

KOORDINACIJA IZOLACIJE U VN PREKIDAČU S ASPEKTA SIGURNOSTI OD EKSPLOZIJE

INSULATION COORDINATION IN A HV CIRCUIT BREAKER IN TERMS OF EXPLOSION SAFETY

Dejan Bešlija^{1,3}, Mahir Muratović^{1,3}, Sead Delić^{1,3}, Kyong-Hoe Kim^{2,3}, Rasim Gačanović³

Sažetak: Pojava preskoka između glavnih kontakata visokonaponskog (VN) prekidača ili između prekidnog elementa i plašta VN prekidača spada u kategoriju najozbiljnijih kvarova u elektroenergetskom postrojenju. Ova vrsta kvara predstavlja realnu opasnost od eksplozije prekidača, a potencijalno može dovesti i do požara u postrojenju, posebno ukoliko se radi o metalom oklopljenom SF₆ gasom izoliranom postrojenju (MOP). U cilju prevencije ovakvih događaja neophodno je osigurati koordinaciju izolacije VN prekidača. Ona podrazumijeva takav dizajn, gdje je prekidač u otvorenom položaju u stanju podnijeti maksimalnu vrijednost napona koja se može pojaviti na njegovim priključcima (definirano odgovarajućim standardom i/ili uvjetima rada), pri čemu se eventualni preskok tokom operacije otvaranja odvija isključivo među lučnim, a nikako među glavnim kontaktima, što bi neminovno dovelo do kvara. U radu je na primjeru realnog SF₆ prekidača 420 kV, 63 kA, izvršeno modeliranje koordinacije izolacije uzimajući u obzir i strujanje SF₆ gasa. Predstavljen je i utjecaj ključnih parametara prekidača na koordinaciju izolacije, a što je u konačnici rezultiralo unaprijeđenjem postojećeg dizajna prekidača i povećanja sigurnosti od eksplozije.

Ključne riječi: VN SF₆ prekidač, koordinacija izolacije, probojni napon, sigurnost od eksplozije

Abstract: The occurrence of flashovers between main contacts of a high-voltage (HV) circuit breaker or between the interrupting unit and the HV circuit breaker belongs to the category of the most severe faults in a power substation. This kind of fault represents a real risk of explosion of the circuit breaker, and can potentially lead to a fire in the substation, especially if it is a metal enclosed SF₆ gas insulated substation (GIS). In order to prevent such events, it is necessary to provide the insulation coordination of a HV circuit breaker. It implies a design where the circuit breaker in an open position is able to withstand the maximum voltage which can occur on its terminals (defined by relevant standards and/or operating conditions), whereby a possible flashover during opening occurs solely between arcing, and by no means between main contacts, which would inevitably lead to a fault. In this paper, modelling of insulation coordination with consideration of SF₆ gas flow was carried out using the example of a real-life 420 kV, 63 kA, SF₆ circuit breaker. The impact of key circuit breaker parameters on insulation coordination is also presented. It ultimately resulted in improvement of the existing circuit breaker design and increase of explosion safety.

Key words: HV SF₆ circuit breaker, insulation coordination, breakdown voltage, explosion safety

UVOD

Koordinacija izolacije je inženjerska disciplina čiji je cilj postizanje najboljeg mogućeg tehno-ekonomskog optimuma za zaštitu ljudi i opreme od prenapona, uzrokovanih od strane opreme ili atmosferskih pražnjenja. U ovom smislu, pravilna koordinacija izolacije treba spriječiti nastanak i posljedice eventualnog proboja izolacije bez upotrebe prevelikog sigurnosnog faktora prilikom dimenzionisanja izolacije. Raspoloživost aparata i komponenti elektroenergetskog sistema s pravilno izvedenom koordinacijom izolacije je izuzetno visoka, što osigurava visok

kvalitet snabdijevanja potrošača električnom energijom s aspekta neometanog i besprekidnog napajanja u svim pogonskim i vremenskim uslovima.

Internacionalni standard koji definiše i tretira koordinaciju izolacije na visokom naponu je IEC 60071 (*International Electrotechnical Commission*) [1]. Ovaj standard odvojeno razmatra dva naponska područja: I (1-245 kV) i II (>245 kV), a razlikuje dvije vrste izolacije: vanjsku, zračnu izolaciju, i unutrašnju (ulje u transformatorima, SF₆ gas ili vakuum u prekidačima).

Međutim, u slučaju prekidača, pojava električnog luka između kontakata je neminovna i iz tog razloga se koordinacija izolacije svodi na tzv. dielektričnu koordinaciju, [2]. Svrha dielektrične koordinacije nije da se izbjegne stvaranje električnog luka, nego da se upravlja lokacijom njegovog začetka i razvoja, s ciljem sprečavanja opasnih

¹ EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina
dejan.beslija@gmail.com

² ILJIN Electric Co. Ltd. Seoul, Republika Koreja

³ Elektrotehnički fakultet Sarajevo, Bosna i Hercegovina
Rad dostavljen: juni 2015. Rad prihvaćen: septembar 2015.

prenapona ili uništenja prekidača, eventualne eksplozije u postrojenju i posljedica takvog incidenta. Stoga je dielektrična koordinacija jedan od najvažnijih kriterija prilikom dizajniranja prekidača.

