

# Dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja SN 35 kV prekidača

---

Živković, Dino

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:200:824329>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Preddiplomski stručni studij**

**DIJAGNOSTIČKO ISPITIVANJE I OCJENA STANJA**  
**SN 35 kV PREKIDAČA**

**Završni rad**

**Dino Živković**

**Osijek, 2020.**

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

Osijek, 28.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

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

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Dino Živković
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	A 4389, 23.09.2019.
<b>OIB studenta:</b>	33431307664
<b>Mentor:</b>	Zorislav Kraus
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Izv. prof. dr. sc. Krešimir Fekete
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Zorislav Kraus
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Ružica Kljajić
<b>Naslov završnog rada:</b>	Dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja SN 35 kV prekidača
<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>	Dobar (3)
<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: 1 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	28.09.2020.

*Potpis mentora za predaju konačne verzije rada  
u Studentsku službu pri završetku studija:*

Potpis:

Datum:

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

Osijek, 21.10.2020.

**Ime i  
prezime  
studenta:**

Dino Živković

**Studij:**

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

**Mat. br.  
studenta,  
godina  
upisa:**

A 4389, 23.09.2019.

**Turnitin  
podudaranje  
[%]:**

14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja SN 35 kV prekidača**

izrađen pod vodstvom mentora Zorislav Kraus

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. PREKIDAČI.....	2
2.1. Prekidači – osnovno .....	2
2.1.1. Vakuumski prekidači.....	5
2.2. Tipne oznake .....	9
3. KONSTRUKCIJA PREKIDAČA.....	9
3.1. Pol prekidača .....	10
3.2. Pogonski mehanizam.....	11
4. PRIKLJUČIVANJE STRUJNIH KRUGOVA PREKIDAČA.....	12
4.1. Stavljanje u pogon .....	12
5. ODRŽAVANJE PREKIDAČA.....	15
5.1. Ispitivanje prekidača.....	19
6. ZAKLJUČAK.....	21
LITERATURA.....	22
SAŽETAK.....	24
ABSTRACT .....	25
ŽIVOTOPIS.....	26

# 1. UVOD

Tema ovog završnog rada je dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja 35 kV prekidača. Prekidači se koriste za uključivanje i isključivanje strujnih krugova u elektroenergetskim postrojenjima. S obzirom na znanu važnost elektroenergetskih postrojenja te upravljanja strujnim krugovima istih, važno je za napomenuti do kakvih katastrofalnih materijalnih posljedica može dovesti neispravnost prekidača. Takve posljedice ne bi isključile ljudske živote koji bi se našli na krivome mjestu u krivo vrijeme. Iz toga razloga dolazimo do zaključka o važnosti provođenja temeljitog ispitivanja prekidača čime se osigurava njihova ispravnost u svakome trenutku te se umanjuje mogućnost potencijalnih katastrofa.

Mnogi se autori slažu kako je prekidač najvažniji dio svakog energetskog postrojenja [1]. Upravo to je razlog zbog kojeg se pri samome početku rada osvrće upravo na definiranje pojma i njegovih bitnih funkcija. Isto tako pobliže se pojašnjavaju najvažnije podjele prekidača. Pažnja je posvećena tipnim oznakama VK prekidača, kao i njegovoj konstrukciji. Dijelovi konstrukcije su objašnjeni kroz grafičke prikaze.

Razmatra se „ponašanje“ priključivanjem u strujni krug te načine priključivanja i stavljanja u pogon. Ukoliko se uopće koristi prekidač, naglašava se važnost njegova održavanja kao i moguće posljedice neodržavanja koje mogu biti katastrofalne. Održavanje je pobliže objašnjeno kroz primjer prekidača koji se ispituje.

## 1.1. Zadatak završnog rada

U ovom radu potrebno je opisati dijagnostičko ispitivanje i ocjenu stanja 35 kV prekidača, navesti vrste prekidača i tipove. Detaljnije opisati metode ispitivanja i njihovu svrhu.

## 2. PREKIDAČI

### 2.1. Prekidači – osnovno

Prekidači su mehanički sklopni aparati kojima se omogućuje rad strujnih krugova. Drugim riječima, uređaji su pomoću kojih se kontinuitet ili diskontinuitet strujnog kruga zaustavlja ili nastavlja, to jest uređaji kojim se električna struja vodi ili zaustavlja. U tome slučaju strujni krug može biti pod određenim opterećenjem, no i ne mora. U pitanju može biti i automatsko uključivanje ili isključivanje, ali u oba se slučaja za takve radnje koriste prekidači. Funkcija prekidača se ne sastoji se samo u zatvaranju strujnog kruga, nego i u zaštiti strujnih krugova od struja kratkog spoja. Struja kratkog spoja izaziva enorman napor prekidača, kako termičko, tako i dinamičko naprezanje te s ciljem smanjenja tog naprezanja, danas se prekidači, to jest sklopke, prave sa izrazito kratkim vremenom isključenja [1]

Ovisno o njihovoj namjeni, prekidači se mogu podijeliti na niskonaponske i visokonaponske. Brojni su čimbenici po kojima se razlikuju ove dvije vrste prekidača. Niskonaponski prekidači su dio logičkog sklopa koji nije vidljiv prostim okom te iznosi do 1000 V, dok se visokonaponski prekidači jasno uočljivi te se koriste primjerice, u elektranama ili nekim drugim postrojenjima i iznosi iznad 1000 V. Visokonaponski prekidači su najčešće upotrebljavani u trafostanicama u rasklopnim postrojenjima. Važno je postaviti ih prije rastavljača iz razloga što se tijekom iskapčanja prekidač isključuje prije rastavljača. Kod navedenih prekidača moguća je pojava problema električnog luka. Navedeni problem je objašnjen u daljnjem tekstu.

Dakle, s obzirom da se ne može izbjeći pojava električnog luka jer je ipak električna struja neizostavni dio strujnog kruga, potrebno je prilagoditi prekidač dotičnom naponu te električnom luku koji slijedi. U tome slučaju električna struja se definira kao gibanje čestica nabijenih električnim nabojem [4].

Proučavajući ponašanje električnog luka te o njegovoj jačini, dužini trajanja i sl., kroz godine su se razvijali razni prekidači koji su bili prilagodljiviji, češće korišteni jer su više odgovarali potrebama (iako bi bilo pogrešno ne spomenuti činjenicu da se svakim danom stvaraju savršenije i prilagodljivije konstrukcije) određenih strujnih krugova. Važno je razjasniti zašto se uopće spominje električni luk, točnije, zašto se pojavljuje. On zapravo čini „uslugu“ strujnom krugu i prekidaču jer električni luk omogućuje da se struja smanjuje postepeno (što je i prirodnije)

dolazeći do nule. Ovo je važna informacija jer se time izbjegavaju veliki naponi koji bi se izazvali trenutnim gašenjem struje [1].

