



A2 00

STUDIJSKI KOMITET A2 – ENERGETSKI TRANSFORMATORI IZVEŠTAJ STRUČNIH IZVESTILACA

mr Aleksandar Popović, dipl.el.inž., EMS AD

Djordje Jovanović, dipl.el.inž., INT

Branko Pejović, dipl.el.inž., INT

1. Priprema za 34. Savetovanje CIGRE SRBIJE

Za učešće sa Savetovanju je prijavljeno 11 radova i na osnovu predatih kratkih sadžaja Komitet STK A2 je usvojio da se svi radovi prihvate. Tri rada nisu predana na recenziju a jedan je povučen. Izvršene su recenzije pristiglih radova i usvojene konačne verzije radova. Na 34. Savetovanju će biti predstavljeno ukupno osam radova.

2. Preferencijalne teme Savetovanja, Komitet za energetske transformatore STK A2

Za 34. Savetovanje CIGRE SRBIJE su prema preporukama međunarodne CIGRE usvojene sledeće preferencijalne teme za oblast energetskih transformatora A2:

1. Termičke karakteristike energetskih transformatora
2. Napredak u dijagnostici i modelovanju
3. Prijemna ispitivanja na terenu

Svi radovi se po svojoj tematici mogu svrstati u preferencijalnu temu 2, iako dotiču i ostale preferencijalne teme

3.USVOJENI RADOVI ZA SAVETOVANJE:

R A2 01 PRAKTIČNA KORELACIJA DOBIJENIH REZULTATA ISPITIVANJA TRANSFORMATORA U ODNOSU NA TEMPERATURU - VLADIMIR ŠIMPRAGA, ALEKSANDAR LJUJIĆ

Za pouzdan rad transformatora veoma je bitno uraditi što tačniju dijagnostiku stanja. Jedan element od koga zavisi tačna analiza rezultata, kao i u većini drugih merenja, je temperatura. Otpor izolacije, kao i otpor namotaja zavisi od temperature, pa je jako važno da se što tačnije ona izmeri što, na žalost, nije jednostavno. Kakav god da se podatak dobije treba ga uzeti sa rezervom. U ovom radu iznećemo praktična iskustva analize rezultata u korelaciji sa temperaturom

Pitanja recenzenta:

1. Da li postoje uređaji pomoću kojih bi se moglo pravilnije izvršiti očitavanje temperature transformatora?
2. Koliko bi sistemi za monitoring mogli da pomognu u ovoj kompleksnoj dijagnostici?

R A2 02 ANALIZA MJERENJA BUKE NA TRANSFORMATORSKIM JEDINICAMA - JANKO NOVOSEL, FRANJO KELEMEN

Na mnogim lokacijama gdje se nalaze ugrađene transformatorske jedinice postoje stroga pravila i zakoni kojima se regulira dopuštena razina buke. Naročito na mjestima koja su ograničena nedostatkom prostora zbog, primjerice, naseljenosti poput velikih gradova. Danas zagađenje bukom predstavlja potencijalni ekološki problem kojem se sve više posvećuje pažnje. Zbog toga se nivo buke nastoji smanjiti na prihvatljive razine kako bi se zadovoljile propisane zakonske regulative i osigurala ekološki prihvatljivija okolina.

U ovom članku opisan je način mjerenja buke prema standardu IEC 60076-10-2016 u različitim režimima rada. Navedene su glavne razlike između nove (2016.g.) i stare verzije (2005.g.) standarda.

Opisani su utjecajni faktori koje je potrebno uzeti u obzir prije samih mjerenja (utjecaj okoline, ispitnog prostora, pozicija transformatora...).

Analizirana je mjerena razina buke na nekoliko transformatorskih jedinica.

Pitanja recenzenta:

1. Navedeno je da udaljenost drugih objekata utiče na razlike nivoa buke. Koji još faktori utiču i koliko? Kakva je situacija na terenskim ispitivanjima?
2. Da li nivo buke može da služi i u dijagnostici stanja energetskih transformatora?

