



STUDIJSKI ODBOR A2 - Transformatori

Predsjednik: Marin Schönberger, mag. ing., univ. spec. transf.
Tajnik: dr.sc. Branimir Čučić, dipl. ing.

Stručni izvjestitelj: izv. prof. dr. sc. Žarko Janić, dipl. ing.

IZVJEŠĆE STRUČNOG IZVJESTITELJA

1.UVOD

Za 15. Savjetovanje HRO CIGRÉ SO A2 – Transformatori i prigušnice usvojio je slijedeće preferencijalne teme:

1. **Pogonska iskustva**
2. **Popravak, obnova, dijagnostika i motrenje transformatora**
3. **Novosti u razvoju te nove ispitne metode i alati**
4. **Transformator i okoliš**

Za Savjetovanje je prijavljeno 12 referata što je jednako kao i na prethodnom savjetovanju. Predano je 11 radova, a prihvaćeno je 9 referata, jedan manje nego na prethodnom savjetovanju. Prosječna ocjena referata je 4,2 što je veliko povećanje u odnosu na 3,6 sa prošlog savjetovanja. Obzirom na neizvjesnost oblika održavanja savjetovanja zbog epidemiološke situacije odaziv koji je na razini prošlih savjetovanja je odličan. Također veseli skok u prosječnoj ocjeni radova. U većini radova predložene su manje izmjene što su autori usvojili i unijeli u završni materijal. Radovi su razvrstani po preferencijalnim temama kako slijedi:

1. Pogonska iskustva: A2-01; A2-02
2. Popravak, obnova, dijagnostika i motrenje transformatora: A2-03
3. Novosti u razvoju te nove ispitne metode i alati: A2-04; A2-05; A2-06; A2-07_S73, A2-08; A2-09
4. Transformator i okoliš

Za diskusiju A2 je prihvaćen jedan referat iz grupe D1 - Elektrotehnički materijali i nove tehnologije: D1-03 koji je svrstan u preferencijalnu temu 3.

Za diskusiju u D1 – Elektrotehnički materijali i nove tehnologije predlaže se referat A2-03.

Ove godine dominiraju članci preferencijalne teme 3 Novosti u razvoju te nove ispitne metode i alati gdje je 6 od 9 članaka te dodatno jedan članak za diskusiju iz grupe D1. Nažalost tema koja tradicionalno ima najmanje radova, tema 4 Transformator i okoliš, nema nijedan rad. Ipak valja istaknuti kako su dva članka iz teme 3 (A2-06; A2-07) vezana uz buku transformatora, a jedan iz teme 1 (A2-02) vezan uz energetska efikasnost, stoga možemo konstatirati da su teme vezano uz utjecaj na okoliš posredno u fokusu autora.

Sažeti stručni osvrt i pitanja za diskusiju dati su u nastavku, redom po preferencijalnim temama i referatima. Za referate odabrane za diskusiju dat je kratki sažetak i postavljena su pitanja, sve prema procijenjenom zanimanju grupe A2. Pitanja za diskusiju nisu postavljena samo autorima referata već cijelom auditoriju. Njima se težilo potaći i usmjeriti raspravu te pojasniti neke pojmove, postupke i slično. Spontana diskusija je dobrodošla.

PREFERENCIJALNA TEMA 1: Pogonska iskustva

A2-01: Nikola Jaman: TREBAJU LI HOPS-u REZERVNI ENERGETSKI TRANSFORMATORI?

Autor donosi pregled iskustava sa rezervnim jedinicama transformatora u prijenosnoj mreži iz tri svjetske elektroprivrede. Dani su motivacija te implementacija rješenja do detalja na koji način se oprema skladišti. U radu je prezentirana i populacija transformatora u HOPSu. Prezentirana su potencijalna rješenja u smislu tipova transformatora koji bi najefikasnije mogli biti rezerva za najveći dio ukupne populacije transformatora. Rad je vrijedna baza za raspravu o ovom problemu.

Pitanja za diskusiju:

1. Mogu li i pod kojim uvjetima rezervni transformatori biti polovni, odnosno da im je dio vijeka trajanja potrošen?
2. Uspostavom skladišta rezervnih transformatora koje se još radnje mogu ili trebaju poduzeti za mogućnost interventne zamjene u što kraćem roku?
3. Je li alternativa predloženom mogu biti mobilne jednofazne jedinice?

