

# Ispitivanje prekidača u elektroenergetskim postrojenjima

---

**Cvjetoević, Zoran**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:843241>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU FAKULTET  
ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**ISPITIVANJE PREKIDAČA U ELEKTROENERGETSKIM  
POSTROJENJIMA**

**Završni rad**

**Zoran Cvjetojević**

**Osijek, 2020.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 03.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Zoran Cvjetojević
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	A 4428, 16.09.2019.
<b>OIB studenta:</b>	30251700677
<b>Mentor:</b>	Dr.sc. Venco Čorluka
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Dr.sc. Venco Čorluka
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Mr.sc. Dražen Dorić
<b>Naslov završnog rada:</b>	Ispitivanje prekidača u elektroenergetskim postrojenjima
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada</b>	
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	03.09.2020.
<i>Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:</i>	Potpis: 
	Datum: 18.9.2020.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 10.09.2020.

Ime i prezime studenta:	Zoran Cvjetojević
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4428, 16.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	6%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Ispitivanje prekidača u elektroenergetskim postrojenjima**

izrađen pod vodstvom mentora Dr.sc. Venco Ćorluka

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
2. PREKIDAČ .....	2
2.1. Osnovno o prekidaču .....	2
2.2. Vrste prekidača .....	3
2.2.1. Prekidači na zrak / plin.....	4
2.2.2. Prekidači na vakuum.....	6
2.2.3. Prekidači na ulje.....	7
2.3. Glavni tipovi prekidača.....	8
2.4. Područje primjene prekidača .....	12
3. ZAŠTO ISPITIVATI PREKIDAČE ? .....	17
4. ISPITIVANJE PREKIDAČA .....	19
4.1. Sigurnost.....	20
4.2. Stavke koje treba testirati.....	23
4.3. Metode ispitivanja i parametri .....	23
5. ZAKLJUČAK .....	33
6. LITERATURA.....	34

## **1. UVOD**

Jedna od najvažnijih komponenti u modernim elektroenergetskim sustavima su prekidači. Oni moraju raditi u ekstremno malim tolerancijama kada se u mreži otkrije smetnja radi zaštite osjetljivih i skupih komponenti kao što su transformatori. Prekidači moraju djelovati nakon nekoliko mjeseci ili čak nekoliko godina neaktivnosti. Radi sigurnosti ispravnih funkcija i optimizacije pouzdanosti mreže, potrebni su pouzdani i učinkoviti instrumenti i metode ispitivanja.

### **1.1. Zadatak završnog rada**

U ovom radu potrebno je opisati rad prekidača, navesti njihove vrste, tipove, njihovo ispitivanje i metode ispitivanja. Detaljnije opisati metode ispitivanja i njihovu svrhu.

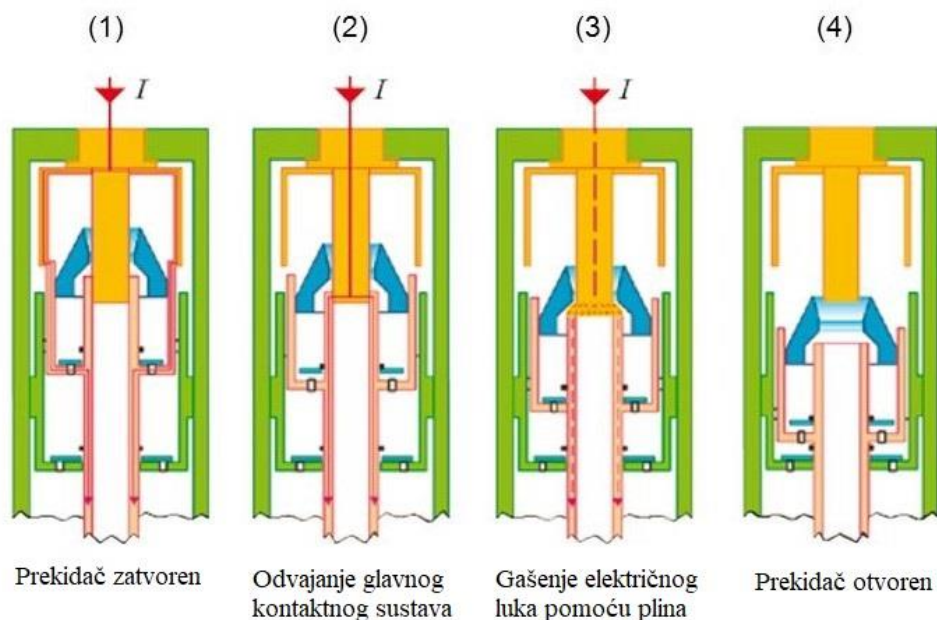
## 2. PREKIDAČ

### 2.1. Osnovno o prekidaču

Prekidač je mehanički sklopni aparat čija je osnovna funkcija da uklapa, vodi i prekida struju normalnog pogona, te uklapa, vodi određeni dio i prekida struju kratkog spoja. Sa tom funkcijom prekidač čini dio zaštite glavnih komponenti mreže, transformatora i vodova. Većina sklopnih operacija prekidača su normalna opterećenja.

Odmah nakon što zaštitni relej otkrije grešku, šalje se impuls u upravljački mehanizam prekidača, potom prekidač mora funkcionirati kao što je specificirano te prekinuti struju što je prije moguće u suprotnom dolazi do velikih oštećenja. Takva velika oštećenja mogu koštati do nekoliko milijuna eura. Testiranjem i kalibriranjem pojedinačnih elemenata prekidača u redovitim intervalima poboljšavamo sigurnost funkcionalnosti prekidača. Vremenski intervali održavanja uveliko se razlikuju od elektroenergetskih usluga, ali se često temelje na vremenu od posljednjeg ispitivanja, broju operacija ili ozbiljnosti pogona u tijeku. Vremenski faktori kao što su vlažnost i temperatura, ako se prekidač nalazi u pustinji ili obalnom području također igraju bitnu ulogu u intervalu održavanja. Mehaničko trošenje i podmazivanje često utječu na performanse prekidača, tako da je u mogućnosti kretati kritične parametre prekidača i uspoređivati se s tvorničkim pragom, čime se provjerava ispravna funkcija prekidača.

SF6 prekidači imaju dva kontaktna sustava, glavni kontaktni sustav i kontaktni sustav za iskrenje. Glavni kontakti provode normalne radne struje, a kontakti za iskrenje koriste se za odspajanje tereta s glavnih kontakata kada se prekidač otvori i zatvori. Kontakti za iskrenje štite glavne kontakte da ne izgore zbog velike struje.



Sl.2.1. Prikaz funkcioniranja SF6 prekidača

Na slici 2.1. vidimo shematski prikaz gašenja električnog luka u SF6 prekidačima. Pod (1) vidimo da su svi kontakti spojeni te njima teče normalna pogonska struja. Prilikom naglog porasta struje (2) klizni cilindar se pomiče prema dolje te razdvaja glavni kontaktni sustav. Pomicanjem kliznog cilindra prema dolje otvaraju se bočni otvori kroz koje dolazi plin SF6 na područje električnog luka (3) i vrlo brzo ga gasi. Pod (4) vidimo da je električni luk ugašen te je prekidač spreman za povratak u zatvoreno stanje.

