

UZROCI HAVARIJSKIH DOGAĐAJA U MREŽI 10 kV KOMBINATA ALUMINIJUMA

Petar Vukelja, Jovan Mrvić, Dejan Hrvić
Elektrotehnički institut "Nikola Tesla" Beograd

Sadržaj: U radu su prezentirani mogući uzroci havarijskih događaja u mreži 10 kV Kombinata aluminijuma. Saznanja o njima su formirana na osnovu rezultata eksperimentalnih istraživanja prelaznih naponskih i strujnih procesa pri pojavi zemljospoja i pri sklopnim operacijama prekidača u mreži 10 kV Kombinata aluminijuma, stanja opreme i raspoloživih informacija o havarijama. U cilju eliminisanja havarija predložene su mere i sredstva za povećanje pouzdanosti rada 10 kV mreže.

Ključne reči: zemljospoj, prenapon, struja.

1. UVOD

U mreži 10 kV Kombinata aluminijuma dolazilo je povremeno do ozbiljnih havarijskih događaja, koji su uzrokovali zastoje rada određenih pogona. Štete su bile velike. Havarije su se dešavale u toku normalnog rada, ali i pri operacijama sklopnih aparata. Pretpostavljalo se da je prvo nastupao zemljospoj koji se veoma brzo pretvarao u kratak spoj. Najveći broj havarija nastupao je u oklopljenim 10 kV čelijama koje su smeštene u zgradama. U jednom slučaju došlo je do požara i oštećeno je nekoliko čelija 10 kV.

Mreža 10 kV je kablovska. Podeljena je u dva dela. Jedan deo se napaja preko tri transformatora 35kV/10,75kV, a drugi deo preko transformatora 110kV/10kV/6,6kV. Postoji mogućnost, ako je potrebno, da se deo potrošača napajan preko transformatora 35kV/10,75kV prebaci na napajanje preko transformatora 110kV/10kV/6,6kV. Zvezdišta 10 kV namotaja dva transformatora 35kV/10,75kV su uzemljena preko metalnog otpornika 120Ω, a zvezdište trećeg je neuzemljeno. Mreža 10 kV, koja se napaja preko transformatora 110kV/10kV/6,6kV, je uzemljena preko transformatora za uzemljenje čije zvezdište je uzemljeno preko metalnog otpornika 65Ω.

Smatralo se da su prenaponi uzrok havarija. Zato su izvršena njihova eksperimentalna istraživanja [1]. Istraživani su pri pojavi zemljospoja i pri sklopnim operacijama prekidača. Rezultati ovih istraživanja, kao i sagledavanja uzroka nedovoljno pouzdanog rada mreže 10 kV, dati su u ovom radu.

2. ISTRAŽIVANJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanja prelaznih faznih napona i prelaznih struja izvršena su:

- pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja,
- pri uključenju i isključenju neopterećenih kablovskih vodova,
- pri uključenju i isključenju transformatora 10kV/6kV opterećenog motorom 6kV, 515 kW.

Istraživanja pri uključenju i isključenju transformatora 10kV/6kV opterećenog motorom 6kV, 515 kW su izvršena jer su se dešavale havarije u 10 kV ćeliji transformatora 10kV/6kV.

Prelazni fazni naponi su snimani digitalnim osciloskopima koristeći kapacitivna delila napona koji verno prenose pojave sa visokog na niski napon od 1MHz do nekoliko Hz. Prelazne struje snimane su digitalnim osciloskopima i tranzijent rikorderom koristeći postojeće strujne transformatore u mreži 10 kV i u kolima metalnih otpornika.

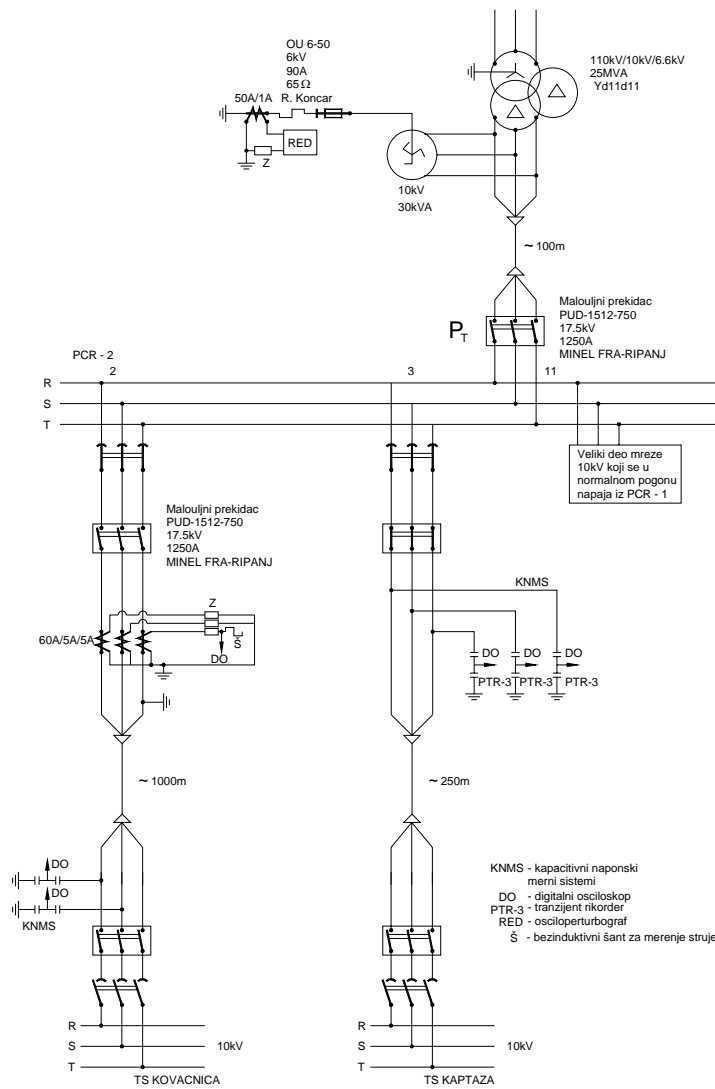
2.1. Uspostavljanje i prekidanje zemljospoja

