

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

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 18.06.2013. godine imenovalo nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Ivana Tošića pod naslovom „Uporedna analiza metoda za merenje parcijalnih pražnjenja“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### **IZVEŠTAJ**

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

Ivan Tošić rođen je 19.04.1989. godine u Pirotu. Pohađao je i uspešno završio gimnaziju u Pirotu. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2008. godine. Tokom studija izabrao je Odsek za energetiku, Smer za elektroenergetske sisteme. Diplomirao je u septembru 2012. godine, sa prosečnom ocenom 9,36. Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisao je 2012. godine Master akademske studije, smer Elektroenergetski sistemi. Predviđene ispite je položio sa prosečnom ocenom 10. Odlikuju ga: poznavanje rada na računaru i poznavanje engleskog jezika.

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

Master rad obuhvata 81 stranu, sa ukupno 70 slika, 9 tabela i 19 referenci. Rad sadrži 6 poglavlja i literaturu. U Uvodnom poglavlju opisana je motivacija za izradu ovog master rada. S obzirom da je u praksi veliki broj kvarova opreme razvodnih postrojenja izazvan narušavanjem karakteristika izolacionog sistema, a kao posledica izloženosti izolacionog sistema opreme veoma složenim uticajima, neophodno je sprovoditi niz merenja i ispitivanja sa ciljem provere stanja i trajnosti izolacionog sistema. Pored destruktivnih metoda ispitivanja, kao što je ispitivanje visokim naponom industrijske frekvencije, razvijene su i nedestruktivne metode, od kojih su najčešće metode za utvrđivanje indeksa polarizacije, merenje otpora izolacije, merenje kapaciteta i ugla gubitaka, merenje parcijalnih pražnjenja (PP).

Aktivnosti PP predstavljaju jasan indikator prisutnosti degradacije izolacionog sistema, lokalnih mehaničkih i električnih degradacionih procesa. Navedeno je opšte prihvaćeno uverenje da se najbolji uvid u stanje izolacije opreme postrojenja dobija merenjem PP. Navedene su osnovne prednosti primene monitoringa PP kao što su: mogućnost primene na skoro svu visokonaponsku opremu korišćenjem veoma slične procedure, mogućnost monitoringa PP bez šuma primenom odgovarajuće obrade signala, široka dostupnost senzora i alata za monitoring PP uz relativno prihvatljivu cenu, olakšano modelovanje procene veka trajanja na osnovu rezultata kontinualnog monitoringa PP i odgovarajuće analize.

Objašnjenje pojave PP, modelovanje i mehanizam njihovog razvoja kao i mehanizmi degradacije izolacije usled aktivnosti PP obrađeni su u Prvom poglavlju. U Drugom poglavlju obrađeni su regulativa i kriterijumi u vezi PP. Dat je sistematski prikaz internacionalnih standarda (International Electrotechnical Commission, IEC): IEC 60270, IEC 62271, IEC 60517 i IEC 62478. Treće poglavlje odnosi se na metode merenja PP. Razmatrani su nedostaci konvencionalnog električnog metoda prema IEC 60270 pri primeni na terenu (on-site) pri radnom naponu i u realnom vremenu usled vrlo izraženog nivoa smetnji. Dat je pregled nekonvencionalnih metoda (UHF, VHF, akustični, optički i hemijski metod) i uporedna analiza primene različitih metoda za detekciju PP u visokonaponskoj opremi. Četvrto poglavlje je posvećeno opisu postupaka merenja PP i analizi rezultata za tri primera iz prakse. Prvi primer se odnosi na sistem za kontinualni monitoring PP na hidrogeneratorima. Obrađen je šesti (revitalizovan) agregat HE Đerdap 1 i odgovarajući sistem za monitoring PP, tipa ICMmonitor, koji je funkcionalno povezan sa sistemom za upravljanje agregatom (SCADA). Dato je tehničko rešenje sistema, kao i uporedni prikaz baznih ispitivanja PP na generatoru urađenih sa ugrađenim sistemom monitoringa i prenosivim ispitnim uređajem, a sve u cilju verifikacije sistema za

