

Sklopni i zaštitni uređaji odgovori

1. Objasniti funkciju sklopnih aparata kao komponenti električnih postrojenja.

Sklopni aparat: aparat namijenjen uklapanju i/ili prekidanju struje u jednom ili više strujnih krugova, tj. za uspostavljanje, održavanje i prekidanje kontinuiteta ili diskontinuiteta strujnih krugova. Vršte funkciju uklapanja i isklapanja, pokretanja i regulacije, zaštite i komande.

2. Objasniti podjelu sklopnih aparata prema namjeni.

- **PREKIDAČI**
- **SKLOPKE**
- **SKLOPNICI**
- **RASTAVLJAČI**
- **ZEMLJOSPOJNICI**
- **OSIGURAČI**
- **ODVODNICI PRENAPONA**
- **POKRETAČI**
- **REGULATORI**
- **RELEJI**
- **PRIBOR**
- **SKLOPNE APARATURE**

3. Objasniti bitnu razliku između sklopke i prekidača.

Prekidač je mehanički sklopni aparat koji može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uvjetima pogona, te uklapati, određeno vrijeme voditi i prekidati struju u nenormalnim uvjetima pogona, kao što je kratki spoj.

Sklopka je mehanički sklopni aparat koji može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uvjetima pogona (pod kojima se podrazumijevaju eventualno i određeni uvjeti preopterećenja) i u određenom vremenu podnositi struje u nenormalnim uvjetima pogona, kao što su struje kratkog spoja. Sklopka nekad može uklapati, ali ne i prekidati struje kratkog spoja.

4. Objasniti razliku između releja i okidača.

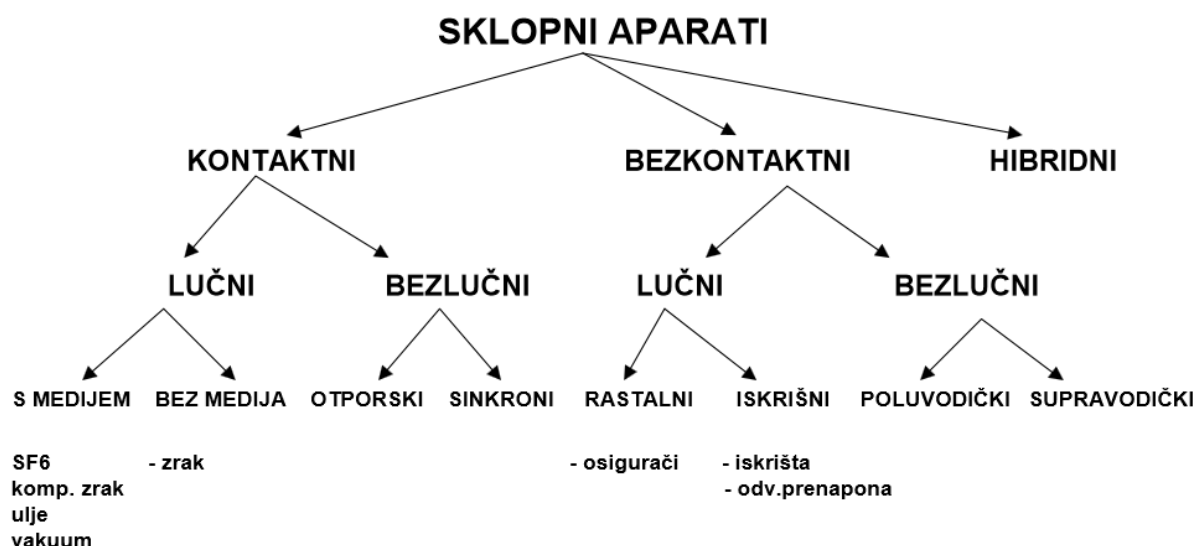
Okidač (mehaničkog sklopnog aparata) (release of a mechanical switching device) je naprava mehanički povezana sa mehaničkim sklopnim aparatom, koja oslobađa organ za održavanje položaja i dopušta otvaranje ili zatvaranje mehaničkog sklopnog aparata.

Releji električni (electrical relay) je uređaj projektiran tako da proizvodi trenutne, prethodno određene promjene jednog ili više električnih izlaznih krugova kada su ispunjeni izvjesni uvjeti u električnim ulaznim krugovima koje kontrolira relej.