Postoje razne podjele prekidača [12], ako obratimo pozornost na podjelu s obzirom na medij za gašenje luka, onda dijelimo na:

1. Automatski osigurač ulja.
2. Zračni prekidač.
3. SF<sub>6</sub> osigurač.
4. Vakuumski prekidač.

S druge strane, ako promatramo prema njihovim uslugama, prekidač može biti vanjski ili unutarnji.

No osvrnuvši se na pogonski mehanizam, dijelimo prekidače kao:

1. Prekidač s oprugom.
2. Pneumatski prekidač.
3. Hidraulični prekidač.

No najčešće korišteni prekidači prema mediju gašenja luka danas su [1]:

- Zračni
- Uljni
- Malouljni
- Hidromatski
- Pneumatski
- Prekidači sa sumpor-heksafluoridom (SF<sub>6</sub> prekidači)
- Vakuumski

Zračni je prekidač vrlo jednostavne konstrukcije i potreban je velik razmak između kontakata i uzemljenih dijelova jer postoji opasnost od kratkog spoja. Pozitivne su karakteristike zračnog prekidača dug vijek trajanja i još veća dostupnost. Nedostatak ovih prekidača su u biti dimenzije pri visokim naponima. U tom su slučaju potrebni i veći spremnici za gašenje električnog luka, koje karakteriziraju veći razmaci [3].

Uljni su „najstariji“ prekidači, to jest, najstariji tip prekidača kod kojeg se gašenje električnog luka vrši uljem između kontakata. Gorenjem električnog luka se stvaraju uljne pare koje se kasnije svojim raspadanjem pretvaraju u ulje. Jednostavne je konstrukcije, sastoji se od fiksnih i pokretnih



kontakata zatvorenih u kotao gdje se nalazi ulje i prostor za izgaranje luka. Nedostatak je što izgaranje stvara čađu te postoji mogućnost eksplozije [11].

S obzirom da se otkrilo da se samo jedan dio ulja, i to manji, koristi za gašenje električnog luka, konstruirani su malouljni prekidači čime je gašenje luka znatno olakšano jer se koristi puno manja količina ulja [11].

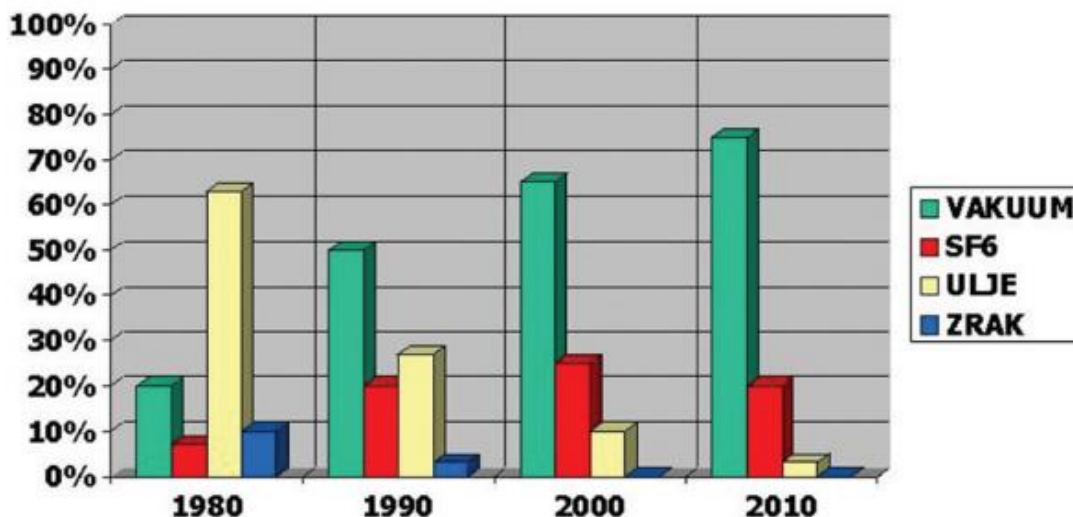
Hidromatski funkcionira po istom principu kao malouljni prekidač, samo se umjesto i te male količine ulja stavlja voda. U tu se vodu naknadno dodaje glikol koji služi kao sredstvo protiv zaleđivanja vode, no pospješuje i gašenje električnog luka zbog količine pare za vrijeme trajanja luka [3].

Pneumatski ili zračni prekidač koristi komprimirani zrak kako bi ugasio luk. Zrak se stvara u posebnom kompresorskom uređaju te ga se šalje u spremnik za gašenje. Ovisno o smjeru komprimiranog zraka, možemo podijeliti pneumatske prekidače kao: uzdužno strujanje te poprečno strujanje zraka [1].

Sumporni heksafluorid (SF<sub>6</sub>) se kao prekidač razvijao kroz tri generacije. Kod ove se vrste prekidača električni luk gasi pomoću visokog tlaka. U trećoj se generaciji (autokompresijski prekidači) pospješio u tolikoj mjeri da se drastično smanjila potrebna energija jer električni luk sam stvara toplinsku energiju koja mu je potrebna za postizanje određenog tlaka u prekidnoj komori.

Svaki od prekidača ima svoje prednosti i mane, no posebnu ćemo pažnju posvetiti vakuumskim prekidačima. Radi se, dakle, o činjenici da su vakuuskom prekidaču prethodili i uljni, zračni, SF<sub>6</sub> te hidromatski. Svaki se od prekidača po nečemu razlikuje i samim time posjeduje određene prednosti, ali i mane. No, zanimljiva je činjenica da je ipak vakuumska tehnika ta koja je u svijetu najzastupljenija kao oblik gašenja luka [7].

Grafičkim je prikazom vrlo jasno iznesen odnos i učestalost korištenja vakuumske tehnike i prekidača u odnosu na SF<sub>6</sub> prekidač, uljni i zračni. 1980. se godine čak više od 60% zastupljenosti odnosilo na ulje te neznatno ostale tehnike. U idućih se 10 godina znatno mijenja situacija gdje se nešto manje od 50% zastupljenosti odnosi na vakuusku tehniku i to su ujedno godine od kojih se učestalost korištenja iste samo povećava te dolazi čak do više od 70% nakon 2010. godine. Učestalost uljnih tehnika se kroz godine smanjuje, no i dalje najlošije kotira zrak čiji se postotak od 1980. godine do 2010. smanjuje za svih dotad skupljenih 10%. SF<sub>6</sub> sa plinom - sumpornim heksafluoridom - od 1980. godine ne čini znatnu razliku u korištenju do 2010 [7].



Slika 1.1. Zastupljenost sklopnih tehnika u svijetu [7]

### 2.1.1. Vakuumski prekidači

Prilikom korištenja vakuumskih prekidača, kao što i samo ime govori, proces gašenja luka se odvija u vakuumu [6]. Vakuumski prekidači su prekidači kojima će se posvetiti više pažnje iz raznih razloga. Prvi je od njih činjenica da su vakuumski prekidači najučestalije korištena tehnika pri gašenju luka, i to međunarodno. Ranije je nabrojano nekoliko vrsta prekidača (i koji su prethodili i koji su naknadno napravljeni), no i dalje je vrtoglavo najkorišteniji što je prikazano grafičkim prikazom (*Tablica 1.1.*).