2.1.1. Mreža 10 kV napajana preko transformatora 110kV/10kV/6,6kV

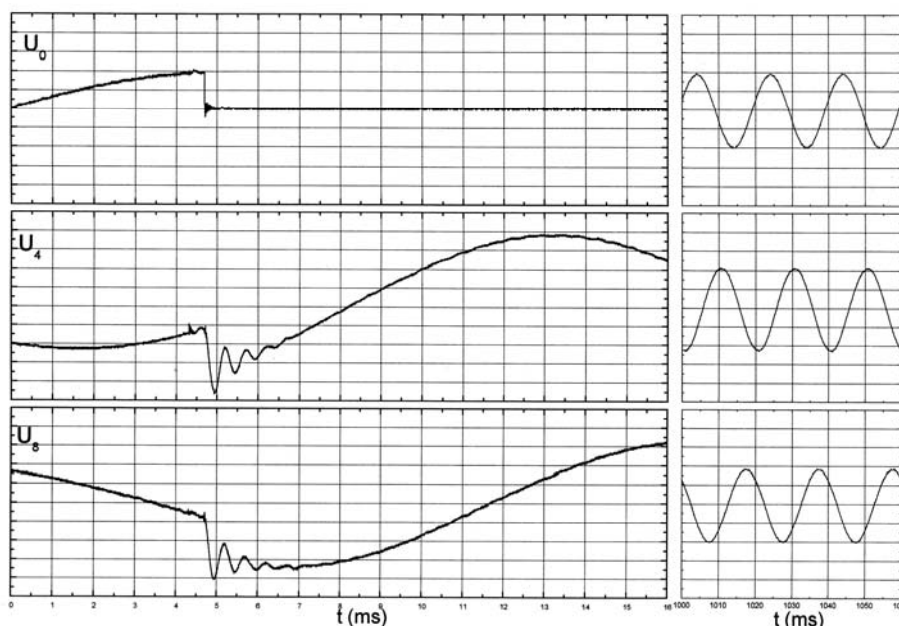
Istraživanja prelaznih faznih napona i prelaznih struja su izvršena u dve konfiguracije mreže napajane preko transformatora 110kV/10kV/6,6kV. U jednoj konfiguraciji (konfiguracija A) na sabirnicama 10 kV bila su prisutna samo dva neopterećena kablovska voda dužine 1250 m i 250 m, a u drugoj (konfiguracija B) veći deo normalnog opterećenja mreže 10 kV. Zemljospoj je uspostavljan uključenjem malouključnog prekidača u ćeliji kablovskog voda dužine 1250 m. Prethodno je jedan od faznih provodnika istog kablovskog voda, posle strujnog transformatora 60A/5A/5A u ćeliji, spojen sa uzemljivačem. Koristeći ovaj strujni transformator 60A/5A/5A snimana je digitalnim osciloskopom struja zemljospoja preko strujnog šanta priključenog u njegovo sekundarno kolo. Struja kroz metalni otpornik u zvezdištu transformatora za uzemljenje snimana je za vreme trajanja zemljospoja tranzijent rikorderom priključenim u sekundarno kolo strujnog transformatora 50A/1A metalnog otpornika. Zemljospoj je isključivan dejstvom relejne zaštite. Prelazni fazni naponi pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja snimani su na ulazu u kablovski vod dužine 250 m i na kraju kablovskog voda na kome je izvršen zemljospoj koristeći kapacitivne naponske merne sisteme. Šema istraživanja prelaznih faznih napona pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja, struje zemljospoja i struje kroz metalni otpornik u zvezdištu transformatora za uzemljenje u konfiguraciji B data je na slici 1.

Izvršeno je osam uspostavljanja i prekidanja zemljospoja u konfiguracijama A i B. Pojavom zemljospoja u mreži 10 kV dolazi do poremećaja faznih napona. Napon faze na kojoj je zemljospoj pada na nulu. Naponi prema zemlji ostale dve faze posle oscilatorno prigušenog procesa dobijaju međufazne napone (slika 2). Trajanje oscilatornog procesa je maksimalno deset ms, a učestanost oscilacija 2 do 5 kHz. Maksimalni izmereni prenapon pri uspostavljanju zemljospoja u konfiguracijama A i B je 2,3 r.j. (r.j.- odnos maksimalne vrednosti prelaznog faznog napona i amplitude istog napona u ustaljenom režimu rada). Struja na mestu zemljospoja i struja kroz metalni otpornik u zvezdištu transformatora za uzemljenje su bile jednake i iznosile su oko 85,5 A.

Pri isključenju zemljospoja nije bilo prenapona, osim u jednom slučaju kada je nastupilo ponovno paljenje električnog luka između kontakta prekidača koji je isključivao zemljospoj. Zemljospojna zaštita kablovskog voda, koja je trebalo da da nalog za isključenje prekidača voda, nije reagovala ni za jedan izvedeni zemljospoj. Nalog je davala sa zakašnjenjem zemljospojna zaštita transformatora 10kV/10kV/6,6kV i isključivala 10 kV prekidač transformatora (P_T na slici 1), a time i opterećenje na sabirnicama 10 kV. U jednom slučaju delovanjem zemljospojne zaštite isključen je i transformator 110kV/10kV/6,6kV.



