

D1-00

GRUPA D1: MATERIJALI I SAVREMENE TEHNOLOGIJE IZVEŠTAJ STRUČNIH IZVESTILACA

P. OSMOKROVIĆ*, Elektrotehnički fakultet, Beograd
N. KARTALOVIĆ, Viša železnička škola, Beograd

SRBIJA I CRNA GORA

1. Uvod

Za raspravu na grupi D1 27. savetovanja JUKO - CIGRE dostavljeno je trinaest radova. Na osnovu recenzija koje su izvršili: dr P. Osmokrović, red. prof, dr Milesa Srečković, red. prof, dr Miodrag B. Pavlović, naučni savetnik, radovi su prihvaćeni i svrstani u kategoriju referata.

Prvi rad (R D1 - 01) - razmatra primenu zakona sličnosti na električna pražnjenja u gasovima.

Drugi rad (R D1 - 02) - razmatra uticaj temperaturnih promena na pouzdanost karakteristika elemenata za zaštitu od prenapona.

Treći rad (R D1 - 03) - razmatra pouzdanost standarda IEC 156 za određivanje vrednosti probojnog napona električnog izolacionog ulja.

Četvrti rad (R D1 - 04) - prikazuje dijagnostiku promene indeksa prelamanja i kiselinskog broja izolacionog ulja tokom eksploatacije.

Peti rad (R D1 - 05) - prikazuje međulaboratorijsko ispitivanje transformatorskog ulja - IEC TC 10 WG 17 Round Robin Test i određivanje kiselinskog broja kolorimetrijskom titracijom.

Šesti rad (R D1 - 06) - razmatra uticaj medijuma za mehanohemijisku aktivaciju na fazni sastav i električna svojstva sinterovanih keramika.

Sedmi rad (R D1 - 07) - razmatra uticaj materijala elektroda niskonaponskog kondezatora na odziv kapacitivne sonde u nanosekundnoj oblasti.

Osmi rad (R D1 - 08) - prikazuje razvoj metode za dobijanje ultrafinih feritnih materijala.

Deveti rad (R D1 - 09) - razmatra uticaj površine izolacije na probojni napon.

* Prof. dr Predrag Osmokrović, Elektrotehnički fakultet Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd

D1-00

Deseti rad (R D1 - 10) - razmatra uticaj jonizujućeg zračenja na karakteristike naponske i strujne regulacije stabilizatora napona.

Jedanaesti rad (R D1 - 11) - prikazuje radijacionu otpornost silicijumskih fotonaponskih ćelija.

Dvanaesti rad (R D1 - 12) - razmatra razne aspekte pitanja laser - materijal - eksplozivni procesi.

Trinaesti rad (R D1 - 13) – razmatra uticaj različitog sadržaja aromaskih jedinjenja na oksidacionu stabilnost i električne osobine mineralnih izolacionih ulja.

2. Prezentacija radova

Referat D1-01

Tamara Živić
Predrag Osmokrović

Primena zakona sličnosti na električno pražnjenje u gasovima

Ovaj rad predstavlja proveru primene zakona sličnosti na električno pražnjenje u gasovima. Da bi se verifikovala ili opovrgla teorija sličnosti, u ovom slučaju, vršena su eksperimentalna istraživanja proboja sumporheksafluorida – gasa izvanrednih izolacionih karakteristika. Poređenjem eksperimentalnih rezultata i teorijske analize doći će se do rezultata koji će ograničiti uslove primenljivosti zakona sličnosti na električni proboj gasova, odnosno primenljivosti modela sličnih prototipu u konstrukcionoj fazi izrade nekog elektroenergetskog uređaja ili postrojenja.

Pitanja za diskusiju za D1-01:

1. Kako se zakoni sličnosti mogu primeniti u projektovanju elektroenergetskih sistema?
2. Koja je razlika između zakona sličnosti i zakona porasta verovatnoće proboja?

