Broj rada: R1-08
DOI:10.46793/CIRED2026.R1-08_130

POSTUPAK ZAMJENE HAVARISANOG PREKIDAČA 35 KV I PROVOĐENJE DIJAGNOSTIČKIH ISPITIVANJA PRIJE PUŠTANJA U POGON

PROCESS OF REPLACING A FAULTED 35 KV CIRCUIT BREAKER AND CONDUCTING DIAGNOSTIC TESTING PRIOR TO COMMISSIONING

Admir KIKANOVIĆ, Elektroprenos BiH a.d. Banja Luka, Bosna i Hercegovina *
Razim NUHANOVIĆ, Elektroprenos BiH a.d. Banja Luka, Bosna i Hercegovina

KRATAK SADRŽAJ

Prekidač je sklopni aparat čija je osnovna funkcija da uklapa, provodi i prekida struju normalnog pogona, te uklapa, provodi određeni dio vremena i prekida struju kratkog spoja. Oni imaju važnu ulogu u normalnim pogonskim stanjima, ali imaju mnogo važniju ulogu u havarijskim stanjima. Uzimajući u obzir i ovu zaštitnu funkciju koju prekidač ima, sposobnost prekidača da isključi kvar znatno je važnija od rada u normalnim pogonskim uslovima. Zbog ovakve svoje uloge u postrojenju prekidač mora imati visoku pouzdanost. U svrhu održavanja ispravnosti prekidača i njegove spremnosti za podnošenje svih uklopnih stanja do kojih može doći vrše se redovne godišnje revizije. Poznavajući mjesto i uslove rada u kojima prekidač radi revizija može biti jednostavnija ili složenija. Obavezno se izvrše početna mjerenja iz kojih se može vidjeti u kakvom stanju je prekidni element i koje radnje treba preduzeti kako bi se eventualno loši rezultati doveli u prihvatljive granice. Na primjer, velike vrijednosti otpora glavnog kruga prekidača mogu sugerisati loše stanje kontaktnih pera, zaprljanost ulja, itd. Nakon završene revizije ponovo se vrše mjerenja i upoređuju rezultati. Mjesto ugradnje, odnosno polje u kojem je prekidač smješten utiče na njegov vijek trajanja. Elektroprenos BiH – Operativno područje Tuzla, Terenska jedinica Tuzla u svom sastavu ima 23 transformatorske stanice naponskih nivoa od 6 kV do 400 kV. Dvije transformatorske stanice su rudničke i služe za napajanje rudarskih postrojenja. Kablovski odvodi koji se napajaju sa ovih transformatorskih stanica skloni su ispadima, tako da ovi prekidači rade u vrlo teškim uslovima. Istovremeno, zbog zahtjeva ispunjenja proizvodnje, potrebe za stalnim napajanjem rudničkih mašina, vrlo je teško dobiti dozvole za isključenja ovih odvoda i za redovne godišnje revizije. Za višednevne zastoje radi zamjene nekog dijela kablovskih odvoda, dozvole je još teže dobiti. Sredinom juna 2025. godine došlo je do havarije prekidača 35 kV u DV polju 35 kV Grivice, koji služi za napajanje rudničkog postrojenja sa kojeg se pokreću teške rudarske mašine. Služba za održavanje rasklopnih postrojenja imala je zadatak da u što kraćem roku izvrši demontažu starog prekidača, postavljanje drugog prekidača i funkcionalno ispitivanje prekidača prije puštanja u rad. U DV polju 35 kV Grivice prilikom izgradnje transformatorske stanice postavljen je malouljni prekidač 35 kV. Prekidač je proizveden 1983. godine i besprijekorno je radio više od 42 godine. Na njegovo mjesto je postavljen vakumski prekidač 35 kV, proizveden 2016. godine. Taj prekidač je demontiran prilikom rekonstrukcije druge transformatorske stanice. Nakon njegove ugradnje, izvršeno je ispitivanje prekidača instrumentom za ispitivanje

* Admir Kikanović, admir.kikanovic@elprenos.ba; Razim Nuhanović, razim.nuhanovic@elprenos.ba

i analizu prekidača. U radu će biti prikazan postupak zamjene prekidača, postavljanje zamjenskog prekidača na postolje i postupci i ispitivanja koja smo provodili prije puštanja prekidača u rad. Biti će prezentirani i prikazani osnovni dijagrami i veličine koje prekidač mora zadovoljiti da bi se pustio u pogon.