Ono što razlikuje vakuumsku tehniku od primjer SF6 plina ili zraka su zapravo nositelji struje. Oni su u vakuumu elektroni što je razlika s obzirom na SF6 plin ili zrak jer su ondje nositelji struje ioni. Važno je za napomenuti i bitnu oznaku električnog luka dok se nalazi u vakuumu, a to su katodne mrlje. Kao što i samo ime kaže, kreću se po površini katode, a kretanje im je brzo i nasumično. Kao i kod SF6, kod vakuumskih prekidača se manje troše glavni kontakti nego kod prekidača koji koriste zrak i ulje.

Prednost vakuumskih prekidača je sposobnost prekidanja dotoka struje čak i u frekvencijama višim od industrijske. Također, električni luk, osim bitne karakteristike katodnih mrlja, može nakon utjecaja vakuuma pridobiti dvije vrste oblika:

1. Difuzni luk – struje < 10 kA

## 2. Koncentrirani luk – struje > 10 kA.

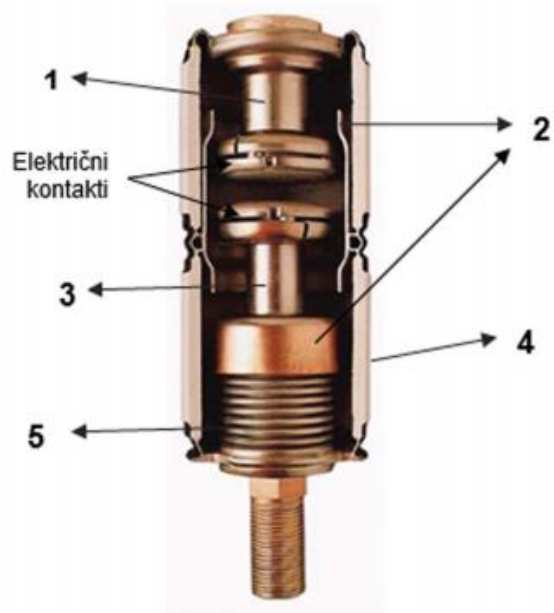
Koncentrirani luk znatno oštećuje i jednu i drugu elektrodu ispuštanjem velike količine metalnih para. Elektromagnetske sile djeluju na način da se pod njihovim snažnim silama koncentrirani luk kreće samo po rubovima elektrode [2].

Smanjeno se korištenje kontakata regulira difuznim lukom što je i razlog današnjem korištenju čeonog tipa kontakata u vakuumskim spremnicima i, naravno, djelovanja magnetskog polja na električni luk između kontakata [2].

Vakumski prekidači se izrađuju za nazivne napone od 12 kV/24 kV/38 kV, a sadrže, kao nosače primarnog strujnog kruga, polove u izolacijskim cijevima. Izrađeni su s idejom primjene za unutarnju ugradnju te su minimalnih težina i dimenzija, a izvedeni su kao trole i jednopolne jedinice. Od navedenih nazivnih napona, oni prekidači za 12 kV i 24 kV sadrže vakuumske komore koje, po vanjskom plastu, imaju dodatnu izolaciju kako bi se osigurale dielektrične karakteristike izvan komora. Navedene komore prekidača od 28 kV imaju dovoljnu kliznu stazu po vanjskom plastu. Svi prekidači su u skladu s normama-IEC, Publ. 62271-100 (2001), odnosno njihova konstrukcija, građa i njihovo ispitivanje.

Prema raznim mjerilima je evidentno da je vakuumska tehnika zapravo najefikasniji medij gašenja [7]. Vakuumski medij omogućuje najveći broj sklapanja nazivne struje, a i u odnosu na ostale medije jamči manju energiju luka. Vakuumska tehnika doprinosi mehaničkoj trajnosti prekidača te omogućuje konstrukciju prekidača sa manje dijelova, a ujedno i smanjenom potrebom održavanja. Vakuumski prekidači imaju bolju probojnu čvrstoću i nemaju negativni utjecaj na okoliš. Također vrijeme gašenja električnog luka kod nazivnog napona i isklapanja struja kratkog spoja su puno kraći nego kod drugih medija.

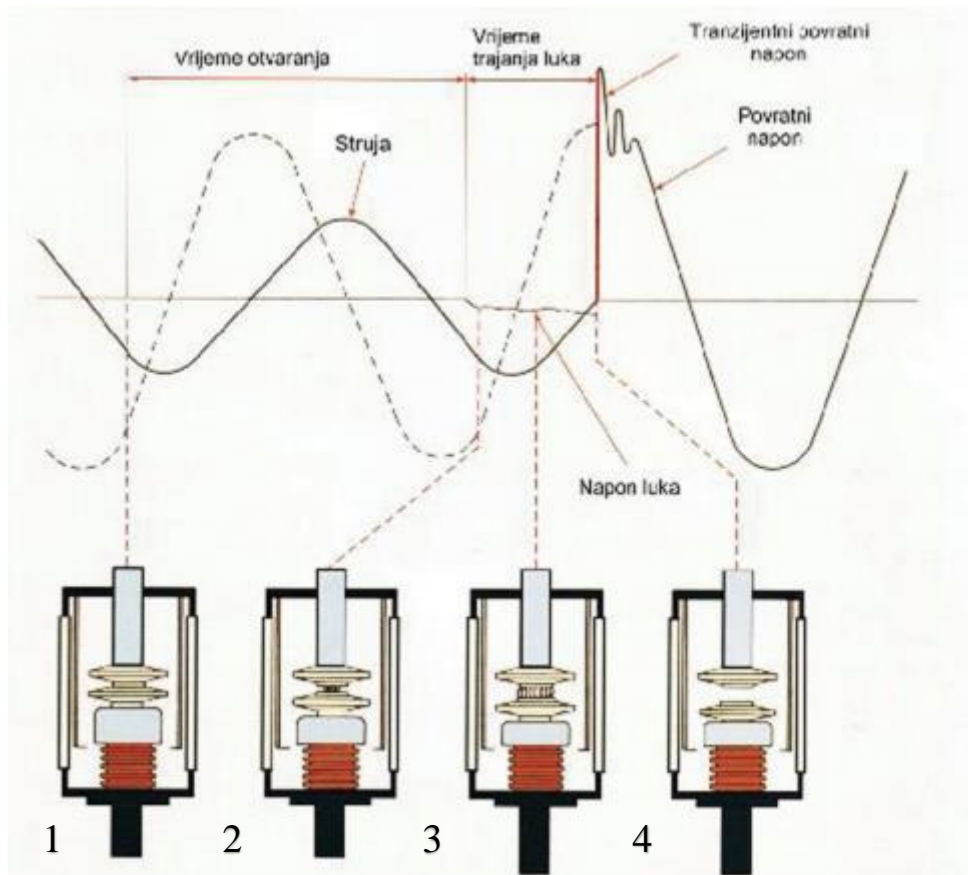
U nastavku je prikazan shematski prikaz jednostavne konstrukcije, kakva ona i jest generalno, vakuumskih spremnika za sklopne aparate. Važno je za napomenuti da nije jednostavna konstrukcija i u pogledu specifične tehnologije izrade i njezinih materijala, njihova spajanja i vakuumiranja. U tome je smislu sofisticirana i vrlo složena.



