



B3 00

**GRUPA B3: POSTROJENJA
IZVEŠTAJ STRUČNIH IZVEŠTILACA**

**DRAGUTIN SALAMON^{*}, Elektrotehnički fakultet, Beograd
RADIVOJE CRNJIN[†], "Elektroistok – Projektni biro", Beograd
GORAN PAVLOVIĆ[‡], "Elektroistok – Projektni biro", Beograd**

SRBIJA

Za 34. savetovanje CIGRE Srbije u okviru Grupe B3 - POSTROJENJA prihvaćeno je ukupno 9 radova. Radovi su razvrstani prema preferencijalnim temama koje su prihvaćene na 33. savetovanju CIGRE Srbije i to :

Tema 1. *Revitalizacija, održavanje, proširenje kapaciteta i optimizacija postrojenja u izgradnji i eksploataciji – 2 referata*

Tema 2. *Specifična i inovirana projektantska rešenja u uslovima tržišta i distribuirane proizvodnje električne energije – 4 referata*

Tema 3. *Uticaj razvoja prenosne i distributivne mreže na koncepciju postrojenja*

Tema 4. *Upravljanje, održavanje, monitoring, pouzdanost i sigurnost postrojenja – 1 referat*

Tema 5. *Upravljanje rizikom u projektovanju, izgradnji i eksploataciji postrojenja -2 referata*

Tema 6. *Jevtina i brza gradnja distributivnih postrojenja*

Tema 7. *Uticaj postrojenja na okolinu*

Iz oblasti koje pokrivaju preferencijalne teme broj 3, 6 i 7 nije prispeo nijedan rad.

Prema svom sadržaju i usvojenim preferencijalnim temama radovi su razvrstani prema sledećem rasporedu :

^{*} Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija, e-mail: salamon@etf.rs

[†] e-mail: rcrnjin@sezampro.rs

[‡] Elektroistok – Projektni biro, Rovinjska 14, Beograd, Srbija, e-mail: goran.pavlovic@eipb.rs

Tema 1. Revitalizacija, održavanje, proširenje kapaciteta i optimizacija postrojenja u izgradnji i eksploataciji

Referat B3 - 01

Nikola Slavković, Gordan Rajković - TE KO Kostolac B, Kostolac

IMPLEMENTIRANJE DALJINSKE I LOKALNE SIGNALIZACIJE ZA HAVARNE TASTERE 6 kV MOTORA I NJENA ADAPTACIJA U POSTOJEĆEM SISTEMU SIGNALIZACIJE I ZAŠTITE

Rad sadrži opis glavnih problema kao i primenjena rešenja za daljinsku i lokalnu signalizaciju za havarne tastere 6 kV motora sopstvene potrošnje u TE Kostolac B. Nepostojanje signalizacije uklopnog stanja havarnih tastera (HT) dovelo je do neuspešnih startova 6 kV motora što je dovelo do zastoja u tehnološkom procesu.

S obzirom na velika rastojanja od havarnih tastera do mesta signalizacije, da bi se uštedelo na kablovima, problem je rešen tako što je izvršena optimizacija binarnih ulaza u postojećim digitalnim zaštitnim uređajima čime je realizovan prihvat signala, koji se serijskom komunikacijom prenose do SCADA sistema.

Pitanja za diskusiju

1. Ko aktivira HT, da li postoji procedura odobravanja i obaveštavanja o aktiviranju HT i da li postoji obaveza deaktiviranja HT-a?
2. Koliko ima ovakvih HT u TE Kostolac B i koliko je česta pojava neuspešnih startova motora zbog aktiviranog HT-a?
3. Da li postoji procena koliki su godišnji gubici zbog neuspešnih startova motora uzrokovanih aktiviranim HT-ima?
4. Očigledno je da je signalizacija uklopnog stanja HT-a neophodna a nije realizovana u fazi izgradnje TE. Da li je do izostanaka ovog signala došlo propustom investitora, projektanta ili izvođača?

Referat B3 - 02

Gordan Rajković, Nikola Slavković - TE KO Kostolac B, Kostolac

LAŽNI SIGNALI

U radu je opisana pojava lažnih kratkotrajnih signala na blok transformatorima u TE Kostolac B. Signali su počeli da se javljaju nakon zamene blok transformatora. Korišćenjem HRD lista i analizom je utvrđeno da se signali javljaju prilikom manipulacija sabirničkim rastavljačima u susednom postrojenju RP 400 kV Drmno, na koje su povezani i blok transformatori. Pregledom dokumentacije i uvidom na licu mesta utvrđena je greška u projektu kojim je bilo predviđeno da se delovi jednog strujnog kruga između dva postrojenja vode različitim kablovima. Takođe je uočeno da su jednim kablom vođeni 220VDC, 24VDC, mA izlazi za

merjenja i serijska komunikacija RS 485, što je dovelo do lažnih signala i u sistemu pobude i sa sinhronizatora.