## 2.2. Vrste prekidača

Prekidače uglavnom dijelimo na tri skupine ovisno o mediju koji izolira kontakte prekidača:

- Zrak / plin
  - ACB
  - Zračni mlaz
  - SF6
- Vakuumski
- Ulje
  - Prekidač s velikim sadržajem ulja
  - Malouljni prekidač



Trafostanice su često izgrađene kao sklopni uređaji sa zračnom izolacijom (AIS), koristeći otvoreni zrak kao izolacijski medij između različitih faza i uređaja.

**GIS (Gas Insulated Switchgear)** odnosno plinom izolirane sklopke su projektirane i montirane kombinacijom standardiziranih funkcijskih modula kao što su rastavljači, prekidači, sklopke, naponski i strujni transformatori i dodatni moduli. Glavna prednost takve instalacije je smanjenje potrebnog prostora u odnosu na trafostanice izolirane zrakom. Održavanje i ispitivanje obično je duže u odnosu na AIS.

### **2.2.1. Prekidači na zrak / plin**

- **Zračni prekidači (ACB – Air Circuit Breaker)**

Mogu se koristiti i kao prekidači niskonaponskih distribucijskih sustava te za zaštitu električne opreme u objektima i industriji.

Njihovo uobičajeno načelo prekidanja električnog luka je korištenje magnetskog polja, dobiveno strujom kroz ACB, koja gura luk prema izolacijskim lamelama. Luk ide dalje između lamela sve dok ne prekorači udaljenost za održavanje luka, nakon čega se on gasi.

- **Zračni mlaz**

Tokom 1930-ih zračni prekidači su ušli u upotrebu i postali zajednički prekidači na visokonaponskim i vrlo visokim naponima. Konstrukcije su bile pouzdane i robusne, ali i bučne.

Zrak se komprimira u spremniku do 14 bara. Kontakti se otvaraju zračnim strujanjem koje se stvara otvaranjem ventila zraka. Oslobađa se komprimirani zrak i usmjerava prema luku velikom brzinom. Taj zrak hladi električni luk i izbacuje proizvode, te samim tim povećava dielektričnu čvrstoću medija između kontakata i sprječava ponovno uspostavljanje luka. Luk se gasi i struja se prekida.



Sl.2.2. Zračni prekidač „C&S Winmaster 2“

- **SF6**

Sumporni heksafluorid (SF6) je inerten, teški plin sa dobrim svojstvom dielektričnosti, te samim tim gašenja električnog luka. Porastom tlaka raste i dielektrična čvrstoća plina. SF6 je elektro-negativni plin pa se slobodni elektroni privlače plinu te više nisu slobodni za kretanje. Posljedica te karakteristike je vrlo visoka dielektrična čvrstoća.

Prilikom iskrenja dolazi do moguće proizvodnje niza više ili manje toksičnih nusproizvoda raspadanja koji postavljaju visoke zahtjeve za recikliranje i odlaganje plina.

Sumporni heksafluoridni osigurači manje troše glavne kontakte od prekidača na ulje i zrak. Prilikom nastanka električnog luka, SF6 prekidači prekidaju isti tako što ga hlade pomoću puhanja plina s visokim tlakom prema kontaktima za iskrenje. Postoje dvije glavne vrste: puhaljka i samopaljenje. Tip sa puhaljkom stvara tlak plina pomoću klipne pumpe, dok samopaljenje koristi prednost tlaka već stvorenog toplinom iz luka. Prednost tipa puhaljke je dobro svojstvo prekidanja za sve veličine struja, a nedostatak je u tome što zahtjeva više mehaničke slike za rad, što zahtjeva veći radni mehanizam. Prednost samopaljenja je u tome što zahtjeva rad do 50% manje energije od puhaljka prekidača, ali je nedostatak u tome što ima lošija svojstva prekidanja električnog luka.



Sl.2.3. SF6 prekidač

### **2.2.2. Prekidači na vakuum**

Vakuumski prekidači se koriste za napone do 70kV. Izolacijski razmak je manji nego u ostalim prekidačima zbog toga što nema plina za ioniziranje da oblikuje luk. Taj razmak je između 11-17 mm između ploča. Obično postoji jedan prekid po fazi, ali mogu postojati dva prekida u nizu.

Kontaktne ploče su oblikovane da provode struju na način koji stvara magnetsko polje koje uzrokuje rotaciju i gašenje luka. Prednost rotirajućeg luka je ravnomjerna raspodjela topline i ravnomjerno trošenje kontakata. Ostale prednosti vakuumskih prekidača su njihov relativno dug radni vijek i relativno mali utjecaj na okoliš jer su projektirani bez otrovnih plinova i sa relativno malo komponenti. Vakuumski prekidači, kao i SF6 prekidači, trpe manje trošenja glavnih kontakata od prekidača na zrak i ulje.



Sl.2.4. Presjek i komponente vakuumskog prekidača

### 2.2.3. Prekidači na ulje

- **Prekidač s velikim sadržajem ulja**

Prekid električnog luka odvija se u spremniku za ulje. Zadaća ulja je da hladi i gasi luk i također služi kao izolacija. Glavna mana ove vrste prekidača je u tome što zahtjeva dosta održavanja na glavnim kontaktima. Koristi se uglavnom na razini distribucije.

- **Malouljni prekidač**

Glavna razlika u odnosu na prekidače s velikim sadržajem ulja je u tome što malouljni prekidači koriste znatno manju količinu ulja i rade puno brže. Koriste se u prijenosu i trafostanicama.



Sl.2.5. Uljni prekidači (lijevo-sa velikim sadržajem ulja, desno-malouljni)

### 2.3. Glavni tipovi prekidača

- **Mrtav-spremnik (Dead-tank)**

Kod tehnologije mrtvog spremnika komora za prekidač smještena je u uzemljenom metalnom kućištu. S ovom konstrukcijom, plinsko SF6 punjenje spremnika izolira dijelove kontaktnog sklopa koji se nalazi pod visokim naponom od kućišta. Vanjski provodnici povezuju komoru prekidača s visokonaponskim stezaljkama.

Zbog ovakve konstrukcije dobivamo povećani rizik od unutarnjeg zemljospoja ili kratkog spoja unutar spremnika te se taj rizik ne može zanemariti. Rješenje toga dobivamo pomoću čahura koje su spojene na obje strane spremnika, obično su opremljene strujnim transduktorima koji su dalje povezani s zaštitnim relejima. Zaštitni prekidač mrtvog spremnika ima prednost u slučaju potresa.



Sl.2.6. Dead-tank prekidač

- **Živi-spremnik (Live-tank)**

Prekidna komora kod live-tank prekidača je izolirana od zemlje izolatorom koji može biti ili od porculana ili od kompozitnog materijala, te ima veliki potencijal. Razina napona određuje duljinu izolatora za komoru prekidača i izolacijski stupac.

Kod ovog tipa prekidača ne može doći do struje kvara između prekidača i kućišta, stoga je potreban samo jedan strujni transformator po sklopu polova. Također, live-tank prekidači koriste komparativno male odjeljke za plin, što daje prednost niske količine plina pa se tako smanjuje količina radova održavanja plina.





Sl.2.7. Live-tank prekidač

- **Prekidač za isključivanje (DCB – eng. Disconnecting Circuit Breaker)**

DCB prekidač zamjenjuje uobičajenu kombinaciju prekidača i odvojenog rastavljača. Funkcija odvajanja integrirana je u komori za prekidanje.