5. Kako se definiraju sklopni blokovi (aparature)?

Sklopna aparatura (switch gear and controlgear) je opći pojam primjenljiv na sklopne aparate i njihove kombinacije s pripadnom upravljačkom, mjernom, zaštitnom i regulacijskom opremom, kao i na skupove takvih aparata i opreme s pripadnim međusobnim spojevima, priborom, plaštem i nosivim konstrukcijama.

6. Objasniti podjelu sklopnih aparata prema funkciji



- Kontaktne - djelovanje vezano uz mehaničko kretanje kontakata
- Beskontaktne - nema mehaničkog kretanja kontakata
- Hibridne - kombinacije kontaktnih i beskontaktnih aparata
- Lučne – pri djelovanju nastaje električni luk
- Bezlučne - sa zanemarivo malom energijom luka.

- **Rastalni i probojni** – rastalni osigurači i odvodnici prenapona gdje luk nastaje pregaranjem tankih vodiča i probojem iskrišta
- **Kontakti otporskih prekidača** - premošteni su u početku otvaranja malim otporom koji se naglo povećava, tako da se prije definitivnog prekida struja smanjuje na neznatni iznos
- **Sinkroni prekidači** - otvaraju kontakte u prvoj prirodnoj nultočki izmjenične struje nakon isklopnog impulsa
- **Beskontaktni aparati s poluvodičkim elementima** - sadrže upravljive silicijske ventile (tiristore)
- **Hibridni poluvodički aparati** – serijska kombinacija dvaju brzih kontakata, sinkroniziranih s promjenom polariteta, od kojih je jedan premošten diodom i koji se prvi otvara u intervalu vođenja diode, a odmah zatim i drugi u intervalu blokiranja

7. Objasniti podjelu sklopnih aparata prema nazivnom naponu.

Podjela sklopnih aparata prema nazivnom naponu

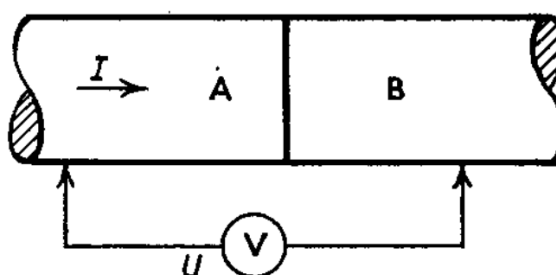
- Niskonaponski
 - Visokonaponski

 - Gornja granica napona niskonaponskih aparata za:
 - Izmjeničnu struju 1 kV
 - istosmjernu struju 1,2 kV
 - Visokonaponski aparati:
 - za srednje napone (3-35 kV)
 - za visoke napone (preko 35 kV do 400 kV)
 - za vrlo visoke napone (preko 400 kV)
-

8. Kako se definira kontaktni otpor sklopnih aparata?

Kontaktni otpor sklopnih aparata R_k

- Razlika između otpora kombinacije kontakata i otpora homogenog vodiča koji je uzrokom dodatnog ugrijavanja dodirnog mjesta povećanom Jouleovom toplinom. suma je slojnog i provlačnog otpora:
- $R_k = R_s + R_p$.



Provlačni otpor R_p i slojni otpor R_s

- **Provlačni otpor R_p** - niti precizno obrađene kontaktne površine ne mogu biti potpuno glatke pa se stoga dodiruju samo u pojedinim izbočinama
- ρ - specifični otpor
- H - tvrdoća kontakta
- F - sila
- **Slojni otpor R_s** - posljedica je slabo vodljivih stranih slojeva na dodirnim ploham koji potječu od nečistoća, sredstva za podmazivanje ili kemijskih spojeva.

$$R_p = \frac{\rho}{2} \sqrt{\frac{\pi H}{F}} = k_p \sqrt{\frac{1}{F}}$$

$$R_s = \frac{\sigma}{\pi a^2} = \frac{\sigma H}{F} = \frac{k_s}{F}$$

σ – specifični slojni otpor (za metale oko $10^{-12} \Omega\text{m}$)

- U aparatima slabe struje zbog malih tlakova prevladava slojni otpor, a u aparatima jake struje provlačni.