Pitanja za diskusiju

1. Da li su urađene kompletne šeme delovanja i vezivanja zamene blok transformatora?
2. Da li je pogrešno grupisanje potencijala po kablovima bila greška u projektu ili u izvođenju i zašto nije reagovao nadzor?
3. Imajući u vidu da su zadnjih 15-tak godina RP 400kV Drmno i TE Kostolac B dva zasebna postrojenja, da li je razmatrana mogućnost razdvajanja njihovih uzemljenja?
4. Da li je u tom objektu standardno rešenje da se napon DC 24V vodi u spoljno VN postrojenje bez korišćenja OGR-ova?

Tema 2. Specifična i inovirana projektantska rešenja u uslovima tržišta i distribuirane proizvodnje električne energije

Referat B3 - 03

Predrag Branislavić, Dejan Žukovski, Zlatko Simeunović, Goran Bura

JP EPS Ogranak TE-KO Kostolac

TEHNIČKA REŠENJA ZAŠTITA OD IZNOŠENJA VISOKIH POTENCIJALA PREKO CEVOVODA IZ KRUGA TERMoeLEKTRANE “KOSTOLAC”

U radu je ukazano na problem iznošenja potencijalno opasnih potencijala iz postrojenja termoelektrana preko cevovoda raznih namena, najčešće toplovoda i pepelovoda. Ovaj problem je posebno izražen kod termoelektrana “Kostolac – A” i “Kostolac – B”, zbog postojanja toplovoda za grejanje okolnih naselja i dugih višecevnih pepelovoda od jedne i druge elektrane do pepelišta. Uzemljivači postrojenja elektrana zbog velikih struja zemljospoja u postrojenjima, i pored vrlo male impedanse uzemljenja dolaze na relativno visoke potencijale i potrebno je smanjiti te potencijale na vrednosti manje od dozvoljenih. Dat je jedan mogući matematički model za proračun napona i struja duž cevovoda i parametri cevovoda, ali nije dat primer proračuna. U radu su prikazana različita rešenja koja su primenjivana u ovim elektranama, zavisno od vremena kada su cevovodi građeni. Pojedina rešenja su samo opisana, opisano je kako su oni uzemljeni, ali bez detaljnijih objašnjenja.

Pitanja za diskusiju

1. Šteta što nije prikazan barem jedan primer proračuna, makar kroz još jedan rad.
2. Da li se u prikazanom matematičkom modelu u proračunima višecevnih cevovoda obuhvata i njihov međusobni induktivni uticaj, odnosno međusobne induktivnosti?
3. U radu se pominje optimalno rešenje. U kom smislu?
4. Da li su izvršena poređenja rezultata proračuna sa merenjima i koliko je bilo slaganje rezultata?

Referat B3 - 04

Zoran Stojanović, Željko Đurišić, Tomislav Rajić - Univerzitet u Beogradu-Elektrotehnički fakultet, Lazar Petrović - Elnos Group

ANALIZA TRANZIJENTNIH PRENAPONA TOKOM ZEMLJOSPOJA U 35 kV MREŽI VETROELEKTRANE ČIBUK 1

U radu je razmatran uticaj uzemljenja neutralne tačke interne 35 kV mreže preko niskoomske reaktanse na prelazne procese tokom jednofaznog kratkog spoja u kablovskoj mreži vetroelektrane Čibuk 1. Analizirana vetroelektrana priključena je preko 2 energetska transformatora snage 90 MVA na 400 kV prenosnu mrežu. Prigušnica za formiranje veštačke neutralne tačke u mreži 35 kV je sprege slomljena zvezda čijom se nultom impedansom struja jednofaznog kratkog spoja ograničava na 300 A. Razmatrana su sva uklopna stanja vetroelektrane sa energetskim transformatorima i varirano je radno stanje vetrogeneratora, mesto kvara i trenutak kvara.

