

A3-00

**GRUPA A3 – VISOKONAPONSKA OPREMA
IZVEŠTAJ STRUČNOG IZVESTIOCA**

**M. OPAČIĆ*,
ENERGOINVEST – RAOP
Istočno Sarajevo**

BOSNA I HERCEGOVINA

Za 28. Savetovanje komiteta JUKO CIGRE 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 sa naglaskom na nekonvencionalne merne transformatore.

Pristiglo je ukupno jedanaest radova. Na osnovu mišljenja recenzenata, deset radova je svrstano u referate, a jedan u informacije. Za prvu preferencijalnu temu pristigla su četiri rada. Za drugu preferencijalnu temu pristigla su dva rada, za treću dva, a za četvrtu tri rada. Nije bilo radova za petu preferencijalnu temu, koja se odnosi na nove tehnologije i nekonvencionalne merne transformatore.

Studijski komitet A3 imenovao je recenzente: prof. dr Zlatana Stojkovića, dr Vladicu Mijailovića, vanrednog prof., dr Sašu Stojkovića, docenta, Mihaila Popovića, dipl. inž., Milorada Opačića, dipl. inž. i Čedomira Spaića, 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, dipl. inž., ENERGOINVEST – RAOP, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Preferencijalna tema br. 1: Razvoj opreme visokog napona

Referat A3-01:

Jože Hrastnik, dipl. inž.

Izoelektro, Pesnica pri Mariboru, Slovenija

NISKONAPONSKI ODVODNIK PRENAPONA U KUĆIŠTU OD SILIKONSKE GUME

U radu su prikazane dve originalne konstrukcije niskonaponskih odvodnika prenapona sa istim tipom cink-oksidge nelinearnog otpornika, ali različitim materijalom kućišta i različitim strujnim putem u smislu kontaktne otpornosti. Cilj ovog rada je da se pokaže uticaj kontaktnih otpornosti u odvodniku na konstrukcione karakteristike. Jedan odvodnik, uređaj kategorije 2 za ograničavanje prenapona u niskonaponskim instalacijama, sadrži ZnO otpornik, kućište od silikonske gume i priključke zalemljene za pločice, koje naležu na otpornik. Drugi odvodnik sadrži ZnO otpornik, pritisnu oprugu, priključke i plastično kućište. Ovaj, drugi odvodnik, ima pet mesta sa prelaznom otpornošću (dodirne površine između različitih delova), što ga čini znatno inferiornijim u tehničkim karakteristikama od prvog odvodnika. Ispitivanjem je utvrđeno da maksimalna udarna struja $8/20 \mu\text{s}$ za prvi odvodnik iznosi 40 kA, a za drugi samo 20 kA.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li autor ima saznanja o eksploatacionim iskustvima vezanim za primenu niskonaponskog odvodnika prenapona u kućištu od silikonske gume?
2. Sa aspekta investicija, u kakvom odnosu su niskonaponski odvodnik prenapona sa postojećim kontaktima i kućištem od plastike i niskonaponski odvodnik prenapona sa lemljenim kontaktima i kućištem od silikonske gume?

Referat A3-02:

Zorica Tadić, dipl. inž.,

ABS Minel Elektrooprema i postrojenja, Ripanj

METALOKSIDNI ODVODNICI PRENAPONA SA ISKRIŠTEM

U radu je prikazana specijalna konstrukcija odvodnika prenapona sa iskrištima i cink-oksidge nelinearnim otpornicima. Ovi odvodnici osmišljeni su tako da koriste dobre osobine iskrišta i metal-oksidge otpornika. Oni nisu primenljivi za zaštitu od atmosferskih prenapona, ali, u industrijskim kablovskim mrežama, gde nema atmosferskih prenapona, oni pokazuju svoju prednost u odnosu na standardne metal-oksidge odvodnike prenapona u slučajevima kada motore i kablove štite od sklopnih prenapona. Njihova osnovna prednost je relativno nizak zaštitni nivo. U radu su, osim konstrukcije, opisana i neka od ispitivanja ovih odvodnika.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li autor ima saznanja o eksploatacionim iskustvima vezanim za primenu metaloksidnog odvodnika prenapona sa iskrištima?
2. U kojim se sve slučajevima preporučuje primena ovih odvodnika prenapona?