Ključne reči: dijagnostika, havarija, ispitivanje prekidača, prekidač

ABSTRACT

A circuit breaker is a switching device whose primary function is to connect, conduct, and interrupt current during normal operation, as well as to connect, conduct for a certain period, and interrupt short circuit current. They play an important role in normal operating conditions, but an even more important one during faulty conditions. Considering this protective function of the circuit breaker, its ability to clear a fault is significantly more important than its operation under normal conditions. Due to this role in the power facility, a circuit breaker must have high reliability. To maintain the proper functioning of the circuit breaker and to ensure its readiness to withstand all switching states that may occur, regular annual overhauls are carried out. Depending on the location and operating conditions in which the circuit breaker operates, the overhaul can be simple or complex. Initial measurements are performed to determine the condition of the switching element and identify necessary actions to bring any poor results within acceptable limits. For example, high values of main circuit resistance may indicate poor condition of the contact fingers, contaminated oil, etc. After the overhaul, measurements are performed again and the results achieved compared mutually. The installation location, that is, the bay in which the circuit breaker is placed, influences its service life. Elektroprenos BiH – Operational Area Tuzla, Field Unit Tuzla, operates 23 transformer substations with voltage levels ranging from 6 kV to 400 kV. Two of these substations are mining substations 110/35/6 kV and supply power to mining facilities. Cable feeders supplied from these substations are prone to outages, so these circuit breakers operate under very harsh conditions. At the same time, due to production requirements and the need for continuous power supply to mining machinery, it is very difficult to obtain permissions to disconnecting these feeders for regular annual overhauls. It is even more difficult to obtain permits for multiday outages required for replacing parts of the cable feeders. In the mid of June 2025, a failure occurred on the 35 kV circuit breaker in the 35 kV overhead line bay “Grivice”, which supplies power a mining facility that powers heavy mining machines. The switchgear maintenance department was tasked to disassemble the old circuit breaker, to install the other circuit breaker, and to perform functional testing of that circuit circuit breaker before putting to into operation, all in the shortest possible time. A 35 kV low-oil circuit breaker was originally installed in the 35 kV Grivice bay during the construction of the substation. It was replaced with a 35 kV vacuum circuit breaker manufactured in 2016. This breaker was dismantled during the reconstruction of another transformer substation. Before commissioning, the breaker was tested using a circuit breaker testing and analysis device. This paper will present the procedure for replacing the circuit breaker, installing a replacement breaker on its base, and the steps and tests performed before that circuit breaker was put into operation. Basic diagrams and required parameters that the circuit breaker must meet prior to commissioning will also be shown.

Keywords: circuit breaker, circuit breaker testing, diagnostics, failure

UVOD

Prekidač je sklopni aparat čija je osnovna funkcija da uklapa, provodi i prekida struju normalnog pogona, te uklapa, provodi određeni dio vremena i prekida struju kratkog spoja. Sa tom funkcijom, visokonaponski prekidači imaju jednu od glavnih uloga za sigurnost i pouzdanost prenosnog i distributivnog elektroenergetskog sistema, [1]. Njihova raspoloživost i spremnost za rad uveliko utiču na sigurnost napajanja potrošača i siguran rad cjelokupnog elektroenergetskog sistema. Uslovi u kojima rade i posluju prenosna i distribtivna preduzeća na našim prostorima dovela su do toga da trenutno u radu imamo veliki broj prekidača koji su davno prešli svoj životni vijek i davno su trebali biti zamijenjeni novijom opremom. Na svu sreću oni još uvijek mogu odgovoriti svom prvobitnom zadatku. Na životni vijek prekidača u najvećoj mjeri utiče mjesto njegove ugradnje, odnosno broj manipulacija koje prekidač napravi. Rad u dijelovima postrojenja ili dalekovodnim (DV) poljima koja su podložna čestim ispadima uveliko smanjuje njegov vijek trajanja. Naša postrojenja nisu unificirana, odnosno tip i vrsta opreme u postrojenju razlikuje se od postrojenja do postrojenja. U takvim uslovima ne možemo imati u rezervi svaku vrstu prekidača, već smo prinuđeni u datim uslovima vršiti modifikacije, prepravke i da u što kraćem roku uspostavimo napajanje konzuma.

U radu će biti prikazan postupak zamjene jednog tipa prekidača, ugradnjom drugog tipa prekidača koji je već ranije demontiran sa drugog DV polja. Prije ugradnje i puštanja u rad morali smo izvršiti dijagnostiku i ispitivanje prekidača kako bismo bili sigurni da je prekidač spreman za pogon.

1 OPIS POSTROJENJA TRANSFORMATORSKE STANICE BANOVIĆI

Kompanija "Elektroprenos – Elektroprijenos BiH" a.d. Banja Luka bavi se prenosom električne energije i svim djelatnostima u vezi sa prenosom električne energije, koje uključuju, ali se ne ograničavaju na prenos električne energije, održavanje, izgradnju i proširenje elektroprenosne mreže u Bosni i Hercegovini. Kompanija je podijeljena na četiri Operativna područja (OP) i to: OP Tuzla, OP Sarajevo, OP Mostar i OP Banja Luka. Svako operativno područje u svom sastavu ima dvije ili više terenskih jedinica. Operativno područje Tuzla se dijeli na dvije terenske jedinice i to: Terenska jedinica Tuzla i Terenska jedinica Doboj. Terenska jedinica Tuzla u svom sastavu ima 23 transformatorske stanice (TS) različitih naponskih nivoa, od 6 kV do 400 kV.