Sl. 1. Šema istraživanja prelaznih faznih napona pri uključenju i isključenju zemljospoja u fazi 0, struje zemljospoja i struje kroz otpornik u kolu zvezdišta transformatora za uzemljenje u konfiguraciji B

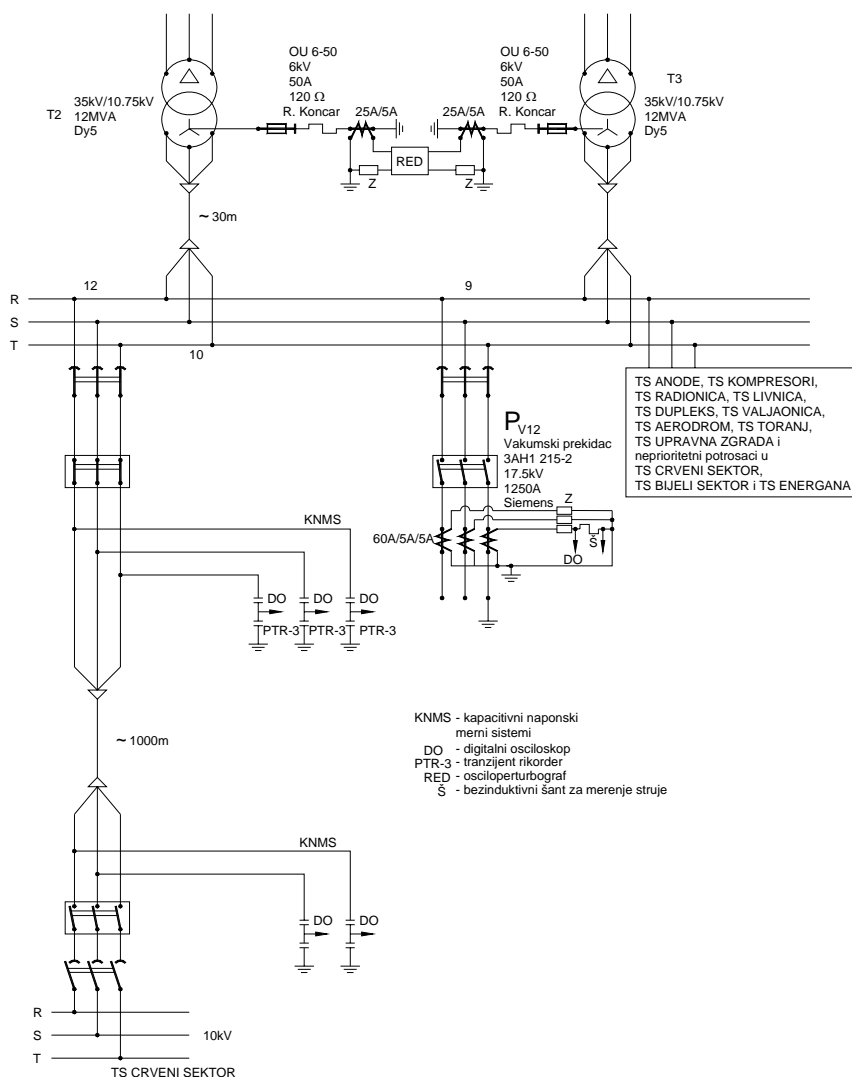


Sl. 2. Prelazni fazni naponi u_0 , u_4 i u_8 u konfiguraciji A mreže 10 kV na početku kablovskog voda dužine 250 m pri uključanju na zemljospoj faze 0 na ulazu u kablovski vod dužine 1250 m

Fazni naponi u_0 , u_4 i u_8 u ustaljenom stanju pre pojave zemljospoja

2.1.2. Mreža 10 kV napajana preko transformatora 35kV/10,75kV

Istraživanja prelaznih faznih napona i prelaznih struja su izvršena u dve konfiguracije mreže napajane preko transformatora 35kV/10,75kV. U jednoj konfiguraciji (konfiguracija C) na sabirnicama 10 kV bio je prisutan samo jedan neopterećeni kablovski vod dužine 1000 m, a u drugoj (konfiguracija D) veći deo normalnog opterećenja mreže 10 kV. Napajanje 10 kV mreže u konfiguraciji C je preko jednog transformatora 35kV/10,75kV, a u konfiguraciji D preko dva transformatora 35kV/10,75kV. Zemljospoj je uspostavljan i prekidan uključanjem i isključenjem vakuumskeg prekidača u ćeliji jednog kablovskog voda koji je bio razvezan. Prethodno je u istoj ćeliji jedan od faznih provodnika spojen sa uzemljivačem posle strujnog transformatora 60A/5A/5A. Koristeći ovaj strujni transformator snimana je digitalnim osciloskopom struja zemljospoja preko strujnog šanta priključenog u njegovo sekundarno kolo. Struja kroz metalne otpornike u zvezdištima 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV snimana je za vreme trajanja zemljospoja tranzijent rikorderom priključenim u sekundarno kolo strujnih transformatora 25A/1A metalnih otpornika. Zemljospoj je isključivan dejstvom relejne zaštite. Prelazni fazni naponi pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja snimani su na ulazu i na kraju kablovskog voda dužine 1000 m koristeći kapacitivne naponske merne sisteme. Šema istraživanja prelaznih faznih napona pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja, struje zemljospoja i struja kroz metalne otpornike u zvezdištima 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV u konfiguraciji D data je na slici 3.