Referat A3-03:

Danijel Krajtner, dipl. inž.

Ivan Paić, dipl. inž.

Končar – mjerni transformatori d. d., Zagreb, Hrvatska

ANALIZA PRIMJENOM RAČUNALA U PROJEKTIRANJU KAPACITIVNIH NAPONSKIH TRANSFORMATORA

U članku su prikazani novi alati za proračune klase tačnosti, ferorezonanse i tranzijentnog odziva modernih kapacitivnih naponskih transformatora. Uz opis alata koji se svakodnevno koriste u procesu projektovanja, prikazan je i električni model na kojem se baziraju pomenuti proračuni, kao i poređenje rezultata proračuna sa rezultatima ispitivanja transformatora.

Za proračun naponske i fazne greške korišćen je originalan program „MTrafo“, napisan u programskom jeziku C++, uz pomoć programskog alata MS Visual Studio. Za tranzijentne analize korišćen je, u svetu veoma popularan, ATP-EMTP program za elektromagnetne prelazne procese.

Pitanja za diskusiju:

1. Kako je određena vrednost dodatnog otpora R_{dod} , koji se javlja zbog raspora u jezgru prigušnice?
2. Kolika je izmerena vrednost kapaciteta primarnog namota C_0 ?
3. Da li je u proračunu uzeta u obzir induktivna sprega između sekundarnih namota?

Referat A3-04:

Milorad Opačić, dipl. inž.

Mladen Ignjić, dipl. inž.

Branimir Mandarić, dipl. inž.

Aleksandar Kapikul, dipl. inž.

ENERGOINVEST – RAOP, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

OPTIMIZACIJA IZOLACIONOG SISTEMA ULJNIH STRUJNIH TRANSFORMATORA POMOĆU PROGRAMA ZA PRORAČUN ELEKTRIČNOG POLJA

U radu je predstavljena primena softverskog programa za proračun električnog polja u izolacionom sistemu realnog uljnog inverznog transformatora sa dovoljnim brojem tačaka za proračun. Program koji je korišćen za proračun i optimizaciju izolacionog sistema strujnog transformatora je PC orijentisano okruženje za elektromagnetnu, termičku i analizu mehaničkih napreznja, zasnovano na metodu konačnih elemenata. Opisani su teorijska osnova proračuna i izolacioni sistem, a definisani su i kriterijumi za dozvoljene vrednosti električnog polja u izolacionom sistemu. Metodom konačnih elemenata izračunate su vrednosti stacionarnog električnog polja na karakterističnim mestima.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliko je čvorova definisano za datu geometriju?
2. Na koji način je određeno da je taj broj čvorova optimalan?
3. Na koji način su provereni rezultati? Drugim rečima, kolike su vrednosti polja u karakterističnim tačkama prema izrazima (8), (9) i (10)?

Preferencijalna tema br. 2: Problemi korišćenja opreme visokog napona

Referat A3-05:

Duško Bekut
Branislav Brbaklić
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Borislav Batinić
DMS grupa, Novi Sad

UNAPREĐENA VERZIJA FUNKCIJE UPRAVLJANJE RASKLOPNOM OPREMOM

U radu je prikazana jedna funkcija u okviru distributivnog menadžment sistema (DMS). Za ovu funkciju je razvijen originalan algoritam i odgovarajuća softverska podrška za upravljanje redosledom manipulacija rasklopnom opremom – pre svega prekidačkom opremom. Na taj način ova funkcija predstavlja prirodnu nadogradnju i praktično jedinstvenu celinu vezanu sa SCADA sistemom a vezano za upravljanje i korišćenje rasklope opreme. Funkcija je razvijena na osnovu zahteva na međunarodnim/domaćim tenderima za upravljanje pogona distributivnih mreža. Razvijena funkcija služi za kvalitetno upravljanje rasklopnom opremom, što kao posledicu ima produžavanje radnog veka rasklopne opreme. Zahvaljujući šta/ako analizi moguće je napraviti plan manipulacija rasklopnom opremom i na taj način izbeći nepotrebne ili potencijalno opasne manipulacije. Ova funkcija je realizovana u izuzetno user-friendly okruženju i po svom kvalitetu spada u sam svetski vrh.