A2-02: Zvonimir Popović, Žarko Janić: UPRAVLJANJE TRANSFORMATORIMA U CILJU OPTIMIZACIJE GUBITAKA DISTRIBUCIJSKOG PODRUČJA

U radu je analizirana aktualna tema početka primjene 2. razine gubitaka ekološkog dizajna transformatora prema Uredbi Komisije EU br. 548/2014. Komentirani su učinci primjene Uredbe na dizajn samog transformatora, kao što je primjena novih materijala, korištenje veće količine materijala, porast dimenzija i sl. što u konačnici znači i povećanje cijene transformatora. U radu je dan pregled ukupnog troška posjedovanja za više tipova transformatora pri različitim opterećenjima. Dane su i usporedbe različitih strategija zamjene transformatora novom jedinicom ili postojećom veće snage.

Pitanja za diskusiju:

1. Kako će povećana integracija distribuirane proizvodnje utjecati na opterećenje distributivnih transformatora i odabir istih prema 2. razini Uredbe br. 548/2014 ?
2. Možete li na jednom primjeru prikazati usporedbu strukture troška posjedovanja transformatora u 40. godišnjem razdoblju prema 1. i 2. razini Uredbe br. 548/2014 ?
3. Prema gruboj procjeni/izračunu, ako bi se svi distributivni transformatori Elektre Bjelovar zamijenili s transformatorima prema 2. razini Uredbe br. 548/2014 kako bi to utjecalo na godišnje smanjenje tehničkih gubitaka električne energije Elektre Bjelovar [%] [kWh] ?

PREFERENCIJALNA TEMA 2: POPRAVAK, OBNOVA, DIJAGNOSTIKA I MOTRENJE TRANSFORMATORA

A2-03: Samir Keitoue, Vedran Đurina, Tihomir Jaković, Veronika Haramija: DOPRINOS SUSTAVA MONITORINGA U RANOM OTKRIVANJU SKRIVENE GREŠKE - STUDIJA SLUČAJA REGULACIJSKE PRIGUŠNICE

Rad se bavi vrlo zanimljivom problematikom otkrivanja greške kod dvije nove 400 kV prigušnice 150 MVar. Na temelju monitoringa plinova otopljenih u ulju, koji je obuhvaćao i automatiziranu dijagnostiku stanja, u vrlo ranoj fazi pogona otkrivene su pojave s izrazitim utjecajem na pogonsku sigurnost prigušnica i koje su morale biti adekvatno sanirane.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li su autorima poznati detalji o kakvoj vrsti kvara se radi te jesu li oni kod obje promatrane prigušnice slični.?
2. Koji su osnovni senzori koje bi transformatori trebali imati za izbjegavanje ovakvih situacija?
3. Prema dostupnim informacijama autorima koji su aktualni trendovi – na koliki udio transformatora/prigušnica se ugrađuju monitoring sustavi, po kojim kriterijima se odabiru, koliko je česta ugradnja na postojeće jedinice?

PREFERENCIJALNA TEMA 3: NOVOSTI U RAZVOJU TE NOVE ISPITNE METODE I ALATI

A2-04: Bruno Jurišić, Tomislav Župan, Goran Levačić: VISOKOFREKVENCIJSKI MODEL ENERGETSKOG TRANSFORMATORA TEMELJEN NA TERENSKIM MJERENJIMA

Referat vješto obrađuje temu od velikog značaja za proizvođače i korisnike energetskih transformatora. Prikazana je black-box metoda za mjerenje frekvencijske karakteristike transformatora koja je primjenjiva i na transformatore koji su već u eksploataciji. Terenska mjerenja se dobro slažu sa simulacijskim rezultatima u EMTP-RV softverskom paketu što modelu daje vjerodostojnost. Potencijalna primjena takvog modela je u simulaciji prenaponskih i sličnih visokofrekventnim prijelaznim pojavama u mreži. Rad daje uvid u aspekte rada energetskih transformatora kakvi se u "svakodnevnici" ne susreću te svakako treba uložiti napor kako bi se inženjere i projektante osvijestilo o ponašanju transformatora u frekvencijskoj domeni.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliko su rezultati mjerenja korisni korisniku transformatora, a koliko proizvođaču?
2. Koji su potencijalni benefiti primjene Vašeg modela na transformatore koji su već u pogonu?
3. Na promjenu kojih parametara je model najosjetljiviji?