Rezultati proračuna su pokazali da:

- Kritični trenutak kvara odgovara maksimalnoj trenutnoj vrednosti faznog napona faze pogođene kvarom (u svim analizama pretpostavljen je kvar na fazi A).
- Kritično mesto kvara su 35 kV sabirnice TR2 u transformatorskoj stanici 400/35 kV.
- Kritično radno stanje je kada su svi vetroagregati u pogonu i rade sa nominalnom snagom i kad su baterije za kompenzaciju reaktivne snage isključene.
- Najviši prenaponi javljaju se na mestima najudaljenijih vetroagregata, odnosno na krajevima 35 kV fidera.
- Najviši prenapon javlja se u fazi C (ako se zemljospoj dešava u fazi A).
- Primenjeni odvodnici prenapona pružaju efikasnu zaštitu od tranzijentnih prenapona prouzrokovanih zemljospojem u 35 kV mreži.

Izvršeno je poređenje dva slučaja za formiranje veštačke nule u mreži 35 kV: pomoću prigušnice sa većom nultom impedansom i pomoću prigušnice manje impedanse vezane na red sa otpornikom. Ustanovljeno je da se maksimalna vrednost tranzijentnih prenapona ne menja, samo se oni brže prigušuju u slučaju upotrebe i otpornika.

Pitanja za diskusiju

1. Da li uzemljenje plašta utiče na vrednost tranzijentnih prenapona?
2. Kolika je tačnost modela, tj. u kojim granicama može da se kreće vrednost i trajanje struje kroz odvodnik?
3. Da li proračunata struja kroz odvodnik može da dovede do reagovanja diferencijalne zaštite tj. isključenja transformatora?
4. Uzimajući u obzir tačnost modela, da li bi bila opravdana ugradnja dodatnih odvodnika na sabirnicama 35kV (van zone diferencijalne zaštite)?

Referat B3 - 05

Gojko Dotlić - GOPA Intec, Rade Roganović – WEBG, Predrag Knežević, Branko Sekulić - GE Renewables, Lazar Petrović - ELNOS-BL

EXPERIENCES WITH BOTH-END BONDING OF MV CABLES IN WIND FARM ČIBUK 1

(ISKUSTVA SA OBOSTRANIM UZEMLJENJEM METALNIH PLAŠTEVA SN KABLOVA U VETROELEKTRANI ČIBUK 1)

U radu je analiziran problem indukovanih elektromotornih sila i napona, cirkulacionih struja i gubitaka u plaštevima SN kablova kada su plaštevci uzemljeni na oba kraja. Ovaj problem je naročito izražen kod vetroelektrana na kopnu, sa velikim brojem vetrogeneratora koji se povezuju na mrežu. Problem se dodatno usložnjava kada se koriste jednožilni kablovi. Kod vetroelektrana su količine kablova vrlo velike. Ako se koriste jednožilni kablovi, oni se obično polažu u formaciji *trougla*, pri čemu se oba kraja metalnog plašta jednožilnih kablova vezuju za uzemljivački sistem. Na taj način izbegnuta je pojava tranzijentnih napona na krajevima kabla, što obezbeđuje veću pouzdanost kabla. S druge strane, kroz metalni plašt koji sa uzemljenjem u dve tačke pravi zatvorenu petlju relativno male impedanse mogu da protiču cirkulacione struje. Te cirkulacione struje su srazmerne struji provodnika i one smanjuju strujnu opteretljivost kabla, a uvećavaju gubitke u kablju i dodatno zagrevaju kabl.

U radu je prikazana metodologija proračuna indukovanih elektromotornih sila i gubitaka u sistemu kablova vetroparka zasnovana isključivo na IEC normama. Metodologija je primenjena na vetroelektranu Čibuk 1, instalisane snage 160 MW, sa 57 vetrogeneratora raspoređenih u 8 radijalnih kola, povezanih sa postrojenjem trafostanice jednožilnim kablovima (N)A2XS(F)2Y preseka 95, 120, 400 i 500 mm² koji su slični tipu XHE-49A. Dužina položenih kablova iznosi skoro 270 km, konekcije u zvezdu, načina polaganja kablova je u vidu trolista.

U radu shodno standardu IEC 60287-1-1 se daju odgovarajući izrazi za otpor žile kabla po jedinici dužine, za naizmeničnu i jednosmernu struju, uz uvažavanje “skin” efekta i efekta “blizine” . Shodno navedenom standardu daju se izrazi za gubitke u provodniku, plaštu i ekranu kabla za koncentričnu žilu kabla. Kabl se uzemljuje na oba kraja i sračunava se indukovana elektrtomotorna sila u plaštu kabla kao posledica proticanja struje kroz žilu faze. Nadalje se računaju gubici.