R A2 03 PREVENTIVNI MONITORING TRANSFORMATORA I ZAŠTITA TRANSFORMATORA OD EKSPLOZIJE I POŽARA - PRISTUPI, METODE, TRENDOVI - DRAGOMIR MARKOVIĆ, RADOJICA GRAOVAC, MILICA VLAJIĆ, MITAR DRAGUMILO

Transformatori snage su veoma važni elementi elektroenergetskih postrojenja kako po funkciji koju obavljaju, tako i po investicionoj vrednosti. Iz tih razloga njihova zaštita je jedna od najvažnijih mera koje treba sveobuhvatno planirati i sprovesti. Uz primarne mere i uređaje zaštite transformatora u poslednje vreme je sve više prisutan zahtev za opremanjem transformatora sa preventivnim "ON LINE Monitoring" sistemima posebno kod transformatora većih snaga (≥ 100 MVA). Ova vrsta monitoringa pruža dovoljno informacija o trenutnom stanju transformatora i omogućava donošenje pravovremenih odluka za dalje praćenje i potrebne intervencije na transformatoru. Na taj način moguće je preduprediti kvar na transformatoru i sprečiti duži ispad postrojenja koji može uzrokovati kvar na transformatoru. Prikupljeni podaci od strane monitoring sistema predstavljaju i dobru bazu podataka za sistem menadžmenta imovinom odnosno upravljanje održavanjem, upravljanje kvarovima i upravljanje opremom. Kod planiranja mera zaštite neizostavno treba sagledati i rizik od pojave eksplozije i požara

na transformatoru, te planirati pasivne i aktivne mere zaštite (pregradni protivpožarni zidovi oko transformatora, sistem hlađenja transformatora vodom, sistem hlađenja transformatora inertnim gasovima i dr.). U radu su dati pristupi, metode i trendovi primene "ON LINE Monitoring" sistema i zaštitnih sistema od eksplozije i požara kao i primer primene ovih sistema u elektroprivredama zemalja Bliskog Istoka.

Pitanja recenzenta:

1. Da li je opisana metoda, odnosno primene FDS sistema zaživela još negde u svetu kao standardna praksa?
2. Da li je montiranje drenčer sistema sa vodom na blok transformatorima u dosadašnjoj praksi imalo efekta i ekonomskog opravdanja?
3. Kojim se dodatnim zahtevima u tenderskim specifikacijama za nabavke transformatora prate trendovi dodatne zaštite od eksplozija ?

R A2 04 PRIKAZ TUMAČENJA ALGORITMA ZA SLUČAJEVE ANALIZE GASOVARASTVORENIH U ULJU - SINIŠA SPREMIĆ

U radu je dat opis algoritma i prikaz tumačenja algoritma za nekoliko slučajeva analize gasova rastvorenih u ulju. Algoritam je upotrebljiv za jednostruke ili čiste kvarove tipova D (D1 i D2), T (T1, T2 i T3), PD, gasiranje vodonika, ali i za mešovite ili višestruke kvarove različitih tipova sa D2 ili podvrstama za D1 sa T1 ili T2 ili T3. Mešoviti kvarovi su češći nego što je danas uvreženo mišljenje. U cilju tačnijeg određivanja vrste kvara kod jednostrukih i mešovitih kvarova uveden je i objašnjen novi parametar delovanja Buholc releja. Prikazani slučajevi se odnose na kvarove mešovitih tipova za koje postojeće metode ne mogu dati tumačenje ili neke od metoda daju tumačenje u retkim slučajevima, ali uglavnom pogrešno. Dat je uporedni prikaz rezultata analize gasova rastvorenih u ulju za prikazane slučajeve za algoritam, Unapređeni trougao i za do danas najčešće korišćenu metodu Duvalov trougao 1. Algoritam je izveden na osnovu velikog broja dokazanih slučajeva analiza gasova rastvorenih u ulju. Dokazani slučajevi analize gasova rastvorenih u ulju obuhvataju one kojima je izvršen detaljan pregled unutrašnjosti transformatora nakon kvara, one gde su vršene učestale analize gasova rastvorenih u ulju ili je vršeno praćenje uređajima za on-line praćenje ili su vršena različita ispitivanja koja potvrđuju kvar, a u nekim slučajevima i više navedenih stavki zajedno.

Pitanja recenzenta:

1. Šta je najpraktičnije koristiti u interpretaciji rezultata GHA sa stanovišta odnosa pouzdanosti i jednostavnosti?
2. Da li je u planu izrada nekog komercijalnog softvera koji bi koristio AlgoritamS? Može li se AlgoritamS koristiti u sistemu stalnog monitoringa?

