

**STUDIJSKI KOMITET A3 – VISOKONAPONSKA OPREMA
IZVEŠTAJ STRUČNOG IZVESTIOCA**

**MILORAD OPAČIĆ*, dipl. inž.
ENERGOINVEST – RAOP,**

ISTOČNO SARAJEVO

BOSNA I HERCEGOVINA

Za 29. Savetovanje komiteta CIGRE Srbija utvrđene su sledeće preferencijalne teme:

1. razvoj opreme visokog napona,
2. problemi korišćenja opreme visokog napona,
3. održavanje opreme visokog napona,
4. postupci ispitivanja opreme visokog napona, i
5. primena novih tehnologija.

Pristiglo je ukupno deset radova. Na osnovu mišljenja recenzenata, svi radovi svrstani su u referate. Za prvu preferencijalnu temu pristiglo je pet radova. Za drugu preferencijalnu temu pristigao je jedan, a za treću tri rada. Jedan rad spada u četvrtu preferencijalnu temu, koja se odnosi na ispitivanje opreme visokog napona. Nije bilo radova za petu preferencijalnu temu.

Studijski komitet A3 imenovao je recenzente: Milorada Opačića, dipl. inž., prof. dr Miloša Abadžića, Čedomira Spaića, dipl. inž., dr Sašu Stojkovića, Zorana Kukobata, dipl. inž i Nikolu Ružina, dipl. inž.

U pripremanju ovog izveštaja stručni izvestilac je koristio zapažanja, komentare i pitanja za diskusiju recenzenata, na čemu im posebno zahvaljuje. Kratak sadržaj i pitanja za diskusiju prikazani su redosledom kojim će referati biti izlagani na savetovanju.

* Milorad Opačić, Energoinvest-RAOP, 71123 Istočno Sarajevo, Vuka Karadžića 17, Bosna i Hercegovina

Preferencijalna tema br. 1: Razvoj opreme visokog napona

Referat A3-01:

Radovan Jovanović, Ilija Todorović, Zoran Kukobat i Ivica Živković
ABS MINEL Elektrooprema i postrojenja Beograd-Ripanj A.D., Beograd, Srbija
RAZVOJ GAME DVOSTUBNIH VISOKONAPONSKIH RASTAVLJAČA TIP A RS(ZZ) I
ELEKTRIČNI PRORAČUNI ZA KRATKOTRAJNU PODNOSIVU STRUJU 50 kA

U radu su prikazani rezultati razvoja, konstrukcije i eksperimentalne provere familije rastavljača visokog napona naznačenog napona 123 kV, 245 kV i 420 kV. Osnovni zahtev bio je da kratkotrajno podnosiva struja bude 50 kA. U drugom delu rada prikazani su osnovni proračuni koji su bili neophodni da se proračuna presek provodnika s' obzirom na zagrevanje za vreme trajanja kratkog spoja, kao i proračun elektrodinamičkih sila koje deluju na delove aparata koji provode struju kratkog spoja. U trećem delu rada prikazana su konstrukciona rešenja, nova u odnosu na raniju konstrukciju, koja su bila neophodna da se zadovolje povećani zahtevi u pogledu struje kratkog spoja. Rastavljač je zadovoljio kriterijume internacionalnog standarda, a neki od rezultata prikazani su u četvrtom delu rada.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li postoje eksploataciona iskustva u primeni nove konstrukcije rastavljača?
2. Da li su, osim kratkospojnih ispitivanja, izvedena i sva ostala tipska ispitivanja i da li su bila uspešna?
3. Da li je bilo konstrukcionih izmena i na drugim delovima rastavljača, osim onih pomenutih u radu?