Referat D1-02

Boris Lončar
Nenad Kartalović
Aleksandra Vasić
Predrag Osmokrović

Uticaj temperaturskih promena na pouzdanost karakteristika elemenata za zaštitu od prenapona

Cilj ovog rada je da se nađe element za zaštitu od prenapona koji ima najbolju temperatursku stabilnost karakteristika. U tu svrhu ispitivan je uticaj temperaturskih promena na karakteristike sledećih prenaponskih komponenata: 1) prenaponske diode, 2) metaloksidni varistori, 3) gasni odvodnici prenapona i 4) polikarbonatni kondenzatori. Eksperimentalni rezultati su pokazali da prenaponske diode imaju stabilne karakteristike u opsegu temperatura od -50°C do $+90^{\circ}\text{C}$. Na temperaturama višim od $+90^{\circ}\text{C}$ njihova primena nije preporučljiva, jer im se karakteristike značajno pogoršavaju. S druge strane, pokazano je da metaloksidni varistori imaju mnogo bolje zaštitne karakteristike. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da metaloksidni varistori pokazuju poboljšanje zaštitnih karakteristika na višim temperaturama. Takođe, eksperimentalni rezultati pokazuju da gasni odvodnici prenapona imaju veoma stabilne karakteristike u širokom opsegu temperatura od -90°C do $+210^{\circ}\text{C}$. Polikarbonatni kondenzatori su relativno osetljivi na temperaturske promene. Sa porastom temperature, njihove zaštitne karakteristike se pogoršavaju. Svi dobijeni eksperimentalni rezultati su teorijski objašnjeni.

Pitanja za diskusiju za D1-02:

1. Kako utiče temperatura na stabilnost radne tačke odvodnika prenapona?

D1-00

2. Da li, po mišljenju autora, temperatura predstavlja bitan faktor za pouzdan rad odvodnika prenapona?

D1-00

Referat D1-03

Dejan Nikolić
Miroslav Pešić
Zoran Lazarević

Pouzdanost standarda IEC 156 (JUS N.A5.014) za određivanje vrednosti probojnog napona elektroizolacionog ulja

U radu je analiziran preporučeni merni postupak za određivanje probojnog napona izolacionih ulja prema standardu JUS N. A5. 014 (IEC 156). Ukazano je na nedovoljnu preciznost standarda koja, u okviru dozvoljene proizvoljnosti, može dovesti do velike merne nesigurnosti tipa B. Posebna pažnja je posvećena veličini statističkog uzorka na osnovu kojeg se određuje vrednost probojnog napona. Primenom Šoveneovog kriterijuma, U - testa i T - testa je ukazano na neadekvatnost preporučenog uzorka i metode obrade dobijenih rezultata. Na kraju rada su date preporuke za poboljšanje standarda JUS N. A5. 014 (IEC 156) kako u postupku merenja, tako i u veličini uzorka i statističkoj obradi mernih rezultata.

Pitanja za diskusiju za D1-03:

1. Da li ponuđeni algoritam za izmenu standarda ne povećava vreme potrebno za ispitivanje?
2. Da li bi trebalo još nešto promeniti u standardu za određivanje probojnog napona uljne izolacije?

Referat D1-04

Zoran Jeremić
Draško Vičić
Ivica Milovanović
Zoran Lazarević

Dijagnostika promene vrednosti indeksa prelamanja i kiselinskog broja izolacionog ulja tokom eksploatacije

U radu se razmatra dinamika promene indeksa prelamanja i kiselinskog broja transformatorskog ulja tokom eksploatacije 8 MVA transformatora. Uzorci su standardnim postupkom istovremeno uzimani u vremenskim intervalima od 6 meseci iz 8 MVA transformatora. Na ovim uzorcima je, pod dobro kontrolisanim laboratorijskim uslovima, određivan indeks prelamanja i kiselinski broj. Ustanovljeno je da iz promene indeksa prelamanja, odnosno iz njegove konstantnosti, može da se izvuče zaključak o ravnomernosti uslova rada transformatora iz kojih je vršeno uzorkovanje ulja. Takođe je ustanovljeno da vrednost kiselinskog broja raste sa vremenom za sve uzorke približno konstantnom brzinom, na osnovu čega je zaključeno da dinamika promene kiselinskog broja i u kraćim vremenskim intervalima može da bude koristan pokazatelj apsolutnog i relativnog starenja uljne izolacije (između posmatranih transformatora).

Pitanja za diskusiju za D1-04:

1. Kako se mogu iskoristiti dobijeni rezultati za blagovremeno otkrivanje neregularnosti rada transformatora?
2. Da li indeks prelamanja predstavlja pouzdan podatak za stabilnost uslova rada transformatora?