A2-05: Slaven Goglia, Domagoj Kanjković, Matej Dorešić: PROIZVODNJA I ISPITIVANJA REGULACIJSKIH PRIGUŠNICA 100 I 200 MVAR

Autori opisuju konstrukciju, proizvodnju i tvornička ispitivanja prvih regulacijskih prigušnica velike snage proizvedenih u domaćoj tvornici transformatora Končar Energetski Transformatori (KPT). To su prigušnice 100 i 200 MVAR za TS Mraclin i Melina. U radu se ističe da i za renomiranog proizvođača transformatora, kao što je KPT koji proizvodi transformatore snage i do 1000 MVA, izrada ovako velikih prigušnica predstavlja tehnički i tehnološki izazov. Korištena je tehnička pomoć sestrinske tvornice transformatora iz Austrije. Opisane su neke specifičnosti konstrukcije i završnih tvorničkih ispitivanja prigušnica, u odnosu na uobičajene za transformatore. Detaljnije je opisana vrlo komplicirana forma jezgre (stupovi sa zračnim raspovima, oblik jarma i povratnih stupova, pritezanje jazgre u aksijalnom smjeru). Opisane su mjere za smanjenje vibracija i buke ovakvih prigušnica. Opisano je kakve su razlike pri završnim tvorničkim ispitivanjima prigušnica u odnosu na ispitivanja transformatora. Osnovni je problem u tome što se prigušnica mora ispitati za punu snagu nazivne frekvencije. Rečeno je i da se KPT tehnološki osposobljuje za samostalnu proizvodnju regulacijskih prigušnica do 250 MVAR i 550 kV.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliki je značaj kompenzacijskih prigušnica, kao ovih opisanih i referatu, za poboljšanje pogonskih karakteristika hrvatskog elektroenergetskog sustava? Može li se očekivati ubuduće povećana upotreba takvih prigušnica?
2. Kolika je razina buke opisanih prigušnica u odnosu na buku transformatora sličnih snaga (slične veličine)?

A2-06: Nikola Škreb, Mislav Ilijašević, Branimir Čučić: ANALIZA UTJECAJA UKRUTA KOTLA TRANSFORMATORA NA BUKU

U ovom referatu vibracije su mjerene na namotima i stranicama kotla transformatora snage 2 MVA. Izrađeni su spregnuti FEM vibroakustični modeli u kojima su mjerene vibracije na namotima korištene kao uzbuda, a mjerene vibracije na stranicama kotla služile su za verifikaciju proračuna. Kotao je modificiran dodavanjem i spajanjem ukruta, te su na taj način dobivena četiri modela kotla transformatora različitih krutosti. Dodatno je mjerena buka i uspoređene su proračunske i mjerene vrijednosti. Ispitan je utjecaj ukrućivanja kotla na vibracije i buku i pokazan je jasan trend kod rezultata

proračuna i mjerenja buke. Distribucija i intenzitet vibracija po kotlu se ne slaže jednako dobro kao buka, što se može pripisati raznim pojednostavljenjima i aproksimacijama.

Pitanja za diskusiju:

1. U radu je naveden pomak uzbudnih funkcija od namota tri faze za 120° . Možemo li tvrditi da su pomaci na namotima jedne faze transformatora u fazi i imaju li na to utjecaj forme vibriranja namota?
2. Jesu li pomaci mjereni samo na vanjskom namotu i koliki može biti utjecaj vibracija unutarnjih namota, te njihov prijenos strukturom i uljem?
3. U radu su navedena objašnjenja povećanja buke povećanjem krutosti kotla. Je li moguće u FEM proračunima vidjeti pobuđene nove vlastite frekvencije povećanjem krutosti kotla i povećanje amplitude vibracija na neukrućenim dijelovima kotla, te postoji li neka veza između njih?

A2-07: Karlo Petrović, Janko Novosel: ANALIZA UTJECAJNIH PARAMETARA NA RAZINU ZVUČNOG TLAKA TRANSFORMATORA U POKUSU KRATKOG SPOJA

Autori su dali općeniti uvod u problematiku buke namota koja se mjeri u pokusu kratkog spoja, kao i literaturu koja se do sada bavila tim problemom. Glavni dio članka se bavi mjerenjima na testnom transformatoru snage 5 MVA, pri čemu su varirani različiti parametri. Svi rezultati su prikazani u članku, te su i analizirani. Mjerenje buke u gluhoj komori je dalo dobru kvalitetu i ponovljivost mjerenja. Provjeren je utjecaj instrumenta (bukomjer i mikrofoni) i utjecaj mjeritelja na greške u mjerenju. Na samom transformatoru su varirani sljedeći parametri te se analizirao njihov utjecaj na buku: struja koja protječe kroz namote, položaj regulacije, montažni tlak na namote, frekvencija izvora. Sva mjerenja su analizirana, te je utvrđena njihova međusobna ovisnost. U zaključku su dani prijedlozi za dodatnim mjerenjima vibracije i buke kojima bi se dobila kompletnija slika.

Autori su vrlo opsežno pristupili problemu i ispitali niz čimbenika koji utječu na buku namota u pokusu kratkog spoja, te uvidjeli pravce kojima bi trebalo nastaviti raditi.