Konstrukcija prekidača za isključivanje je obično ista kao kod standardnog prekidača osim što se koristi više klasa napona, te postoji uređaj za mehaničko zaključavanje prekidača u otvorenom položaju. Prednost takvog prekidača je eliminacija odvojenog prekidača i rastavljača, što samim time smanjuje veličinu trafostanice. Međutim, nedostatak toga je što prilikom održavanja cijela se sabirnica mora isključiti iz upotrebe.



Sl.2.8. DCB prekidač

- **Niskonaponski prekidač**

Tipovi niskonaponskih prekidača su uobičajeni u domaćim, komercijalnim i industrijskim primjenama do 1000V (AC).

Prekidač od lijevanog kućišta (MCCB) može se naći do 2500A. Takvi prekidači su upravljani termički ili termičko-magnetski. Često su ugrađeni u kućišta za izvlačenje koja omogućuju uklanjanje i izmjenu bez demontaže postrojenja. Postoji mogućnost daljinskog upravljanja preko električnih motora kod nekih velikih MCCB prekidača.





Sl.2.9. Niskonaponski prekidač (MCCB)

## 2.4. Područje primjene prekidača

Ovisno o njegovoj primjeni u mreži, vijek trajanja prekidača se razlikuje. Primjerice, linijski prekidači rade rijetko i imaju duži vijek trajanja nego npr. prekidači za kondenzatorske baterije koji rade normalno dva puta dnevno.

Primjena:

- Transformatorski
- Generatorski
- Visokonaponski prekidači:
  - Reaktorski
  - Kondenzatorski
  - VN istosmjerni prekidači
- Distribucijski prekidači:
  - Prekidač rastavljač
  - Trakcijski
  - Industrijski

- **Transformatorski**

U podstanici postoji prekidač koji se nalazi na svakoj strani transformatora.



Sl.2.10 Transformatorski prekidač

- **Generatorski**

Karakteristike generatorskog prekidača moraju biti bolje od linijskog prekidača. Pozicioniranje generatorskog prekidača između generatora i uzlaznog transformatora, gdje njegova učinkovitost izravno utječe na izlaz postrojenja, postavlja vrlo visoke zahtjeve na njegovu pouzdanost.



Sl.2.11 Generatorski prekidač

- **Visokonaponski prekidači**

Visokonaponski prekidači kontroliraju i štite mreže za prijenos električne energije. Definicija visokog napona varira, ali u kontekstu prijenosa snage obično se kaže da je napon preko 72kV visoki. Oni se upravljaju preko zaštitnih releja sa sensorima kroz strujne i naponske transformatore.

### **(Visokonaponski) Reaktorski**

Deenergiziranje reaktora rezultira vrlo jakim prijelaznim povratnim naponima preko kontakata visokonaponskog prekidača. Snažni prijelazni naponi oporavka uzrokovani su visokim frekvencijama oscilacija između induktivnosti reaktora i njegovog ekvivalentnog kapaciteta između terminala i zemlje. Zbog relativno malih uključenih reaktivnih struja, prekidači imaju tendenciju da prekidaju struje jalovog opterećenja pri vrlo malim kontaktnim razmacima, i obično tijekom cijepanja struje. Cijepanje struje nastaje kada je struja prijevremeno prisiljena na nulu zbog agresivnog prekida djelovanja prekidača. Kada je dielektrična čvrstoća prekidnog medija u malom rasporu kontakta premašena teškim kratkotrajnim povratnim naponom, prekidač će se ponovno upaliti i prekinuti na sljedećoj struji nula, obično na razini strujanja koja je veća od one pri početnom prekidu. Prenaponi preko reaktora i ozbiljnost prijelaznih napona oporavka preko

kontakata prekidača povećavaju se s povećanjem razine strujanja. Tako se stvaraju uvjeti koji mogu dovesti do kvara izolacije u reaktorima i neuspjeha prekidača.

### **(Visokonaponski) Kondenzatorski**

Kondenzatorski prekidači su pod većim opterećenjem od normalno dolazećih prekidača. Oni djeluju češće i prebacuju se s višim naponima prijelaza.

### **Visokonaponski istosmjerni prekidači**

Visokonaponski izmjenični prekidači isključuju luk pri prijelazu na nulu pri otvaranju i time otvaraju krug. Kod visokonaponskih istosmjerne struje nema prijelaza nule, što znači da nije moguće primijeniti konvencionalne prekidače za zaštitu vodova. Smetnje na liniji se mogu očistiti, umjesto da se aktivira prekidač, kontrolirajući napon na nulu iz HVDC pretvaračke stanice. Za potrebe održavanja podstanica, prekidači se koriste kao rastavljači, ali tek nakon što se struja smanji na nulu. Npr., na istosmjernoj liniji od 500kV, tri prekidača od 245kV mogu se prekinuti samo strujama od približno 50A.

- **Distribucijski prekidači**

Koriste se u distribucijskoj mreži do naponske razine do oko 70kV.

### **Prekidač-rastavljač (distribucijski)**

Uređaj prekidač-rastavljač je sposoban uklapati, voditi i prekidati nazivnu struju pod normalnim radnim uvjetima. Također je u mogućnosti nositi nazivnu struju kratkog spoja i pripadajuću vršnu struju za ograničeno vrijeme. Prekidač-rastavljač također zadovoljava zahtjev za izolacijsku udaljenost navedenu za rastavljač u otvorenom položaju.

## Trakcijski distribucijski prekidač

Nominalni napon varira od 600 do 25 kV. Prekidači djeluju često i moraju razdvojiti duže paljene lukove u 16 2/3 Hz mrežama. To utječe na vijek trajanja i intervale održavanja.

## Industrijski distribucijski prekidač

Prekidači visokog napona koriste se za različite industrijske svrhe, npr. veliki motori, peći i peći za taljenje.



S1.2.11. Industrijski vakuumski prekidač

### 3. ZAŠTO ISPITIVATI PREKIDAČE ?

#### Najvažniji razlozi za testiranje prekidača:

- Zaštita za skupu opremu i uređaje
- Spriječavanje ispada koji dovodi do gubitka prihoda
- Osiguravanje pouzdanosti opskrbe električnom energijom
- Spriječavanje zastoja i tame
- Provjera učinkovitosti prekidača

Ispitivanje prekidača važan je zadatak za svako elektrodistribucijsko poduzeće. Prekidači olakšavaju protok struje za vrijeme normalnog rada i prekidaju ga u slučaju kvara. Međutim, svi električno upravljani uređaji će prije ili kasnije doživjeti neku vrstu kvara. To se dešava zbog mnogih čimbenika kao što su starenje i vanjske pogreške. Kako se to ne bi dogodilo, elektroprivreda mora biti spremna i imati plan za rješavanje svake situacije.

Prekidači spadaju u mehanički sofisticirane uređaje koji zahtjevaju povremena podešavanja. Takva podešavanja može se odrediti vizualno i njima se može dati potrebna pažnja bez testiranja. Međutim, u većini slučajeva potrebno je provesti električna ispitivanja kako bi se utvrdilo što je uzrok stanja izvan tolerancije.

Visokonaponski prekidači u shemi prijenosa mogu se promatrati kao formiranje stabla počevši s proizvodnom stanicom, koja se širi prema prijenosnoj mreži, do distribucijske mreže i na kraju do potrošača.