Referat D1-05

Jelena Lukić
K. Drakić
S. Gavrančić

*Međulaboratorijsko ispitivanje transformatorskih ulja - IEC TC 10 WG 17 Round Robin Test-
Određivanje kiselinskog broja kolorimetrijskom titracijom*

U radu su prikazani rezultati međulaboratorijskog ispitivanja ulja - IEC TC 10 WG 17 Round Robin Test 3 (IEC TC 10 WG 17 RRT 3) u kojem je učestvovala hemijska laboratorija "INT". Zadatak radne grupe IEC TC 10 WG 17 je da istraži promenljivost nove metode za određivanje kiselinskog broja ulja - IEC 62021 Deo 2, analitičkom metodom kolorimetrijske titracije sa akcentom na unapređenja u odnosu na već postojeću metodu IEC 60296 po pitanju nižeg nivoa detekcije i ekoloških propisa u pogledu korišćenja male količine uzoraka za ispitivanje i netoksičnih organskih rastvarača. U radu je prikazana metodologija uspostavljanja nove ispitne metode u okviru IEC TC 10 na primeru uspostavljanja standarda IEC 62021, počev od komparativnih međulaboratorijskih ispitivanja (RRT), preko analize rezultata svih laboratorija učesnica, statističke analize rezultata i uspostavljanja vrednosti za ponovljivost (r) i reproduktivnost (R) rezultata. Na osnovu veličina r i R donose se zaključci o primenljivosti metode i mogućnostima za izmene i dopune. Rezultati IEC TC 10 WG 17 RRT 3 su analizirani na sastanku u Ljubljani 11.01.2005 i doneti su zaključci o daljim aktivnostima i mogućnostima uvođenja metode kao internacionalnog standarda IEC 62021 - Deo 2.

Pitanje za diskusiju za D1-05:

1. Koji od korišćenih metoda autori preporučuju za primenu i iz kojih razloga?

Referat D1-06

Čedomir Jovalekić
M. Mitrić
Miograg Zdujić
Miodrag B. Pavlović
Predrag Osmokrović

Uticaj medijuma za mehanohemijisku aktivaciju na fazni sastav i električna svojstva sinterovane keramike

Veliki broj keramičkih perovskitskih materijala – feroelektrika i piezoelektrika sintetizovan je mehanohemijiskim postupkom iz oksida već na sobnoj temperaturi. Dobijeni feroelektrici i piezoelektrici imaju nanokristalnu strukturu pa samim tim i drugačija električna svojstva od istih tih materijala dobijenih klasičnim postupkom, na primer, reakcionim sinterovanjem. Bez obzira na jednostavnost i efikasnost, kao i malu cenu ovaj postupak ima i ozbiljnih nedostataka a jedan od njih je i zaprljanje polaznih konstituenata medijumom za mlevenje što u značajnoj meri može da utiče kako na hemijski sastav sintetizovanih jedinjenja tako i na njihova električna svojstva. Proučavajući mogućnost sinteze novog feroelektričnog materijala u binarnom sistemu $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ ispitivan je i uticaj zaprljanja koje potiče od posuda i kugli za mlevenje i to u prvom slučaju kada se mehanohemijiski postupak vršio u čeličnim posudama i sa čeličnim kuglicama, odnosno u cirkonijum oksidnim posudama i sa cirkonijum oksidnim kuglicama. Pokazalo se da je uticaj medija za mlevenje dominantan i u zavisnosti od vremena mlevenja

D1-00

može da dovede do formiranja višefaznih jedinjenja (kada koristimo čelične posude) $\text{Bi}_{12}(\text{Zr}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_{20}$, $\text{Bi}(\text{Zr}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_3$, $\text{Bi}_2(\text{Zr}_x\text{Fe}_{1-x})_4\text{O}_9$ što je posledica unošenja nečistoća sa zidova posude i kuglica i sinteze monofaznog jedinjenja $\text{Bi}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ (kada koristimo posude od cirkonijum osida). Kao posledica, pre svega, različitog faznog sastava dobijeni materijali pokazuju savim različita dielektrična i feroelektrična svojstva.

Pitanje za diskusiju za D1-06:

1. Da li predloženi materijali mogu da se koriste za izradu memorijskih komponenti?

Referat D1-07

Predrag Osmokrović
Dragutin Petković
Ivica Milovanović
Nebojša Arsić

Uticaj materijala dielektrika niskonaponskog kondenzatora na odziv kapacitivne sonde u nanosekundnoj oblasti

U radu se razmatra problematika vezana za snimanje impulsnih napona amplitude preko 100 kV, karakterističnog vremena porasta u nanosekundnoj oblasti. Objašnjena je pojava impulsnih napona i ukazano na potrebu za njihovim snimanjem. Nakon toga su dati opšti principi konstrukcije mernih sistema za registrovanje i prenos impulsnih napona. U radu je detaljno opisana konstrukcija merne sonde prilagođene praćenju impulsnih napona. Posebna pažnja je posvećena konstrukciji i proračunu niskonaponskog kondenzatora i izboru materijala. Osnovni konstrukcioni zahtev je bio da se bez izobličenja u frekventnom i naponskom domenu mogu pratiti impulsnii naponi frekvencije do 500 MHz.