Sl. 3. Šema istraživanja prelaznih faznih napona pri uključenju i isključenju zemljospoja u fazi 0, struje zemljospoja i struje kroz metalne otpornike u zvezdištu 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV u konfiguraciji D

Izvršeno je devet uspostavljanja i prekidanja zemljospoja u konfiguracijama C i D. Prelazni naponski procesi pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja su slični kao u konfiguracijama A i B (slika 4). Maksimalni izmereni prenapon pri uspostavljanju zemljospoja u konfiguracijama C i D je 2,2 r.j.. Pri isključenju zemljospoja nije bilo prenapona. Struja na mestu zemljospoja i struja kroz metalni otpornik u zvezdištu 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV u konfiguraciji C su bile praktično identične i iznosile su oko 58 A. U konfiguraciji D struja na mestu zemljospoja je iznosila oko 120 A, a struje kroz metalne otpornike u zvezdištu 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV su bile oko 58 A. Približno dvostruko veća struja zemljospoja u konfiguraciji D u odnosu na konfiguraciju C je zbog toga što je mreža uzemljena preko metalnih otpornika u zvezdištima 10 kV namotaja dva transformatora 35kV/10,75kV.

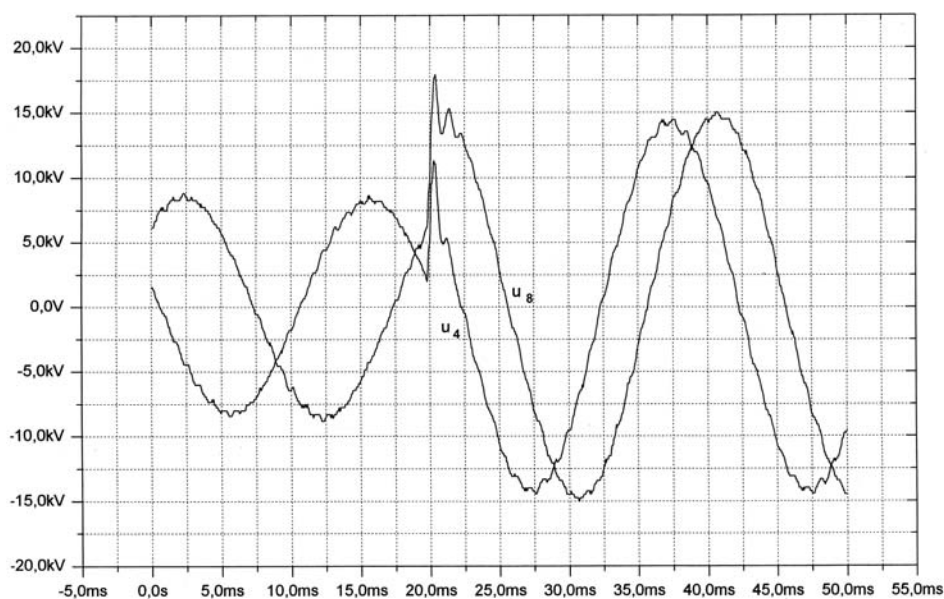
Struja zemljospoja pored osnovnog sadrži veći broj viših harmonika (slika 5). Istaknuti su: devetnaesti, dvadesetprvi, dvadesettreći i dvadesetpeti harmonik. Najveći je dvadesettreći koji iznosi oko 20% osnovnog harmonika struje. Fazni naponi takođe pored osnovnog sadrže i više harmonike (slika 6). Istaknuti su dvadesettreći i dvadesetpeti harmonik. Njihova amplituda je oko 2,5% amplitude osnovnog harmonika faznog napona.

Pri isključenju zemljospoja nije bilo prenapona. Zemljospojna zaštita kablovskog voda, koja je trebalo da da nalog za isključenje prekidača voda, nije reagovala ni za jedan izvedeni zemljospoj. Nalog je davala sa zakašnjenjem prekostrujna zaštita kablovskog voda.

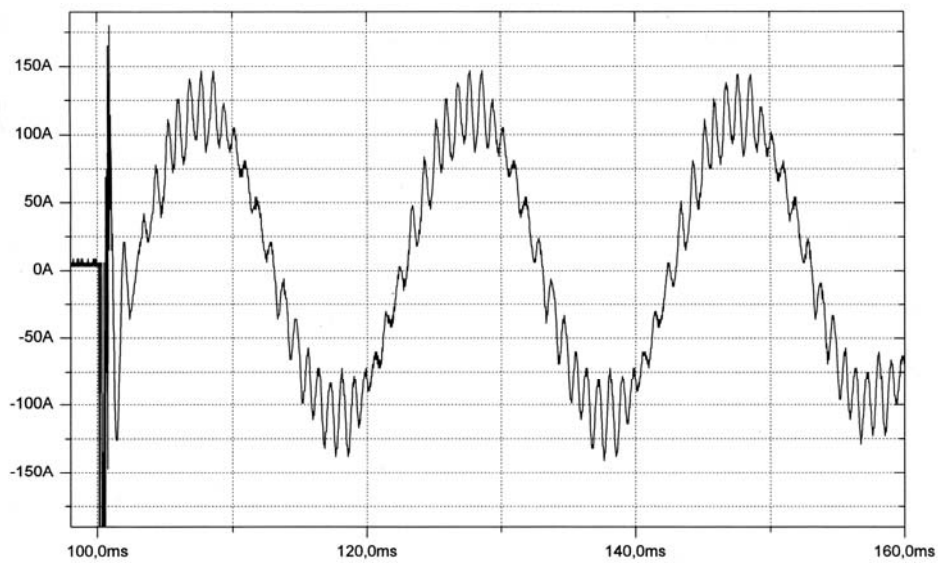
2.2. Uključenje i isključenje neopterećenih kablovskih vodova 10 kV

Uključivana su i isključivana dva neopterećena kablovska voda 10 kV dužine 1000 m. Pri tome su snimani prelazni fazni naponi na početku i kraju vodova koristeći kapacitivna delila napona. Izvršeno je ukupno 8 ciklusa operacija uključenje-isključenje jednog voda vakuumskim prekidačem i 7 ciklusa operacija uključenje-isključenje drugog voda malouljnim prekidačem.