Zadatak elektrodistribucijskog poduzeća je generirati energiju, prenositi i distribuirati s maksimalnom raspoloživošću. Pri tome je nužno držati gubitke na minimumu, a održava se i prihvatljiva razina kvalitete i sigurnosti električne energije. Sve to mora biti učinjeno na ekološki prihvatljiv način. Prekidači su izuzetno važni za funkcioniranje suvremenih elektroenergetskih sustava.

Prekidač je aktivna veza koja u konačnici ima ulogu brzog otvaranja primarnog kruga kada dođe do kvara. Često, prekidač mora izvršiti svoju dužnost u roku od nekoliko desetaka milisekundi, nakon mjeseci, možda godina neaktivnog stanja u krugu. Budući da su RCM (održavanje s pouzdanošću) i održavanje temeljeno na stanju postali ustaljena strategija za većinu vlasnika i

operatora sustava za isporuku električne energije, potreba za pouzdanim i točnim instrumentima za ispitivanje na terenu je jasna.

Uspostavljeni su zaštitni sustavi za otkrivanje svih električnih grešaka ili drugih neuobičajenih radnih uvjeta i koordinirani su za isključivanje najmanjeg dijela elektroenergetske mreže u slučaju kvara. Uz dobru konstrukciju sustava, trebalo bi biti moguće brzo vratiti normalan rad. Kada zaštitni relej otkrije grešku i na pogon mehanizma prekidača šalje se impuls greške, prekidač mora funkcionirati kako je specificirano i prekinuti struju što je prije moguće ili može doći do ozbiljnog oštećenja. Trošak štete uzrokovane neispravnim prekidačem ponekad može dosegnuti velike iznose.

Pravilno funkcioniranje prekidača ovisi o brojnim pojedinačnim komponentama koje je potrebno kalibrirati i testirati u redovitim intervalima. Okidač za intervale održavanja uvelike se razlikuje od elektroenergetskih usluga, ali intervali se često temelje na vremenu od posljednjeg ispitivanja, broju operacija ili ozbiljnosti operacija trenutnog kvara. Okolišna razmatranja kao što su vlažnost i temperatura, bez obzira na to nalazi li se prekidač u pustinji ili obalnom području, također igraju ulogu u programu održavanja.

Mehaničko trošenje i podmazivanje često utječu na učinak prekidača, tako da je moguće pratiti kritične parametre misije i usporediti ih s tvorničkim pragom kako bi se provjerila ispravna funkcija prekidača.

## 4. ISPITIVANJE PREKIDAČA

Ispitivanje je mjerenje i odlučivanje o valjanosti određenog kriterija. Prilikom ispitivanja potrebno je umjeriti mjerila, što znači da mjerila treba ispitati kako bi utvrdili odstupanja pokazivanja mjerila od dogovorene prave vrijednosti koju ostvaruje etalon.

Postoje više vrsti ispitivanja:

- Tipska
- Rutinska
- Ispitivanja na terenu
- Razvojna ispitivanja

Ovaj rad se bavi ispitivanjima na terenu. Ona se obično provode na već montiranom prekidaču te služe u svrsi potvrđivanja ispravnosti i funkcionalnosti prekidača.

Njih propisuje IEC standardi:

- IEC 60694 (1996)
- IEC 62271-100 (2001)
- IEC 62271-203 (2003)

Ispitivanja se provode po primjenjivim standardima, lokalnim propisima i najboljom praksom. Natpisna pločica i materijali s uputama su uvijek od koristi za testiranje. Sigurnosni aspekt je od velike važnosti – pazite da slijedite sve sigurnosne upute i propise. Prije testiranja uvijek vizualno provjerite ima li znakova oštećenja.

Pouzdanost je vrlo važan zahtjev za prekidače. Prekidač će nakon dužeg vremena neaktivnosti savršeno funkcionirati kada je to potrebno. Da biste to testirali, imate samo jednu šancu da napravite „prvi test“, opisan kasnije u ovom poglavlju.

Nazivni redoslijed rada (poznat i kao standardni radni ciklus) je specificirani slijed rada, koji će prekidač moći izvoditi na određenim vrijednostima. Proizvođač prekidača normalno određuje ove sekvence i odgovarajuća predviđena vremena, koja su definirana prema IEC 62271-100.

Glavne teme koje se obrađuju u ovom poglavlju su:

- Sigurnost
- Stavke koje treba testirati
- Metode ispitivanja i parametri



## 4.1. Sigurnost

Najbolji način za poboljšanje sigurnosti osoblja pri radu u trafostanici je povećanje udaljenosti između osoba i uređaja s naponom. Propisi i zakoni zahtijevaju da svi predmeti budu uzemljeni na obje strane prije bilo kakvih radova na održavanju. Za održavanje prekidača najosnovniji i najvažniji test, vrijeme glavnog kontakta, izvršava se bez osnovnih preduvjeta sigurnosti. Konvencionalna tehnologija jednostavno ne dopušta siguran način mjerenja vremena prekidača, ali sada je moguće testirati mnogo sigurnije pomoću tehnologije DualGround (DCM).

### Praksa u energetske poduzećima i proizvođačima instrumenata

Prije spajanja instrumenta na električnu utičnicu, spojite odvojeni kabel za uzemljenje na ispitno / radno uzemljenje i kada isključujete instrument, odvojite instrument od mrežne utičnice i posljednje isključite ispitnu / radnu podlogu.

Većina trafostanica ima zajednički sustav uzemljenja i ne treba poduzimati dodatne radnje. U podstanicama koje imaju zasebne sustave uzemljenja moguće su dvije alternative:

- Privremeno povezivanje dva uzemljena sustava
- Korištenje izolacijskog transformatora koji napaja ispitni instrument

Ako niti jedno od tih radnji nije izvedeno, zaštitno tlo instrumenta djeluje kao spoj između dva sustava uzemljenja. To može dovesti do visoke struje kroz zaštitne vodove sustava koji sustav nije namijenjen i predstavlja rizik za osobnu sigurnost.

### Postupci korak po korak

- Obje strane su uzemljene prilikom spajanja i ako je moguće prilikom mjerenja
- Uzemljenje instrumenata
- Kratki spojevi uzemljenja
- Prekidač ne smije biti otvoren ako je uzemljen s jedne strane
- Ukloniti priključke ispravnim redoslijedom



Sl.4.1. Prekidač uzemljen prilikom probe ispitivanja

### DualGround testiranje

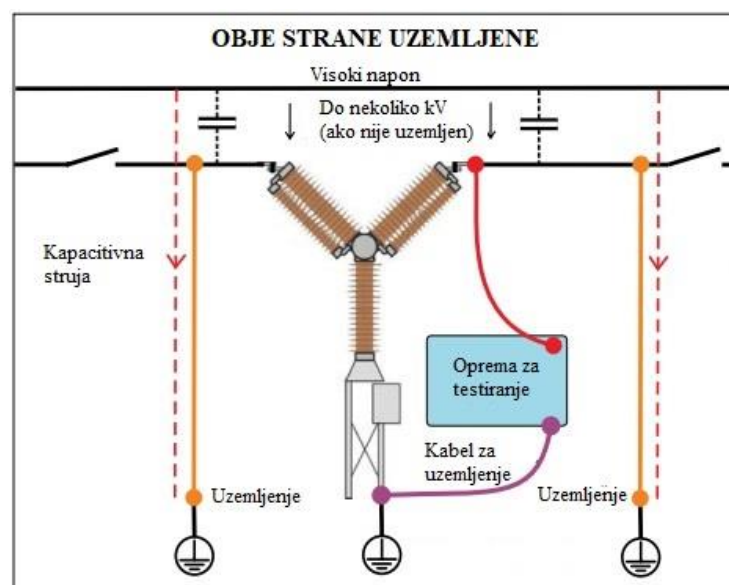


Sl.4.2. DualGround

- Povećanja sigurnost osoblja na terenu
- Pogodan za sve vrste prekidača
- Nenametljiv i ne zahtijeva nikakve prethodne informacije
- Tumačenje i način rada se ne mijenja