*Slika 2.1.1. Osnovni oblik vakuumnog spremnika za prekidače [7]*

Zbog lakšeg snalaženja u radu, detaljnije je objašnjen svaki pojedini dio. Vrh, ujedno označen brojem 1, prikazuje nepomični kontakt nakon kojeg se nalazi čelični cilindar (2) koji služi ujedno i kao zaslon za kondenzaciju metalnih para i zaštitu mijeha. Uski metalni dio označen brojem 3 prikazuje pomični kontakt nakon kojeg slijedi keramički plašt (4) čija je funkcija jednaka izolacijskom kućištu. Na kraju se nalazi metalna membrana ili mijeh pomičnog kontakta [7].

U nastavku rada je prikazan shematski prikaz prekidanja te izmjenične struje u vakuuomskom spremniku.



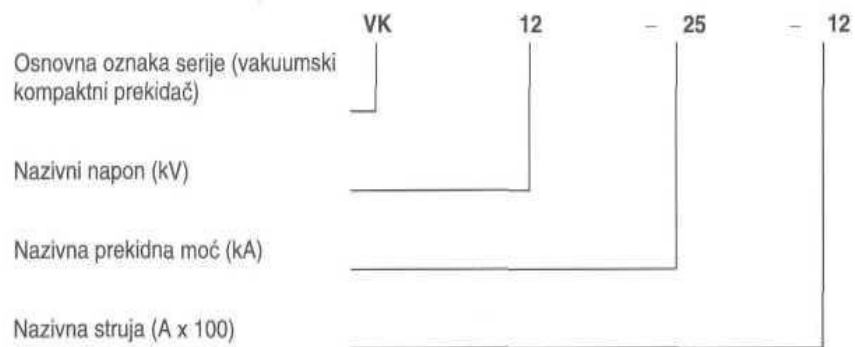
*Slika 2.1.2. Proces prekidanja izmjenične struje u vakuumskom spremniku. [7]*

Kako bi bilo jasnije, dodatno je prikazan shematski prikaz prekidanja izmjenične struje u vakuumskom spremniku. Prema (1) je vidljiva uklopljenost prekidača te isklapanje započinje kada je dobiven signal za isklon. Nakon toga (2) započinje isklon te se između kontakata pojavljuje luk određenog napona i trajanja. (3) Luk se počinje širiti i njime prolazi struja sve dok ista ne prođe kroz nul – točku čime se (4) struja prekida, a luk nestaje.

Ovim je primjerom jasno zašto se vakuumski prekidač tako često primjenjuje. Električni luk u ovome slučaju ne može biti dugotrajan, a samim time ne može ni oštetiti opremu.

## 2.2. Tipne oznake

### 2. TIPNE OZNAKE



*Slika 2.1. Prikaz tipnih oznaka iz literature [12]*

## 3. KONSTRUKCIJA PREKIDAČA

Vakuumski prekidač serije VK, prikazan na slici 3.1., sastoji se od sljedećih sklopova:

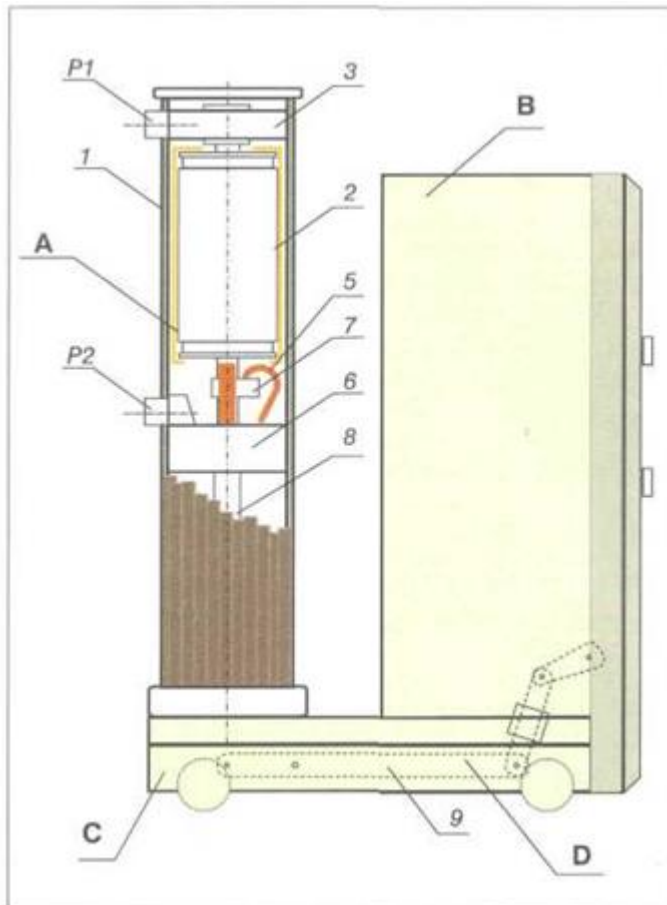
A- polovi

B- pogonski mehanizam

C- postolje

D- prijenosno polužje

P1, P2- priključci



*Slika 3.1. Konstrukcijska shema VK prekidača [12]*

Na samom se početku nalazi izolacijski cilindar (1) koji je izrađen od epoksidne smole armirane staklenim vlaknima koja vodi do vakuumske (2) lučne komore i čvrstih nosača (3). Ispod komore se nalazi fleksibilni kontakt (5) (rađen kao bakrena pletenica ili fleksibil). Ispod njega kućište donjeg priključka (6) uz kojeg se nalazi i nastavak pomičnog kontakta vakuumske lučne komore (7) te izolacijska vezna motka (8) i pri samome dnu klackalica (9) [5].