9. Koja bitna svojstva trebajui mati kontakti materijali?

Svojstva kontaktnih materijala

- Mali kontakti otpor
- Loša zavarljivost
- Neznatno naganje od električnog luka
- Mali otpor omogućuje trajno vođenje normalnih pogonskih struja bez prekomjernog zagrijavanja.
- Teško zavarivanje traži se od kontakata koji moraju trenutno voditi ili povremeno uklapati izuzetno velike struje (kratki spoj).
- Slabo naganje posebno je važno za lučne kontakte na koje se prebacuje korijen luka u procesu prekidanja.

10. Koja se naprezanja javljaju u različitim uvjetima kod sklopnih aparata i aparatura?

- Termičko naprezanje kontakata
- Utjecaj elektrodinamičkih sila na kontakte
- Naprezanja u procesu prekidanja

11. Kako se definira uklopna moć aparata?

Nazivna uklopna moć sklopnog aparata je vrijednost struje navedena od proizvođača, koju aparat može bez problema uklopiti pod određenim uvjetima postavljenim od proizvođača.

Uklopni uvjeti određeni su: naponom napajanja i karakteristikama ispitnog kruga. Nazivna uklopna moć odnosi se na nazivni pogonski napon i nazivnu pogonsku struju, u skladu s odgovarajućom pojedinačnom normom za određeni proizvod.

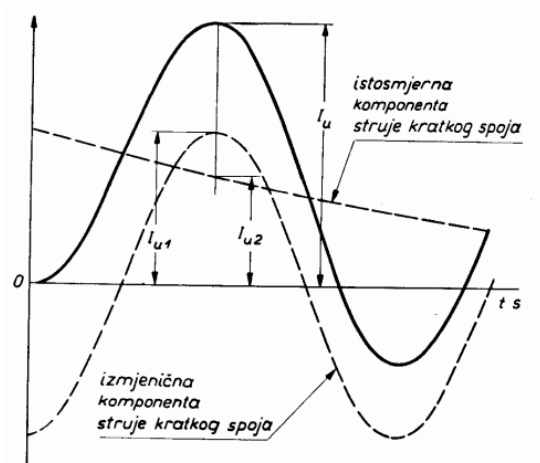
Za izmjeničnu struju nazivna uklopna moć je određena kao efektivna vrijednost simetrične komponente struje.

12. Kako se definira udarna struja kratkog spoja?

Udarna struja kratkog spoja je maksimalna vrijednost struje kratkog spoja od trenutka njenog nastanka (I_u).

Udarna (vršna) vrijednost struje kratkog spoja, i_p

Najveća moguća trenutna vrijednost granične struje kratkog spoja.



13. Kako se definira prekidna moć sklopnog aparata?

SN i VN:

Nazivna prekidna moć (za kratki spoj) je najveća vrijednost struje (kratkog spoja) koju sklopni aparat može prekinuti pri točno propisanim uvjetima upotrebe. Nazivna prekidna moć definira se sa dvije vrijednosti:

- efektivnom vrijednošću izmjenične komponente struje (kratkog spoja) u trenutku razdvajanja kontakata, i
- postotkom istosmjerne komponente.

Ako istosmjerna komponenta ne premašuje 20%, tada se prekidna moć definira samo efektivnom vrijednošću izmjenične komponente struje kratkog spoja. Efektivna vrijednost izmjenične komponente nazivne prekidne moći odabire se iz standardiziranog niza:

6,3 – 8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 31,5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 kA

NN:

Nazivna prekidna moć je najveća vrijednost struje navedena od proizvođača koju sklopni aparat može prekinuti pri točno propisanim uvjetima.

Uvjeti prekidanja određeni su: karakteristikama ispitnog kruga i povratni napon industrijske frekvencije. Za izmjeničnu struju nazivna prekidna moć je određena kao efektivna vrijednost simetrične komponente struje.