TS Banovići 110/35/6 kV je prvenstveno izgrađena kao transformatorska stanica za napajanje rudarskih postrojenja u Rudniku mrkog uglja Banovići. Transformatorska stanica se uklapa u sistem putem jednog dalekovoda 110 kV. Ima dva transformatora 110/35/6 kV, svaki instalisane snage 31,5 MVA. Srednjenaponsko postrojenje se sastoji od tri dalekovoda (DV) 35 kV sa svim elementima polja vanjske montaže, i jednim sistemom sabirnica, dok je 6 kV postrojenje unutrašnje montaže također sa jednim sistemom sabirnica. Dalekovodi i kablovski odvodi koji se napajaju iz ove TS skloni su ispadima, tako da ovi prekidači rade u vrlo teškim uslovima. Istovremeno, zbog zahtjeva ispunjenja proizvodnje, potrebe za stalnim napajanjem rudničkih mašina, vrlo je teško dobiti dozvole za isključenja ovih odvoda i za potrebe redovne godišnje revizije. Za višednevne zastoje radi zamjene nekog dijela kablovskih odvoda, dozvole je još teže dobiti. Zbog gore navedenih uslova česte su situacije da se ekipe Službe za održavanje rasklopnih postrojenja za sanaciju kvara šalju na teren u svako doba dana i noći, kako bi se što prije uspostavilo redovno napajanje potrošača.

U dalekovodnom polju DV 35 kV Grivice bio je postavljen malouljni prekidač 35 kV vanjske ugradnje, koji je ugrađen prilikom izgradnje ove TS. Prekidač je proizveden 1983. godine koji je sa manjim problemima radio više od 42 godine.

Izgled prekidača i natpisna pločica prikazani su na Slici 1.



a)



b)

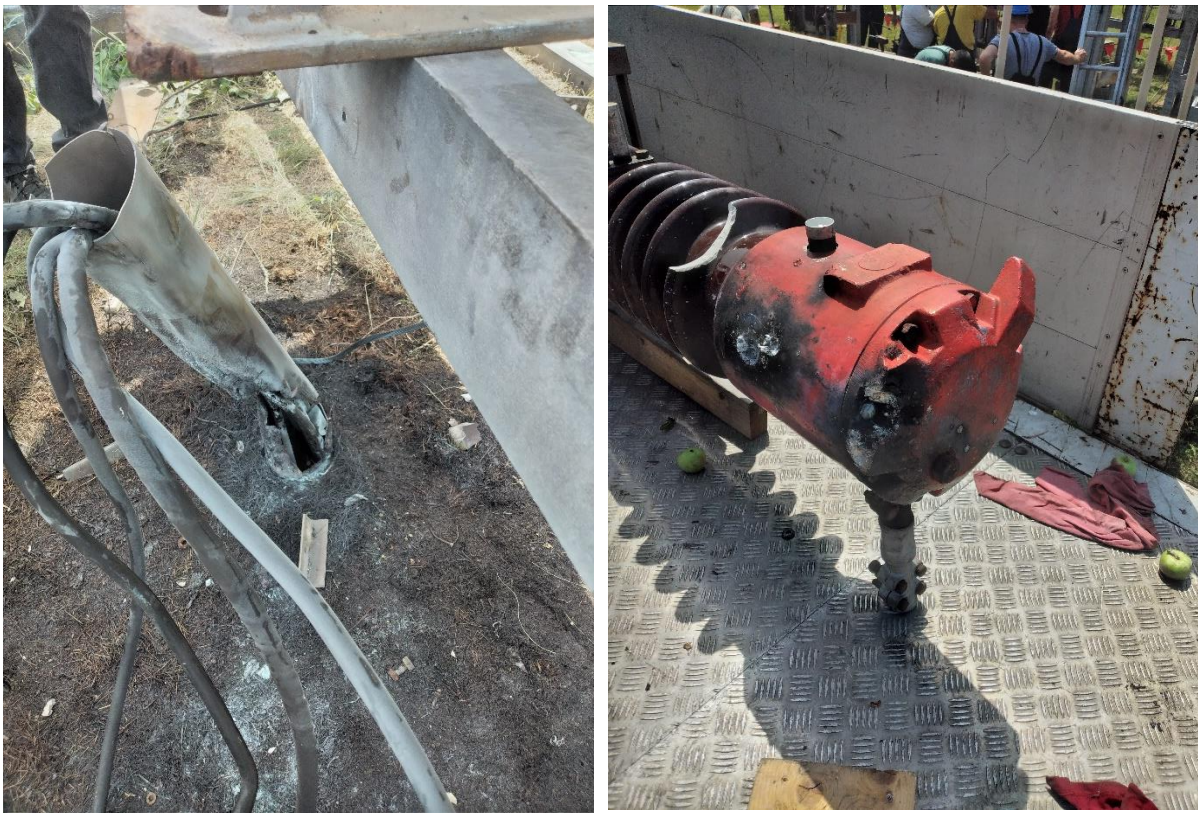
Slika 1: a) izgled malouljnog prekidača 35 kV; b) natpisna pločica malouljnog prekidača 35 kV