### **3.1. Pol prekidača**

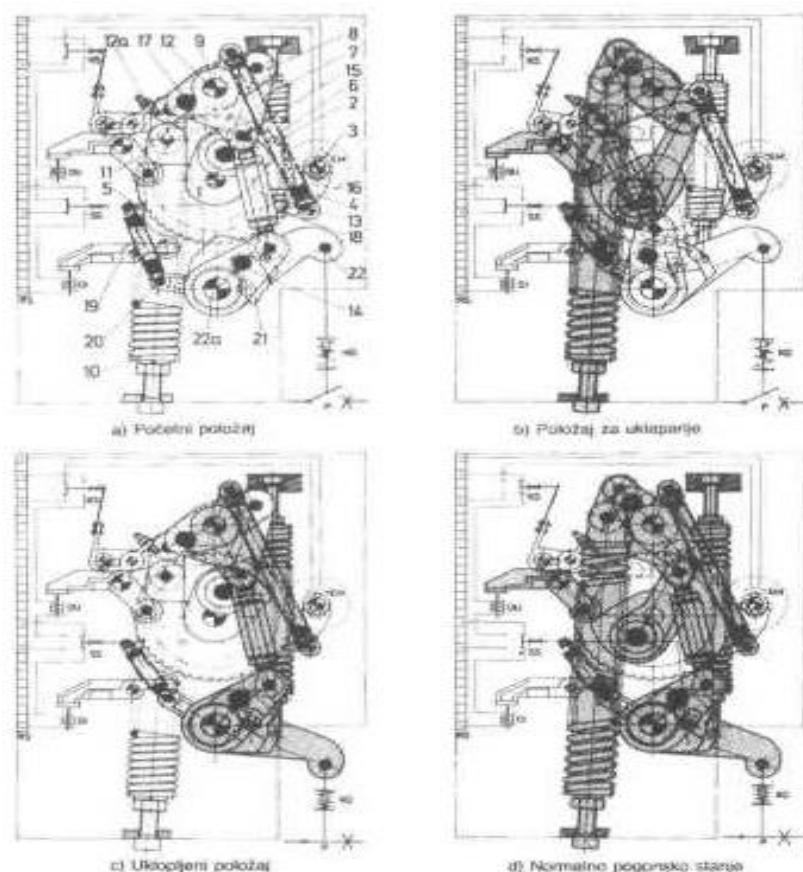
Polovi prekidača (slika 3.1) sastavljeni su od izolacijske cijevi (1) koja sadrži priključke P1 i P2 i čija unutrašnjost sadrži strujni put s vakuuskom prekidnom komorom. Ovaj strujni put sadrži čvrsti nosač označen brojem 3, vakuusku komoru označenu brojem 2, fleksibilnu vezu označenu brojem 5. Navedena veza je s jedne strane priključena za nastavak pomičnog kontakta vakuumske komore označenim brojem 7, a s druge strane za kućište donjeg priključka označenog brojem 6.

Fleksibilna veza (5) koristi se kako bi se omogućilo gibanje pomičnog kontakta u procesu sklapanja. Navedeno gibanje omogućuje se pomoću izolacijske vezne motke označene brojem 8, koja se preko klackalice (oznaka 9) spaja s pogonskim mehanizmom.

### 3.2. Pogonski mehanizam

Kod vakuumskih prekidača serije VK, pogonski mehanizam je onaj standardni, usvojen u proizvodnji i provjeren u praksi, poznat kao mehanizam m5. Navedeni mehanizam se koristi i kod vakuumskih prekidača serije V, a dorađen je u dijelu pasivnih elemenata kako bi se težina minimizirala te se označuje kao m5-VK.

Navedeni mehanizam je vrlo pouzdan jer ima mogućnost povrata viška energije nakon uklapanja i to je akumulacijski pogonski mehanizam koji ima mogućnost mehaničkog slobodnog isklopa. Način rada ovog mehanizma je lako shvatljiv jer su dijelovi osnovnog mehanizma kinematičkog lanca vidljivi s prednje strane. Slika 3.2 prikazuje navedeni pogonski mehanizam [12].



*Slika 3.2. Prednja strana osnovnog kinematičkog lanca pogonskog mehanizma m5-VK – [12]*



## **4. PRIKLJUČIVANJE STRUJNIH KRUGOVA PREKIDAČA**

Kao što smo ranije spomenuli, svaki strujni krug ima svoje dijelove bez kojih on ne bi mogao na adekvatan način provoditi električnu energiju. Iz tog razloga je važan izvor električne energije, vodiči, trošilo, prekidači i sklopke.

Prekidači su važni jer omogućuju kontinuitet strujnog kruga ili ga prekidaju, a priključuju se pomoću priključaka na polovima.

Naprezanja mogu negativno utjecati na funkciju prekidača pa se treba pobrinuti da ih priključni vodovi ne izazivaju. Kako ne bi izazivali naprezanja trebaju se pravilno dimenzionirati prema očekivanim mehaničkim i električnim naprežanjima koja se, kod kratkog spoja i u normalnim pogonskim uvjetima, mogu pojaviti. Vrlo je važno da žice budu ispravno izolirane radi sigurnosti, pa s obzirom na svojstva priključni vodovi mogu biti izrađeni od bakra ili aluminija [12].

Za spoj bakar-bakar potrebno je napraviti provjere i pripreme koje obuhvaćaju sljedeće postupke:

- izvršiti provjeru jesu li kontaktne plohe čiste i ravne, a ako nisu, potrebno ih je očistiti
- kontaktne površine koje nemaju zaštitnu prevlaku treba očistiti metalnom četkom nakon čega ih treba premazati kontaktnom mašću
- očistiti mjesta koja su posrebrana ili poniklana
- pritezanjem vijčanog spoja momentom od 45Nm izvesti priključak

Za spoj bakar-aluminij se također moraju provesti sljedeći koraci:

- izvršiti provjeru jesu li kontaktne plohe ravne i čiste, a ako nisu, potrebno ih je očistiti
- očistiti bakrene priključke po prethodno opisanom
- očistiti i odmah namazati aluminijske priključke kontaktnom mašću
- izvesti priključke tako da se ispod glava vijaka, odnosno matica, prvo stave obične, a potom elastične podloške te zatim stegnute momentom od 45 Nm
- nakon što prođe četiri sata spoj treba ponovno pritegnuti, zatim nakon jednog mjeseca učiniti isto pa zatim svake godine ponavljati

### **4.1. Stavljanje u pogon**

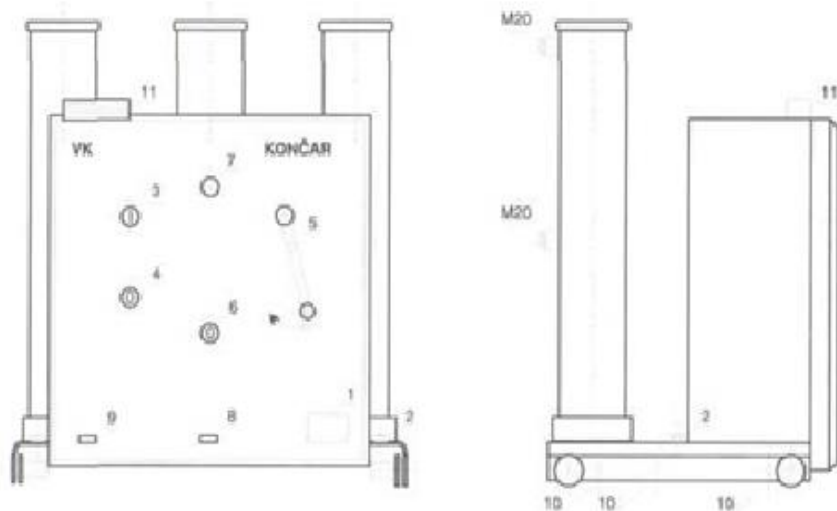
Potrebno je izvesti sva probna sklapanja u beznaponskom stanju, a prije nego što se prekidač stavi u pogon, potrebno je izvršiti provjere na sljedeći način:

- Ručnim upravljanjem prekidačem

Kada se isporučuje, prekidač (slika 4.1), treba biti u isklapljenom položaju i uklopna poluga treba biti nenapeta. Pokazivač stanja uklopne opruge koji se nalazi na poklopcu mehanizma pokazuje, prema slici 4.2 pod a, bijelo polje, a na zelenom polju nalazi se pokazivač stanja glavnih kontakata što je prikazano na slici 4.2 pod c [12].