Dosadašnji pristup modeliranju koordinacije izolacije VN prekidača se sastojao od određivanja potrebnih izolacionih razmaka dijelova pod naponom od uzemljenih dijelova, dijelova pod naponom međusobno i proračuna raspodjele električnog polja. Pojavom novih principa rada VN prekidača s niskoenergetskim pogonskim mehanizmima, utjecaj strujanja SF_6 gasa na vrijednost probojnog napona, a time i na koordinaciju izolacije, postaje znatno izraženiji. U nekim slučajevima propad ili nagli porast gustine na nepovoljnim mjestima u prekidnoj komori igra presudnu ulogu s aspekta dielektričnih naprezanja između glavnih i lučnih kontakata VN prekidača. Iz tog razloga je u analizu prekidača takvog dizajna od izuzetne važnosti uključiti i ovu vrstu proračuna, što je za predmet istraživanja ovog rada, jedan realni SF_6 prekidač 420 kV, 63 kA i učinjeno.

1. PRIMJERI I POSLJEDICE EKSPLOZIJE PREKIDAČA

Eksplozija prekidača u električnom postrojenju vodi ne samo do destrukcije samog aparata, nego i do oštećenja ili uništenja opreme, uređaja i aparata u njegovoj okolini, koji bivaju pogođeni dijelovima prekidača, koji se uslijed eksplozije kreću izuzetno visokim brzinama u svim mogućim smjerovima. Pored toga, eksplozija i/ili produkti eksplozije mogu uzrokovati i požar unutar postrojenja. Ukoliko je eksplozijom, ili eventualno nastalim požarom, pogođeno postrojenje zaposjednuto profesionalnim osobljem, tad osim nesagledive materijalne štete može doći i do povreda ili gubitka ljudskih života. Ako se pak radi o otvorenom tipu postrojenja, posebno u urbanim sredinama, ovakve eksplozije mogu ugroziti i slučajne prolaznike, koji se u trenutku eksplozije nađu u blizini postrojenja. Naime, eksplozijom oslobođena energija je tolika, da dijelovi aparata mogu penetrirati zidove samog objekta i zaštitne ograde, [3]. Eventualno nastali požar također može zahvatiti i susjedne objekte te ugroziti živote i sigurnost ljudi u tim objektima.

Primjeri eksplozije prekidača raznih naponskih nivoa, pogonskih uvjeta, tipova i principa rada, kao i uzroka nastanka eksplozije su mnogobrojni [4]-[10], iz kojih se može sagledati obim posljedica, te ozbiljnost ove vrste incidenata. Ilustracije razaranja uslijed eksplozije prekidača su prikazane na Slici 1.

S ciljem sprečavanja posljedica eksplozije prekidača potrebno je posvetiti veliku pažnju dizajnu prekidača s aspekta osiguravanja koordinacije izolacije i podvrgnuti prekidač opsežnim ispitivanjima. [11]. Pri tome je naročito bitno koristiti pristup modeliranju koordinacije izolacije, koji je u stanju uzeti u obzir sve bitne parametre dizajna prekidne komore prekidača, kao i utjecaj pogonskog mehanizma, što je u ovom radu i učinjeno.



Slika 1: Primjeri eksplozije VN prekidača - posljedice i nastala razaranja [4]-[6]

2. MODELIRANJE KOORDINACIJE IZOLACIJE SF_6 PREKIDAČA

U okviru razvoja novog VN SF_6 prekidača 420 kV, 63 kA, posebna pažnja se posvećuje dizajnu mlaznice, unutar koje gori električni luk i koja u najvećoj mjeri definiše stanje gasa oko lučnih kontakata, što u konačnici određuje uspješnost prekidanja luka. Dizajn mlaznice prekidača koji zadovoljava kriterije za prekidanje struja kratkih spojeva je u sljedećoj fazi dizajna potrebno provjeriti i optimizirati za slučaj prekidanja kapacitivnih struja, ne narušavajući uslove za prekidanje jakih struja. Naime, prekidanje kapacitivnih struja je mnogo češća i relativno lakša operacija u odnosu na prekidanje jakih struja, koje prekidač u toku životnog vijeka mora izvršiti. Vrijednosti struje su redovno male, te je vrlo vjerovatno da će prekidač prekinuti kapacitivnu struju u prvoj nuli struje, bez obzira na rastojanje kontakata [12].