2 KVAR PREKIDAČA NA DV 35 KV GRIVICE

Dispečerski centar OP Tuzla je na SCADA sistemu 16.6.2025. godine u 2.43 sata registrovao ispad DV 35 kV Grivice djelovanjem prekostrujne zaštite. Ispad dalekovoda također je uzrokovao i ispad 110 kV i 35 kV strane transformatora T2 110/35/6 kV koji je bio u pogonu. Prema predviđenim procedurama, telefonskim putem je kontaktiran dežurni električar u TS kako bi obišao postrojenje i izvršio vizuelni pregled, utvrdio eventualna oštećenja opreme i pokušao utvrditi razloge ispada. Obilaskom postrojenja dežurni električar je uočio oštećenja (paljevinu) na gornjim prekidnim elementima prekidača, na sva tri pola, u DV polju 35 kV Grivice, te vidljive tragove gorenja komandno-signalnih kablova. S obzirom da se radi o radijalnom dalekovodu, važnosti konzuma itd., odmah su kontaktirane odgovorne osobe u lancu upravljanja, te je već u 4.00 sata formirana ekipa Službe za održavanje rasklopnih postrojenja koja je upućena u TS na utvrđivanje stanja i uspostavljanja ponovnog napajanja.

Ekipa na terenu je samo mogla konstatovati da je došlo da havarije prekidača i da su po cijelom prekidaču vidljivi tragovi električnog pražnjenja. Prema riječima dežurnog električara došlo je do pojave otvorenog plamena i zapaljenja trave i zemljišta oko konstrukcije prekidača, i bili su vidljivi tragovi gorenja na komandno-signalnim kablovima. Jedina opcija koja je bila moguća u datom trenutku bila je zamjena havarisanog prekidača drugim prekidačem. S obzirom da se

radi o velikom i zahtjevnom poslu, moralo se sačekati sa proširenjem ekipa za izvođenje radova, dolazak specijaliziranog vozila sa dizalicom, itd.



Slika 2: a) tragovi gorenja na komandno-signalnim kablovima prekidača b) oštećenja vidljiva na polu prekidača



Slika 3: demontirani polovi malouljnog prekidača 35 kV

Prilikom rekonstrukcije TS 110/35/6 kV Tuzla 5 demontirani su vakuumski prekidači 35 kV, koji su bili planirani za postavljanje u TS Banovići. Dopremljeni su u TS, propisno zaštićeni i čekali su povoljan trenutak za zamjenu. Prekidači konstrukcijski i veličinom ne odgovaraju ranijim prekidačima, tako da se morala raditi promjena konstrukcije postolja prekidača.



*Slika 4:*Montaža vakuumskog prekidača 35 kV

S obzirom da se radi o različitim dimenzijama prekidača (visina i širina) potrebno je bilo izvršiti i korekciju primarnih veza između prekidača i sabirničkog rastavljača i prekidača i strujnog mjernog transformatora. Uposlenici Službe za mjerno-relejnu tehniku i pomoćne napone i Službe za rasklopna postrojenja izvršili su sekundarno spajanje prekidača i komandno-signalnih kablova i prekidač je bio spreman za pogon.

3 ISPITIVANJE PREKIDAČA

3.1 Instrument za analizu prekidača

Prije puštanja dalekovoda u pogon i uključenja prekidača potrebno je bilo izvršiti funkcionalno ispitivanje prekidača, kako bi se utvrdilo da li prekidač ispunjava potrebne parametre koji su potrebni za njegov ispravan rad.

Instrument je dizajniran za procjenu stanja visokonaponskih i srednjenaponskih prekidača u elektroenergetskim i industrijskim postrojenjima i u sebi ima instaliran softver za prikupljanje i analizu dobivenih rezultata.

Oblast primjene je:

- istovremeno mjerenje vremena do ukupno šest glavnih kontakata (prekidači sa četiri prekidna mjesta po fazi) i šest kontakata uklopnih otpornika (ukoliko su prisutni u prekidaču);

- mjerenje sinhronizacije između polova prekidača;
- istovremeno mjerenje vremena do šest pomoćnih kontakata;
- mjerenje otpora uklopnih otpornika prekidača (ukoliko su prisutni u prekidaču);
- mjerenje struje kalema prekidača, istovremeno za četiri kalema;,
- mjerenje vrijednosti napona baterije podstanice preko analognih kanala;
- mjerenje hoda glavnih kontakata prekidača, mjerenje odskoka glavnog kontakta pri zaustavljanju, mjerenje drugog odskoka (odbijanja) pri zaustavljanju, prodor pokretnog kontakta u nepokretni kontakt, mjerenje srednje brzine glavnih kontakata prekidača;
- test „prvog isključenja";
- mjerenje kontaktnog otpora glavnih kontakata;
- mjerenje dinamičkog otpora glavnih kontakata, [2].



