

## **KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU**

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 30.8.2016. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada Momčila Milića, dipl. inž. elektrotehnike i računarstva, pod naslovom „Primena metode frekvencijski zavisne spektroskopije u preventivnoj kontroli vlage u izolaciji visokonaponske opreme“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### **IZVEŠTAJ**

#### **1. Biografski podaci kandidata**

Momčilo Milić je rođen 9.12.1992. godine u Kninu (Hrvatska). Završio je osnovnu školu „Dositej Obradović“ na Umci (Čukarica) i srednju elektrotehničku školu „Nikola Tesla“ u Beogradu, u obe škole kao nosilac diplome „Vuk Karadžić“. Po završetku srednje škole upisao je Elektrotehnički fakultet u Beogradu školske 2011/12. godine. Osnovne studije na studijskom programu Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi završio je 30.9.2015. godine sa prosečnom ocenom 8,12. Master akademske studije, na modulu za Elektroenergetske sisteme, smer Postrojenja i oprema upisao je školske 2015/16. godine na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Položio je sve predviđene ispite sa prosečnom ocenom 8,60.

#### **2. Opis master rada**

Master rad obuhvata 69 strana, sa ukupno 70 slika i 22 tabele. Rad sadrži 6 poglavlja uključujući i literaturu. U uvodnom poglavlju su dati opšti pregled i cilj rada. Ukazano je na sve veću potrebu za monitoringom i dijagnostikom energetske transformatora s obzirom da se ovi elementi nalaze u pogonu pod velikim električnim, hemijskim, mehaničkim i termičkim naprezanjima usled kojih dolazi do njihovog ubrzanog starenja i degradacije. S obzirom da je jedan od najznačajnijih uzročnika degradacije izolacije vlaga, to je potrebno unaprediti već postojeće klasične električne metode metodama dielektrične spektroskopije među kojima, kao najbolja, jeste metoda frekvencijski zavisne spektroskopije (FDS). U drugom poglavlju su date karakteristike uljno-papirne izolacije energetske transformatora, faktori starenja, mere kvaliteta i raspodela vode u izolacionom sistemu transformatora.

Treće poglavlje se odnosi na električne metode za posredno određivanje sadržaja vlage u uljno-papirnoj izolaciji. Razmotrene su klasične električne metode za ispitivanje izolacionog sistema: merenje otpornosti izolacije i indeksa polarizacije i merenje faktora dielektričnih gubitaka i kapacitivnosti. Za obe metode date su teorijske osnove, opis metoda i merni uređaji koji se za njih koriste. U nastavku su prikazane metode dielektrične spektroskopije u vremenskom domenu i to: metoda merenja povratnog napona (Recovery Voltage Measurement - RVM) i metoda merenja struja polarizacije i depolarizacije (Polarization and Depolarization Current - PDC). Za obe metode opisani su merni postupak i merni uređaji koji se koriste. Takođe, data je i metoda dielektrične spektroskopije u frekvencijskom domenu, sa detaljnim opisom metode, mernog postupka, interpretacije rezultata, i opisa specijalizovanog uređaja za primenu metode FDS. U četvrtom poglavlju prikazani su praktični rezultati primene metode FDS na primerima blok-transformatora i interkonektivnih transformatora uz odgovarajuće komentare prikazanih grafika. Sva merenja su izvršena mernim uređajem OMICRON, tip DIRANA. U cilju realnije procene sadržaja vlage u čvrstom delu uljno-papirne izolacije transformatora, a prema preporukama proizvođača, sva merenja su izvršena u mernoj sprezi *CHL* (VN:NN, VN:NN<sub>1</sub>, VN:SN), odnosno *CLT* (VN:NN<sub>2</sub>, SN:NN). Sva merenja su rađena sa vremenski



kraćom kombinovanom metodom (*FDS + PDC*). Kategorizacija stanja uljno-papirne izolacije transformatora je izvršena na osnovu odgovarajućih kriterijuma za transformatorsko ulje i čvrstu izolaciju navedenih u tabelama, pri čemu je procena napravljena prema kriterijumu proizvođača mernog instrumenta.

Peto poglavlje odnosi se na zaključak u kojem su opisani značaj i svrha primene metode frekvencijski zavisne spektroskopije u preventivnoj kontroli vlage u izolaciji visokonaponske opreme i uporedna analiza različitih metoda. Spisak literature sa 38 referenci dat je na kraju rada.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Master rad kandidata Momčila Milića, dipl. inž. elektrotehnike i računarstva, bavi se primenom metode frekvencijski zavisne spektroskopije u preventivnoj kontroli vlage u izolaciji visokonaponske opreme. Primena ove metode je prikazana na primerima prijemnih ispitivanja energetskih transformatora najvećih snaga, kao što su blok-transformatori i interkonektivni transformatori. Ova električna metoda za posredno određivanje sadržaja vlage u uljno-papirnoj izolaciji visokonaponske opreme omogućila je pouzdanu procenu sadržaja vlage u čvrstom delu uljno-papirne izolacije, a na osnovu čega je predloženo blagovremeno sprovođenje procesa sušenja u planiranom i najpovoljnijem trenutku sa gledišta pogona i proizvodnje električne energije.

Ostvareni su sledeći ciljevi rada: 1) Dat je prikaz parametara za monitoring izolacije visokonaponske opreme; 2) Date su karakteristike uređaja za proveru stanja izolacije visokonaponske opreme; 3) Opisane su električne metode za posredno određivanje sadržaja vlage u uljno-papirnoj izolaciji među kojima su klasične metode ispitivanja izolacionog sistema i metode dielektrične spektroskopije (u vremenskom i frekventnom domenu), sa najvećim akcentom na metodu *FDS*; 4) Ilustrovana je primena metode *FDS* pri prijemnim ispitivanjima energetskih transformatora najvećih snaga (blok-transformatori i interkonektivni transformatori).

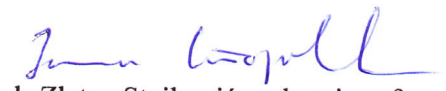
### 4. Zaključak i predlog

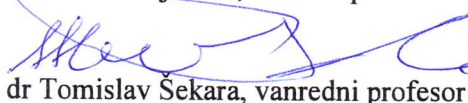
Kandidat Momčilo Milić, dipl. inž. elektrotehnike i računarstva, je u svom master radu uspešno prikazao primenu metode frekvencijski zavisne spektroskopije u preventivnoj kontroli vlage u izolaciji visokonaponske opreme. Kandidat je pokazao smisao za sprovođenje uporedne analize različitih postupaka ispitivanja i tumačenja rezultata koji su valorizovani na primerima prijemnim ispitivanjima energetskih transformatora iz prakse elektroprivrednih organizacija.

Na osnovu gore navedenog, Komisija predlaže Komisiji II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad kandidata Momčila Milića, dipl. inž. elektrotehnike i računarstva, pod naslovom „Primena metode frekvencijski zavisne spektroskopije u preventivnoj kontroli vlage u izolaciji visokonaponske opreme“ prihvati kao master rad i kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 2.9.2016. godine

Članovi komisije

  
dr Zlatan Stojković, redovni profesor

  
dr Tomislav Šekara, vanredni profesor