Referat A3-02:

Milorad Opačić, Mladen Ignjić, Aleksandar Kapikul i Srđan Petrović
ENERGOINVEST – RAOP, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina
MERNI TRANSFORMATORI PUNJENI GASOM ZA PODRUČJA SA EKSTREMNO
NISKIM TEMPERATURAMA I SPECIFIČNIM TEHNIČKIM ZAHTEVIMA

Merni transformatori punjeni gasom za područja sa ekstremno niskim temperaturama moraju da zadovolje više specifičnih zahteva. U radu se potencira važnost izbora materijala za aktivne i konstrukcione delove transformatora, zaptivanja i određivanja sastava i pritiska gasne smeše. Zbog nedostatka podataka u literaturi za dozvoljeni parcijalni pritisak gasa SF₆ u području ekstremno niskih temperatura, u radu su date tabele i termodinamički dijagram za temperaturno područje do -80°C. Objasnjena je neophodnost ispitivanja transformatora u termo komori i na vibracionoj platformi, a dat je i kratak prikaz dielektričnog proračuna. Merni transformator naznačenog napona 126 kV zadovoljio je ekstremno teške zahteve GOST standarda u pogledu temperature okoline od -50 °C (kategorija U-1) i parcijalnih pražnjenja.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li ima eksploatacionog iskustva u pogledu primene opisanog mernog transformatora na niskim temperaturama u Rusiji?
2. Da li su u skladu vrednosti jačine električnog polja i mesta na kojima nastaju dobijene izrazom (5) i one koje su dobijene softverskim alatom Quick Field?

3. Da li je reagovao indikator gustine gasa pri ekstremno niskim temperaturama u klima komori? Da li imate podatke o ponašanju indikatora (kompenzovanog manometra) pri ovako niskim temperaturama?

Referat A3-03:

Milorad Opačić, Aleksandar Kapikul, Mladen Ignjić,
ENERGOINVEST – RAOP, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Slobodan Škundrić

Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd, Srbija

Vjekoslav Sulaver

IRCE, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

STRUJNI TRANSFORMATORI PUNJENI GASOM ZA PODRUČJA SA EKSTREMNO NISKIM TEMPERATURAMA I SPECIFIČNIM TEHNIČKIM ZAHTEVIMA

Rad obrađuje aktuelnu problematiku strujnih transformatora punjenih gasom za područja sa ekstremno niskim temperaturama i specifičnim zahtevima. Opisana je problematika rada strujnih transformatora u području niskih indukcija i konstatovana neraspoloživost karakteristika mekih magnetnih materijala za to područje. Posebna pažnja posvećena je stabilnosti karakteristika magnetnih materijala na niskim temperaturama i uticaju promene njihovih karakteristika na greške.

Dati su uslovi za proračun i postupak proračuna zasitljive prigušnice za redukciju faktora sigurnosti. Prikazan je snimak dinamičke struje veće vrednosti od uobičajene standardne vrednosti i navedena razlika u ispitivanju dinamičke struje prema standardima GOST i IEC. Dva izrađena prototipna strujna transformatora zadovoljila su ispitivanja predviđena standardima GOST.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliko je realan zahtev kupca za tačnost strujnog mernog transformatora pri struji $0,1\% I_n$, sa osvrtom na gubitke praznog hoda i struju praznog hoda energetskih transformatora?
2. Kakve su mogućnosti merenja grešaka strujnih mernih transformatora za klase tačnosti 0,2S i 0,5S ispod donje granice $1\% I_n$, tj. ispod granice koju propisuju standardi GOST 7746 i IEC 60044-1 (metodologija merenja i osetljivost mernih instrumenata)?
3. Zašto merenja grešaka strujnih mernih transformatora nisu rađena za $-60\text{ }^\circ\text{C}$ prema zahtevu kupca (GOST 15150 za klimatsko područje i raspored YXJ11)?

Referat A3-04:

Nikola Ružin, Laslo Poljak, Jan Petrović, Radovan Cveković

ABS MINEL FEPO, Zrenjanin, Srbija

EKRANIRANJE PROVODNIH TUNELSKIH IZOLATORA 35 kV I ANALIZA KVALITETA PREKO REZULTATA MERENJA PARCIJALNIH PRAŽNENJA

Za izvlačiva elektropostrojenja 35 kV razvijeni su provodni tunelski izolatori kao pregrada između fiksnog i izvlačivog dela 35 kV-nog postrojenja. Izolator je tunelskog tipa sa bočnim ulazom visokonaponskog provodnika (šine), na koji se postavlja kontakt za prihvatanje segmentnog tulipana kontakta prekidača. U izolatoru se, po isključenju prekidača, njegovim izvlačenjem naponski razdvaja fiksni deo sa visokim naponom i izvlačiv deo bez napona. Po

određivanju gabaritnih dimenzija - tačke učvršćenja, unutrašnjeg i spoljašnjeg prečnika, otvora za prolaz šine, puzne staze i preskočnog razmaka, na izolatorima su merena parcijalna pražnjenja bez ekrana, sa unutrašnjim ekranom i unutrašnjim zalivenim ekranom. Referat obuhvata opis konstrukcije i postupnost poboljšanja kvaliteta izolacije postavljanjem ekrana u izolator. Rezultati merenja dobijeni na izrađenim uzorcima su praktični i ponovljivi u serijskoj proizvodnji.