Slika 5: Instrument za analizu prekidača

Ispitivanje prekidača se vrši u beznaponskom stanju, pri čemu se obje strane prekidača moraju uzemljiti. Instrument se spaja na glavne kontakte polova prekidača i na komandne krugove na pogonu prekidača. Zavisno od vrste prekidača, proizvođača prekidača, različiti su kontakti na koje se instrument spaja. Mjesto spajanje instrumenta, odnosno kontakti za upravljanje uklopnim stanjima prekidača se određuje sa šeme vezivanja prekidača. Nakon što se izvrši spajanje instrumenta sa prekidačem potrebno je pomoću instrumenta uključiti prekidač, te se može pristupiti ispitivanju.

3.2 Prezentacija dobivenih rezultata mjerenja

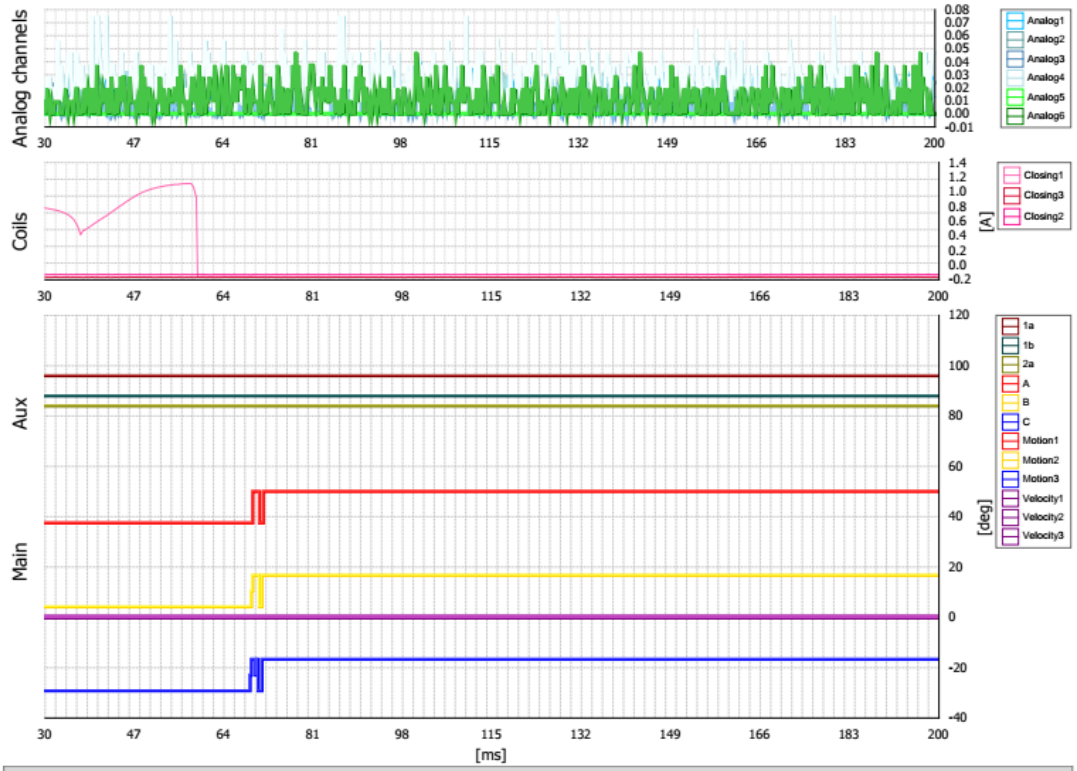
Vrijeme uklopa prekidača predstavlja vrijeme koje protekne od trenutka kada prekidač primi komandu za uklop (close) do trenutka kada se glavni kontakti prekidača zaista zatvore i uspostave električni spoj.
Drugim riječima, to je dinamičko vrijeme reakcije prekidača pri zatvaranju, i uključuje:

1. vrijeme elektromagnetskog/mehaničkog odziva (pokretanje pogonskog mehanizma);
2. vrijeme kretanja pokretnih kontakata do dodira sa nepokretnim;
3. stvarno uspostavljanje strujnog toka (kontakti zatvoreni – prekidač uklopljen).

Vrijeme uklopa je bitno za:

- selektivnost zaštite;
- sinkronizaciju (npr. kod generatora);
- analize pogonskih događaja i snimaka relejne zaštite;,
- procjenu mehaničkog stanja prekidača.