Pitanja za diskusiju:

1. Obzirom da je distributivni menadžment sistem isporučen velikom broju inostranih i domaćih korisnika, kakva su iskustva sa korišćenjem unapređene verzije funkcije upravljanje rasklopnom opremom?
2. Funkcija upravljanje rasklopnom opremom podrazumeva da rasklopna oprema nije u kvaru. Da li je razmotrena mogućnost uzimanja u obzir stanja rasklopne opreme koja je u kvaru prilikom upravljanja njome, ili je to predviđeno za budući razvoj? Drugim rečima, da li se predviđa da, ako je rasklopna oprema u kvaru, bude blokirano upravljanje tom opremom? Da li se za tu svrhu može iskoristiti postojeći SCADA sistem?

Informacija A3-06:

Ivan Mihajlović, dipl. inž. el.,
Mr Dragan Beloševac, dipl. inž. el.,
„Elektrosrbija“ Kraljevo, Elektrodistribucija Arandelovac

DOMAĆA ISKUSTVA I NOVI TRENDOWI U IZBORU I EKSPLOATACIJI IZOLATORA U USLOVIMA ZAGAĐENJA

U radu je prikazana problematika rada izolatora u uslovima industrijske i poljoprivredne zagađenosti, kao i pogoršanih uslova rada zbog atmosferskih uslova. Opisani

su načini kvantitativnog određivanja stepena zagađenosti izolatora i metodi laboratorijskog veštačkog zagađenja, kako bi se omogućilo simulisanje realnih uslova rada izolatora. Izneta su i neka iskustva u pogledu konstrukcije izolatora koji treba da rade u uslovima zagađenja. Cilj autora bio je da se daju smernice za izbor izolatora u uslovima zagađenja.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li autori smatraju da se može povećati pouzdanost rada elektroenergetskih sistema tako što bi proizvođač i korisnik izradili interno uputstvo za održavanje izolatora, koristeći iskustva koja se pominju u radu?
2. Da li na području elektrodistributivnog preduzeća u kojem rade autori postoje mesta sa povećanim zagađenjem, gde bi trebalo obratiti pažnju na izbor izolatora u tim uslovima?

Preferencijalna tema br. 3: Održavanje opreme visokog napona

Referat A3-07:

Saša Stojković,
Tehnički fakultet, Čačak
Luka Radić, Mihailo Popović,
JP „Elektrodistribucija Beograd“

REZULTATI RADA NA MEĐUNARODNOJ CIGRE ANKETI O KVAROVIMA VISOKONAPONSKE OPREME U JP „ELEKTRODISTRIBUCIJA BEOGRAD“ U TOKU 2004-2006. GODINE

U aprilu 2004. godine pokrenuta je međunarodna anketa o podacima iz oblasti pouzdanosti i trendova u održavanju visokonaponske opreme naznačenog napona višeg od 60 kV. Anketa se izvodi u organizaciji Međunarodnog saveta za velike električne mreže CIGRE. Tema su SF6 prekidači, SF6 gasom izolovana, metalom oklopljena postrojenja, merni transformatori i rastavljači svih tipova. Anketa se odnosi na naznačeni napon opreme viši od 60 kV, što u slučaju „Elektrodistribucije Beograd“ znači 110 kV.

Članovi STK A3 – Visokonaponska oprema, navedeni kao koautori, učestvovali su u ovoj značajnoj i korisnoj međunarodnoj anketi. Do sada je realizovan rad u toku tri godine, od četiri, koliko traje anketa. U radu su prikazani rezultati rada na anketi, uz izvođenje odgovarajućih zaključaka o pouzdanosti opreme u ovom preduzeću.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li je utvrđen osnovni uzrok većeg broja malih kvarova tipa „malo isticanje SF6 gasa“ u nekoliko postrojenja u „Elektrodistribuciji Beograd“?
2. Da li su stručnjaci zaduženi za održavanje i pouzdanost opreme u ovom preduzeću zadovoljni rezultatima ankete?