Pitanja za diskusiju:

1. Je li se na temelju provedenih mjerenja mogu dati smjernice za dizajn transformatora u cilju smanjenja buke u pokusu kratkog spoja?
2. Za buduća istraživanja planira se detaljno mjerenje vibracija po kotlu transformatora, da li smatrate da je bitno odrediti korelaciju između nivoa vibracija, formi vibriranja i buke transformatora?

A2-08: Zvonimir Jurković, Bruno Jurišić, Tomislav Župan: PRSTENASTI USMJERIVAČI RASIPNOG MAGNETSKOG TOKA ZA ENERGETSKE TRANSFORMATORE

Rad donosi početnu analizu nove vrste magnetskih usmjerivača na aktivnom dijelu. Temelj rada je proračun metodom konačnih elemenata na primjeru trofaznog transformatora. Uspoređena su tri slučaja - transformator bez usmjerivača, sa ranije poznatim trofaznim usmjerivačima i sa novom vrstom prstenastih usmjerivača. Uspoređena je efikasnost smanjenja gubitaka kao i postignuto smanjenje nadtemperatura na steznicima i kotlu. Efikasnost prstenastih usmjerivača u ovom primjeru je neznatno manja od trofaznih usmjerivača. Prednost je potencijalna mogućnosti korištenja na jednofaznim jedinicama.

Pitanja za diskusiju:

1. Obzirom na razliku u smjeru laminacije materijala u trofaznim i prstenastim usmjerivačima možete li prokomentirati gubitke zbog vrtložnih struja?

2. Kada se uzme u obzir otpad koji nastaje u proizvodnji zbog zaobljenog oblika prstena, možete li procijeniti koliko je ukupna razlika u masi dvije vrste zaslona?
3. Koje izazove vidite pri uvođenju ove nove tehnologije?

A2-09: Vjenceslav Kuprešanin, Filip Razum, Ivan Novko, Hrvoje Glavaš, Marko Čukman, Darko Ivanović: SUSTAV AUTOMATSKOG ISPITIVANJA STRUJNIH TRANSFORMATORA

Referat na jasan način opisuje dizajn i implementaciju sustava automatskog ispitivanja strujnih transformatora. U referatu su detaljno opisani i shematski prikazani svi dijelovi sustava, od hardverske izvedbe do softverskih modula koji se koriste pri mjerenju. Poseban naglasak se stavlja na sigurnost i točnost provedbe mjerenja pa su shodno tome detaljno opisane implementirane provjere koje ispitivaču daju pravovremeno upozorenje ukoliko je zatečena određena greška ili problem pri pokretanju ispitne sekvence.

Ovaj rad daje koristan uvid u mogućnosti automatizacije mjernih procesa koji su tipično vremenski zahtjevniji, posebice s obzirom na broj ponavljanja tokom proizvodnog procesa i vrlo je koristan za sve korisnike koji se sreću sa velikim brojem repetitivnih mjerenja.

Pitanja za diskusiju:

1. Koje promjene, dorade ili poboljšanja sustava su nužna da bi bio primjenjiv na strujne jedinice proširenog opsega, koje mogu imati definirani raspon od 0.05 do 400 % nazivne struje ?
2. Unosi li automatizacija mjerenja ikakvu mjernu nesigurnost u mjerni krug?
3. Jesu li napravljene provjere i usporedno ispitivanje istih transformatora klasičnim ručnim mjerenjem i automatskim sustavom i ako da, kakvo je bilo poklapanje rezultata ?

D1-03: Marijana Majić Renjo, Ivanka Radić, Branka Jakopović: UVOĐENJE NOVOG MATERIJALA U PROIZVODNJU ULJNIH TRANSFORMATORA

Referat opisuje sustavan pristup uvođenja novog materijala u proizvodnju transformatora. Zaključuje se kako je uvođenje novog materijala proces kojemu treba dati adekvatnu pažnju, uz kaskadnu provjeru materijala (priprema, analiza specifikacije, laboratorijska ispitivanja, ispitivanje u proizvodnji) te kako je potrebno osigurati razuman vremenski period kao i prihvatiti određenu razinu rizika do koje može doći ukoliko materijal ne daje očekivane rezultate. Dana su i tri konkretna primjera iz prakse uvođenja pomoćnih materijala koji se koriste pri proizvodnji materijala kao i materijala koji se ugrađuju u sam proizvod.

Pitanja za diskusiju:

1. Koja grupa materijala je, prema iskustvima autora, generalno najproblematičnija za uvođenje u proces proizvodnje uljnih transformatora?
2. Uzevši u obzir specifikacije materijala koje daje proizvođač i konkretnu namjenu materijala, na koji način se formiraju konačni kriteriji prihvatljivosti za uvođenje novih materijala u proizvodnju transformatora?
3. Prema iskustvima autora, u kojem stupnju su pouzdane specifikacije materijala koje daje proizvođač?