Vrijeme uklopa je različito zavisno od tipa i vrste prekidača, zavisno od medija za gašenje električnog luka. Za ugrađeni prekidač u tehničkoj dokumentaciji definisano je vrijeme uklopa je 75 ± 10 ms, [3].
Nakon provedenog mjerenja dobiveni su rezultati:



Main contacts timing					
Designation	**Min**	**Max**	**Value**	**Unit**	**Pass/Check**
Close time(tc)	0	0	69.375	ms	-
Close time sync(dtc)	0	0	0.3	ms	-

Closing time					
Designation	**Min**	**Max**	**Value**	**Unit**	**Pass/Check**
Close time - A	0	0	69.375	ms	-
Close time - B	0	0	69.3	ms	-
Close time - C	0	0	69.075	ms	-

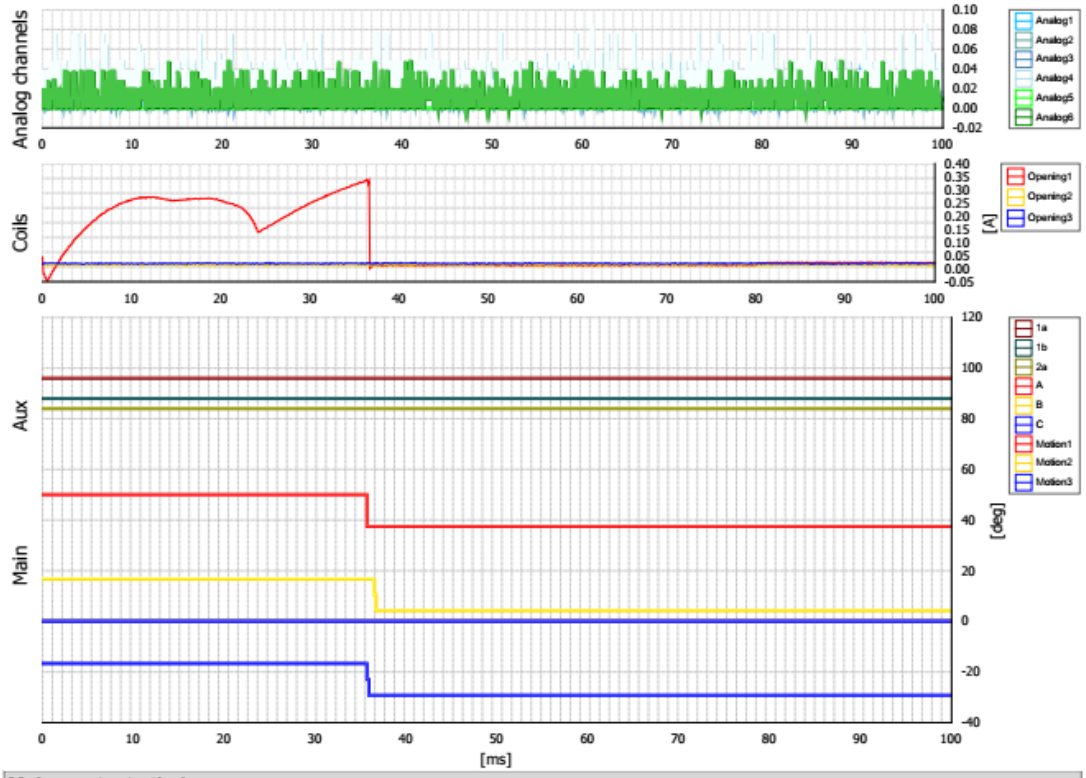
Slika 6: Rezultati mjerenja vremena uklopa vakuumskog prekidača 35 kV

Ugrađeni prekidač zadovoljava parametre za vrijeme uklopa prekidača.
Vrijeme isklopa prekidača (opening time) je vrijeme koje protekne od trenutka kada prekidač primi komandu za isklop (otvaranje) do trenutka kada se kontakti svih polova razdvoje i prekidač prekine strujni tok. Ovo je jedan od najvažnijih mehaničkih parametara prekidača jer direktno utiče na brzinu uklanjanja kvara u elektroenergetskom sistemu.
Brže vrijeme isklopa znači:

- brže isključenje kvara;
- manje termičko i dinamičko opterećenje opreme;
- manji rizik oštećenja sistema.

Za ugrađeni prekidač u tehničkoj dokumentaciji definisano je vrijeme uklopa je 45 ± 10 ms, [3].

Nakon provedenog mjerenja dobiveni su rezultati:



Main contacts timing					
Designation	**Min**	**Max**	**Value**	**Unit**	**Pass/Check**
Open time(to)	0	0	36.55	ms	-
Open time sync(dto)	0	0	0.9	ms	-

Opening time					
Designation	**Min**	**Max**	**Value**	**Unit**	**Pass/Check**
Opening time - A	0	0	35.65	ms	-
Opening time - B	0	0	36.55	ms	-
Opening time - C	0	0	35.775	ms	-

Slika 7: Rezultati mjerenja vremena isklopa vakuumskog prekidača 35 kV

Ugrađeni prekidač zadovoljava parametre za vrijeme isklopa prekidača.