Referat A3-08:

Saša Stojković,
Tehnički fakultet, Čačak
Zoran Nedeljković,
JP „Elektromreža Srbije“, Beograd

EKSPLOATACIONO ISKUSTVO I POUZDANOST RASTAVLJAČA, MERNIH TRANSFORMATORA I SF6 PREKIDAČA 110 kV, 220 kV i 400 kV U JP „ELEKTROMREŽA SRBIJE“ U TOKU 2004-2006. GODINE

U radu su prikazani rezultati rada u okviru ankete o pouzdanosti i kvarovima visokonaponske opreme u preduzeću „Elektromreža Srbije“ u toku tri godine, 2004., 2005. i 2006. Poslednja, 2007. godina, je u toku. Kvarovi SF6 prekidača, SF6 postrojenja i svih tipova rastavljača prikazani su za sve tri godine. Zbog velikog obima podataka i dugotrajne analize, kvarovi mernih transformatora svih tipova prikazani su samo za 2006. godinu.

U preduzeću „Elektromreža Srbije“ pouzdanošću visokonaponske opreme stručnjaci se bave dugi niz godina. Rezultat toga rada su i visokoprofesionalne baze podataka, kako o opremi koju poseduje ovo preduzeće, tako i o kvarovima na svim tipovima visokonaponske opreme. Podaci iz ovih tabela omogućuju definisanje parametara pouzdanosti u ovom preduzeću. Posebno je važno što ovo preduzeće obuhvata celu prenosnu mrežu 110 kV, 220 kV i 400 kV, čime anketa u našoj zemlji još više dobija na značaju.

Pitanja za diskusiju:

1. Na koji način se u „Elektromreži Srbije“ održavaju i prate po stanju merni transformatori, obzirom na relativno veliku starost većine transformatora?
2. Da li se u „Elektromreži Srbije“ planira prelazak na neku od drugih strategija održavanja, naprimer, održavanje prema stanju?

Preferencijalna tema br. 4: Postupci ispitivanja opreme visokog napona

Referat A3-09:

Dr Miroslav Poljak,
Končar - Institut za elektrotehniku, Zagreb, Hrvatska
Boris Bojanić, dipl. inž.,
Končar – Mjerni transformatori d. d., Zagreb, Hrvatska

KAKO SPRIJEČITI EKSPLOZIJE MJERNIH TRANSFORMATORA

U radu je opisana metodologija i ispitni postupak kojima bi se potencijalne eksplozije mernih transformatora u pogonu svele na zanemarivo mali broj.

Uvodno su statistički interpretirani rezultati ankete o uzrocima kvarova različitih tipova mernih transformatora, od kojih se oko 90% razvija postepeno, i traje od nekoliko sati do nekoliko meseci. Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) pred usvajanjem je normiranog postupka prema kojem bi merni transformatori morali da izdrže efekte unutrašnjeg luka. Autori se kritički osvrću na ovaj predlog, obrazlažući njegove glavne

nedostatke. Na temelju proračuna i eksperimentalnog istraživanja na modelima i realnom strujnom transformatoru 123 kV, dokazuju da se mehanizam koji dovodi do eksplozije mernih transformatora ne može dovoljno dobro simulirati na način kako je predlogom nove IEC norme opisano.

Predlaže se novi koncept smanjenja eksplozija mernih transformatora u pogonu, nazvan „pouzdan protiv eksplozije“. On se sastoji od dodatnih komadnih i specijalnih ispitivanja i upotrebe uređaja za merenje ili detekciju porasta pritiska ulja u transformatoru. Osnova predloženih ispitivanja je u istraživanju „Volt-sekundnih karakteristika napona nastanka parcijalnih pražnjenja u uljno-papirnoj izolaciji mernih transformatora“.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li se u „Končaru“ razmišlja o primeni koncepta smanjenja eksplozija mernih transformatora u pogonu primenom dodatnih ispitivanja i senzora pritiska?
2. U poglavlju 4. Merni transformatori „pouzdati protiv eksplozije“ prikazan je novi koncept, koji podrazumeva dodatna ispitivanja i primenu uređaja za detekciju natpritiska. Da li danas ima dovoljno saznanja o vrednostima parcijalnih pražnjenja i naponu njihovog nastanka ili će biti potrebno još dosta ispitivanja da se prouči fenomen eksplozije transformatora? Isto važi i za senzor pritiska – gde ga postaviti, na koje vrednosti pritiska ga podesiti (problem kod SF6 postrojenja) i slično.
3. Da li je autorima poznato da li je neki proizvođač mernih transformatora primenio mere za postizanje transformatora „pouzdanog protiv eksplozije“, makar u eksperimentalnoj fazi?