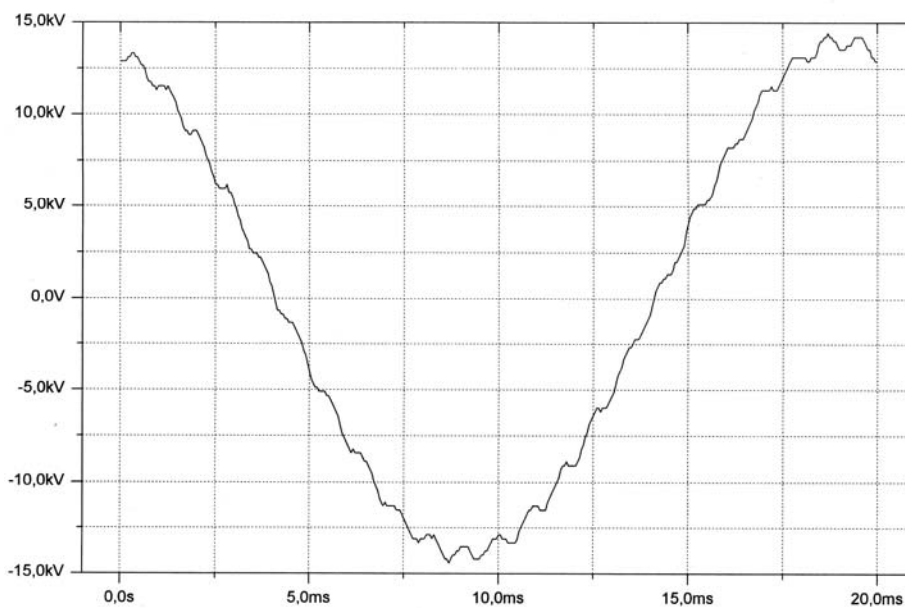
Maksimalni izmereni prenapon pri uključenju je 2,12 r.j.. Prenaponi na početku i kraju kablovskih vodova su približno isti i po obliku i po amplitudi. Nema bitne razlike u prenaponima koji se pojavljuju na kablovskom vodu koji se uključuje malouljnim prekidačem i vakuumskim prekidačem. Na slici 7 dati su prelazni fazni naponi na početku kablovskog voda pri njegovom uključenju vakuumskim prekidačem. Pri isključenju kablovskih vodova nije bilo prenapona.



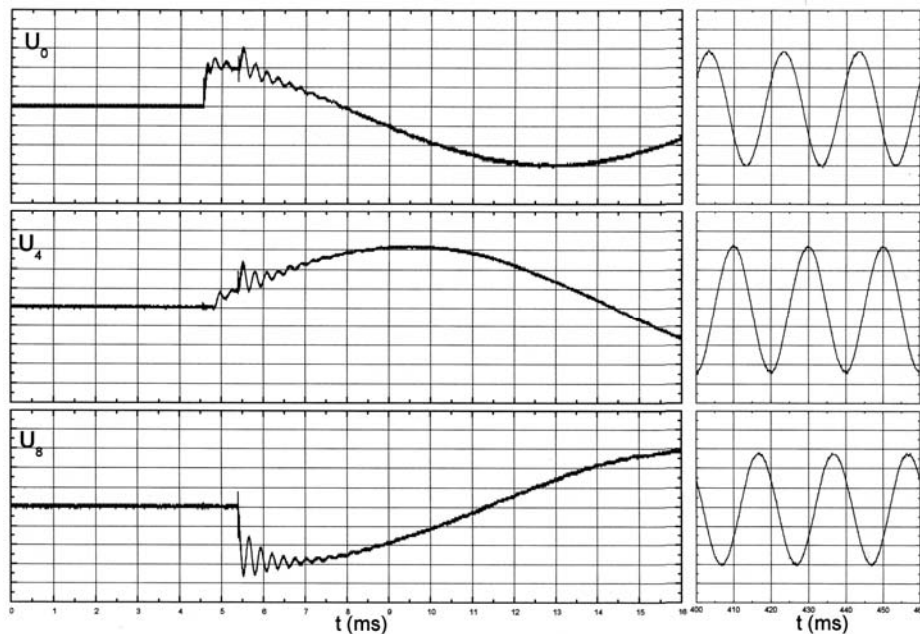
Sl. 4. Prelazni fazni naponi u_4 i u_8 u konfiguraciji D mreže 10 kV na kraju kablovskog voda dužine 1000 m pri uključenju na zemljospoj faze 0 u čeliji kablovskog voda koji je bio razvezan



Sl. 5. Struja zemljospoja u konfiguraciji D pri uključenju faze 0 na zemljospoj



Sl. 6. Perioda jednog od faznih napona u konfiguraciji D za vreme normalnog rada mreže 10 kV



Sl. 7. Prelazni fazni naponi u_0 , u_4 i u_8 na početku neopterećenog kablovskog voda dužine 1000 m pri njegovom uključanju vakuumskim prekidačem