Pitanje za diskusiju za D1-07:

1. Da li bi se dobili bolji rezultati da je izolator niskonaponskog kondenzatora isti kao izolator visokonaponskog kondenzatora?

Referat D1-08

Aleksandar Nikolić
Miodrag B. Pavlović
Zoran Lazarević

Razvoj metode za dobijanje ultrafinih feritnih materijala

U ovom radu je prikazan razvoj nove metode za dobijanje feritnih prahova, ultrafine veličine zrna (< 200 nm). Materijali su dobijeni termalnom degradacijom smesa kompleksnih jedinjenja, opšte formule $[\text{Ni}(\text{AA})_2]$ i $[\text{Fe}(\text{AA})_3]$ gde AA označava acetalacetone (2,4 - pentadion). Proces dobijanja nikl - ferita, (NiFe_2O_4) je praćen metodama termalne analize (TA/TG/DTG). Dobijeni proizvodi su okarakterisani rentgeno-strukturnom analizom i elektronskom mikroskopijom

Pitanje za diskusiju za D1-08

1. Gde se vidi mogućnost primene predloženih feritnih materijala?

Referat D1-09

Nenad Kartalović
Ivica Milovanović

Uticao povećanja površine izolacije na probojni napon

Tema ovog rada je razmatra uticaj veličine površine nekog izolacionog materijala na dielektričnu čvrstoću odnosno probojni napon izolacionog sistema u konkretnim primenjenim uslovima. Iz prakse je poznato da visokonaponska oprema ne sme biti opterećena istim naponom kao i mali laboratorijski uzorci. Zbog toga se moraju izvesti odgovarajući eksperimenti na objektu (ako je to moguće) ili se rezultati dobijeni na modelima mogu na osnovu teorijskih zakonitosti uopštiti na objekte. Eksperimentalno utvrđeno smanjenje probojnog napona izolacije sa povećanjem površine izolacije koja je u dodiru sa elektrodama izražava tzv. "zakon porasta". On govori o porastu verovatnoće proboja sa porastom površine izolacije. Rad ukazuje na niz činjenica koje treba imati u vidu kada se primenjuje ovaj zakon. Naime, prema ovom zakonu, porast verovatnoće proboja se temelji na činjenici da sa povećanjem površine izolacije proporcionalno raste i broj potencijalno slabih (pogodnih) mesta za razvoj proboja. Tada možemo izraziti verovatnoću proboja $F(S,U)$ na nekom naponu U a koja zavisi od posmatrane površine S prema formuli:

$$F(S,U) = 1 - [1 - F_0(S_0,U)]^{S/S_0}$$

gde je S_0 početna površina za koju imamo verovatnoću proboja $F_0(S,U)$. Međutim ako se sa povećanjem površine ne umnožavaju svi parametri proboja podjednako, imamo slučaj nejednakih uzoraka za koji možemo da pišemo:

$$F(n,U) = 1 - [1 - F_1(U)]^{S/S_0} \cdot [1 - F_2(U)]^{\sqrt{S/S_0}} [1 - F_3(U)]^x$$

gde je x odgovarajući parametar više ili manje zavisen od porasta površine izolacije.

Pitanja za diskusiju za D1-09:

1. Da li predloženi algoritam važi za sva agregatna stanja izolatora?
2. Koja funkcija raspodele slučajne promenljive "probojni napon" se koristi za predloženu metodu?

Referat D1-10

Vladimir Vukić
Predrag Osmokrović
Dušan Matijašević

Uticao jonizujućeg zračenja na karakteristike naponske i strujne regulacije stabilizatora napona

U radu je razmatran uticaj jonizujućeg zračenja na karakteristike naponske i strujne regulacije stabilizatora napona sa niskim padom napona. Analiziran ju uticaj γ zračenja na koeficijent strujnog pojačanja serijskog PNP tranzistora i zahvat naelektrisanja u izolacionom oksidu, kao osnovne fizičke mehanizme koji utiču na stabilnost izlaznog napona kola. Eksperimenti su vršeni na kolima LM2940 i L4940, predstavnicima stabilizatora napona sa niskim padom napona sa lateralnim i vertikalnim serijskim PNP tranzistorima. Promene karakteristika regulacije su praćene u zavisnosti od apsorbirane doze jonizujućeg zračenja, kao i uslova polarizacije.