R A2 05 PRIMJENA FAZI LOGIKE U DIJAGNOSTIČKOM PRISTUPU ANALIZI ULJA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA SA REGULACIONOM SKLOPKOM - NADA CINCAR, SRĐAN JOKIĆ, ALEKSANDAR SIMOVIĆ

Energetski transformator je jedan od najvažnijih elemenata u elektroenergetskom sistemu. U praksi se pokazalo da je veliki broj otkaza energetskih transformatora povezan sa regulacionom sklopkom, tako da njihova dijagnostika i održavanje zaslužuju posebnu pažnju. Parcijalna pražnjenja, pojava luka, kao i povećana kontaktna otpornost neka su od stanja sa greškom koja utiču na pojavu gasova u ulju, a koja se mogu efikasno dijagnostikovati metodom analize gasova rastvorenih u ulju (eng. Dissolved Gas in oil Analysis - DGA). Granice prihvatljivosti prisustva pojedinih gasova na osnovu kojih se procjenjuje stanje regulacione sklopke i transformatora u cjelini, često se ne mogu oštro navesti, pa je primjena vještačke inteligencije i fazi logike, kao jedne od metoda, od velikog značaja. U radu će biti predstavljen jedan od pristupa analize gasova fazi-logičkom metodom i predložene aktivnosti u održavanju regulacione sklopke.

Pitanja recenzenta:

1. Koliko se pouzdano mogu razgraničiti uzroci kvara u regulacionoj sklopki od kvara u drugim delovima transformatora?
2. Da li autori planiraju da prošire broj transformatora na kojima će biti proverena ispravnost zaključivanja na bazi fazi logike?

R A2 06 UNAPREĐENJE DIJAGNOSTIKE STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA UVOĐENJEM NOVIH ISPITNIH METODA I PROBLEMI EKSPLOATACIJE TRANSFORMATORA SA ULJEM KOJE SADRŽI KOROZIVNI SUMPOR - JELENA JANKOVIĆ, JELENA LUKIĆ, VALENTINA VASOVIĆ, JELENA PLANOJEVIĆ, BRANKO PEJOVIĆ, VLADIMIR OSTRACANIN, RADOMIR TODOROVIĆ

Eksploatacija energetskih transformatora (ET) sa korozivnim uljem visoko je rizična, usled mogućeg taloženja elektroprovodnih sulfida metala (bakra i srebra) i posledične havarije transformatora. Korozivnost ulja utvrđuje se kvalitativnim testovima korozije prema bakru (IEC 62535) i srebru (DIN 51353) i kvantifikacijom korozivnih sumpornih jedinjenja (dibenzil disulfida - DBDS), čije kriterijume definišu međunarodni standardi (IEC 60296 i IEC 60422). U radu je dat statistički pregled stanja ET sa uljima korozivnim prema bakru, u proizvodnji, prenosu i na distributivnom nivou u Srbiji, na osnovu oko 80% ukupno ispitanih ET, zaključno sa naponskim nivoom 110 kV. Prikazane su postojeće i nove metode ispitivanja korozivnosti ulja. Pored toga, u radu je analiziran problem korozije srebrnih kontakata teretne regulacione preklopke (TRP), rizika eksploatacije ET sa korozivnim uljem i dat je pregled postojećih dijagnostičkih metoda za procenu stanja TRP, čime se značajno proširuje dijagnostički kapacitet i poboljšavaju procene stanja i rizika eksploatacije ET sa korozivnim uljem.

Pitanja recenzenta:

1. Navodi se problem lažno pozitivnih rezultata ASTM D1275-15 testa korozije na srebru. Šta je praksa pokazala, koliki je procenat lažno pozitivnih rezultata i na osnovu čega se izražava sumnja u lažno pozitivan rezultat testa?
2. Uzorkovanje ulja iz TRP, njegovog prekidačkog dela nije uvek tehnički moguće, posebno kod TRP starijeg tipa i godine proizvodnje jer ne postoji mesto uzorkovanja. Kakva je situacija u praksi s obzirom na navedeni problem?
3. Prema iskustvima autora kolika je pouzdanost otkrivanja problema u TRP na osnovu Γ H analize uzorka ulja iz suda TRP, procenom odnosa „termičkih“ gasova prema gasovima „električnog luka“?