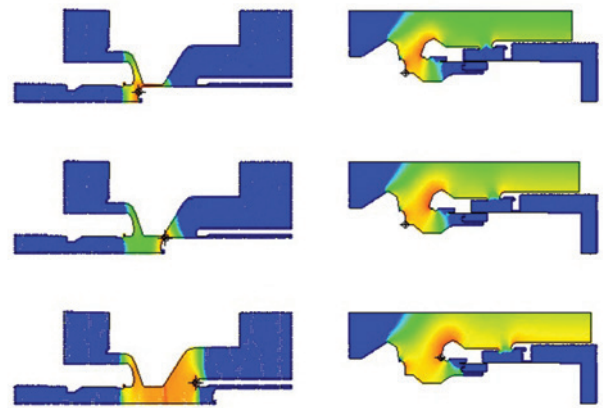
Međutim, uspostavljanje dielektrične čvrstoće na prekidu nakon prve strujne nule je relativno sporo, te naponska naprezanja koja nastaju tokom prve poluperiode nakon toga mogu izazvati ponovni proboj, čiju pojavu treba minimizirati, kako bi se njihov utjecaj u vidu opasnih prenapona u mreži i smanjenja kvalitete električne energije reducirao. Strogi dielektrički kriterij za prekidanje kapacitivnih struja je da vrijednost probojnog napona međukontaktnog prostora u svakom trenutku nakon gašenja struje bude viši od prelaznog povratnog napona koji se uspostavlja na izvodima prekidača. Međutim, standard IEC 62271-100 dozvoljava dielektrični proboj unutar 1/4 perioda struje industrijske frekvencije poslije inicijalnog gašenja luka, tzv. ponovno paljenje električnog luka, [13]. Pri dizajnu analiziranog prekidača je za procjenu uspješnosti prekidanja kapacitivnih struja korišten upravo ovaj dielektrički kriterij uz postojanje mogućnosti ponovnog paljenja luka.

S druge strane, pri analizi dielektričnih naprezanja unutar prekidne komore prekidača, potrebno je uzeti u obzir i dielektričnu čvrstoću između glavnih kontakata. Usporedbom s dielektričnom čvrstoćom između lučnih kontakata, može se procijeniti da li su dielektrična naprezanja unutar prekidača ispravno koordinisana. Prema tome, strogi kriterij za koordinaciju izolacije je da probojni napon između lučnih kontakata u svakom trenutku rada prekidača bude niži od probojnog napona između glavnih kontakata. Tako bi se eventualni proboj desio isključivo među lučnim kontaktima, koji su i dizajnom predviđeni da izdrže pojavu električnog luka, odnosno u mlaznici, unutar koje je jedino moguće njegovo kontrolirano gašenje. Ukoliko bi pak došlo do pojave električnog luka među glavnim kontaktima ili prema plaštu, pojava eksplozije unutar postrojenja je skoro neizbježna.

Budući da analizirani prekidač radi na principu dvostrukog kretanja kontakata, gdje nije moguće kontinuirano ostvariti kraći razmak između lučnih u odnosu na razmak između glavnih kontakata prekidača, a time i jednostavno postići željenu koordinaciju izolacije među njima, standard IEC 62271-1 predviđa maksimalnu moguću vrijednost napona koja se može pojaviti na priključcima prekidača, iznad koje je gubitak koordinacije izolacije između glavnih i lučnih kontakata dozvoljen, [14]. Za naponski nivo 420 kV, maksimalna vrijednost napona na priključcima prekidača iznosi 1665 kV. Ovo vrijedi za sve prekidače naponskog nivoa iznad 300 kV i ispituje se kroz tzv. impulsni BIAS test [15]. Naime, ova dielektrična ispitivanja se vrše pri kombinovanom naponu, koji se dobija iz dva odvojena naponska izvora, gdje jedan izvor generiše udarni napon obilika 1.2/50 μ s odgovarajuće vršne vrijednosti, a drugi generiše 70% vršne vrijednosti faznog napona industrijske frekvencije suprotnog polariteta [16]. Ovako definisan kriterij za koordinaciju izolacije je korišten pri dizajnu analiziranog prekidača.

Pristup modeliranju koordinacije izolacije analiziranog SF₆ prekidača 420 kV, 63 kA zasniva se na procjeni pro-

bojnog napona između glavnih i lučnih kontakata, te njihovom međusobnom poređenju. Procjena probojnog napona se vrši kombinovanim proračunima raspodjele električnog polja (MKE) i strujanja SF₆ gasa unutar prekidne komore (CFD), [17]. Glavna osobina ovog načina proračuna je što omogućava uspostavljanje korelacije između svih konstruktivnih parametara VN prekidača i dielektričkih karakteristika međukontaktnog prostora i definisanja kriterija nastanka proboja. Krajnji rezultati ovih proračuna su krive probojnog napona i grafičke ilustracije dielektričnih naprezanja u međukontaktnom prostoru (Slika 2).