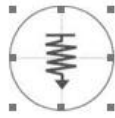
Okretanjem ručice, pod brojem 5 na slici 4.1, potrebno je napeti uklopnu oprugu. Opruga se napinje okretanjem ručice u smjeru gibanja kazaljke na satu sve dok ne prestane otpor ručice. Nakon što je opruga napeta, indikator statusa poklopcu mehanizma, pod oznakom 7, prikazuje žutu podlogu (b, slika 4.2).

Pritiskom tipke za uklapanje „I“ izvodi se uklapanje prekidača (oznaka 3, slika 4.1) te se nakon toga pojavljuje simbol „I“ na crvenom polju (slika 4.2, pod d) na otvoru poklopcu.



**Slika 4.1.** Prikaz prekidača i legenda dijelova [12]

Broj 1 označava natpisnu pločicu koja je povezana s (2) vijkom za uzemljenje. Pod brojem 3 je prikazana tipka za uklop čime dolazimo i do (4) tipke za iskllop. Ručka za ručno napajanje sklopne opruge se nalazi pod brojem 5, te pod brojem 6 jest indikator statusa glavnih kontakata, to jest prozorčić. Broj 7 označava indikator statusa i broj 9 indikator trošenja kontakata. Pri lijevom kutu je vidljiv (9) mehanički brojač. Broj 10 fixingbolt, M10 te (11) utičnica.



a) uklopna opruga otpuštena



b) uklopna opruga napeta



c) prekidač  
isklopljen



d) prekidač  
uklopljen

*Slika 4.2. Indikatori stanja opruge i prekidača [12]*

- Upravljanjem prekidačem pomoću elektromotornog pogona i okidača

Prije nego što se prekidač uključuje u rad pod naponom, u beznaponskom stanju treba se izvršiti nekoliko kontrolnih sklapanja. Tijekom izvršavanja navedenih sklapanja koriste se električne komade i priključeni su samo sekundarni strujni krugovi.

Korištenjem tipkala za uklop i isklop šalju se električne komade koje aktiviraju okidače. Nakon aktiviranja, okidači djeluju na zapinjačke elemente i omogućuju sklapanje. Isklapanje može uslijediti nalogom zaštite preko naponskog okidača, primarnih ili sekundarnih strujnih okidača i podnaponskog okidača.

Prekidač je potrebno deblokirati, ako je na njega ugrađen podnaponski okidač, prije probnih sklapanja što se izvršava skidanjem vijka za blokadu u transportu. Tijekom sklapanja pod naponom važan je redoslijed uklapanja rastavljača i prekidača [12].

## 5. ODRŽAVANJE PREKIDAČA

Kod prekidača serije VK održavanje se odnosi na povremeni nadzor kako bi se nepravilnosti, koje se mogu pojaviti u pogonskim uvjetima nepredvidivo, uočile na vrijeme. Tijekom održavanja potrebno je obratiti pažnju i obaviti odgovarajuće mjere čišćenja kod mogućih onečišćenja prekidača.

Prekidač se periodički održava, u normalnim pogonskim uvjetima, prema rokovima zadanim u stručnoj literaturi „PLAVA KNJIGA“. Prilikom periodičkog pregleda i revizije prekidača treba obaviti sljedeće zadatke [12]:

1. Pregled općeg stanja prekidača (svaka 2 tjedna)
2. Zapis stanja brojanika broja prorada (jednom mjesečno)
3. Termovizijsko snimanje prekidača (jednom godišnje)
4. Provjera istrošenosti kontakata
5. Provjera vakuuma
6. Čišćenje vanjskih površina izolatora i izolacionih poluga
7. Provjera uzemljenja
8. Provjera učvršćenja na konstrukciju
9. Provjera električnih primarnih spojeva
10. Provjera pritegnutosti vijaka na svim rednim stezaljkama
11. Funkcionalno ispitivanje prekidača
12. Mjerenje padova napona na priključcima
13. Provjera rada, čišćenje, podmazivanje i podešavanje pogonskog mehanizma i zglobova prekidača
14. Vremensko snimanje rada prekidača
15. Kontrola stanja četkica pogonskog motora

Radovi koji su navedeni od točke 4 do točke 15 obavljaju se u sklopu trogodišnje revizije.

### a) Glavni strujni put

Provjera istrošenosti kontakata u vakuumskim komorama (pokazivač istrošenosti kontakata), u otvoru 8 na prednjoj strani pogonskog mehanizma označena strelicom prema slici 5.1 preporučljivo je provjeriti kvalitetu vakuuma u komorama specijalnim uređajem ("Vacuum

Checker"). Ovu provjeru obavlja servis proizvođača, a na zahtjev korisnika i ovaj uređaj se može isporučiti zajedno s odgovarajućim uputama i kriterijima za kontrolu vakuuma.



*Slika 5.1. Prikaz pogonskog mehanizma [12]*

Na glavnim se kontaktima preporučuje provjeriti pad napona koristeći istosmjernu struju od 100A. Navedena provjera se vrši postupkom opisanim u EC Publ. 62271-100 (2001).


Potrebno je kontaktirati servis proizvođača ako je pad napona veći od maksimalnih vrijednosti iz tablice 5.1. Servis o provjeri izdaje ispitni list, a navedenu provjeru obavlja i na zahtjev.