Pored mjerenja vremena uklopa i isklopa, pomoću instrumenta smo mjerili i vrijednosti statičkog otpora za sva tri pola prekidača.
Statički otpor prekidača (poznat i kao kontaktni otpor, static contact resistance – SCR) predstavlja otpor koji kontakti prekidača imaju u stabilnom, mirnom, zatvorenom položaju, bez strujanja luka i bez mehaničkog pomjeranja. To je osnovni parametar za procjenu kvaliteta i stanja kontaktnih površina u prekidaču.

Statički kontaktni otpor pokazuje:
- stanje kontaktnih površina (erozija, oksidacija, oštećenja);
- stanje kompenzacionog opružnog sistema;
- kvalitet zatvaranja;
- pravilno podešen kontaktni pritisak.

Povećan otpor znači:
- veći gubici;
- veće zagrijavanje;,
- rizik od topljenja kontakata.

Mjerenje se vrši na taj način da kroz zatvorene kontakte prekidača, instrument injektira testnu struju od 100 A pri čemu instrument mjeri vrijednost statičkog otpora.

Vrijednosti statičkog otpora u tehničkoj dokumentaciji je od 30 – 120 μΩ, [3].

Dobijene vrijednosti nakon izvršenog mjerenja prikazane su u Tabeli I.

Tabela I: Izmjerene vrijednosti statičkog otpora vakuumskog prekidača 35 kV

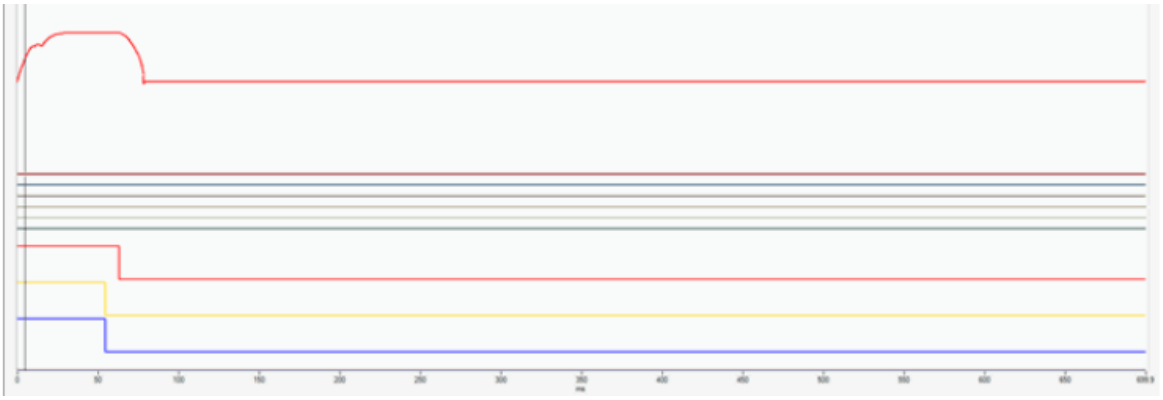
TMSO (Test mjerenja statičkog otpora)				
Prekidni element	Testna struja [A]	Ukupna struja [A]	Napon [mV]	Otpor [μΩ]
A	100	0	4,262	42,6
B	100	0	5,6975	57
C	100	0	5,63	56,3

Iz gore dobivenih rezultata lako je zaključiti da prekidač zadovoljava predviđene parametre.

3.2.1 Poređenje rezultata različitih vrsta prekidača u istom DV polju

S obzirom da je u istom DV polju ranije već vršeno ispitivanje prekidača koji je doživio havariju, mogli smo izvršiti kraće poređenje glavnih parametara koje smo naveli u gornjem dijelu rada. Ranije je u ovom DV polju bio ugrađen malouljni prekidač. Ispitivanje je vršeno istim instrumentom, s tim što je u međuvremenu izvršen upgrade softvera pa prikazani rezultati imaju drugačiji vizuelni izgled.

Vrijeme isklopa malouljnog prekidača prikazano je na slici:



Main contact opening time [ms]	
A	63.1
B	54.5
C	54.7
Breaker opening time	63.1
Breaker sync time	8.6

Slika 8: Rezultati mjerenja vremena uklopa malouljnog prekidača 35 kV

Upoređujući vrijeme isklopa prekidača da se zaključiti da je vrijeme isklopa vakuumskog prekidača daleko kraće, 36,55 ms, u odnosu na 63,1 ms malouljnog prekidača. Vrijeme sinhronizacije je 0,9 ms kod vakuumskih, u odnosu na 8,6 ms kod malouljnih prekidača. Više je nego očito da su vremena, kao najvažnije osobine prekidača, puno manja, što znači bolju zaštitu polja u kojem se prekidač nalazi.
Izmjerene vrijednosti statičkog otpora malouljnog prekidača prikazane su u Tabeli II.