Slika 2: Dielektrično naprezanje u prostoru između a) lučnih [17] i b) glavnih kontakata prekidača unutar mlaznice za različite vremenske trenutke i pozicije glavnih kontakata

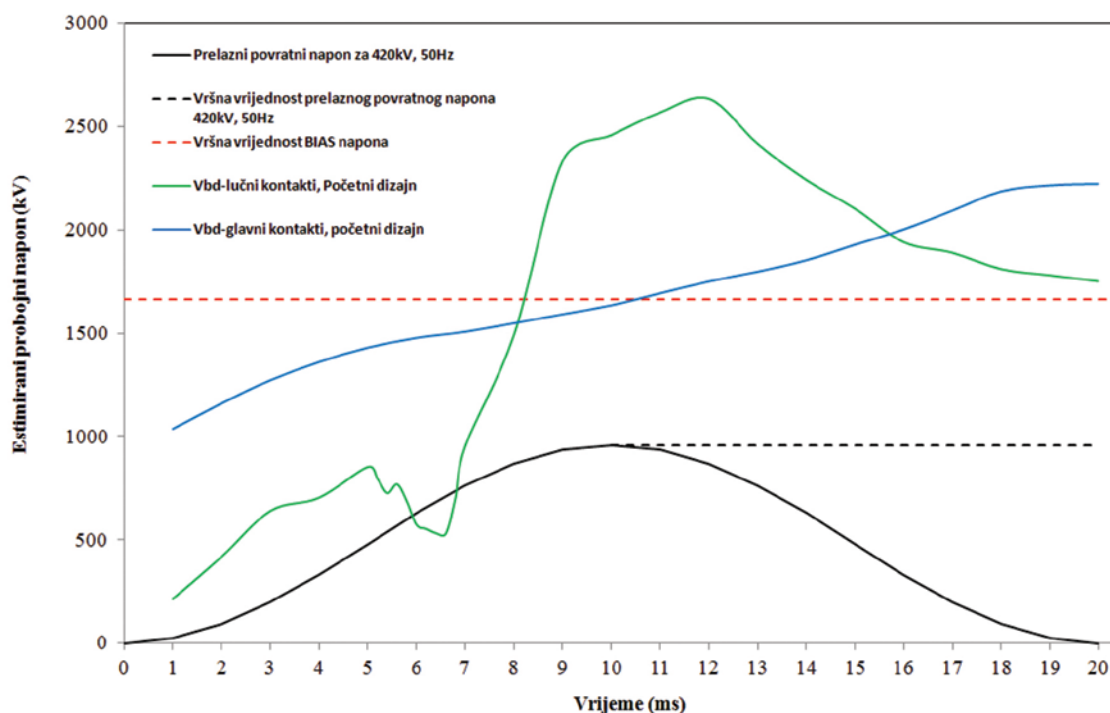
3. ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA I ODABIR DIZAJNA

Prvobitno su izvršeni proračuni za početni dizajn analiziranog SF₆ prekidača 420 kV, 63 kA, te su na osnovu njih ustanovljene slabosti i nedostaci postojećeg dizajna s aspekta prekidanja kapacitivnih struja i koordinacije izolacije između seta njegovih glavnih i lučnih kontakata (Slika 3). S dijagrama na Slici 3 se može uočiti da početni dizajn analiziranog prekidača po performansama ne zadovoljava dielektrične kriterije postavljene u prethodnom poglavlju. Naime, u vremenskom intervalu od 5.8-7 ms nakon razdvajanja kontakata, procijenjeni probojni napon ima nižu vrijednost od narinutog prelaznog povratnog napona, što prilikom prekidanja kapacitivnih struja neminovno dovodi do proboja (ne do ponovnog paljenja). Koordinacija izolacije između glavnih i lučnih kontakata prekidača ne zadovoljava strogi kriterij u intervalu od do cca. 8.1-15.7 ms nakon razdvajanja kontakata. Zbog toga u ovom intervalu postoji realna opasnost i velika vjerovatnoća da će doći do pojave nekontrolisanog proboja između glavnih kontakata, jer je u ovom intervalu vrijednost probojnog napona niža u odnosu na probojni napon između lučnih kontakata.

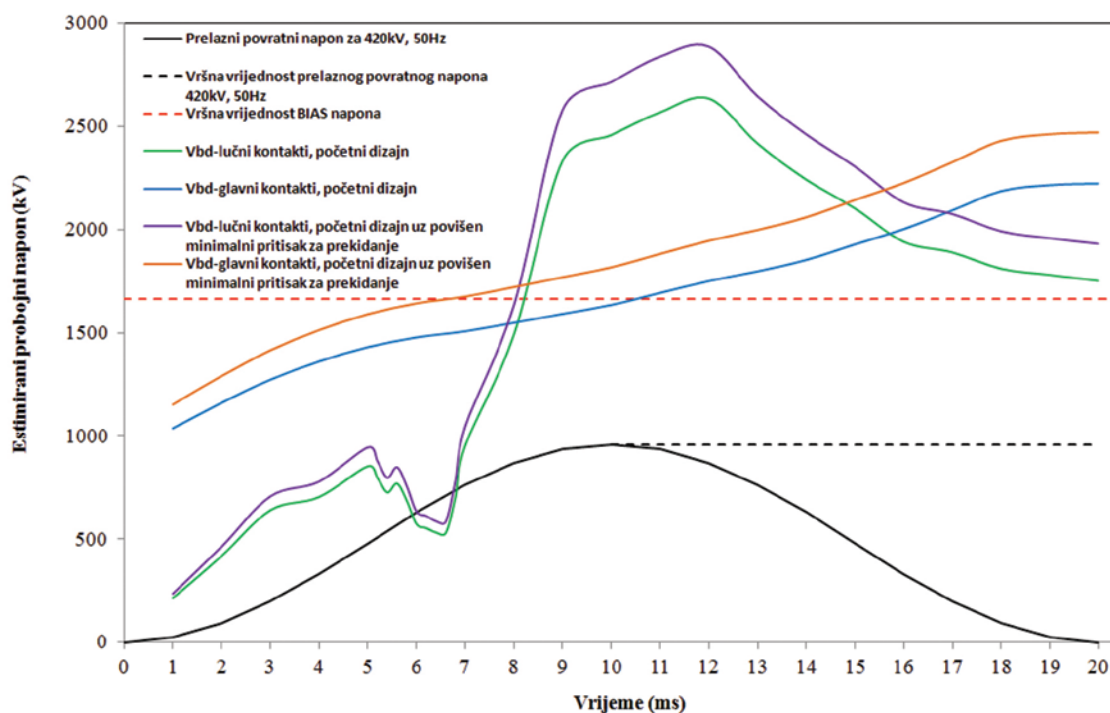
Iz ovih razloga, i budući da vrijednost probojnog napona između lučnih kontakata, u otvorenom položaju prekidača (krajnja desna vrijednost napona na Slici 3) ima malu