Osnovne karakteristike aparata

- Produkt prekidne struje i povratnog napona je mjerilo naprezanja aparata i naziva se

prekidna snaga

$$P_S = k U_p I_S$$

k=1 za jednofazni sustav

k=V3 za trofazni sustav

Najveća dopuštena prekidna snaga je

prekidna moć,

analogno pri uklopu

uklopna moć

14. Kako se definira kratkotrajna podnosiva struja aparata?

Nazivna kratkotrajna podnosiva struja je efektivna vrijednost struje koju sklopni aparat može voditi u zatvorenom položaju točno propisano vrijeme i pod točno propisanim uvjetima upotrebe. Vrijednost ove struje jednaka je vrijednosti nazivne prekidne struje.

15. O kojim parametrima ovisi elektrodinamičko naprezanje aparata?

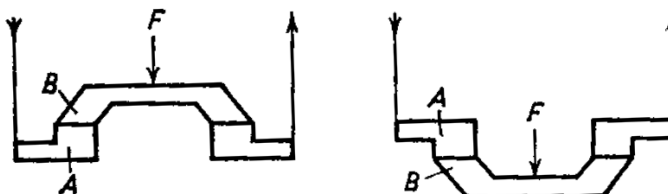
Elektrodinamičke sile na kontakte

- Elektrodinamička naprezanja ovise o konstrukciji - mogu u slučaju većih strujnih udara opasno smanjiti kontaktni tlak ili čak otvoriti kontakt jer se javljaju paralelne strujnice suprotnog smjera

A – nepomični kontakt

B – pomični kontakt

F – smjer djelovanja elektrodinamičke sile



- Odbojne sile među zatvorenim kontaktima nastaju zbog neizbježne koncentracije struje na mjestima stvarnog dodira. Odbojna sila koja se javlja na kontaktu je:

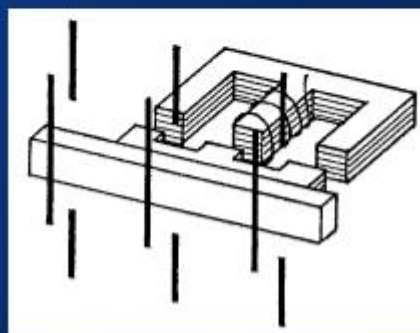
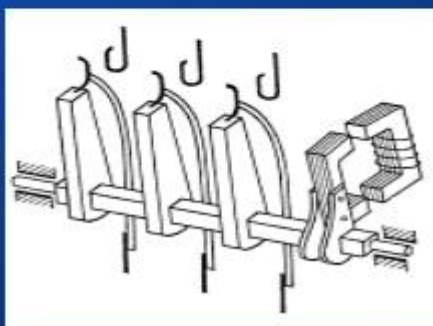
$$F_k = \frac{i^2}{2} \frac{dL}{dh} = \frac{\mu_0 i^2}{4\pi} \ln \frac{R}{r}$$

16. Koji aparati su najčešći element automatizacije električkih postrojenja i objasniti načelo njihovog djelovanja

Sklopnik ili kontaktor je daljinsko upravljani sklopni aparat bez zapornog mehanizma, koji se prilikom isklapanja sam vraća u svoj osnovni (otvoreni) položaj. Za uklapanje i držanje u uklopljenom položaju mora postojati neki vanjski (elektromagnetski ili pneumatski) pogonski uređaj.

Svaki se sklopnik, načelno, sastoji od pogonskog mehanizma za daljinsko pokretanje, od organa za mehanički prijenos gibanja, od pogonskog mehanizma za kontakte te od kontaktnog sistema.

Pogon sklopnika je najčešće elektromagnetski, a rijetko pneumatski. Za uzbudu sklopnika može se primijeniti izmjenična ili istosmjerna struja. Jezgre elektromagneta imaju obično oblik slova U ili E. Jezgre oblika U izvode se s jednim ili dva svitka (na oba kraka), a jezgre oblika E s jednim svitkom na srednjem kraku.



17. Kako se definira sklopni ciklus sklopnog aparata?

Sklopni ciklus sklopnog aparata predstavlja uklop i isklop tog aparata. A kod aparata koji ima multifunkciju, odnosno više sklopnih položaja, to je prijelaz preko svih položaja do krajnjeg položaja i vraćanje natrag u početni položaj.

18. O kojim parametrima ovisi električna trajnost sklopnih aparata?

Električna trajnost aparata ovisi o materijalima tj. materijal treba imati svojstvo rekuperacije (ponovno taloženje isparenog metala na kontaktne plohe u zraku) koja omogućuje da se poveća električna trajnost aparata.