monitoring PP. Analiza PP u dijagnostici stanja izolacionog sistema turbogeneratorskog agregata data je na primeru dva agregata termoelektrane TENT A u Obrenovcu. Opisani su sistem za kontinualni monitoring PP koji je ugrađen 2007. godine i organizacija skladištenja podataka. Pored merenja i analize PP, izvršeni su i merenje i analiza veličina vezanih za ispitivanje izolacionog sistema faznih namotaja statora. Na osnovu rezultata merenja formirani su trendovi i korelacije odabranih karakterističnih veličina i parametara izolacionog sistema. U trećem primeru razmatrana je primena akustične metode za ispitivanje PP kod mernih transformatora i njena komplementarnost sa drugim metodama dijagnostike PP. Jedan od ciljeva jeste povećanje selektivnosti metode, tj. mogućnost pouzdanije dijagnostike na terenu na osnovu mape pražnjenja u laboratoriji i dobijenih mapa pražnjenja u dve i tri dimenzije:  $\varphi - n - I$  (fazni stav, broj pražnjenja, intenzitet) i upoređenjem sa terenskim podacima. Dati su rezultati ispitivanja mernih transformatora urađenih u Elektrotehničkom institutu „Nikola Tesla“.

Peto poglavlje je zaključak u kojem je naglašen značaj daljeg razvoja neinvazivnih, nedestruktivnih metoda sa velikom osetljivošću za precizna merenja PP i tehnološkog razvoja senzora i softverskih alata za dijagnostiku stanja izolacionih sistema elektroenergetske opreme. Budući pravac razvoja odnosi se na centralizaciju (umrežavanje) funkcija merenja i analize podataka što će biti ostvareno i kroz formiranje velikih centara za praćenje parametara rada i parametara stanja mašina i opreme. Na kraju rada data je literatura.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Master rad kandidata Ivana Tošića, dipl. inž. el. bavi se uporednom analizom metoda za merenje parcijalnih pražnjenja. Kompleksna problematika ovih merenja sagledana je kroz teorijski osvrt na pojavu PP, regulativu i kriterijume u vezi PP, merne metode, njihove prednosti i nedostatke, kao i primenu na realnim primerima hidrogeneratorskog agregata, turbogeneratorskog agregata i mernih transformatora. Osnovni doprinosi rada su: 1) Prikaz postupaka za merenje PP; 2) Uporedna analiza metoda za merenje parcijalnih pražnjenja, njihove prednosti i nedostaci; 3) Razmatranje neophodnih karakteristika sistema za merenje parcijalnih pražnjenja u laboratorijskim i terenskim uslovima; 4) Analiza rezultata na realnim primerima elemenata elektroenergetskih objekata.

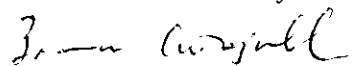
### 4. Zaključak i predlog

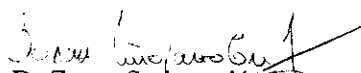
Kandidat Ivan Tošić, dipl. inž. el. je u svom master radu uspešno prikazao uporednu analizu metoda za merenje parcijalnih pražnjenja. Posebna vrednost rada ogleda se u primeni metoda na realnim primerima hidrogeneratorskog agregata HE Đerdap 1 i turbogeneratorskog agregata TENT A. Kandidat je iskazao samostalnost i izuzetnu sistematičnost u svome postupku kao i inovativne elemente u rešavanju problematike ovog rada.

Na osnovu gore navedenog, a imajući u vidu da navedena tema pripada užoj naučnoj oblasti Elektroenergetski sistemi, Komisija predlaže sa zadovoljstvom Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad kandidata Ivana Tošića, dipl. inž. el. pod naslovom „Uporedna analiza metoda za merenje parcijalnih pražnjenja“ prihvati kao master rad i kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 20.01.2014. godine

Članovi komisije

  
Dr Zlatan Stojković, red. prof.

  
Dr Zoran Stojanović, docent