naponsku rezervu u odnosu na maksimalno propisanu vrijednost napona na priključcima prekidača (1665 kV), primjenjuje se povišenje minimalnog pritiska za prekidanje unutar prekidne komore. Ova jednostavna, ali učinkovita mjera, pozitivno utiče na dielektrične prilike unutar cjelokupne prekidne komore GIS prekidača, iz razloga što povećava gustinu SF_6 gasa, a time i vrijednost probojnog napona. Odras ove promjene dizajna analiziranog prekidača je prikazana na Slici 4. Evidentno je da

ova modifikacija dizajna analiziranog prekidača podiže sjecište krivih probojnog napona iznad maksimalno mogućeg napona koji se može pojaviti na priključcima prekidača, a ujedno povećava naponsku rezervu u otvorenom položaju, dok problem prekidanja kapacitivnih struja ne rješava u potpunosti. Također su uočeni i pozitivni efekti redizajniranja radijusa muškog lučnog kontakta, kao i povećavanja brzine razdvajanja kontakata uslijed promjene dijelova kinematskog lanca korištenog pogona



Slika 3: Rezultati procjene probojnog napona tokom operacije isklopa analiziranog VN SF_6 prekidača – početni dizajn

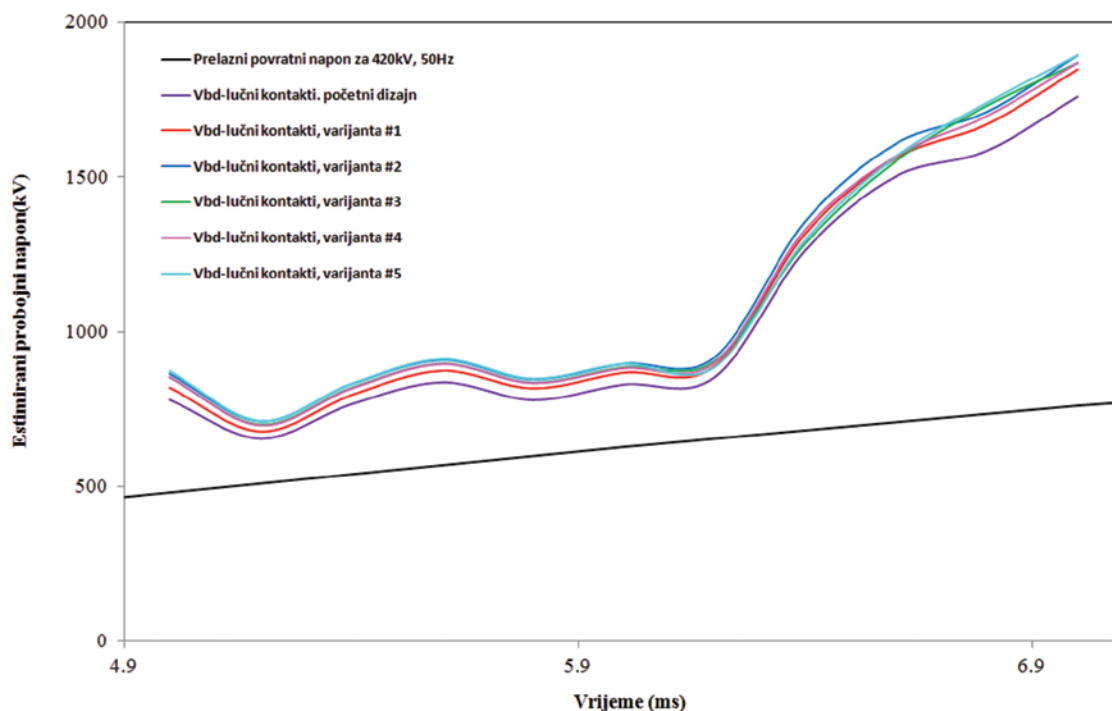


Slika 4: Rezultati procjene probojnog napona tokom operacije isklopa analiziranog VN SF_6 prekidača – početni dizajn uz povišen minimalni pritisak za prekidanje