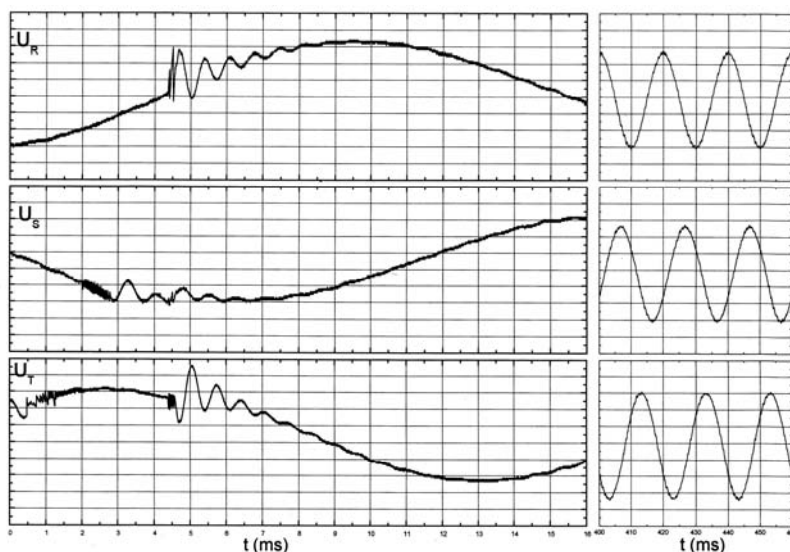
Fazni naponi u_0 , u_4 i u_8 u ustaljenom stanju posle uključanja

2.3. Uključenje i isključenje transformatora 10kV/6kV opterećenog 6 kV motorom snage 515 kW

Izvršeno je 8 ciklusa operacija uključanje-isključanje transformatora 10kV/6kV opterećenog motorom 6kV, 515 kW maloujnim prekidačem. Od toga 5 isključenja je izvršeno u toku zaleta motora u periodu od 300 ms do 500 ms od trenutka uključanja. Pri operacijama prekidača snimani su prelazni fazni naponi na ulazu u 10 kV kablovski vod transformatora dužine oko 300 m koristeći kapacitivne naponske merne sisteme. Takođe pri ovim operacijama snimane su prelazne struje koristeći strujne transformatore 50A/5A u ćeliji transformatora 10kV/6kV.

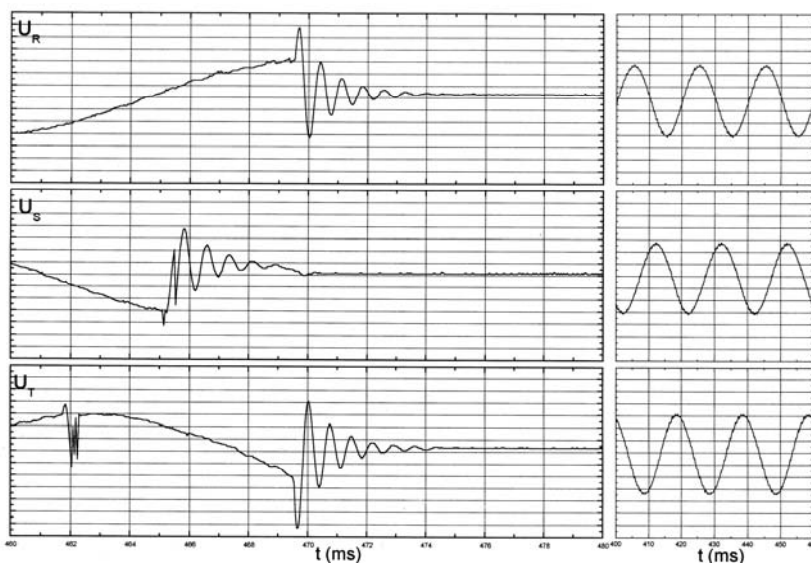
Pri uključanju transformatora 10kV/6kV opterećenog 6 kV motorom snage 515 kW nema visokih prenapona na nivou 10 kV; najviši izmereni prenapon je 1,76 r.j.. Isključenja u normalnom radu takođe ne dovode do visokih prenapona; najviši izmereni je 1,5 r.j.. Međutim isključenja transformatora sa motorom u zaletu dovode do viših prenapona; najviši izmereni je 2,5 r.j.. Udarne struje uključanja transformatora 10kV/6kV opterećenog motorom 6kV, 515 kW su velike. Prelaze i destostruku vrednost amplitude naznačene struje transformatora; najveća izmerena vrednost udarne struje je 613 A.

Na slikama 8 i 9 dati su prelazni fazni naponi pri isključenju transformatora 10kV/6kV opterećenog motorom 6kV, 515 kW



Sl. 8. Prelazni fazni naponi u_R , u_S i u_T na 10 kV priključcima transformatora 10kV/6kV pri njegovom isključenju malouljnim prekidačem kada je opterećen motorom 6kV, 515 kW u normalnom radu

Fazni naponi u_R , u_S i u_T u ustaljenom stanju pre isključenja



Sl. 9. Prelazni fazni naponi u_R , u_S i u_T na 10 kV priključcima transformatora 10kV/6kV pri njegovom isključenju malouljnim prekidačem kada je opterećen motorom 6kV, 515 kW u zaletu (isključenje je usledilo 465 ms posle uključenja transformatora sa motorom)

Fazni naponi u_R , u_S i u_T u ustaljenom stanju pre isključenja

3. OSNOVNI UZROCI NEDOVOLJNO POUZDANOG RADA MREŽE 10 KV

Eksperimentalnim istraživanjima dobijena je slika o prelaznim naponskim i strujnim režimima pri pojavi zemljospoja i pri određenim sklopnim operacijama prekidača u mreži 10 kV. Ustanovljeni prenaponi nisu tako visoki da bi mogli da ugroze čistu i suhu izolaciju opreme u mreži 10 kV i da je došlo do ozbiljnijeg pada njene dielektrične čvrstoće usled starenja [2]. Slični su po amplitudama, obliku i učestanostima kao i u drugim kablovskim mrežama uzemljenim preko metalnih otpornika u kojima se nisu pojavljivale ovakve havarije. Izuzetak su prenaponi koji se mogu pojaviti pri isključenju transformatora 10kV/6kV opterećenog 6 kV motorom snage 515 kW. Osim njih, malo je verovatno da druge prenaponske pojave u regularnom radu mreže 10 kV mogu da izazovu havarije.