Pitanja za diskusiju

1. S obzirom da na Slici 2 postoji samo kontura koju zatvara plašt kabla, uzemljene krajeve preko otpora R_{g1} , R_{g2} i deo povratnog puta kroz zemlju u dužini položenog kabla, proizilazi da račun odgovara simetričnom opterećenju sve tri žile kabla ?
2. Da li su autori računali gubitke i pri nesimetričnom opterećenju. Ako jesu, ima li razlike u modelu ?

3. Pošto se kod ovih kablova radi o nemagnetnim materijalima, da li se u proračunima obuhvataju i međusobne induktivnosti između žila kablova ili se radi samo sa međusobnim induktivnostima između provodnika i plašta kabla ?
4. U radu je implicitno usvojeno da svaki generator ima sopstveno uzemljenje i da se struje zatvaraju preko zemlje. Da li su autori razmišljali da međusobno povežu te uzemljivače, kako bi to uticalo na gubitke ?
5. Da li se i koliko ovaj postupak razlikuje od postupka proračuna u distributivnim kablovskim mrežama?
6. Da li po saznanjima autora postoje i druge razvijene metodologije za ove proračune ?

Referat B3 – 06

mr Jovan Jović, EMS AD, dr Aleksandar Nikolić, Hemijski fakultet Beograd, Miroslav Petrović, Valerijan Aksić, Branislav Prodanović, EMS AD Beograd

ANALIZA UTICAJA NASLAGA NA IZOLATORSKIM LANCIMA U TS BOR 2

U radu je dat prikaz rada komisije za analizu uticaja naslaga na izolatorskim lancima u TS 400/110kV Bor 2 koje su nastale kao posledica aerozagađenja. Radom je obuhvaćena aktuelna tehnička regulativa i klasifikacija zona zagađenja za elektroenergetske objekte, prikazana su ranija ispitivanja na terenu i praksa u pogonima prenosa EMS AD, izvršena je i prikazana hemijska analiza naslaga na izolatorima u TS Bor 2 i okolini, i dati su predlozi za sprovođenje narednih aktivnosti na poboljšavanju stanja i praćenju izolacionih svojstava upotrebljenih izolatora.

Pitanja za diskusiju

1. Po mišljenju autora, može li se smatrati zamena 500 do 1000 izolatorskih članaka po godini adekvatnom zamenom, obzirom da su u radu naveli da postoje problemi na dva dalekovoda 400 kV i 15 dalekovoda 110 kV u okolini TS Bor 2, što čini zamenu izolatora na cca jednom stubu prosečno/po godini/i dalekovodu.
2. Koliko je očekivano vreme ponovne zamene izolatora uzrokovano taloženjem štetnih naslaga u okolini Bora?
3. Ima li podataka o ispadima dalekovoda preskocima na izolatorskim lancima uzrokovanih zagađenjem, ako ima, da li su preskoci usled zagađenja češći na nosećim ili zateznim izolatorskim lancima?
4. Da li su merene električne karakteristike izolatorskih lanaca pre i posle pranja odnosno čišćenja?
5. Ima li stavova i EMS AD o čišćenju izolatora vodom pod pritiskom, suvim abrazivnim sredstvima, čišćenje rukom, premazivanjem izolatora sa RTV sredstvom (Room Temperature Vulcanising rubber) kao i kad čistiti i koliko dugo?.
6. Ima li organizovanog skupljanja potrebne literature od strane radne organizacije?

Tema 4. Upravljanje, održavanje, monitoring, pouzdanost i sigurnost postrojenja

Referat B3 - 07

Dragoslav Perić, Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac, **Miladin Tanasković**, honorarni konsultant, Beograd

PRIMENA OBJEKTNOG MODELA ZA PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI TRANSFORMATORSKIH STANICA

U radu je predložen nov postupak modelovanja transformatorskih stanica za proračune pouzdanosti. Predloženi postupak je pogodan za primenu objektnog programiranja i pokazano je da je postupak znatno jednostavniji za određivanje minimalnih puteva i minimalnih preseka. U postupku se na isti način modeluju i aktivni kvarovi i remont. Model uključuje sve elemente transformatorskih stanica, što je suprotno od uobičajenog pristupa grupisanja elemenata od strane eksperta. Realizovana je i praktična tehnika za unos jednopolne šeme i relevantnih osobina elemenata. Primena modela ilustrovana je proračunom parametara pouzdanosti za standardne transformatorske stanice sa „H“ jednopolnom šemom na kome su pokazane prednosti ovog u odnosu na postupak selektivnog pretraživanja.