Pitanja za diskusiju:

1. u radu je kao metod za razvoj proizvoda korišćeno isključivo eksperimentalno istraživanje – napravljeno je i ispitano nekoliko prototipova. Da li autori predviđaju upotrebu nekog od softverskih alata za analizu problema, gde se može analizirati više varijanti i naći optimalno rešenje bez velikih troškova, kao što to naprimer rade inženjeri u ENERGOINVEST RAOP-u?
2. Da li je počela proizvodnja ovog izolatora, i, ako jeste, koja su eksploataciona iskustva?
3. Na koji način su merena parcijalna pražnjenja?

Referat A3-05:

Nikola Ružin, Nebojša Grbušić, Srđan Petrović, Slobodan Rakić
ABS MINEL FEPO, Zrenjanin, Srbija
SMANJENJE GREŠAKA STRUJNOG MERNOG TRANSFORMATORA
PREDMAGNETISANJEM JEZGRA

Za smanjenje grešaka strujnih mernih transformatora koristi se više poznatih metoda. Svaki metod ima svoje specifičnosti, teoretske i praktične, primerene vremenu u kojem je metod razvijen. Savremen i efikasan metod smanjenja grešaka strujnih mernih transformatora je kombinacija magnetnih materijala za izradu jezgra strujnog transformatora trafo lima (primena legura nikla i gvožđa). Legure nikla i gvožđa povećavaju proizvodnu cenu strujnog mernog transformatora pa se najčešće koriste: korekcija navoja, promena omskog otpora sekundara ili predmagnetisanje jezgra.

Predmagnetisanje jezgra strujnog transformatora podrazumeva stvaranje u jezgru dodatnog magnetnog fluksa, koji predmagnetiše jezgro i povećava magnetnu permeabilnost. Predmagnetisanje se vrši sekundarnom strujom, dodatim obmotavanjem jedne od sekcija jezgra sekundarnim namotajem, s' tim da je jezgro strujnog transformatora podeljeno u dve sekcije. Referat obuhvata opis izrađenog strujnog transformatora i prikazuje rezultate dobijene merenjem jezgra bez i sa predmagnetisanjem. Rezultati dobijeni merenjem su praktični i ponovljivi u serijskoj proizvodnji.

Pitanja za diskusiju:

1. Zašto su u izrazima 1) i 2) izostavljene veličine $\cos(\beta_0 - \beta_s)$ od kojih takođe zavise strujne i fazne greške?
2. Zašto autori u izrazima 1) i 2) koriste relativnu magnetnu permeabilnost μ_r , umesto permeabilnosti μ_s , kao što je uobičajeno u literaturi i praksi? Računanje grešaka sa μ_r dalo bi pogrešne rezultate.
3. Kako autori objašnjavaju da se kod visokonaponskih strujnih transformatora ne koristi predmagnetisanje?

Preferencijalna tema br. 2: Problemi korišćenja opreme visokog napona

Referat A3-06:

Čedomir Ponoćko, Marko Marković i Branko Peruničić

Elektromreža Srbije, Beograd, Srbija

ANALIZA NAPONSKIH PRILIKA U MREŽI 35 kV U OKVIRU NOVOG STANDARDA ZA KOORDINACIJU IZOLACIJE

U postojećem prenosnom sistemu Srbije na naponskom nivou 35 kV ugrađivana je oprema sa naznačenim naponom opreme 38 kV, jednakom najvišem dozvoljenom naponu u mreži. Napon od 38 kV bio je u skladu sa dosadašnjim važećim domaćim i međunarodnim propisima. Ovako dimenzionisana oprema u potpunosti je zadovoljavala u pogledu postojećih naponskih prilika u mreži. Novim IEC standardom za koordinaciju izolacije (IEC 60071-1 Ed.8 iz 2006. godine) nije obuhvaćen najviši napon mreže od 38 kV, već postoje naponi od 36 kV i 40,5 kV (prema aneksu B).