Pitanja za diskusiju za D1-10:

1. Do koje granice zračenja mogu da se koriste ispitivani stabilizatori napona?
2. U kojim uslovima rada autori očekuju da su njihovi rezultati posebno aktuelni?

Referat D1-11

Nebojša Stojanović
Aleksandra Vasić
Marko Stojanović

Radijaciona otpornost silicijumskih fotonaponskih solarnih ćelija

Među različitim vrstama obnovljivih izvora energije značajnu ulogu igra solarna energija. Velika pažnja u istraživanjima posvećena je unapređenju tehnologija izrade fotonaponskih ćelija, kako bi se povećala njihova efikasnost i smanjila cena proizvodnje. Međutim, kako se solarne ćelije često koriste u uslovima u kojima ne postoji mogućnost redovnog servisiranja i zemene delova, stabilnost i dugovečnost njihovih karakteristika predstavlja esencijalni zahtev. Budući da se eksploatacija solarnih ćelija neretko vrši u uslovima povećane radioaktivnosti (visoki, nepristupačni planinski predeli, vazduhoplovna i svemirska tehnologija itd.), to je problem njihove radijacione otpornosti veoma aktuelan i prisutan u teorijskim i eksperimentalnim istraživanjima.

Cilj ovog rada je da se ispita stabilnost karakteristika solarnih ćelija tokom eksploatacije u uslovima dejstva radioaktivnog zračenja. Ispitivane su komercijalno dostupne monokristalne i polikristalne silicijumske solarne ćelije, koje su podvrgnute različitim dozama gama zračenja. Rezultati ispitivanja su pokazali da je došlo do različitog stepena degradacije električnih karakteristika uzoraka u zavisnosti od primljene doze zračenja, dajući opši prikaz degradirajućeg dejstva radijacije na električne karakteristike solarnih ćelija, što omogućava predikciju ponašanja silicijumskih solarnih ćelija izloženih povišenom dejstvu radijacije, kao i eventualnu estimaciju njihovog korisnog životnog veka.

Pitanje za diskusiju za D1-11:

1. Da li su dobijeni rezultati aktuelni za korisnike fotonaponskih ćelija i pod standardnim uslovima?

Referat D1-12

Milesa Srećković
S. Ristić
D. Družijanić
S. Milić
R. Gospavić
R. Radovanović

Eksplozivni procesi, materijali i laseri

U radu su razmatrani razni aspekti pitanja laser - materijal -eksplozivni procesi. Za odabrane slučajeve odabrana je teorijska baza za procene. Postavljena je šema proračuna energetske relacije i mogućih lasera za primene. Tri su glavna prilaza: merni, gde se laser postavlja uz specijalne optičke metode kao sredstvo, koje može da pomogne u objektivizaciji opisa procesa, sa druge strane kao sredstvo, koje može da inicira eksplozivni proces. Treći aspekt bi bio vezan za grupu nestandardnih pitanja za eksplozivne procese vezane za veoma visoke nivoe vršnih gustina fluksa.

Pitanje za diskusiju za D1-12

1. Koji laseri mogu da se koriste za detekciju/aktivaciju eksploziva i o kojim se efektima radi?
2. Kako stoji generalno sa koeficijentima refleksije i apsorpcije različitih materijala organskog i neorganskog porekla?

Referat D1-13

S. Gavrančić
Jelena Lukić
K. Drakić

Infracrvena spektrofotometrijska analiza hemijskog sastava izolacionog ulja i uticaj na primenske osobine tečnog dielektrika

U radu je ispitivan uticaj različitog sadržaja aromatskih jedinjenja na oksidacionu stabilnost i električne osobine mineralnih izolacionih ulja. Sadržaj aromata u inhibiranom i neinhibiranom ulju je određen korišćenjem standardne metode infracrvene spektrofotometrijske analize - IEC 60590. Step en ostarelosti ulja praćen je hemijskim i električnim, tj. primenskim osobinama (kiselinski broj, specifična otpornost i faktor dielektričnih gubitaka). Utvrđeno je da aromatska jedinjenja imaju bitan uticaj na oksidacionu stabilnost i električne osobine mineralnih izolacionih ulja.

Pitanja za diskusiju za D1-13

1. Koja su ograničenja ove metode u smislu analize transformatorskih ulja?
2. Kakva su novija iskustva prema svetskoj literaturi?