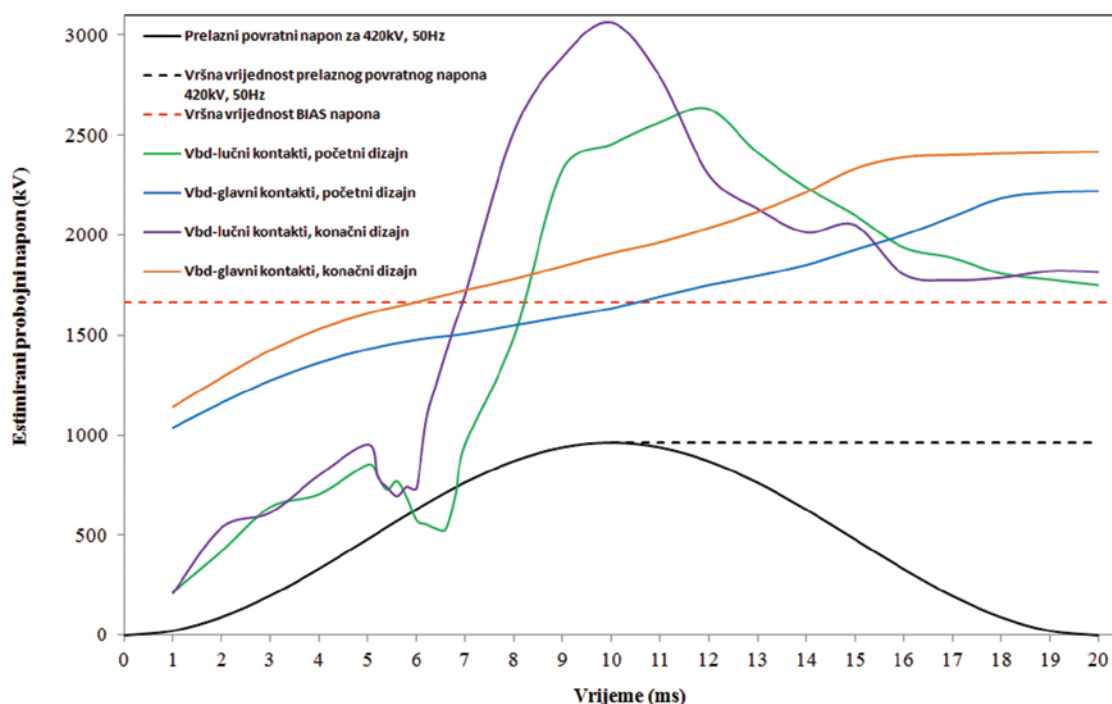
i različitih energija opruga isklopa [17]. Dodatno poboljšanje dielektričnih performansi prekidača je postignuto usvajanjem ovih modifikacija dizajna. Sljedeća modifikacija dizajna je obuhvatala promjenu unutrašnje i vanjske konture glavne mlaznice prekidača. Analizirano je nekoliko oblika glavne mlaznice. Cilj ovog poduhvata je bio električki relaksirati gas koji struji u divergentnom dijelu glavne mlaznice s ciljem povećanja vrijednosti probojnog

napona. Pri tome se vodilo računa i o mehaničkoj čvrstoći mlaznice. Poboljšanja dielektričnih performansi u kritičnom području prilikom prekidanja kapacitivnih struja za više različitih varijanti dizajna glavne mlaznice prikazana su na Slici 5.

Veoma je bitno napomenuti da se prilikom redizajniranja treba voditi računa da se istovremeno ne vrše mnogo-



Slika 5: Rezultati procjene probojnog napona tokom operacije isklopa analiziranog VN SF₆ prekidača – početni dizajn uz povišen minimalni pritisak za prekidanje, povećanu brzinu isklopa i redizajniran muški lučni kontakt za različite varijante dizajna glavne mlaznice



Slika 6: Rezultati procjene probojnog napona tokom operacije isklopa analiziranog VN SF₆ prekidača – usporedba početnog i konačnog dizajna

struke promjene, kako bi se mogao analizirati značaj promjene pojedinog parametra i donositi ispravan zaključak o njegovom utjecaju na performanse prekidača. Gubitak korisne informacije u tom slučaju može dovesti do odbacivanja dobrog dizajna. Osim navedenih, vršene se i dodatne modifikacije, prvenstveno na kinematskom lancu prekidača. Analiza ovih utjecaja prevazilazi obim ovog rada. Bitno je zaključiti da je nakon usvajanja svih modifikacija dizajna, koje su imale pozitivan utjecaj na dielektričke performanse analiziranog prekidača, bez narušavanja performansi prekidača pri drugim ispitnim ciklusima, određen konačni dizajn prekidača. Usporedba dielektričnih performansi početnog i konačnog dizajna analiziranog prekidača 420 kV, 63 kA je prikazana na Slici 6, gdje se jasno vidi da je konačni dizajn superiorniji i zadovoljava sve standardom definisane kriterije.

4. ZAKLJUČAK

Koordinacija izolacije VN aparata zauzima vrlo bitno mjesto u inženjerskoj praksi. Specifičnost VN prekidača je neminovnost pojave električnog luka. Međutim, potrebno je onemogućiti pojavu električnog luka između glavnih kontakata prekidača ili prema oklopu prekidača iz razloga što na tim lokacijama ne postoje uslovi za njegovo gašenje, tj. ti dijelovi prekidača nisu dizajnirani da mogu izdržati nastala termička, dinamička i dielektrična naprezanja. Ukoliko se to ipak desi, električni luk nesmetano gori, oslobođena energija luka u vrlo kratkom vremenskom intervalu dovodi do ogromnog povišenja pritiska u prekidnoj komori, uslijed čega neizbježno dolazi do eksplozije prekidača. Posljedice takvog incidenta mogu dovesti ne samo do uništenja prekidača i opreme u njegovoj blizini, nego i do lančanog kvara na komponentama eksplozijom pogođenog postrojenja i s time povezanog ispada cjelokupnog ili dijela elektroenergetskog sistema, a u najgorem slučaju i do ugrožavanja zdravlja, ozljeđivanja ili čak gubitka života osoblja u postrojenju, slučajnih prolaznika, ljudi koji se nalaze u susjednim objektima, uslijed nastalog požara ili krhotina eksplodiranog prekidača. Kako bi se rizik od eksplozije prekidača uslijed pojave električnog luka mimo lučnih kontakata i van mlaznice smanjio, kao i s ciljem kontrolisanog i sigurnog sklapanja kapacitivnih struja, kao jedne od najfrekventnijih pogonskih operacija prekidača, potrebno je tokom dizajniranja prekidača s posebnom pažnjom analizirati njegove dielektrične karakteristike i na taj način pokušati maksimalno poboljšati njegove dielektrične performanse, bez narušavanja performansi pri prekidanju prvenstveno jakih struja. Pri tome je potrebno primjenjivati i kontinuirano razvijati metode i alate za modeliranje i proračune dielektričnih naprezanja.

Kroz rad su na primjeru razvoja novog SF₆ prekidača 420 kV, 63 kA prikazane efektivne mjere za poboljšanje dielektričnih performansi pri prekidanju kapacitivnih struja i s aspekta koordinacije izolacije između glavnih i lučnih kontakata prekidača. U tu svrhu je korišten alat

čija se prednost u odnosu na dosadašnje pristupe modeliranju koordinacije izolacije ogleda u tome što se tom prilikom u obzir uzima i raspodjela gustine gasa unutar prekidne komore, odnosno strujanje SF₆ gasa tokom operacije isklopa. U svrhu procjene dielektričnih performansi analiziranog prekidača postavljeni su kriteriji po važećim standardima. Postojeća varijanta prekidača je redizajnirana u skladu s ovim kriterijima, vodeći računa da prilikom svake modifikacije ne dođe do narušavanja performansi prekidača pri prekidanju jakih struja. U konačnici je predložen krajnji dizajn analiziranog prekidača koji ima zadovoljavajuće dielektrične performanse uz određenu naponsku rezervu.

LITERATURA

- [1] International Electrotechnical Commission: IEC 60071-1:2006 - Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules, Edition 8.1, 2011.
- [2] Philipp Simka: Dielectric Coordination of High Voltage Gas Circuit Breakers, DISS. ETH Nr. 19530, ETH Zürich, Švicarska, 2011.
- [3] Jeff Long, Chicago Tribune, Chicago, USA, 2000. : Explosion Of Breaker 'Rare Thing' - Device's Failure Baffles Comed, Manufacturer; http://articles.chicagotribune.com/2000-10-11/news/0010110145_1_circuit-breakers-siemens-power-transmission-bushing
- [4] IEEE Global History Network, Engineering and Technology History Wiki 2015.: Oil Circuit Breaker Explosion - The incident occurred in a South African Coal Mine; http://www.ieeeeghn.org/wiki/images/6/6f/OCB_Explosion.pdf.
- [5] John O Silweya: Merlin Gerin Type SB6-72 SF6 Circuit Breaker Failures, Association of Municipal Electricity Undertakings South Africa Convention 2008, Buffalo City, Južna Afrika, 2008.
- [6] S.Mukhopadhyay: Report on failure of 132kV Circuit Breaker (CB) at Ransan substation and 220kV/132kV/11kV, 50MVA Transformer at Limdi substation of Gujrat Electric Transmission Company GETCO, Central Electricity Authority, Ministry of Power, Government of India, New Delhi, Indija, 2006.
- [7] Mehmed Hadžić: Havarija prekidača u spojnom polju 11 kV u TS 400/110 kV Sarajevo 10, 11. Bosanskohercegovačko savjetovanje BH K CIGRÉ, STK A3, R.A3.07., Neum, Bosna i Hercegovina, 2013.
- [8] Ontario's Independent Electricity System Operator: Manby H1L15 Breaker Incident - July 5, 2010 (Public Report No. IESO_REP_0670), Ontario, Kanada, 2010.
- [9] NASCO Industries, Inc., Florida, USA, 1997-1999.: Occupational Health and Safety Authority Reported Circuit Breaker Accident; http://www.electrician2.com/html/osh_cb_accidents.htm.
- [10] Manlakis Electric Co. Ltd., Shanghai, Kina, 2009.: Accident Analysis of Circuit Breaker; http://www.manlakis.com/en/Customer_Area/Technical_Support/Product_knowledge/176.html.
- [11] C.F. Sonnenberg, J.J. Brado: Insulation Coordination Qualities of 500-kV SF6 Circuit Breakers, IEEE Winter Power Meeting, Paper 31 TP pp. 65-86, New York, USA, 1964.

- [12] Mirsad Kapetanović: Visokonaponski prekidači, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2002.
- [13] International Electrotechnical Commission: IEC 62271-100:2008 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers, Edition 2.1, 2012.
- [14] International Electrotechnical Commission: IEC 62271-1:2007 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications, Edition 1.1, 2011.
- [15] Ruben. D. Garzon: High Voltage Circuit Breakers - Design and application, 2nd Edition, Revised and Expanded, CRC Press, London, Engleska, 2002.
- [16] Mirsad Kapetanović: High voltage circuit breakers, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, Sarajevo 2011.
- [17] Sead Delić, Dejan Bešlija, Mahir Muratović, Myoung-Hoo Kim, Mirsad Kapetanović, Hamid Zildžo: New Approach to Breakdown Voltage Estimation after Interruption of Capacitive Currents, IEEE Power Modulator and High Voltage Conference, Santa Fe, USA, 2014.

BIOGRAFIJE

Dejan Bešlija je rođen 1989. godine u Zenici. Prvi ciklus studija na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu je završio 2011., a drugi ciklus - master studij 2013. godine, te je trenutno doktorant na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu. Zaposlen je u EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo. Od 2013. godine je član BH K CIGRE. Područja interesovanja su mu računarsko modeliranje i razvoj VN prekidača.

Mahir Muratović je rođen 1987. godine u Sarajevu. Prvi ciklus studija na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu je završio 2009. godine, a 2011. godine drugi ciklus studija, master studij. Student je doktorskog studija na istoimenom fakultetu. Od 2011. godine je zaposlen u EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo i aktivno je angažiran na projektima razvoja VN prekidača naponskih nivoa 145, 245 i 420 kV.

Sead Delić je rođen 1972. godine u Tuzli. Diplomirao je na Fakultetu elektrotehnike i mašinstva u Tuzli 1997. godine, a

magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu 2009. godine. Član je BH K CIGRE i redovni član SC A3 međunarodne CIGRE. U periodu 1997. - 2011. je radio u Energoinvestu na razvoju VN prekidača i MOP-a. Trenutno je uposlen u EnergoBos ILJIN d.o.o. Sarajevo. Student je na doktorskome studiju na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu. Područja profesionalne orijentacije su mu razvoj VN prekidača i MOP-a, razvoj softvera za simulaciju rada VN prekidača i proračun električnih polja.

Kyong-Hoe Kim je rođen 1978. godine u Seoulu, Republika Koreja. Trenutno je zaposlen kao inženjer za dizajn i razvoj VN prekidača u ILJIN Electric Co. Ltd. Doktorski studij je završio 2012. godine na Nacionalnom univerzitetu u Seoulu. Područje zanimanja su mu: teorija, razvoj i dizajn visokonaponskih prekidača, s fokusom na simulaciju fenomena prekidanja struje, te ispitivanja VN prekidača u laboratoriji velike snage. Doktorant je na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu.

Rasim Gačanović rođen je 1950. godine u Sarajevu, Bosna i Hercegovina. Diplomirao je i magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu 1974., odnosno 1980. god Doktorsku disertaciju odbranio je 1991.god. na Fakultetu elektrotehnike i računarstva – Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska. Dr.sci. Rasim Gačanović je redovni profesor na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu. Prof. Gačanović je tokom profesionalne karijere radio u Institutu za projektiranje IPS-a Sarajevo, u Istraživačko – razvojnom centru za elektroenergetiku (IRCE) – Energoinvest Sarajevo, Ministarstvu energije Bosne i Hercegovine, Ministarstvu prometa i komunikacija Federacije Bosne i Hercegovine, te u Gradskoj upravi Grada Sarajeva. Član je IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., USA, CIGRE (Međunarodno vijeće za velike električne sisteme) - Bosanskohercegovački komitet i uredništva Časopisa Bosanskohercegovačka elektrotehnika. Prof. Gačanović je do sada iz oblasti elektrotehnike objavio preko 50 znanstvenih i stručnih radova i 4 knjige. Polje zanimanja su: električna postrojenja, rasprostiranje elektromagnetskih valova, modeliranje i analiza tranzijentnih stanja u elektroenergetskom sistemu, uzemljenja te računarski podržano projektiranje u elektrotehnici.