Tabela II: Izmjerene vrijednosti statičkog otpora malouljnog prekidača 35 kV

TMSO (Test mjerenja statičkog otpora)				
Prekidni element	Testna struja [A]	Ukupna struja [A]	Napon [mV]	Otpor [μΩ]
A	100	0	7,2521	72,5
B	100	0	8,8815	88,8
C	100	0	11,6632	116,6

Usporedne vrijednosti statičkog otpora vakuumskog i malouljnog prekidača prikazane su u Tabeli III.

Tabela III: Poređenje vrijednosti statičkog otpora vakuumskog prekidača i malouljnog prekidača 35 kV

TMSO (Test mjerenja statičkog otpora) [μΩ]		
Prekidni element	Vakuumski prekidač	Malouljni prekidač
A	42,6	72,5
B	57	88,8
C	56,3	116,6

Evidentna je razlika u veličini statičkog otpora te su neke vrijednosti više nego dva puta veće kod malouljnog prekidača. Ovo je primjer zbog čega su u nekom trenutku proizvodnje i

primjene vakuumski prekidači počeli mijenjati malouljne prekidače. Pored poboljšanih električnih osobina još je niz drugih karakteristika koje su dovele do napuštanja ulja kao medija za gašenje električnog luka i upotrebe vakuuma. Neke od prednosti su navedene u nastavku.

- **Veća pouzdanost i duži vijek trajanja.** Vakuumski prekidači imaju minimalno mehaničko trošenje jer se gašenje luka odvija u vakuumu. Kontakti trpe mnogo manju eroziju u odnosu na uljne prekidače. Vakuumski prekidači dostižu i 20.000–30.000 manipulacija prije generalnog servisa, što je višestruko više od malouljnih prekidača.
- **Minimalno održavanje.** Medij za gašenje luka se ne mora mijenjati, analizirati niti mijenjati. Servisni intervali su znatno duži, a sam servis jednostavniji.
- **Visoki nivo sigurnosti.** Vakuum nije zapaljiv, za razliku od ulja. Samim tim se smanjuje rizik od eksplozija, požara i curenja ulja. Udarni pritisci pri prekidu luka su manji nego kod ulja.
- **Brže gašenje električnog luka.** Vakuum ima puno bolja izolaciona i dielektrična svojstva u odnosu na ulje.
- **Ekološke prednosti.** Nema opasnog otpada (ulje kontaminirano produktima gašenja luka), niti mogućnosti kontaminacije okoline usljed curenja.
- **Kompaktnije i lakše izvedbe.** Vakuumski prekidači imaju manje dimenzije, kompaktniji izgled što ih čini pogodnijim za modularne transformatorske stanice, rudnike uglja, kompaktna rasklopna postrojenja, industrijska postrojenja itd.
- **Stabilnost izolacije i manje degradacije.** Vakuum ne stari i ne mijenja dielektrična svojstva tokom vremena. U ulju dolazi do degradacije, stvaranja plinova, vlaženja, snižavanja dielektrične čvrstoće.

4 ZAKLJUČAK

Veliki sistemi i preduzeća u državnom vlasništvu dužna su da posluju prema zakonima o javnim nabavkama, te da na transparentan način provode postupke javnih nabavki. Međutim, ovo u praksi znači da se procesi javnih nabavki provode jako dug vremenski period, a vrlo često se ponavljaju i po nekoliko puta. Sa druge strane imate obavezu da korisniku isporučite električnu energiju bez prekida, ili da ti prekidi traju što manje. Kada se dogode teži kvarovi koji imaju za posljedicu fatalne kvarove dijela opreme, onda su ta preduzeća prinuđena u što kraćem roku tražiti alternativna rješenja. Ta alternativna rješenja zahtijevaju obučen i stručan kadar koji je spreman u najkraćem roku pronaći ideju za problem i u praksi pretočiti ideju u funkcionalno rješenje. Sa druge strane, ugrađena oprema mora da ispunjava standardima predviđene norme i parametre, i da krajnjem korisniku omogući sigurno i kvalitetno napajanje.

LITERATURA

[1] R. Nuhanović , A. Kikanović, „Dijagnostika i praćenje parametara stanja VN prekidača mjerenjem dinamičkog otpora“, 17. Savjetovanje BiH K/O CIGRE, Neum 2025. godine, R.A3.04
[2] Analizator elektroenergetskih prekidača CAT60 – II serija, Uputstvo za korištenje, IBEKO POWER AB 2014, Sweden
[3] Outdoor live tank vacuum circuit breaker Type OVB-VBF for 24/36/40.5 kV Product brochure, ABB, 2011.