R A2 07 INTERESANTNI SLUČAJEVI DIJAGNOSTIKE STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA NAKON KVARA I HAVARIJE TOKOM 2017 I 2018 GODINE: UNAPREĐENJE DIJAGNOSTIKE PRIMENOM NOVIH METODA I POST-MORTEM ANALIZA - VALENTINA VASOVIĆ, JELENA JANKOVIĆ, DRAGINJA MIHAJLOVIĆ, JELENA LUKIĆ, ĐORĐE JOVANOVIĆ, DEJAN ŽUKOVSKI, MARKO CVIJANOVIĆ

U ovom radu prikazani su rezultati hemijskih i električnih ispitivanja za tri energetska transformatora (ET) sa dijagnostikovanom kvarom u prethodne dve godine, od čega su dva blok transformatori. Za blok transformatore dat je i kratak pregled istorijata događaja, intervencija i ispitivanja u periodu pre 2017-2018. godine, budući da su oba ET već imala kvar i nakon popravke u fabrici vraćena u pogon. Kod jednog od predmetnih ET izvršena je inspekcija kvara i post-mortem analiza u fabrici uz uzorkovanje papirne izolacije i merenje stepena polimerizacije papira (DP) u laboratoriji. Izmerene DP vrednosti papira poređene su sa procenjenim DP vrednostima prema INT metodologiji za procenu životnog veka ET, koja je razvijena u okviru Studije izrađene za JP EPS: Istraživanje fenomena degradacije izolacionog sistema i procena životnog veka. U radu je prikazana i primena nove metode koja se koristi za utvrđivanje rane faze degradacije papirne izolacije (ispitivanje sadržaja metanola i etanola u ulju), u proceni stepena ozbiljnosti i lokacije kvara ET.

Treći slučaj kvara, dijagnostikovao je neposredno nakon redovnog remonta ET u fabrici, te govori o važnosti vršenja određenih analiza pre i nakon obavljenih intervencija u fabrici.

U cilju obezbeđenja pouzdanog ulaska u pogon novog ili remontovanog transformatora, veoma je važno odabrati odgovarajuće hemijske i električne metode ispitivanja ET, koje treba izvršiti u okviru fabričkih testova, tzv. FAT (Factory Acceptance Test) programa.

Pitanja recenzenta:

1. Rezultati hemijskih ispitivanja uzoraka ulja transformatora ET1 izvršenih pre kvara upućivali su na nespecifičan električni kvar koji najverovatnije ne može ugroziti pogon transformatora. Da li su nalazi inspekcije kvara i post mortem analize mogli da daju jasniju sliku o prirodi tog nespecifičnog električnog kvara?
2. Da li imate informaciju da li su izvršeni preporučeni radovi na transformatorima ET2 i ETZ i ako jesu koji su nalazi i rezultati nakon radova?

**R A2 08 PRAKTIČNA ISKUSTVA I ZNAČAJ PRIMENE METODE MERENJA
ELEKTRIČNIH OTPORA NAMOTAJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA U SKLOPU
REDOVNIH DIJAGNOSTIČKIH ISPITIVANJA NA TERENU - MOMČILO MILIĆ, DENIS
ILIĆ, LJUBIŠA NIKOLIĆ, ĐORĐE JOVANOVIĆ, BRANKO PEJOVIĆ, RADMILA KALIŠKIĆ,
JELENA LAZIĆ, FILIP ZEC**

У циљу добијања сазнања о стању енергетских трансформатора зарад њиховог поузданијег и безбеднијег функционисања врше се превентивна дијагностичка испитивања. Једно од свакако најзначајнијих испитивања представља мерење електричних отпора намотаја, методе која је уз мерење отпора изолације једна од најстаријих метода у употреби приликом испитивања, како фабричких, тако и оних при редовној контроли стања на месту уградње трансформатора. Применом ове методе проверава се стање контаката и спојева на намотајима и њиховим међусобним везама унутар енергетског трансформатора. Мерењем електричних отпора намотаја проверава се да ли има озбиљнијих оштећења или евентуалних прекида намотаја. Многи трансформатори имају регулатор напона где се правилан рад и стање контаката такође проверава мерењем електричних отпора. У раду ће бити приказани и анализирани резултати мерења електричних отпора намотаја трансформатора на терену, уз акценат на њихов значај у откривању, а затим и решавању потенцијалних проблема у сврху обезбеђивања погонске спремности трансформатора.

Pitanja recenzenta:

1. Kakva su praktična iskustva autora sa kriterijumima u tumačenju rezultata merenja otpora? Da li su adekvatni, ili ih treba pooštriti ili ublažiti?
2. Koliko se pouzdano može utvrditi kvar sklopke u odnosu na ceo sistem provodnika u transformatoru metodom merenja električnog otpora?

4.ZAKLJUČAK

Za 34.Savetovanje je prispeo manji broj radova nego ranije ali se može konstatovati velika raznovrsnost, kako u temama tako i u načinu obrađivanja materije. Uticaj na manji broj radova je verovatno veliki odlazak stručnjaka iz ove oblasti, preopterećenost ljudi u svom poslu, ali i trenutna stagnacija u domenu velikih energetskih transformatora.