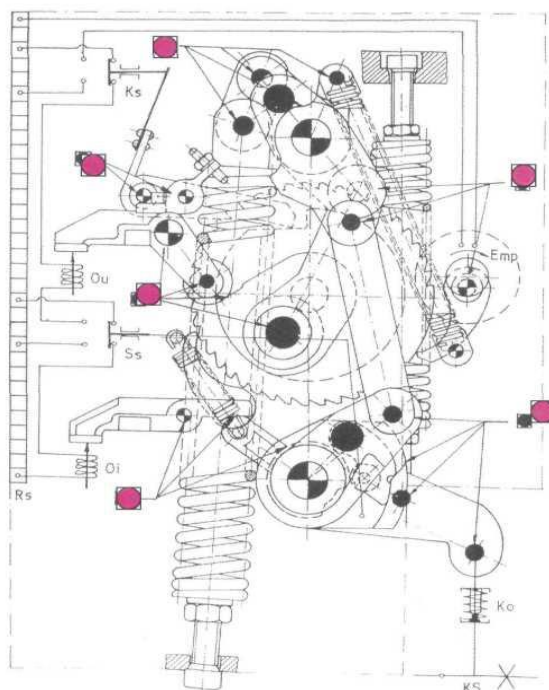
Tip prekidača	Maksimalni dopušteni pad napona
VK 12-25-8 VK 12-25-12	6,5 + 20% mV
VK 12-25-25 VK 17-25-31 VK 24-25-25	3 + 20% mV
VK 24-16-8 VK 24-16-12	6,0 + 20% mV

VK 24-25-8 VK 24-25-12	4,5 + 20% mV
VK 38-16-8 VK 38-16-12	7,5 + 20% mV
VK 38-25-12 VK 38-25-25 VK 38-20-20 I	7,5 + 20% mV

*Slika 5.2. Maksimalni dopušteni padovi napona prekidača serije VK [12 ]*

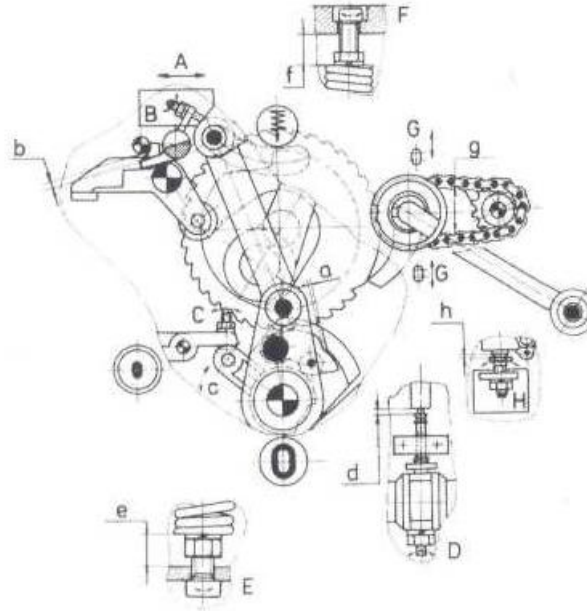
### **b) Pogonski mehanizam**

Tijekom periodičkog pregleda pogonskog mehanizma potrebno je mehanizam pregledati te poprskati antikorozivnim sredstvom kao što je WD-40. Točke podmazivanja označene su sljedećim znakom: 



*Slika 5.3. Točke podmazivanja pogonskog mehanizma m5-VK [12]*

Prema slici 5.3 označene zazorje potrebno je provjeriti. Ako neka od vrijednosti odstupa od onih u tablici 5.2 uz sliku 5.3, potrebno je hitno pozvati servis proizvođača [12].



*Slika 5.3. Kontrolna i regulacijska mjesta pogonskog mehanizma m5-VK [12]*

*Tablica 5.2. Kontrolna i regulacijska mjesta na pogonskom mehanizmu m5-VK [12]*

<b>Regulacijsko mjesto</b>	<b>Kontrolno mjesto</b>	<b>Uvjeti potrebni za ispravan rad</b>
A	$a = 1^{\pm 0,5}$	Slobodna spojka pripremljena za uklop
B	$b = 10$	Deblokirani uklopni zapinjač
C	c – prema potrebi	Isklapa sa 70% upravljačkog napona, spontano ne isklapa
D	$d = 3^{+1}_{-0}$	Glavna osovina u isklapljenom položaju na čvrstom graničniku
E	e – prema potrebi	Uklapa do kraja, prebaci prednji zglobni četverokut preko mrtvog položaja

F	f – prema potrebi	Isklopi do graničnika; ručnim zakretanjem vratilo se vraća na graničnik
G	g – prema potrebi	Lanac labav – ne opterećuje osovinu reduktora
H	$h = 2^{\pm 0,5}$	Rad po uputama za prigradnju sekundarnih okidača

### c) Sekundarni strujni krugovi

Za okidače za uklop, isklop, podnaponske, prekostrujne, sekundarne i dodatne naponske okidače potrebno je provjeriti njihove mehaničke funkcionalnosti što se odnosi na pet uklopa i isklopa uz dva slučaja. Prvi slučaj je ručno napinjanje opruge, a drugi korištenje električnih komadni.

Također, poželjno je kod, sniženog napona, provjeriti funkcionalnost okidača. Ako korisnik raspolaže neovisnim izvorom koristi se 85% nazivnog upravljačkog napona i za isklopni okidač 70%. Servis proizvođača potrebno je pozvati ako se ne posjeduje odgovarajuća oprema. Servis će izraditi ispitni list i garanciju za obavljena ispitivanja i obavljene radove [12].

## 5.1. Ispitivanje prekidača

Ispitivanje prekidača je odrađeno protokolom. Na slici 5.1.1. prikazan je primjer protokola održavanja prekidača unutar trafostanice. Ispitni protokol izvršen je u trafostanici Ernestinovo na prekidaču VK-38-25-12. U protokolu je provedena vizualna provjera prekidača, provjera signalizacije, provjera anti-pumpinga, provjera blokada, napetost opruge i provjera pomoćnih kontakata. U izvješću provedenog ispitnog protokola je vidljivo da su svi parametri zadovoljeni.



<b>INVESTITOR:</b>	
<b>NARUČITELJ:</b>	<b>SKLOPNA POSTROJENJA</b>
<b>LOKACIJA:</b>	<b>TS 400/110 kV</b>
<b>OBJEKT:</b>	<b>35 kV POSTROJENJE</b>

#### VAKUUM PREKIDAČ

<b>Lokacija</b>	TS ERNESTINOVO
<b>Objekt</b>	35 kV POSTROJENJE
<b>Polje</b>	H3
<b>Oznaka prekidača</b>	-Q0
<b>PROIZVOĐAČ</b>	KONČAR – EASN
<b>Tip Prekidača</b>	VK-38-25-12-K1250
<b>Seriski broj</b>	0213

#### NAZIVNI PODACI

Nazivni napon	Ur	38	kV
Nazivni izolacioni napon	Us	-	kV
Podnosivi napon 50 Hz-1 min	Ud	-	kV
Podnosivi udarni napon	Up	170	kV
Nazivna frekvencija	Fr	50	Hz
Nazivna struja pri 40°C	Ir	1250	A
Nazivna prekidna moć	Isc	25	kA
Nazivna kratkospojna struja 3 s	Ik	25	kA
Nazivna uklopna moć	Ip	-	kA
Radna sekvenca	O-0,3s-CO-3min-CO		

#### OPREMA PREKIDAČA

Motor za napinjanje opruge	-M	220	V	DC
Isklopni svitak 1	-Y2	220	V	DC
Isklopni svitak 2	-	-	V	DC
Isklopni svitak 3	-	-	V	DC
Uklopni svitak	-Y1	220	V	DC
Broj sklapanja prekidača	256	-		

#### PROVJERA PREKIDAČA

PROVJERA	Rezultat
Vizualna provjera	Zadovoljava
Provjera signalizacije	Zadovoljava
Provjera anti-pumpinga	Zadovoljava
Provjera blokada	Zadovoljava
Napetost opruge	Zadovoljava
Provjera pomoćnih kontakata	Zadovoljava

*Slika 5.1.1. Primjer ispitnog protokola [12]*

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazani su tipovi i vrste prekidača, njihovu primjenu i način rada. Obrađeno je dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja 35 kV vakuumskih prekidača.