19. Što su to kategorije primjene kod sklopnih aparata niskog napona?

Kategorija upotrebe n.n. sklopnih aparata definirana je u ovisnosti o primjeni i naznačena je u odgovarajućim pojedinačnim normama. Određena je s jednim ili više slijedećih pogonskih uvjeta:

- strujom (strujama), određenom kao višekratnikom nazivne pogonske struje;
- naponom (naponima), određenim kao višekratnikom nazivnog pogonskog napona;
- faktorom snage ili vremenskom konstantom;
- kratkospojnim karakteristikama;
- selektivnošću;
- nekim drugim pogonskim uvjetima.

20. Koji su standardni nazivi napona za područje sklopnih aparata i postrojenja niskog, srednjeg i visokog napona?

Sklopni aparati i postrojenja **niskog napona**:

Nazivni napon *upravljačkih i pomoćnih* krugova može biti istosmjerni ili izmjenični.

Ukoliko se radi o istosmjernom naponu, treba ga odabrati iz slijedeće serije:

24-48-60-110 ili 125-220 ili 250 V

Za izmjenični upravljački napon preporuča se napon 230/400 V.

Sklopni aparati i postrojenja **srednjeg i visokog napona**:

Nazivni napon sklopnog aparata označava gornju granicu najvišeg linijskog napona elektroenergetskog sustava za koji su sklopni aparati namijenjeni. Prema tome nazivni napon sklopnog aparata treba odabrati tako da bude jednak ili veći od najveće vrijednosti pogonskog napona (50 Hz) na mjestu ugradnje. Vrijednosti nazivnog napona odabiru se iz standardiziranog niza:

3,6-7,2-12-24-36(38)-123-245-420-525-765 kV.

21. Kako su standardizirane nazivne struje sklopnih aparata i postrojenja?

Nazivna trajna struja sklopnog aparata je efektivna vrijednost struje koju sklopni aparat mora moći trajno voditi pod točno specificiranim uvjetima pogona. Odabire se vrijednost iz standardiziranog niza:

400-630-800-1250-1600-2000-2500-3150-4000-5000-6300 A.

22. Objasniti prekidanje u krugu istosmjerne struje.

$$u_n = i \cdot R + L \frac{di}{dt}$$

$$i = I_k (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$I_k = \frac{U_n}{R}, \quad T = \frac{L}{R}, \quad u_n = \text{konst.}$$

Prekidanje

$$U_n = i \cdot R + L \frac{di}{dt} + u_a$$

$$\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow i = i_{\max} \Rightarrow u_a = U_n - i \cdot R$$

odnosno za opadanje struje

$$\frac{di}{dt} < 0 \Rightarrow u_a > U_n - i \cdot R$$

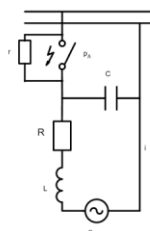
$u_a > U_n - i \cdot R \rightarrow$ poznati kriterij nestabilnosti luka -
uvjet uspješnog prekidanja

ZAKLJUČNO:

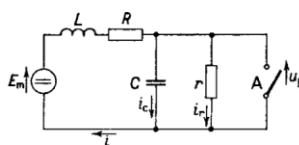
**STRUJA POSTIŽE STACIONARNO STANJE ZA VRIJEME
3T – ZA EFIKASNO OGRANIČAVANJE POTREBNO JE DA
NAPON LUKA POSTIGNE IZNOS VEĆI OD NAPONA
MREŽA ZNATNO RANIJE**

23. Objasniti prekidanje u krugu izmjenične struje.

Gašenje izmjeničnog luka



Shema uz tumačenje gašenja izmjeničnog luka



Nadmjesna shema

Gašenje izmjeničnog luka

- Primjenom Kirchhoffovih zakona

$$Em = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i_c dt$$

$$i = i_r + i_c$$

$$u_p = r i_r = \frac{1}{C} \int i_c dt$$

$$t=0; u_p = -U_g$$

Gašenje izmjeničnog luka

$$\frac{1}{4} \left(\frac{R}{L} - \frac{1}{rC} \right)^2 < \frac{1}{LC}$$

$$u_p = E_m - (E_m + U_g) \left(\frac{\kappa}{\omega_0} \sin \omega_0 t + \cos \omega_0 t \right) e^{-\kappa t}$$

Koeficijent prigušenja κ i kružna frekvencija povratnog napona ω_0 .