Pitanja za diskusiju

1. Po mišljenju autora, može li se ovaj novi model primeniti na složenije šeme postrojenja ?
2. Da li se predloženi postupak može primeniti i na postrojenja elektrana, posebno vetroelektrana ?
3. Da li je moguća primena ovog modela i u oblasti brze procene prenosnih kapaciteta između dva ili više podsistema ?
4. Da li je moguća primena ovog modela i u oblasti preventivnog održavanja opreme ?
5. Da li su parametri pouzdanosti opreme uzeti samo iz literature ?

Tema 5. Upravljanje rizikom u projektovanju, izgradnji i eksploataciji postrojenja

Referat B3 - 08

Slavica Rebrić, Nada Curović, EMS AD Beograd

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA INVESTICIONI BUDŽETA ZA IZGRADNJU VISOKONAPONSKIH OBJEKATA PRENOSNOG SISTEMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U radu je prikazana metodologija za određivanje budžetske procene za izgradnju objekata u prenosnoj mreži. Opisan je pristup u kojem se cena izgradnje pojedinačnog objekta može svesti i proceniti na osnovu jediničnih troškova investicije, kao i način kako se do jediničnih troškova pojedinog dela objekta dolazi. Ukazano je na moguće tipizacije, način korišćenja

statističkih podataka, ali i istaknute specifičnosti o kojima se mora voditi računa pri ocenjivanju. Posebno su sagledani postupci za visokonaponska postrojenja i visokonaponske vodove i to za naponske nivoe 110, 220 i 400 kV. Rezultati sprovedenih analiza su podaci koji donosiocu odluke, poslovne ili tehničke, daju dobar ekonomski i tehnički osnov za izgradnju vrednog elektroenergetskog objekta sa kvalitetno sagledanim nivoom investicionih sredstava koja je potrebno uložiti u izgradnju.

Rad je prijavljen i u SK B2 Nadzemni vodovi.

Pitanja za diskusiju:

1. Kada je u pitanju procena cene trafostanice da li je bolje imati kombinaciju parametara JTI1 i JTI2, s obzirom na veliki uticaj cene transformatora? Naime, dodavanje jednog transformatora, s obzirom na veličine istih, je 50% od vrednosti TS primenom JTI2 ili oko 5-10% primenom parametra JTI1 (dva nova polja), što je velika razlika.
2. Na dijagramu 5, učešće cene transformatora je dato za 1 ili 2 transformatora?

Referat B3 - 09

Branko Lukić, Dragan Nikolić “Elektroistok – Projektni biro d.o.o.” Beograd

**3D MODELOVANJE I PRIMENA SOFTVERA U PROJEKTOVANJU
TRAFOSTANICA KROZ PRAKTIČNE PRIMERE I ISKUSTVA**

U ovom radu autori su prikazali prednosti primene 3D modelovanja u projektovanju trafostanica. Dati su praktični primeri i lično iskustvo autora u primeni jednog takvog programa koji je i CAD i CAE alat. Kao glavna prednost korišćenja 3D modela pri projektovanju elektromontažnog dela postrojenja istaknuto je jednostavno generisanje različitih preseka i pogleda. Primena specijalizovanog programa omogućava i automatsku izradu specifikacija i predmera, kao i različite proračune i provere.

Iako ovaj alat ima najefikasniju primenu na novim trafostanicama, ovaj rad prikazuje na koji način se efikasno može primeniti i na postojećim objektima, naročito na projektima kompletnih rekonstrukcija trafostanica, ali i na manjim projektima, kao što je opremanje polja, zamena primarne opreme itd.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliko primena ovakvih CAD/CAE alata ubrzava rad na projektovanju?
2. Da li primena CAD/CAE alata omogućava/zahteva promenu u organizaciji projektovanja i izgledu i obimu projektne dokumentacije VN postrojenja?
3. Po mišljenju autora čime bi trebalo dopuniti ovaj CAD/CAE alat?
4. U radu je rečeno da je na pariskoj Cigre 2018 u okviru komiteta B3, formirana radna grupa koja se bavi ovom temom. Šta je zadatak ove radne grupe i da li se očekuje neka standardizacija vezano za primenu CAD/CAE alata u projektovanju visokonaponskih postrojenja?