DualGround tehnologija je nastala 2006. godine. Ona omogućuje glavni kontaktni krug prekidača s obje strane. Stoga se opasni napon može održavati na udaljenosti. Sigurno područje oko prekidača može se stvoriti i jasno označiti sigurnosnom ogradom. Pomoću toga se nesreće s električnim lukom i strujnim udarima mogu izbjeći. Rezultat glavnog vremenskog usklađivanja kontakta koji se temelji na ovoj novoj tehnologiji ni na koji način nije različit za tumača i potpuno je kompatibilan s konvencionalnim mjerenjem vremena glavnog kontakta. Za djelatnike na terenu način rada postaje nešto brži, ali inače ostaje poznat.

Sigurnosne procedure zahtijevaju da obje strane prekidača budu uzemljene prilikom rada na prekidaču u terenskim ispitivanjima. Konvencionalne metode mjerenja vremena zahtijevaju podizanje tla s jedne strane prekidača kako bi se omogućilo da instrument osjeti promjenu statusa kontakta. Ovaj postupak čini testne kabele i instrument dijelom inducirane strujne staze dok se provodi ispitivanje. Metoda DualGround omogućuje pouzdana mjerenja s obje strane uzemljivača prekidača tako da je test brži i jednostavniji.



Sl.4.3. Prikaz DualGround ispitivanja

## **4.2. Stavke koje treba testirati**

- Iskrenje i glavni kontakti
- Pogonski mehanizam / električni pribor
- Komore za luk
- Glavni krug – sabirnice – izolacijski kontakti
- Kliješta za uzemljenje (samo za prekidače strujnog kruga)
- Priključak uzemljenja (samo za fiksni prekidač strujnog kruga)
- Napon napajanja pomoćnog kruga

## **4.3. Metode ispitivanja i parametri**

- Prvo testiranje prekidača
- Vrijeme djelovanja kontakata
- Primarni test ubrizgavanja
- Pomicanje
- Mjerenje statičkog otpora (SRM)
- Mjerenje dinamičkog otpora (DRM)
- Ispitivanje svitka
- Ispitivanje minimalnog napona
- Minimalni napon potreban za rad prekidača
- Ispitivanje vibracija
- Ispitivanje vakuumske boce
- Curenje SF<sub>6</sub>
- Ispitivanje vlažnosti
- Ispitivanje tlaka zraka

## Prvo testiranje prekidača

Dobar i učinkovit način za provjeru stanja prekidača je snimiti njegovo ponašanje na prvoj otvorenoj operaciji nakon što je dugo bio u stanju mirovanja. Mjerenje i povezivanje s prekidačem provode se dok je još u pogonu. Svi priključci su izvedeni unutar upravljačkog ormara.

Najveća korist od prvog testiranja je ispitivanje radnih uvjeta u stvarnoj situaciji. Ako prekidač ne radi godinama, prvo testiranje otkriva je li prekidač radi sporije zbog problema u vezama mehanizma ili armatura zavojnice uzrokovane korozijom ili isušenom mašću.

Na prekidaču s prekidačem, (prekidač sa zajedničkim pogonskim mehanizmom) mjeri se jedna struja svitka, a na prekidaču IPO (neovisno upravljanje polovima) mjere se tri struje svitka. Analizirajući trenutnu vrijednost struje svitka saznajemo informacije o stanju prekidača. Također se može mjeriti vrijeme mjerenja pomoćnih kontakata. Vrijeme otvaranja može se izmjeriti praćenjem sekundarne struje CT zaštite, no tada će biti uključeno vrijeme iskrenja. Ako postoji još jedan put struje, vrijeme otvaranja može se preciznije odrediti jer je iskrenje minimalno.



Sl.4.4. Prekidač spojen za ispitivanje

## **Vrijeme djelovanja kontakata**

Istovremenost unutar jedne faze važna je u situacijama kada je broj kontakata spojen u seriju. Ovdje prekidač postaje djelitelj napona kada otvori krug. Ako su vremenske razlike prevelike, napon postaje prevelik preko jednog kontakta, a tolerancija za većinu tipova prekidača je manja od 2 ms. Razlog tome je što višestruki prekidi zajedno čine djelitelj napona (u otvorenom položaju). Ako je vremenski razmak prevelik, rezultirat će prekomjernim naponom na jednom kontaktu. Može doći do ozbiljnih oštećenja na komori za razbijanje.

Tolerancija vremena za istovremenost između faza veća je za trofazni sustav prijenosa snage koji radi na 50 Hz, budući da uvijek postoji 3,35 ms između nule. Ipak, tolerancija vremena obično se navodi kao manje od 2 ms, čak i za takve sustave. Također treba napomenuti da prekidači koji obavljaju sinkronizirano prebacivanje moraju zadovoljiti strože zahtjeve u obje gore navedene situacije.

## **Primarni test ubrizgavanja**

Za ispitivanje primarnog ubrizgavanja, visoka struja se ubrizgava na primarnu stranu strujnog transformatora. Ispitivanjem je pokriven cijeli lanac: strujni transformator, vodiči, priključne točke, relejna zaštita i ponekad prekidači. Tijekom ispitivanja primarnog ubrizgavanja, sustav koji se ispituje mora se ukloniti iz upotrebe. Testiranje se obično provodi u vezi s puštanjem u pogon.

Ubrizgavanje velike struje je jedini način da se provjeri je li niskonaponski prekidač s izravnim djelovanjem ispravno radi.

## **Pomicanje**

Visokonaponski prekidač je dizajniran za prekid struje kratkog spoja na kontrolirani način. To postavlja velike zahtjeve na mehaničke karakteristike svih komponenti u komori prekidača kao i na pogonski mehanizam. Mora raditi na određenoj brzini kako bi se stvorio odgovarajući tlak kako bi se omogućilo strujanje zraka, ulja ili plina (ovisno o vrsti prekidača) za gašenje luka koji nastaje nakon razdvajanja kontakta do sljedećeg prijelaza nule. Važno je prekinuti struju kako bi se spriječio ponovno iskrenje. To se postiže tako da se osigura da se kontakti razmaknu dovoljno daleko jedan od drugog prije nego što kontakt koji se kreće uđe u takozvanu zonu prigušenja.

Udaljenost koju električni luk prekidača mora ugasiiti obično se naziva zona iskrenja. Iz krivulje kretanja može se izračunati krivulja brzine ili ubrzanja kako bi se otkrile čak i marginalne promjene koje su se mogle dogoditi u mehanici prekidača.