U cilju sagledavanja mogućih uzroka havarijskih događaja izvršen je pregled opreme u mreži 10 kV. Pregledani su raspoloživi materijali o havarijama koje su se desile. Obavljeni su razgovori sa osobljem koje je moglo da da dodatne informacije o havarijama. Na osnovu napred navedenog, kao i saznanja dobijenih tokom eksperimentalnih istraživanja, sagledani su mogući uzroci nepouzdanog rada mreže 10 kV. To su: neregularan rad zemljospojnih zaštita, aerozagadenje izolacionih konstrukcija, nezadovoljavajuće rešenje zaštite metalnog otpornika u zvezdištima 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV, neadekvatni naponski transformatori i nezadovoljavajuće rešenje uključenja i isključenja motora 6 kV, 515 kW.

3.1. Neregularan rad zemljospojnih zaštita

Eksperimentalnim istraživanjima je konstatovano da zemljospojne zaštite kablovskih vodova ne daju nalog prekidačima da isključe zemljospoj koji se na njima uspostavlja. Nalog za isključenje stiže sa zakašnjenjem od prekostrujnih zaštita ili od zemljospojnih zaštita transformatora. Duže trajanje zemljospoja sa strujama 85 A ili 120A je opasno jer zemljospoj može da preraste u kratak spoj, posebno ako je nastao preskokom na nekoj od izolacionih konstrukcija. Električni luk se širi i vrlo brzo prenosi sa jedne faze na ostale.

3.2. Aerozagadenje izolacionih konstrukcija

Oprema u mreži 10 kV, osim transformatora koji je napajaju, je smeštena u zgradama. Međutim njena spoljašnja izolacija, iako u zatvorenom prostoru, je izložena aerozagadenju. Kada je vlažnost mala (suvo vreme) zagadjenost izolacije ne bi trebalo da predstavlja problem za pouzdan rad 10 kV mreže. U uslovima velike vlažnosti na zagadjenim površinama izolacionih konstrukcija stvaraju se provodne staze, pojavljuju se parcijalni lukovi i ostvaruju se uslovi za preskok. To se posebno manifestuje kada se u uslovima velike vlažnosti uključuju delovi postrojenja koji prethodno nisu bili pod naponom. Kada je na ovlaženim zagadjenim izolacionim konstrukcijama prisutan napon, smanjuje se mogućnost preskoka, jer parcijalni lukovi postepeno suše površine izolacionih konstrukcija.

Priključenjem napona na već ovlažene zagadjene izolacione konstrukcije naglo se pojavljuju parcijalni lukovi koji lako mogu da dovedu do preskoka na izolaciji, odnosno do pojave zemljospoja, koji zbog velike struje vrlo brzo prerasta u kratak spoj. Ovo se dešavalo i dolazilo je do havarijskih događaja. Strujne staze izolacionih konstrukcija, što je normalno za izolaciju u zatvorenom prostoru, su za čistu sredinu. Njihove specifične strujne staze se kreću od 16,7 mm/kV do oko 27,5 mm/kV. Najniže su za prekidače (16,7 mm/kV), potporne izolatore (17,5 mm/kV do 18,3 mm/kV) i izolatore

rastavljača (17,5 mm/kV do 18,3 mm/kV). Aerozagadjenost je najveća na izolacionim konstrukcijama koje se nalaze u horizontalnom položaju. Takve, sa najkraćim strujnim stazama, su najpogodnija mesta za pojavu preskoka.

3.3. Nezadovoljavajuće rešenje zaštite metalnih otpornika u zvezdištima 10 kV namotaja transformatora 35kV/10,75kV

Zvezdišta namotaja 10 kV dva od tri transformatora 35kV/10,75kV, 12 MVA su uzemljena preko metalnog otpornika 120 Ω sa kojim je na red vezan visokonaponski osigurač naznačene struje 20A. Ovakvo rešenje uzemljenja 10 kV mreže ne može se smatrati pouzdanim. Osnovni razlog je to što 10 kV mreža uzemljena preko otpornika pregorevanjem visokonaponskih osigurača prelazi u mrežu sa izolovanom neutralnom tačkom. Pregorevanje osigurača je moguće i dešavalo se tokom eksploatacije. Može da ga izazove struja zemljospoja, ako se zemljospoj na vreme ne isključi delovanjem zemljospojnih zaštita. Zemljospoj tada i dalje ostaje u mreži 10 kV, samo je struja zemljospoja kapacitivna. Pošto ona nije mala, velike su mogućnosti da zemljospoj preraste u kratak spoj. U izolovanom sistemu postojeće zemljospojne zaštite, koje su predviđene za rad kada je sistem uzemljen preko otpornika, prestaju da funkcionišu.

Visokonaponski osigurači naznačene struje 20A, koji se nalaze u kolima metalnih otpornika 120 Ω , štite iste od velikih struja. Metalni otpornici su predviđeni da izdrže trajno struju 1 A, 10 min struju 4 A i 10 s struju 50 A. Dakle rešenje zaštite otpornika sa osiguračima ne može se smatrati zadovoljavajućim. Dozvoljava se proticanje struje 1 A < I < 20 A kroz otpornike neograničeno dugo vremena. Ukoliko zemljospojne zaštite ne isključe zemljospoj (zavisu od njihove osetljivosti), otpornici mogu da se oštete.

