naučno je pokazala da se primenom novog probabilističkog modela dobijenog savremenim metodama, postupcima i informacionim alatima omogućuju bolje zasnovane tehničko-ekonomske analize rada elektroenergetskih sistema kroz realne i efektivne procene materijalnih i nematerijalnih šteta kod različitih potrošača usled prekida isporuke električne energije i pokazatelja za ocenu kvaliteta distributivnog sistema u pogledu pouzdanosti isporuke električne energije potrošačima. Sagledavanjem šteta kod potrošača u savremenom liberalizovanom, tržišno orijentisanom okruženju, sa novim aspektima planiranja i funkcionisanja elektroenergetskog sistema, podstiče se dalji razvoj ovih sistema, što predstavlja dobrobit za kupce električne energije, a time i za celo društvo.

Sveobuhvatni naučni doprinos disertacije je podrška unapređenju kvaliteta isporuke električne energije, smanjenju troškova potrošača i povećanju energetske efikasnosti uz poštovanje zakonskog okvira.

#### **4.2 Kritička analiza rezultata istraživanja**

Kandidatkinja je u disertaciji razmotrila problem i neophodnost razvoja novog modela za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. Primenom predloženog modela u analizama šteta kod potrošača ostvarena je tačnija procena šteta kod domaćinstva i komercijalnih potrošača. Razvijeni probabilistički matematički model je efikasan i jednostavan za primenu za realne procene nematerijalnih i materijalnih šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije.

Istraživački rad je zasnovan na postojećim naučnim rezultatima sa ciljem da se unaprede postojeći modeli za procenu šteta kod potrošača i omogući dobijanje tačnijih informacija o štetama kod domaćinstava i komercijalnih potrošača. Analizirana je obimna literatura kao i različite metode i tehnike u razvoju modela za procenu šteta kod potrošača.

Uvidom u postavljene hipoteze, realizovane odluke i dobijene rezultate, Komisija konstatuje da je kandidatkinja uspešno odgovorila na postavljena pitanja koja su od značaja za razvoj modela za procenu šteta kod potrošača usled prekida isporuke električne energije. Kvalitet predloženog pristupka je verifikovan odgovarajućim radom u vrhunskom međunarodnom časopisu. Ovim radom je dokazano da se razvojem modela za procenu šteta kod potrošača na efikasan način omogućava dobijanje korisnih informacija za eksploataciju i planiranje poboljšanja postojećih ili izgradnju novih distributivnih sistema.

Urađena doktorska disertacija ističe potrebu za analizama i procenama šteta kod potrošača u savremenom liberalizovanom, tržišno orijentisanom okruženju, sa novim aspektima u njihovom planiranju i funkcionisanju, i ujedno ukazuje na potrebu daljeg razvoja ovih metoda.

#### **4.3 Verifikacija naučnih doprinosa**

U toku svog istraživačkog rada u užoj oblasti teme doktorske disertacije kandidatkinja je publikovala sledeće radove:

##### **Vrhunski međunarodni časopisi (Kategorija M21):**

- [1] J. Nahman, I. Vlajic-Naumovska, D. Salamon, "Evaluation of supply interruption costs for residential sector in Serbia", *Electric Power Systems Research*, Vol. 110, pp. 39–44, 2014., (IF=1.694) (ISSN 0378-7796).

##### **Vodeći časopisi nacionalnog značaja (Kategorija M51):**

- [1] J. Nahman, D. Perić, D. Salamon, I. Vlajić-Naumovska, "Štete potrošača u gradskim distributivnim mrežama usled prekida napajanja električnom energijom", *Elektroprivreda*, vol. 59, br. 3, str. 34-47, 2006. (ISSN 0013-5755)
- [2] J. Nahman, D. Perić, D. Salamon, I. Vlajić-Naumovska, "Proračun pouzdanosti distributivnih sistema primenom korelacionih matrica", *Elektroprivreda*, vol. 60, br. 2, str. 90-98, 2007. (ISSN 0013-5755)

**Saopštenja sa domaćih skupova štampana u celini (Kategorija M63):**

- [1] J. M. Nahman, D. M. Perić, I. A. Vlajić-Naumovska, "Anketiranje domaćinstava o stepenu neprihvatljivosti prekida napajanja električnom energijom", XLVII Konferencija ETRAN, Herceg Novi, 2003.

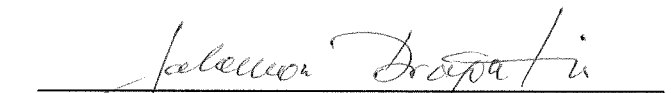
## 5. ZAKLJUČAK

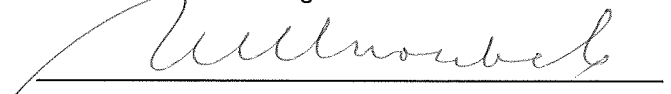
Na osnovu svega prethodnog, Komisija konstatuje da disertacija ispunjava sve zakonske, formalne i suštinske uslove, kao i sve kriterijume koji se uobičajeno primenjuju prilikom vrednovanja doktorske disertacije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Komisija smatra da doktorska disertacija mr Ivane Vlajić-Naumovske, dipl. inž., sadrži originalne naučne doprinose koji mogu imati značajnu praktičnu primenljivost u naučno-stručnoj oblasti deregulacije elektroenergetskih sisteme i tržišta električne energije.

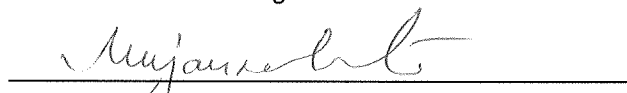
Na osnovu svega izloženog, komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da se doktorska disertacija kandidatkinje mr Ivane Vlajić-Naumovske, dipl. inž., pod naslovom pod nazivom „**Štete kod potrošača usled prekida isporuke električne energije**“ prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

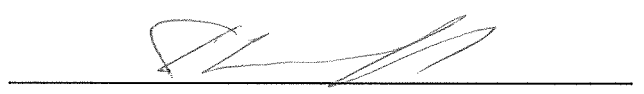
U Beogradu, 27. juna 2014. godine

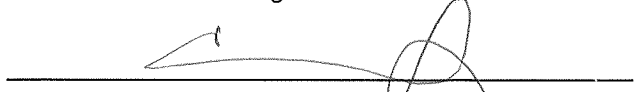
Komisija:

  
Dr Dragutin Salamon, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

  
Dr Ivan Škokljević, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

  
Dr Vladica Mijailović, redovni profesor  
Univerzitet u Kragujevcu -  
Fakultet tehničkih nauka u Čačku

  
Dr Predrag Stefanov, docent  
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

  
Dr Saša Milić, naučni saradnik  
Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd