

Nenad Papić, dipl. ing. el.
MUP RH - Centar za vještačenja „Ivan Vučetić“
npapic@mup.hr; npapic59@gmail.com

Dr. sc. Vitomir Komen, dipl. ing. el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
vitomir.komen@hep.hr

Prof. dr. sc. Viktor Milardić, dipl. ing. el.
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
viktor.milardic@fer.hr

POŽAR I EKSPLOZIJA U TS KUPJAK

SAŽETAK

Do manjeg požara i eksplozije došlo je u TS 35/20 kV KUPJAK prilikom ispitivanja istovjetnosti faza. Kao posljedica požara i eksplozije došlo je do oštećenja sklopnog bloka u vodnom polju i ozljeđivanja radnika koji su se zatekli u neposrednoj blizini.

Očevid je izvršen od strane inspektora rada te policijskih službenika PP Delnice i vještaka Centra „Ivan Vučetić“ uz nazočnost predstavnika HEP ODS-a i proizvođača sklopnog bloka, isporučitelja opreme. Pregledom na mjestu događaja utvrđeno je na temelju pronađenih tragova da je došlo do naponskog proboja na kablskom priključku jedne faze, te do pojave električnog luka što je kao posljedicu imalo i ozljeđivanje radnika.

Oštećeni sklopni blok je izuzet od strane HEP ODS-a te je dogovoreno da se isti ispita na FER-u, na Zavodu za visoki napon. U visokonaponskom laboratoriju ZVN izvršeno je ispitivanje dostavljenog sklopnog bloka sa kablskim priključkom te su nakon analize doneseni zaključci o mogućem uzroku kvara. Predložene su mjere za sanaciju kvara i poboljšanja izvedbe sklopnog bloka.

Ključne riječi: požar i eksplozija, nesreća na radu, trafostanica, sklopni blok, naponski proboj.

FIRE AND EXPLOSION IN THE SUBSTATION KUPJAK

SUMMARY

Minor fire and explosion occurred at the substation 35/20 kV KUPJAK when testing phase identity. Fire and explosion resulted in damage of the switchgear and injury of workers who were found nearby.

The inspection was carried out by a labor inspector, police officers and experts of the Forensic science center „Ivan Vučetić“, in the presence of representatives of HEP ODS and equipment suppliers. The inspection of the scene of the accident determined that there was a voltage breakdown of the cable connection and appearance of an electric arc, which resulted in injury of workers.

The damaged switchgear was removed by HEP ODS and it was agreed to be tested at the Faculty of Electrical Engineering and Computing in Zagreb. Testing was performed in high voltage laboratory of Department of Energy and Power Systems and after analysis conclusions of the cause of the failure were drawn. Measures were proposed to repair the fault and improve the performance of the switchgear.

Key words: fire and explosion, accident at work, substation, switchgear, voltage breakdown.

1. UVOD

1.1. Opis događaja i priprema za očevid

Dana 12.02.2019. godine iza 14,00 sati došlo je do manjeg požara i eksplozije u TS 35/20 kV Kupjak u Kupjaku, te je od strane policijskih službenika PU primorsko-goranske zatražena stručna pomoć vještaka Centra „Ivan Vučetić“ za obavljanje očevida i utvrđivanje uzroka havarije u kojoj je kao posljedica požara i eksplozije došlo do nesreće na radu i ozljeđivanja radnika HEP ODS-a. Vještak za požare i eksplozije je nakon dobivanja naloga od strane nadređenih obavijestio vještaka za tehnička vještačenja o čemu se radi i o mjestu i vremenu očevida koji je zakazan na mjestu događaja za drugi dan u jutarnjim satima. Kako se radilo o električnom postrojenju u vlasništvu HEP ODS-a, vještak za tehnička vještačenja je dogovorio sa nadležnima u HEP ODS-u da omoguće svu potrebnu stručnu i drugu pomoć svojih djelatnika prilikom obavljanja pregleda mjesta događaja od strane policijskih službenika PU i Centra. Također su u razgovoru sa nadležnim rukovoditeljima iz HEP ODS-a dobivene sve potrebne informacije o događaju radi upoznavanja sa postrojenjem i radnjama koje su prethodile havariji.

2. PREGLED MJESTA DOGAĐAJA

2.1. Očevid i utvrđivanje uzroka havarije

Pregled mjesta događaja obavljen je dana 13.02.2019. godine od strane vještaka Centra „Ivan Vučetić“ i ekipe za očevid PP Delnice PU primorsko-goranske, u nazočnosti inspektora rada, predstavnika i djelatnika HEP ODS-a i predstavnika isporučitelja opreme za trafostanicu.

Nakon upoznavanja sa uputom za kretanje i rad u postrojenju od strane djelatnika HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka, vještak za tehnička vještačenja uz nazočnost inspektora rada i inspektora zaštite od požara te ekipe za očevid pregledao je oštećenja koja su nastala kao posljedica havarije, [1],[2].

Nakon ulaza u trafostanicu, desno od ulaza nalaze se rasklopni ormari 35 kV (H1, H2, H3, H4, H5 i H6), rastavljači zvjezdista, transformator i kompenzacijska prigušnica, te 20 kV sekcija 1, a lijevo od ulaza nalaze se prostorija sanitarnog čvora, prostorija AKU baterija, prostorija pomoćnog razvoda i komandna soba, otpornici, te 20 kV sekcija 2.

Mjesto događaja je fotografirano od strane kriminalističkog tehničara PP Delnice (Slika 1. i 2.).



Slika 1. i 2. Oštećenja na ulaznom dijelu u trafostanicu

Pregledom mjesta događaja utvrđeno je da je do oštećenja došlo u vodnom polju H6 sa oznakama: „H6 TS 110/35 kV Delnice 2“, u ormaru koji se nalazi kao prvi s desne strane nakon ulaza u trafostanicu, u donjem dijelu ormara gdje se nalaze priključci 35 kV kabela (Slika 3., 4. i 5.).



Slika 3. i 4. Oštećenja na vratima ormara vodnog polja H6



Slika 5. Bliži snimak oštećenja na priključcima u ormaru

Zbog električnog luka primarno je došlo do termičkog oštećenja na fazi L3 priključaka, a zatim na preostale dvije faze i na vratima metalnog kućišta ormara u donjem dijelu, u kabelskom priključnom odjeljku.

U navedenom kabelskom priključnom odjeljku iz kanala u podu dolaze tri 35 kV kabela koji u gornjem dijelu završavaju s kabelskim konektorima (vidi usporednu Sliku 6. i 7. neoštećenih priključaka).



Slika 6. i 7. Usporedni snimak neoštećenih priključaka i oštećenja na priključcima u ormaru

Vrata na kabelskom odjeljku nalaze se otvorena, sa tragovima termičkih oštećenja na gornjoj vanjskoj i unutrašnjoj strani. Na podu ispred ormara nalaze se termički oštećeni dijelovi kabelskih priključaka (Slika 8. i 9.).



Slika 8. i 9. Bliži snimak oštećenih dijelova na priključcima

Nakon pregleda mjesta događaja i utvrđivanja oštećenja na prijedlog vještaka dogovoreno je da se kompletan ormar sa prekidačem i priključcima izuzme od strane HEP ODS i radi točnog utvrđivanja uzroka kvara izvrši njegovo ispitivanje u Zavodu za visoki napon na FER-u u Zagrebu.

2.2. Pregled dokumentacije i utvrđivanje tehničkih karakteristika uređaja

Uvidom u tehničku dokumentaciju koja je dobivena od HEP ODS-a utvrđeno je da se radi o sklopnom modulu koji se koriste za izgradnju kompaktnih, metalom oklopljenih sklopnih postrojenja izoliranih plinom SF₆, za nazivni napon od 38 kV i nazivnu struju od 630 A, [3].

Električni luk u prekidačima i rastavnim sklopkama gasi se u vakuumskim komorama, a plin SF₆ služi za izolaciju između dijelova pod naponom i prema kućištu. Sklopni modul se sastoji od tri dijela, gledano odozgo prema dolje, sabirničkog odjeljka, aparatnog odjeljka s vakuumskim prekidačima i priključnog odjeljka.

Prema dobivenim informacijama od HEP ODS-a za priključak kabela na sklopni blok korišteni su kablanski završetci poznatog proizvođača.

3. ISPITIVANJA NA FER-u

3.1. Rezultati ispitivanja u Laboratoriju visokog napona

U Laboratoriju visokog napona Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu izvršeno je ispitivanje dostavljenog sklopnog modula s oštećenim kablskim završecima [4].

Vizualnim pregledom i ispitivanjem funkcionalnosti utvrđena je ispravnost vakuumskog prekidača i tropoložajne rastavne sklopke. Provodni izolatori za priključak kabela su oštećeni.

Izvršeno je ispitivanje dostavljene opreme podnosivim izmjeničnim naponom 70 kV, 50 Hz, u trajanju 1 min, prema normi IEC 60071-1, kao što je prikazano na Slici 10. i 11.



Slika 10. i 11. Ispitivanje sklopnog modula u laboratoriju visokog napona

Pri ispitivanju nije došlo do proboja, preskoka niti vidljivih tragova oštećenja.

4. ANALIZA UZROKA KVARA

4.1. Analiza mogućih uzroka kvara

Na zahtjev HEP ODS-a od strane FER-a izvršena je analiza mogućih uzroka kvara na sklopnom bloku u TS 35/20 kV KUPJAK čiji su rezultati dani u elaboratu, [5].

U elaboratu su razmotreni mogući uzroci kvara koji se dogodio dana 12.2.2019. godine između 14 i 15 sati u TS 35/20 kV Kupjak u vodnom polju =H6 Delnice 2.

Prije nastanka kvara DV 35 kV Delnice 2 – Kupjak 2 uključen je u prazni hod prekidačem u polju =H5 u TS 110/35 kV Delnice. Nakon nekoliko minuta od uključanja došlo je do proboja u prostoru kablenskog odjeljka u vodnom polju =H6 u TS 35/20 kV Kupjak. Relejna zaštita u TS 110/35 kV Delnice je prepoznala kvar i dala nalog prekidaču u polju =H5 za isklon. Prekidač je isklonio, ali je nakon cca. 20 sekundi nastupio automatski ponovni uklop. S obzirom da je kablenski završetak u kablenskom odjeljku polja =H6 u TS 35/20 kV Kupjak već ranije bio oštećen to je praktično bio uklop na kvar. Do definitivnog isklona prekidača u polju =H5 u TS 110/35 kV Delnice, luk u kablenskom odjeljku polja =H6 u TS 35/20 kV Kupjak se proširio na sva tri kablenska završetka te djelomično izbio izvan kablenskog odjeljka. Nastali luk, izbio je izvan kablenskog odjeljka sklopnog modula te je ozlijedio radnike HEP ODS-a koji su bili u neposrednoj blizini.

U elaboratu su analizirane električne prilike koje su mogle uzrokovati kvar i to: atmosferski prenaponi i prenaponi uzrokovani sklapanjem vakuumske prekidača u TS, a na kraju je razmatrana mogućnost nastanka kvara zbog nesavršenosti kablenskog završetka ili greške prilikom montaže.

4.2. Kvar na kablenskom završetku

U trenutku kvara u TS 35/20 kV Kupjak u vodnom polju =H6 Delnice 2, bili su montirani ekranizirani kablenski završeci. Ne može se u potpunosti isključiti greška u kablenskim završecima, i to greška u samoj proizvodnji kablenskih završetaka, ili oštećenje u transportu od tvornice do mjesta ugradnje. Moguće je da je prije ugradnje konektor bio oštećen, a da oštećenje nije uočeno prilikom montaže.

Montaža kablenskog završetka je stručni posao koji zahtijeva iznimnu čistoću i strogo pridržavanje uputa za montažu. Iako je montiranje kablenskog završetka izvedeno od strane stručnih osoba, ne može se u potpunosti isključiti niti greška prilikom montaže.

4.3. Rezultati analize mogućih uzroka kvara

U elaboratu su razmatrana tri moguća uzroka kvara:

1. Atmosferski prenaponi,
2. Prekidanje malih kapacitivnih struja vakuumskim prekidačem,
3. Nesavršenost kablenskog završetka ili greška prilikom montaže.

Dana 12.2.2019., prema podacima sustava za lociranje munja, nije bilo udara munja na dionici TS 110/35 kV Delnice - TS 35/20 kV Kupjak. Shodno tome, atmosferski prenapon kao mogući uzrok kvara je malo vjerojatan.

Neposredno prije kvara uklopljen je 35 kV vod Delnice 2-Kupjak 2, ali s obzirom da je uklop bio u vodnom polju =H5 u TS 110/35 kV Delnice sklopni prenaponi nastali uklopom vakuumske prekidača kao uzrok kvara su također malo vjerojatni.

Mišljenje autora elaborata je da bi najvjerojatniji uzrok kvara mogao biti nesavršenost kablenskog završetka ili greška prilikom montaže.

Na kraju elaborata je dana napomena, kako ugrađeni kompaktni sklopni modul nije dizajniran niti ispitan na unutarnji luk te nije neočekivana okolnost da je luk izbio iz kablenskog prostora u okolni prostor, pa je došlo do ozljeđivanja radnika koji su bili u neposrednoj blizini. Obzirom na navedeno, dana je sugestija HEP ODS-u o nužnosti poboljšanja prilikom daljnje ugradnje predmetnog tipa sklopnih modula ili postupnom prelasku na sklopne module otporne na unutarnji luk.

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisana havarija koja se dogodila u TS 35/20 kV KUPJAK u kojoj je nakon manjeg požara i eksplozije došlo do oštećenja sklopnog bloka u vodnom polju i ozljeđivanja radnika koji su se zatekli u neposrednoj blizini.

Radi utvrđivanja okolnosti i uzroka događaja izvršen je očevid od strane inspektora rada, policijskih službenika PP Delnice i vještaka MUP-ovog Centra „Ivan Vučetić“, uz nazočnost predstavnika HEP ODS-a i proizvođača ugrađenog sklopnog bloka, isporučitelja opreme. Pregledom na mjestu događaja utvrđeno je, na temelju pronađenih tragova, da je došlo do naponskog proboja na kabelskom priključku jedne faze, te do pojave električnog luka što je kao posljedicu imalo i ozljeđivanje radnika.

Oštećeni sklopni blok je izuzet od strane HEP ODS-a te je isti na prijedlog vještaka ispitan na FER-u, u visokonaponskom laboratoriju Zavoda za visoki napon. Izvršena je analiza mogućih uzroka kvara, te su u elaboratu izrađenom od strane FER-a kao mogući uzroci kvara isključeni atmosferski i sklopni prenaponi. Kao najvjerojatniji neposredni uzrok kvara navedena je nesavršenost kabelskih priključaka, koja može nastati u proizvodnji ili transportu ili greška prilikom montaže.

Od strane HEP ODS-a predložene su mjere za sanaciju u vidu poboljšanja načina izvedbe zatvaranja kabelskog odjeljka u trafostanicama 110 kV i 35 kV u kojima su ugrađeni sklopni blokovi istog tipa te ugradnja odgovarajućih odvodnika prenapona.

Na kraju je potrebno napomenuti da predmetni kompaktni sklopni modul nije dizajniran niti ispitan na unutarnji luk te nije neočekivana okolnost to što je luk izbio iz kabelskog prostora u okolni prostor. Na razini HEP ODS-a treba kritički razmisliti o daljnjoj ugradnji takvih sklopnih modula ili ipak postupnom prelasku na sklopne module otporne na unutarnji luk.

6. LITERATURA

- [1] CFIIV „Ivan Vučetić“: Bilješke sa očevida, 13.02.2019.
- [2] PP Delnice, PU primorsko-goranska: Fotografije i dokumentacija sa očevida
- [3] KONČAR – Električni aparati srednjeg napona: Metalom oklopljeni, plinom SF6 izolirani kompaktni sklopni moduli serije KSMA 24 i KSMA 38
- [4] FER, ZVNE: Ispitno izvješće br. 1310/3-19 od 20.03.2019.
- [5] Viktor Milardić, Ivo Uglešić: Analiza uzroka kvara u TS 35/20 kV KUPJAK, Zagreb, rujan 2019.