Vakuumski prekidači zbog mnogih novih poboljšanja u dizajnu i izradi postaju jedni od najzastupljenijih prekidača čak i na nižim rasponima napona prijenosnih mreža. Današnji vakuumski prekidači podnose napone do 252 kV, ali mana im je njihova visoka cijena. Zbog toga se najčešće instaliraju na sustave naponskih razina od 70 kV i niže. Najznačajnija prednost vakuumskih prekidača je ta da mogu prekinuti dotok struje čak i u frekvencijama koje su veće od industrijske. Unatoč svim prednostima vakuumskih prekidača, SF6 prekidači su najzastupljeniji tip prekidača u prijenosnim mrežama zbog najpovoljnijeg omjera dojma i karakteristika u odnosu na cijenu.

Uzevši u obzir prethodno naglašenu važnost srednje naponskih prekidača u postrojenju dolazi se do zaključka da je od kritične važnosti vršiti temeljito i pravilno ispitivanje prekidača. Ispitivanje i ocjena stanja su temeljni zahtjevi za pravilno funkcioniranje postrojenja te za sigurnost ljudi koji se nalaze u postrojenjima.

## LITERATURA

- [1] Visokonaponski prekidači snage, dostupno na:  
<https://prakticanastavaets.files.wordpress.com/2011/12/visokonaponski-prekidac-snage-pneumatski.pdf> (Pristupio: 01.09.2020.)
- [2] K. Meštrović, Prekidanje struje, Tehničko veleučilište Zagreb, Elektrotehnički odjel, Zagreb, dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/323001.Prekidanje\\_struje.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/323001.Prekidanje_struje.pdf) (Pristupio: 01.09.2020.)
- [3] H. Požar, Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga, Zagreb 1990.
- [4] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Električna struja, dostupno na:  
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=17572> (Pristupio: 01.09.2020.).
- [5] Končar, Vakuumski prekidači srednjeg napona serije VK, Končar-Elektrčni aparati srednjeg napona d.d., dostupno na: [http://www.koncar-easn.hr/proizvodi/pdf/vk\\_hr\\_2009.pdf](http://www.koncar-easn.hr/proizvodi/pdf/vk_hr_2009.pdf) (Pristupio: 01.09.2020.)
- [6] Riverglennapts, Vakuumski prekidač ili VCB i vakuumski prekidač, dostupno na:  
<https://riverglennapts.com/hr/types-of-circuit-breaker/936-vacuum-circuit-breaker-or-vcb-and-vacuum-interrupter.html> (Pristupio: 01.09.2020.)
- [7] Galić, B. i Meštrović, K. (2014). VAKUUM KAO MEDIJ GAŠENJA ELEKTRIČNOG LUKA. Polytechnic and design, 2 (1), 23-34., dostupno na:  
<https://doi.org/10.19279/TVZ.PD.2014-2-1-> (Pristupio: 01.09.2020.)
- [8] A. An-Sheng Tseng, VACUUM CIRCUIT BREAKER FOR POWER SYSTEM APPLICATION, Stanford linear accelerator centre, Stanford University, dostupno na:  
<http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-r-169.pdf> (Pristupio: 01.09.2020).
- [9] Elektroinstalacije. Sklopni aparati. Dostupno na:  
<https://elektroinstalacije.wordpress.com/2016/09/16/sklopni-aparati/> (Pristupio: 01.09.2020).
- [10] Riverglennapts. Električni prekidač. Rad i vrste prekidača, dostupno na:  
<https://riverglennapts.com/hr/types-of-circuit-breaker/934-electrical-circuit-breaker-operation-and-types-of-circuit-breaker.html> (Pristupio: 01.09.2020).
- [11] S. Sanena, Various Types of Circiut Breakers used in Power System for Smooth Working of the Transmission Line, Moradabad Institue of Tehnology Moradabad, UP, India, dostupno na:

[http://www.mitpublications.org/yellow\\_images/1362471665\\_logo\\_9.pdf](http://www.mitpublications.org/yellow_images/1362471665_logo_9.pdf) (Pristupio:  
01.09.2020).

- [12] I. Stojkov, M., Baus, Z., Barukčić, M. & Provči, I. (2015) Električni sklopni aparati.  
Slavonski Brod / Osijek, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

## SAŽETAK

Završni rad pod nazivom „Dijagnostičko ispitivanje i ocjena stanja SN 35 kV prekidača“ se bavi obradom tipova i vrsti prekidača te njihovom primjenom i ispitivanjem. U drugom poglavlju je opisano osnovno o prekidačima te je navedeno više vrsta prekidača i njihova primjena. Detaljnije je opisan vakuumski prekidač te tipske oznake prekidača. U sljedećem poglavlju opisana je konstrukcija prekidača, princip rada istoga te princip rada pogonskog mehanizma. U četvrtom poglavlju je opisan postupak stavljanja prekidača u pogon te priključivanje strujnih krugova prekidača. U posljednjem poglavlju je detaljan opis održavanja prekidača te primjer ispitnog protokola prekidača.

**Ključne riječi:** prekidači, ispitivanje, 35 kV, vakuumski, strujni krug

## **ABSTRACT**

Final assignment named "Diagnostic testing and assessment of the condition of MV 35 kV circuit breakers" deals with the processing of different types of circuit breakers and their application and testing. The second chapter describes the basics of circuit breakers and lists several types of circuit breakers and their applications. The vacuum circuit breaker and the type designation of the circuit breaker are described in more detail. The following section describes the construction of the circuit breaker, the principle of operation of the circuit breaker and the principle of operation of the drive mechanism. The fourth chapter describes the procedure for putting the circuit breaker into operation and connecting electric circuits of circuit breakers. The last chapter provides a detailed description of circuit breaker maintenance and an example of a circuit breaker test protocol.

**Key words:** circuit breakers, testing, 35 kV, vacuum, electric circuit

## **ŽIVOTOPIS**

Dino Živković je rođen 25.6.1997 u Osijeku gdje je i završio Osnovnu školu Mladost. Nakon osnovne škole upisuje Elektrotehničku i prometnu školu Osijek, smjer tehničar za mehatroniku, koju uspješno završava 2016. godine. Završetkom srednje škole upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika. Od stranih jezika služi se engleskim.

---