Gašenje izmjeničnog luka

$$\kappa = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} - \frac{1}{rC} \right)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4} \left(\frac{R}{L} - \frac{1}{rC} \right)^2}$$

Koeficijent prigušenja κ i kružna frekvencija povratnog napona ω_0 .

24. Objasniti pojam specifične propuštene energije.

Joulov integral (I^2t) je integral struje u određenom vremenskom intervalu

$$I^2t = \int_0^{t_1} i^2 dt \quad (I^2t \text{ taljenja, } I^2t \text{ prekidanja})$$

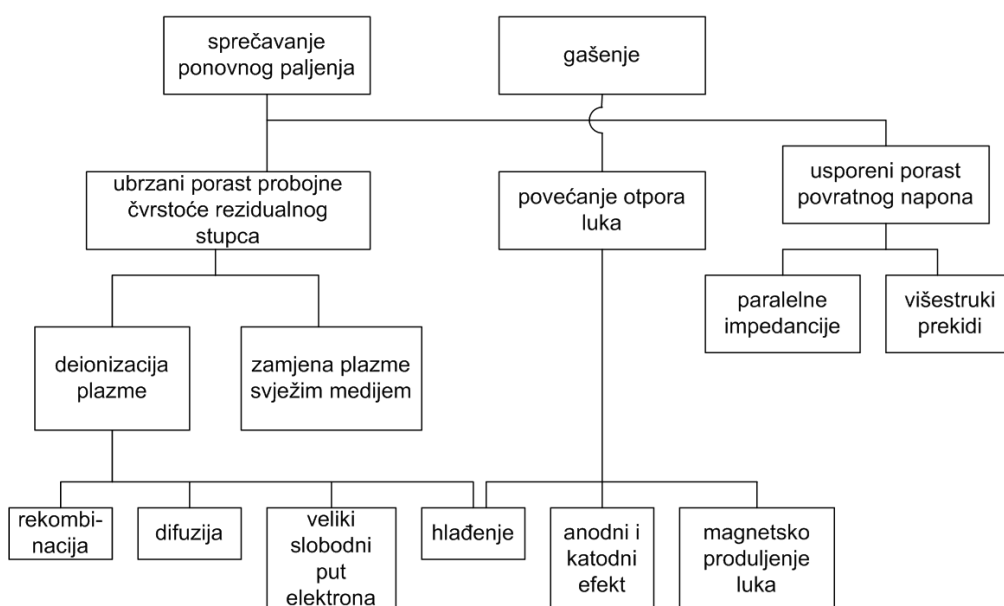
Karakteristika I^2t daje vrijednost I^2t kao funkciju prorađne struje pod navedenim uvjetima djelovanja.

25. Objasniti pojam energije luka.

Energija luka je ona energija koja se troši na nastajanje električnog luka. To je energija koja je potrebna za ionizaciju medija i formiranje plazme koja omogućuje uspostavu i održavanje električnog luka.

26. Objasniti različite sustave gašenja luka.

Sustavi gašenja luka



27. Objasniti različite sustave zaštite sklopnim aparatima.

DEFINICIJE POJEDINIH ZAŠTITA (1)

- **Nadstrujna zaštita** - Strujna zaštita koja djeluje kada struja, na mjestu ugradnje releja, dosegne određenu podešenu vrijednost.
- **Podstrujna zaštita** - Strujna zaštita koja djeluje kada struja padne ispod određene podešene vrijednosti.
- **Distantna zaštita** - Impedantna zaštita čije je djelovanje zavisno o udaljenosti između mjesta priključka (ugradnje) releja i mjesta kvara.
- **Usporedbena (diferencijalna) zaštita** - Zaštita koja uspoređuje iste električne mjerne veličine po iznosu, smjeru i fazi na oba kraja štice objekta. Uspoređivanje se izvodi s pomoćnim vodom, komunikacijskim kabelom ili telekomunikacijskim kanalom.
- **Usmjerena (učinska) zaštita** - Zaštita koja djeluje kada se smjer struje (energije) kvara podudara s usmjerenjem releja, nezavisno ili zavisno u njenom iznosu.