Pomicanje kontakata se ostvaruje spajanjem putnog pretvornika na pokretni dio pogonskog mehanizma. Pretvarač osigurava analogni napon u odnosu na kretanje kontakata. Pokret je prikazan kao krivulja gdje udaljenost prema vremenu omogućuje daljnju analizu.

Iz krivulje kretanja može se izračunati krivulja brzine ili ubrzanja kako bi se otkrile promjene u mehanici prekidača koje mogu utjecati na rad prekidača.

### **Mjerenje statičkog otpora (SRM)**

Ispitivanje se provodi ubrizgavanjem istosmjerne struje kroz glavni kontaktni sustav prekidača kada je prekidač zatvoren. Mjerenjem pada napona može se izračunati otpor. Vrijednost glavnog kontaktnog otpora održava stanje provodnih dijelova.

Vrijednost statičkog otpora daje referentnu vrijednost za sve vrste električnih kontakata i spojeva. IEC56 navodi da se ovaj tip otpora treba mjeriti pomoću struje u rasponu između 50 A i nazivne struje prekidača. ANSCI C 37.09 određuje minimalnu ispitnu struju od 100 A. Drugi međunarodni i nacionalni standardi navode slične smjernice kako bi se uklonila opasnost dobivanja pogrešno visokih vrijednosti ako je ispitna struja preniska. U nekim slučajevima, toplina generirana visokom ispitnom strujom raspršuje bilo kakve ostatke kontaktnih masti ili druge nečistoće na kontaktnim površinama (koje su rezultat brojnih strujnih prekida).

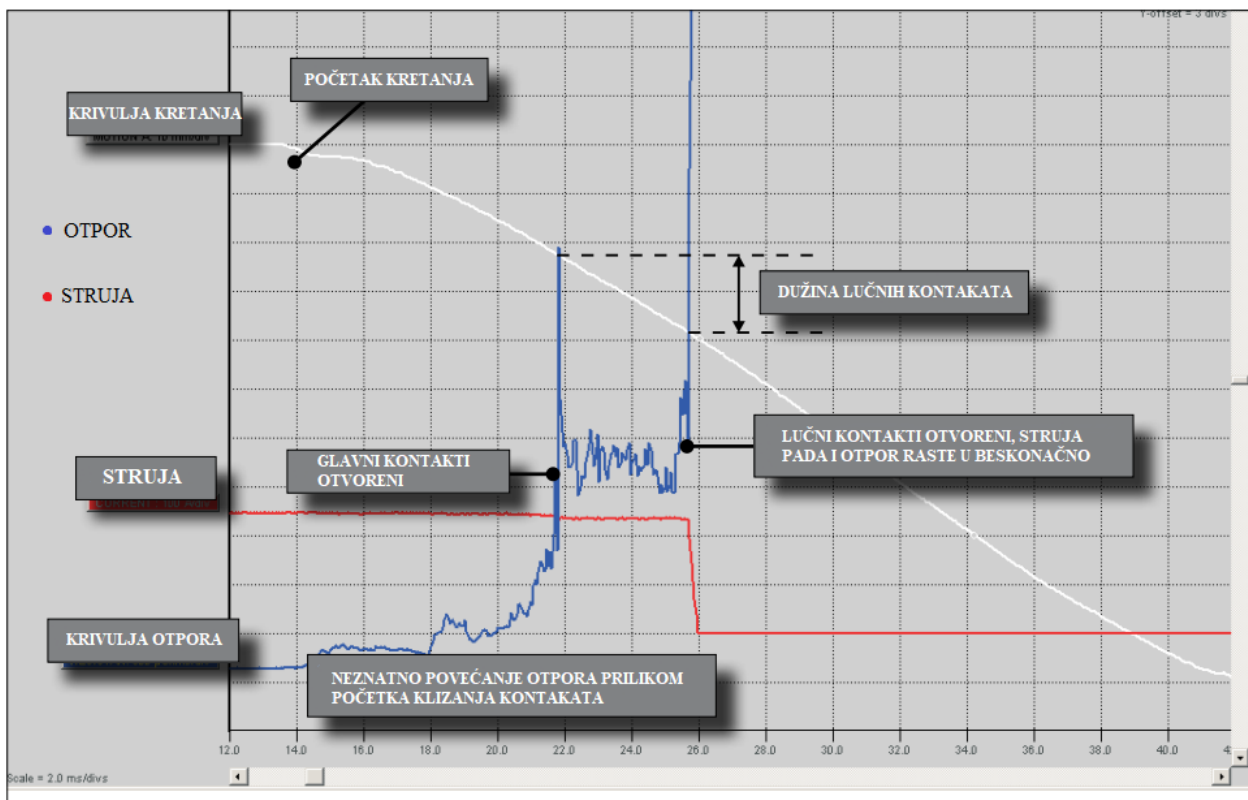
Kada je prekidač u lošem stanju vrijednosti će se dramatično promijeniti od vrijednosti iz tvornice.

## Mjerenje dinamičkog otpora (DRM)

Ispitivanja se provode ubrizgavanjem istosmjerne struje kroz glavni kontakt prekidača i mjerenjem pada napona i struje tijekom rada prekidača. Analizator prekidača izračunava i odvaja otpor kao funkciju vremena. Ako se kretanje kontakata bilježi istodobno, možete očitati otpor u svakom kontaktnom položaju. Ova metoda se koristi za kontaktnu dijagnozu, a u nekim slučajevima se koristi i za mjerenje vremena.

Duljina iskrenja s DRM mjerenjem može se pouzdano procijeniti. Jedina prava alternativa u pronalaženju duljine kontakata za iskrenje je demontaža prekidača. Kod SF6 prekidača kontakt za iskrenje se obično izrađuje od volframa.

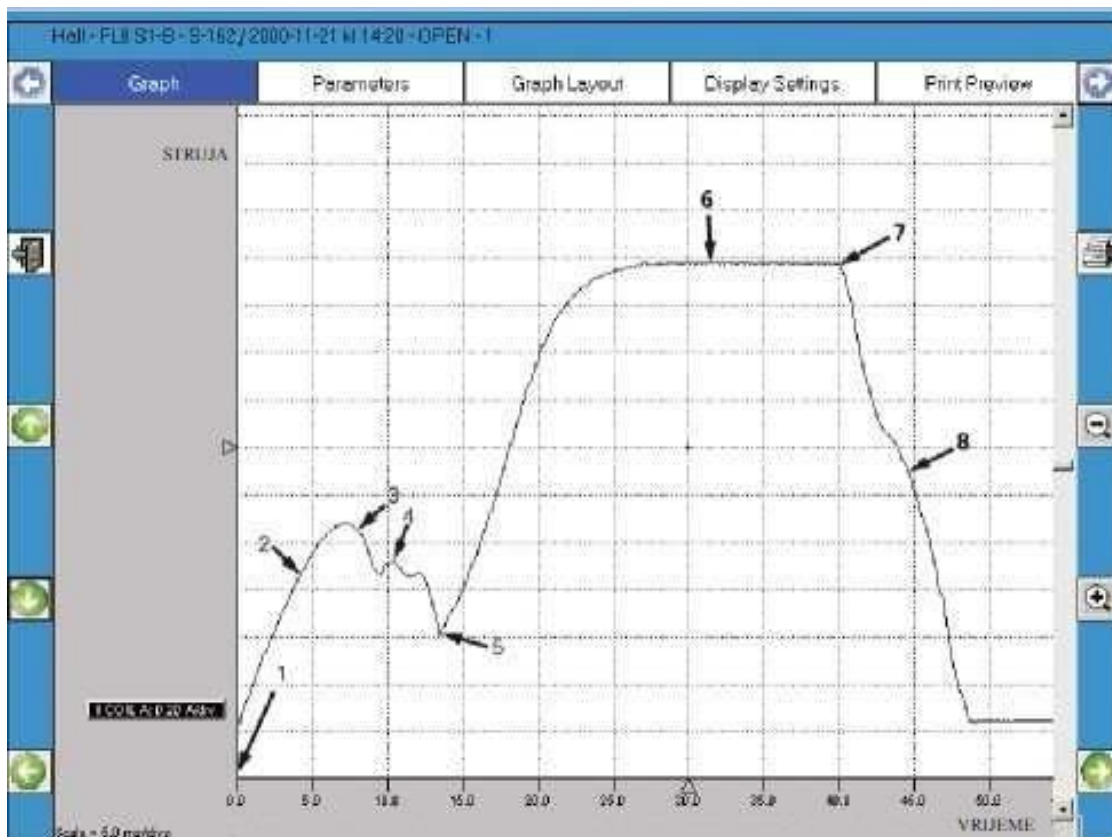
Pouzdana DRM interpretacija zahtijeva visoku ispitnu struju i analizator prekidača s dobrom razlučivošću.