Referat A3-10:

Dragana Naumović-Vuković,
Slobodan Škundrić,
Aleksandar Nikolić
Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd

ISPITIVANJE TAČNOSTI MERNIH GRUPA U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Sprovođenje metrološkog nadzora obračunskih mernih mesta povezano je sa nizom merno-tehničkih problema pri ispitivanju merila u elektroenergetskim postrojenjima. U principu, pojedinačno ispitivanje tačnosti merila - brojila električne energije i mernih transformatora, moguće je ostvariti u samom postrojenju. Problem je što sva ova ispitivanja zahtevaju razvezivanje ili demontažu kontrolisanih merila, a to je vrlo obiman posao koji traži određeno vreme i predstavlja priličan finansijski izdatak. U radu je dat prikaz merne metode koja omogućava ispitivanje tačnosti kompletnog mernog mesta bez razvezivanja i demontaže pojedinačnih merila. Predložena merna metoda zahteva specifičnu mernu opremu prilagođenu terenskim uslovima rada. U radu je dat kratak prikaz takve merne opreme sa specificiranim merno-tehničkim karakteristikama. Analiziraju se prednosti i nedostaci predložene merne metode i mernih uređaja, posebno sa stanovišta grešaka merenja i metrološke validnosti takvog ispitivanja tačnosti.

Pitanja za diskusiju:

1. Imaju li autori informaciju u kojoj stranoj elektroprivredi se vrši kontrola kompletnih mernih grupa bez razvezivanja, uzimajući u obzir i najviše napone?
2. Autori najpre konstatuju da je tačnost strujnih klješta ograničena, a zatim da je primenom novih i kvalitetnih magnetnih materijala i hardverskom i softverskom kompenzacijom greške moguće dobiti zadovoljavajuće nivoe grešaka. Kako je moguće boljim materijalom ili kompenzacijom smanjiti uticaj vazdušnog procepa kod strujnih klješta, koja su glavni uzrok ograničene tačnosti?
3. Kakva su praktična iskustva autora sa uticajem elektromagnetnih smetnji u realnoj konfiguraciji razvodnih postrojenja najvišeg napona?

Referat A3-11:

Zoran Kukobat, dipl. inž.

Miloš Savić, dipl. inž.

Slobodan Kuzmanović, inž. el.

Dragan Stošić, el. teh.

ABS Minel Elektrooprema i postrojenja, Ripanj

TIPSKA I RAZVOJNA ISPITIVANJA VISOKONAPONSKIH RASTAVLJAČA

U radu su opisani priprema i izvođenje nekih razvojnih i tipskih ispitivanja dvostubnih visokonaponskih rastavljača sa horizontalnim otvaranjem. Ukazano je na značaj izvođenja preliminarnih ispitivanja u fabrici, pre odlaska aparata na tipska ispitivanja u specijalizovane laboratorije. Ispitivanjima su obuhvaćeni rastavljači RSZ 1232, RSZ 2452 i RSJZ 4202. Aparati su prvo ispitivani u fabrici, gde je uočen način da se neke performanse rastavljača poboljšaju i izvrše korekcije, nakon čega su izvršena i tipska ispitivanja. Sva tri tipa rastavljača zadovoljila su zahteve IEC standarda. Neka tipska ispitivanja samo su pomenuta, a neka, koja su po prirodi teža od ostalih, prikazana su detaljnije.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li je zahtev da se ponove tipska ispitivanja posle 10 godina nešto što definiše standard IEC, ili je to preporuka proizvođača rastavljača?
2. Kakva je saradnja odeljenja razvoja sa odeljenjem ispitivanja opreme u radnoj organizaciji proizvođača?