Proizvođači opreme proizvode i ispituju opremu prema trenutno važećem naponu 36 kV, što može, po mišljenju autora rada, dovesti do negativnih posledica. U radu se analizira uticaj najvišeg napona u mreži od 36 kV na rad opreme na prekidače i odvodnike prenapona.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li je u preduzeću Elektromreža Srbije bilo praktičnih problema sa izborom naznačenog napona opreme pri projektovanju novih transformatorskih stanica ili održavanju starih? Na koji način su rešavani ti problemi?
2. Da li je u preduzeću inicirano rešavanje ovog problema, budući da je u radu ukazano na problem za koji se tek očekuje rešenje?
3. Da li autori imaju iskustvo u vezi sa standardima za visokonaponsku opremu – prekidača, rastavljača, mernih transformatora i odvodnika prenapona? Da li su ti standardi promenjeni kao i IEC 60071-1?

Preferencijalna tema br. 3: Održavanje opreme visokog napona

Referat A3-07:

Goran Skelo i Fikret Velagić

Elektroprijenos BiH, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

OCJENA STANJA IZOLACIJE MJERNIH TRANSFORMATORA NA TERENU

U radu se prikazuju dijagnostički metodi koji se koriste za ocenu stanja izolacije mernih transformatora na terenu. Daje se osvrt na postojeću preporuku, koja je data za tipove transformatora koji su duže vreme u eksploataciji. Posebno se razmatra mogućnost kontrole transformatora u pogonu merenjem parcijalnih pražnjenja akustičnim metodom. Navode se kratak opis, kao i prednosti i nedostaci ovog metoda. Prikazani su rezultati merenja dobijeni raznim dijagnostičkim metodima na nekoliko transformatora koji imaju izolaciju u lošem stanju. Dat je i kratak opis instrumenta korišćenog za merenje parcijalnih pražnjenja.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li autori znaju da se merenje parcijalnih pražnjenja metodom ultrazvuka ne može izvesti na kapacitivnom naponskom transformatoru sa otvorenim jezgrom?
2. Da li su autori za ilustraciju za primenu termovizije dali snimak zagrevanja na primarnom priključku strujnog transformatora, što nema direktne veze sa izolacijom? Da li su autori upoznati da se termovizijom mogu kontrolisati kapacitivni delitelji i elektromagnetne jedinice naponskih transformatora?
3. Koji su metod i šema korišćeni pri merenju kapaciteta i tangensa ugla gubitaka na transformatoru tipa UH 11-15?

Referat A3-08:

Radomir Mirčić

Kovin, Srbija

ODRŽAVANJE VISOKONAPONSKE OPREME TRANSFORMATORSKE STANICE TS 110/20 kV/kV RUDNIK „KOVIN“ U KOVINU

U ovom radu je, nakon kratkog uvoda o opštim teorijskim postavkama o potrebi, načinu i efektima preventivne kontrole, održavanja, remonta i ispitivanja VN opreme, dat primer jednog takvog postupka u Privrednom društvu za podvodnu eksploataciju uglja "Kovin" u Kovinu. S obzirom na teške uslove rada (prisustvo ogromne vlage), jer se rudnik nalazi u nebranjenoj zoni Dunava južno od Kovina, postojećoj opremi se poklanja izuzetna pažnja. To znači da se radi pravovremenog utvrđivanja svih slabih tačaka u transformatorskoj stanici primenjuju redovna kontrola, održavanje, godišnji detaljan remont i ispitivanje. Deo rezultata za glavne elemente postrojenja dat je u tabelama.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li je u prošlosti bilo velikih kvarova na visokonaponskoj opremi u TS rudnika „Kovin“?
2. Da li se podaci o kvarovima (broj, vrsta) sistematski prate na posebnom mestu?
3. Da li je primenjen neki poseban, neuobičajen postupak održavanja koji je doveo do smanjenja broja kvarova na nekoj visokonaponskoj opremi?