Sl.4.5. Metoda mjerenja s DRM



## Ispitivanje svitka



Sl.4.6. Primjer struje kroz svitak na prekidaču (prilikom otvaranja)

- |  |  |
|--|--|
| 1 - Punjenje svitka energijom              | 6 - Vrijednost proporcionalna istosmjernom otporu svitka |
| 2-5 - Pomicanje armature                   | 7 - Pomoćni kontakti se otvaraju                         |
| 3-4 - Armatura pokreće mehanizam pomicanja | 8 - Padanje struje                                       |
| 4-5 - Armatura završava pomicanje          |  |
| 5 - Armatura dotiče njen kraj              |  |

Kada je svitak prvo napunjen magnetskom energijom [1], struja teče kroz njegove namote. Magnetne silnice u zavojnici magnetiziraju željeznu jezgru armature, uzrokujući silu u armaturi. Struja koja teče kroz izlaznu zavojnicu povećava se do točke u kojoj je sila koja djeluje na armaturu dovoljna da prevlada sile, kombinirane gravitacijom i trenjem, koje se mogu izvršiti, povlačenjem [2] kroz jezgru svitka.

Veličina početne struje [1-2] proporcionalna je energiji potrebnoj za pomicanje armature iz početnog položaja mirovanja. Kretanje željezne jezgre kroz svitak izaziva elektromagnetsku silu

u svitku koja utječe na struju koja teče kroz nju. Brzina porasta struje ovisi o promjeni induktivnosti zavojnice.

Armatura pokreće mehanizam pomicanja [3-4], koji zatim sabija mehanizam za isključivanje [4-5]. Anomalija na [4] je točka na kojoj se armatura trenutno zaustavlja kada se uspostavi kontakt s potpornjem. Anomalija može biti uzrokovana degradacijom ležajeva potpornja, podmazivanjem, promjenama temperature ili prekomjernom silom opruge otvaranja. Armatura dovršava putovanje [4-5] i pogađa graničnik [5].

Kako se armatura pomiče od točke gdje je mehanizam za isključivanje otkopčan [4] do graničnika [5], mijenja se induktivnost zavojnice. Krivulja je pokazatelj brzine armature. Što je krivulja strmija, brže se kreće armatura.

Nakon što je armatura završila putovanje i pogodila graničnik [5], mijenja se trenutni potpis.

Magnituda struje [7] ovisi o istosmjernoj otpornosti svitka.

Kontakt „a“ se otvara [8] kako bi se isključila naponska zavojnica, a struja pada na nulu.

Krivulja svitka iz prekidača može pružiti informacije o stanju sustava uklapanja/isklapanja.

### **Ispitivanje minimalnog napona**

Ovaj se test često zanemaruje iako je naveden i preporučan u međunarodnim standardima. Cilj ispitivanja je osigurati da prekidač može raditi na najnižoj razini napona koju osigurava akumulator stanice kada prekidač mora raditi tijekom nestanka struje. Ispitivanje se provodi primjenom najnižeg navedenog radnog napona i provjerava radi li prekidač u navedenim parametrima rada. Standardni ispitni napon je 85% odnosno 70% nazivnog napona za zatvoreno i otvoreno.

### **Minimalni napon potreban za rad prekidača**

Ovaj test se ne smije miješati s gore opisanim. U ovom testu određuje se minimalni napon na kojem prekidač može raditi. To je mjera količine sile koja je potrebna za pomicanje armature zavojnice. U ovom testu nas ne zanimaju vremenski parametri kontakata, samo da li prekidač radili ili ne. Počinje se s niskim naponom koji šalje impuls prema prekidaču. Ako ne radi, treba povećati napon za 5 V i pokušati ponovno, i tako dalje. Nakon što se prekidač aktivirao, zabilježiti napon

na kojem se dogodila aktivacija. Sljedeći put kada se održavanje provodi može se usporediti rezultati sa starom testnom vrijednosti da bi se odredile promjene.

### **Ispitivanje vibracija**

Ispitivanje vibracija temelji se na pretpostavci da svi mehanički pokreti u opremi proizvode zvukove i / ili vibracije, te da ih mjerenjem i uspoređivanjem rezultata s rezultatima prethodnih ispitivanja (poznati podaci), stanje dotične opreme može vrednovati.

Najlakše je izmjeriti ukupnu razinu vibracija. Ako prelazi određenu vrijednost, oprema se smatra da je u zoni kvara ili rizika.

Za sve vrste ispitivanja vibracija, referentna razina mora biti prethodno izmjerena na opremi za koju se zna da je bez grešaka. Sva mjerenja na ispitanoj opremi tada se odnose na ovaj referentni potpis kako bi se utvrdilo je li izmjerena razina vibracija „normalna“ ili ne ukazuje na prisutnost grešaka.

### **Ispitivanje vibracija na prekidačima**

Vibracijska analiza je neinvazivna metoda koja koristi senzor za ubrzavanje bez pomicanja dijelova. Prekidač može ostati u pogonu tijekom ispitivanja. Operacija otvaranje-zatvaranje je sve što je potrebno za mjerenje. Prva operacija može biti različita u usporedbi s drugom i trećom zbog korozije i drugih problema s kontaktom metala s metalom. Vibracija je odlična metoda za snimanje prve operacije nakon dugog vremena mirovanja.

Analiza uspoređuje vremenske serije vibracija s ranije uzetom referencom. Metoda otkriva smetnje koje se teško mogu prikazati konvencionalnim metodama. Međutim, ako su pored podataka o vibracijama dostupni konvencionalni podaci kao što su vrijeme kontakta, krivulja kretanja, struja svitka, moguća je još preciznija procjena stanja. Podaci o vibracijama pohranjuju se zajedno s dostupnim konvencionalnim podacima.

Metoda vibracija objavljena je u CIGRE i IEEE radovima.