Opređenje da se preko otpornika uzemljavaju zvezdišta 10 kV namotaja dva od tri transformatora je nejasno. I treći transformator, čije zvezdište 10 kV namotaja nije uzemljeno, praktično preživljava ista dielektrična naprezanja za vreme trajanja zemljospoja kao i druga dva transformatora. Razlika između rešenja sa uzemljenjem zvezdišta 10 kV namotaja tri transformatora u odnosu na rešenje sa uzemljavanjem zvezdišta 10 kV namotaja dva transformatora je u aktivnoj komponenti struje zemljospoja, koja uzemljavanjem zvezdišta 10 kV namotaja trećeg transformatora poraste sa približno 120 A na 180 A.

3.4. Neadekvatni naponski transformatori

Naponski transformatori u 10 kV mreži su sa faktorom napona 1,2. Međutim, potrebno je da imaju faktor napona 1,9, jer postojeća rešenja uzemljenja 10 kV mreže omogućuju njen prelazak u izolovanu. U mreži sa izolovanom neutralnom tačkom dovoljno je da samo jedna garnitura naponskih transformatora ne bude sa faktorom napona 1,9 i već je ostvarena mogućnost pojave ferorezonansnih oscilacija sa značajnim prenaponima koji mogu da ugroze izolaciju opreme.

3.5. Nezadovoljavajuće rešenje uključenja i isključenja motora 6 kV, 515 kW

Motor 6 kV snage 515 kW je direktno priključen na 6 kV stranu transformatora 10kV/6kV. Ne postoji prekidač 6 kV. Njegovo uključenje i isključenje se vrši prekidačem 10 kV transformatora 10kV/6kV. Ovakvo rešenje nije zadovoljavajuće. Pri uključenju javljaju se velike udarne struje koje dinamički i termički značajno opterećuju transformator 10kV/6kV. Moguća je i pojava znatnih prenapona ako se uključenja vrše neposredno po isključenju transformatora sa motorom, a to se prema dobijenim informacijama dešavalo u pogonu. Isključenja, naročito ona koja se dešavaju u toku zaleta motora, mogu da dovedu do značajnih prenapona i ozbiljnih dielektričnih naprezanja izolacije namotaja transformatora i namotaja statora motora mlina [2].

4. ZAKLJUČCI

Sagledavajući moguće uzroke nedovoljno pouzdanog rada mreže 10 kV Kombinata aluminijuma može se zaključiti sledeće:

- Prenaponi koji se javljaju u mreži 10 kV pri uspostavljanju i prekidanju zemljospoja su uobičajenih visina i oblika kao i u drugim sličnim mrežama uzemljenim preko metalnog otpornika. Nije potrebno preduzimati mere za njihovo ograničenje.
- Prenaponi, koji se pojavljaju pri uključenju i isključenju transformatora 10kV/6kV opterećenog 6 kV motorom snage 515 kW, mogu biti znatni, iako to nije utvrđeno istraživanjima. Njih bi trebalo ograničiti priključenjem odvodnika prenapona između faznih provodnika i uzemljenja na 10 kV strani transformatora 10kV/6kV. Međutim, sa tim se ne bi izbegla velika dinamička i termička naprezanja transformatora u procesu uključenja zbog pojave velikih struja. Pravo rešenje je ugradnja 6 kV prekidača sa kojim bi se uključivao i isključivao motor 6 kV.
- Poželjno bi bilo u mreži 10 kV, napajanoj preko transformatora 35kV/10,75kV, kompenzovati značajno izražene više harmonike u naponima, a to su dvadesettreći i dvadesetpeti. Kompenzacija bi se mogla ostvariti priključenjem filterskih postrojenja ili ograničenjem harmonika na samom izvoru.
- Neophodno je proveriti rad svih zemljospojnih zaštita u 10 kV mreži i obezbediti njihov pouzdan rad. Sa tim se bitno podiže pouzdanost rada 10 kV mreže.
- Neophodno je redovno čišćenje izolacionih konstrukcija, jer su u značajnoj meri izložene zagadjenju.
- Ne sme se dozvoliti da 10 kV mreža, napajana preko transformatora 35kV/10,75kV čija su zvezdišta 10 kV namotaja uzemljena preko metalnih otpornika, pređe u mrežu sa izolovanom neutralnom tačkom. Zato je neophodno izvršiti rekonstrukciju u kolima metalnih otpornika. Potrebno je eliminisati visokonaponske osigurače i obezbediti odgovarajuće relejne zaštite da bi se zaštitili metalni otpornici od proticanja struja većih od onih za koje su predviđeni.
- Potrebno je u mreži 10 kV zameniti sve naponske transformatore koji imaju faktor napona 1,2 naponskim transformatorima sa faktorom napona 1,9.
- Kratak spoj u 10 kV mreži dovodi do pojave izuzetno velikih struja. Potrebno je utvrditi njihove vrednosti i proveriti da li postojeći prekidači mogu da ih isključe.

LITERATURA

- [1] "Istraživanje prelaznih režima pri pojavi zemljospoja i pri sklopnim operacijama u 10 kV mreži Kombinata aluminijuma Podgorica", Izveštaj broj 310105, Institut "Nikola Tesla" Beograd, 2001 god.
- [2] P.Vukelja, R.Naumov, J.Mrvić, D.Hrvić:"Eksperimentalna istraživanja prelaznih napona i struja u mrežama industrijskih postrojenja", *Elektroprivreda* br.2, 2005 god., 70-82.

Abstract: In this paper the possible fault causes in the in the 10 kV power network of the Aluminium producing complex are presented and discussed. The knowledge about power faults is built upon experimental research of voltage and current transient phenomena recorded during earth-faults and during switchgear commutations. In order to increase the power supply reliability of the 10kV power network, the appropriate measures are suggested.

Key words: *earth fault, overvoltage, current, network*

**POSSIBLE POWER FAULT CAUSES IN THE 10 kV POWER NETWORK OF
THE ALUMINIUM PRODUCING COMPLEX**

Petar Vukelja, Jovan Mrvić, Dejan Hrvic