Referat A3-09:

Saša Stojković i Marko Rosić

Tehnički fakultet, Čačak, Srbija

INFORMACIONI SISTEM ZA STATISTIKU KVAROVA I ANALIZU POUZDANOSTI VISOKONAPONSKIH RASTAVLJAČA

Analiza pouzdanosti opreme u elektroprivrednim preduzećima nemoguća je bez prikupljanja podataka o kvarovima i populaciji opreme. Na osnovu rezultata rada prvog koautora na četvorogodišnjoj svetskoj anketi, sprovedenoj pod okriljem Međunarodne organizacije za velike električne mreže CIGRE, predlaže se informacioni sistem koji se odnosi na sakupljanje podataka o kvarovima i populaciji rastavljača, specijalno prilagođen uslovima u elektroprivrednim preduzećima u našoj zamlji. Predložena je organizaciona šema aktivnosti, kao i izgled upitnika o kvarovima i populaciji visokonaponskih rastavljača. Upitnici su prilagođeni potrebama u domaćim preduzećima. Upitnik o kvarovima rastavljača, koliko je autoru poznato, predstavlja novinu u svetskim okvirima. Informacioni sistem,

predložen u referatu, zamišljen je u skladu sa najnovijim dostignućima u svetu u oblasti pouzdanosti i održavanja opreme.

Na kraju su prikazani rezultati međunarodne CIGRE ankete za 2007. godinu, koji se odnose na rastavljače, sprovedeni u „Elektromreži Srbije“ i „Elektrodistribuciji Beograd“.

Pitanja za diskusiju:

1. Kakva su dosadašnja iskustva o saradnji proizvođača i korisnika, pre i posle tzv. komercijalne faze, radi obezbeđivanja održavanja visokonaponske opreme i pouzdanosti u sledećim oblastima: razvoj novih proizvoda, ispitivanja u fazi razvoja, izrada dokumentacije za održavanje i oblasti planiranja rezervnih delova?
2. Da li je vaše iskustvo pokazalo da su se korisnici, osim u oblasti održavanja, retko uključivali u druge vidove saradnje?
3. Koja je razlika između postojećih informacionih sistema o kvarovima i onog predloženog od strane međunarodnih eksperata, korišćenih u anketi?

Preferencijalna tema br. 4: Postupci ispitivanja opreme visokog napona

Referat A3-10

Čedomir Ponoćko, Saša Božanić

Elektromreža Srbije

Mitar Dragumilo

Energoprojekt ENTEL

TIPSKO I RUTINSKO ISPITIVANJE POSTROJENJA 12 KV I IZMENE KONSTRUKCIJE POSTROJENJA ZBOG NEZADOVOLJAVANJA KRITERIJUMIMA ISPITIVANJA

U toku tipskog i rutinskog ispitivanja postrojenja najvišeg pogonskog napona 12 kV, sa ulaznom i izlaznom ćelijom, zbog nezadovoljavajućih rezultata, vršene su konstrukcione izmene koje su omogućile zadovoljavanje kriterijuma zadatih u IEC 60694, IEC 62271-100 i IEC 62271-200 propisima. Pri ispitivanju atmosferskim udarnim naponom dolazilo je do preskoka između faza i između faza i zemlje. Sa ugradnjom izolacionih barijera od staklenih vlakana, između faza i prema masi, postrojenje je zadovoljilo uslove ovih ispitivanja. Pri ogledu grejanja postrojenje nije zadovoljilo kriterijume iz propisa. Povećanjem poprečnog preseka i dužine sabirnica, kao i ugradnjom ventilatora veće snage sa forsiranim hlađenjem i ugradnjom ugaonog kućišta za usmeravanje protoka vazduha, pri forsiranom hlađenju, ovaj uslov je zadovoljen. Navedeno postrojenje je zadovoljilo i na test kratkog spoja 31,5 kA, 1 sec.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li su nakon ugradnje i treće bakarne šine ponovo rađena dielektrična ispitivanja, kako bi se pokazalo da ćelija sa takvim rasporedom provodnika zadovoljava dielektrična ispitivanja?
2. Zašto autori misle da se najbolja tačnost merenja otpora glavnog strujnog kruga postiže jednosmernom strujom od 200 A, a ne većom ili pak naznačenom strujom postrojenja?
3. Na osnovu kojih podataka su izabrane kapacitivnosti za kompenzaciju reaktivne snage pri ispitivanju zagrevanja?