Metoda je prvi put uspostavljena na skandinavskom tržištu. Vibracije se mogu provesti pod vrlo sigurnim načinima za ispitnog tehničara jer obje strane mogu biti uzemljene tijekom ispitivanja.

Također je potrebno manje penjanja jer nije potreban pristup kontaktnom sustavu prekidača. Senzor ubrzanja se lako montira na prekidač.

Jedan ili više akcelerometara priključeni su na polove prekidača i pogonski mehanizam. Vibracijski signali od akcelerometara odvijaju se putem jedinice za pripremu signala koja uključuje pojačalo i filter u sustav analizatora prekidača „Megger TM1800“ gdje se snimaju tijekom rada prekidača. Izravno snimljeni signali vibracija mogu se analizirati u „CABA Win“ softveru, zajedno s podacima o vremenu, pokretu i svitku.

Za daljnju analizu koristi se sofisticirana procedura poznata kao Dynamic Time Warping (DTW). DTW uspoređuje vibracijske signale s referentnim potpisom dobivenim iz prethodnog ispitivanja provedenog na istom prekidaču. Usporedbe s rezultatima ispitivanja provedenih na drugim prekidačima iste vrste mogu se koristiti u početnoj fazi niza ispitivanja. Rezultati usporedbe prikazani su na vremensko-vremenskom dijagramu koji prikazuje vremenska odstupanja i na dijagramu odstupanja koji otkriva razlike u sadržaju frekvencije i amplitudi.



Sl.4.7. Megger TM1800

TM1800 koristi 16-bitnu rezoluciju i 40kHz frekvenciju uzorkovanja. Zajedno sa posebno dizajniranim SCA600 pojačivačem signala, TM1800 omogućuje mjerenje vibracija na frekvencijama do 15kHz.

## **Ispitivanje vakuumske boce**

Boca za vakuum u vakuumskom prekidaču ispituje se s visokim izmjeničnim ili istosmjernim naponom kako bi se provjerilo je li cjelovitost vakuuma netaknuta. Električni otpor vakuuma u prekidaču je identičan u AC i DC. Glavna razlika u korištenju AC ili DC napona je u tome što je AC osjetljiv na kapacitet prekidača. DC (otporna) strujna komponenta je 100 do 1000 puta manja od AC (kapacitivne) strujne komponente, ovisna o kapacitetu pojedine boce i stoga je teško razlikovati pri ispitivanju pomoću AC. Kao rezultat toga, AC zahtijeva mnogo težu opremu za ispitivanje u usporedbi s instrumentima za DC ispitivanje.

DC i AC metode su detaljno opisane u standardima; ANSI / IEEE 37.20.2-1987, IEC 694 ili ANSI C37.06.

## **Curenje SF6**

Curenje SF6 je jedan od najčešćih problema s prekidačima. Curenje se može dogoditi u bilo kojem dijelu prekidača, gdje su dva dijela spojena zajedno, kao što su armatura ventila, čahure i prirubnice, ali u rijetkim slučajevima može procuriti kroz aluminij zbog lošeg lijevanja.

Ova curenja mogu se pronaći pomoću detektora curenja plina (eng. Sniffers) ili termičkog snimanja.

## **Ispitivanje vlažnosti**

Kako vlažnost može uzrokovati koroziju i proboj u prekidaču, važno je provjeriti je li sadržaj vlage unutar SF6 prekidača sveden na minimum. To se može postići odzračivanjem male količine plina SF6 iz prekidača kroz analizator vlage koji će nam izmjeriti vlagu plina.

## **Ispitivanje tlaka zraka**

Ispitivanje tlaka zraka provodi se na prekidačima na zrak. Razina tlaka, brzina pada tlaka i protok zraka mjere se tijekom različitih operacija. Također se može izmjeriti tlak koji blokira prekidač u slučaju vrlo niskog tlaka.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazane su vrste i tipovi prekidača, njihova primjena i način rada. Obrađeno je područje ispitivanja prekidača po provjerenim metodama.

SF6 izolirani prekidači su danas najzastupljeniji instalirani tip prekidača u prijenosnim mrežama, razlog tome je relativno visoki ukupan dojam i karakteristika u odnosu na cijenu. Međutim, vakuumski prekidači, zbog novih poboljšanja u dizajnu, postaju sve češći i na nižim rasponima napona prijenosnih mreža. Današnji vakuumski prekidači mogu podnijeti napone do 252kV, ali im je mana njihova visoka cijena. Stoga se oni češće instaliraju na naponskim razinama sustava od 70kV i niže.

Ispitivanje visokonaponskih prekidača u elektroenergetskim postrojenjima je vrlo bitna stavka koja se ne smije zanemariti i odgađati. Tako je i sa svim ostalim komponentama kao što su rastavljači, odvodnici prenapona, transformatori, izolatori itd. Samo ispitivanje bilo kojih komponenti izvodi se po propisanim normama i metodama kojih se ispitivači moraju pridržavati.

## 6. LITERATURA

- [1] Circuit Breaker testing guide, Megger, 2017., <https://us.megger.com/support/technical-library?searchtext=&searchmode=anyword&application2=0&type=6;&application=0&order=0;>
- [2] Sklopni aparati srednjeg i visokog napona, prof. Krešimir Meštrović, Graphis Zagreb
- [3] Sklopni aparati i aparature visokog napona, prof. Krešimir Meštrović
- [4] B. Belin: Uvod u teoriju električnih sklopnih aparata, Školska knjiga Zagreb, 1978.
- [5] V. Jurjević: Električni sklopni aparati niskog napona, skripta FER, Zagreb, 1995.
- [6] M. Kapetanović: High voltage circuit breakers, KEMA, Sarajevo, 2011.
- [7] Flursheim C.H.: Power Circuit Breakers – theory and design, Peter Peregrinus Ltd., London, 1982.

## **SAŽETAK**

Završni rad pod nazivom „Ispitivanje prekidača u elektroenergetskim postrojenjima“ obrađuje tipove i vrste prekidača te njihovu primjenu i ispitivanje. Općenito o prekidačima, vrstima prekidača te njihovom načinu rada, opisano je u drugom poglavlju. U trećem poglavlju objašnjeno je zašto ispitivati prekidače te koja je svrha toga. Detaljni opis sigurnosti, ispitivanja te metode ispitivanja navedeni su u četvrtom poglavlju ovoga rada.

Ključne riječi: prekidači, ispitivanje, metode ispitivanja, sigurnost

## **ABSTRACT**

Final assignment named “Circuit breaker testing in power plants” elaborates types of circuit breakers, their usage and testing. Second chapter gives general information about circuit breakers, types of circuit breakers and their modes of operation. In the third chapter it’s explained what the purpose of circuit breaker testing is. Detailed explanation about security, testing and testing methods are listed in fourth chapter of this assignment.

Key words: circuit breakers, testing, testing methods, safety.



## **ŽIVOTOPIS**

Zoran Cvjetojević rođen je 10. srpnja 1998. godine u Bjelovaru. Osnovnu školu „Osnovna škola Garešnica“ završio je sa vrlo dobrim uspjehom. Nakon završene osnovne škole, 2013. upisao je srednju tehničku školu u Kutini, smjer računalstvo, koju završava sa odličnim uspjehom. 2017. godine upisuje stručni studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.