DEFINICIJE POJEDINIH ZAŠTITA (2)

- **Podnaponska zaštita** - Naponska zaštita koja djeluje kada napon, na mjestu ugradnje releja, padne ispod određene podešene vrijednosti.
- **Nadnaponska zaštita** - Naponska zaštita koja djeluje kada napon, na mjestu ugradnje releja, dosegne određenu podešenu vrijednost.
- **Podfrekvencijska zaštita** - Frekvencijska zaštita koja djeluje kada frekvencija, na mjestu ugradnje releja, padne ispod određene podešene vrijednosti. U novijim izvedbama zaštita prati se i brzina promjene frekvencije.
- **Nadfrekvencijska zaštita** - Frekvencijska zaštita koja djeluje kada frekvencija, na mjestu ugradnje releja, dosegne određenu podešenu vrijednost. U novijim izvedbama zaštita prati se i brzina promjene frekvencije.
- **Termička zaštita** - Zaštita koja djeluje kada temperatura štice objekta poraste iznad podešene vrijednosti.

28. Objasniti glavne funkcije zaštite prekidačima.

Prekidač je višefunkcionalni sigurnosni uređaj, koji se razlikuje od drugih tipova zaštite, objedinjujući mnoge zaštitne metode u jednu cjelinu. Moderni kompaktni prekidači nude:

- rastavljanje i sklapanje,
- toplinsku zaštitu od preopterećenja za struje malog iznosa,
- zaštitu od kratkog spoja za struje srednjeg iznosa,
- ograničavanje struje kratkog spoja velikog iznosa,
- zaštitu od zemljospoja,
- ostale karakteristike.

Niskonaponski prekidači pored vođenja normalnih pogonskih struja imaju i funkciju zaštite koja se sastoji od zaštite od preopterećenja i zaštite od kratkog spoja. Zaštita od preopterećenja je izvedena kao termička, a zaštita od kratkog spoja je izvedena kao elektromagnetska. Zaštitna funkcija prekidača se može prilagoditi karakteristikama šticeenog objekta kako bi se postigla pouzdana zaštita u svim pogonskim stanjima koja odstupaju od normalnih. Zbog toga se prekidači primjenjuju za zaštitu vodova, transformatora, motora i generatora gdje pokazuju dug vijek postojanja te mehaničku i električku trajnost.

29. Objasniti načelo djelovanja zaštitne strujne sklopke.

Jednofazni priključak kućanskog aparata struja (I_{L3}) ulazi u aparat jednim vodom, a izlazi drugim (I_N). Prolaskom struje kroz željezni prsten oko prstena se stvara magnetsko polje usmjereno lijevo, a struja koja izlazi iz štednjaka stvara magnetski tok usmjeren udesno. Magnetski tokovi F_{L3} i F_{LN} međusobno se poništavaju, pa u svitku S_{sek} nema napona pa relej **R** ne reagira i kontakt je zatvoren. U trenutku kvara (proboja struje na kućište aparata) jedan dio struje (I_{L3}) vraća se u mrežu preko uzemljenja I_k , a drugi dio struje I_N izravno u mrežu. Usled tog kvara pojavljuje se razlika u magnetskim tokovima F_{L3} i F_{LN} pa u svitku nastaje magnetski tok koji inducira napon, a taj napon u vrlo kratkom vremenu (do 30 ms) aktivira relej **R** koji isključuje dovod napona na aparat. Na taj način smo zaštićeni od opasnih posljedica dodirnog napona. Treba posebno obratiti pažnju na to da sklopka ne osigurava kratki spoj u trošilu taj problem rješavaju osigurači.

<http://free-zg.t-com.hr/dk-osobno/elektroinstalacije.htm>

30. Objasniti prednosti ograničavanja struja kratkog spoja.

Stalni porast snaga u električnim mrežama imao je za

posljedicu povećanje struje kratkog spoja, čime su se povećali

zahtjevi na uređajima za zaštitu.

Potrebni su efikasni zaštitni aparati posebice nižih i srednjih

nazivnih struja.

OGRANIČENA STRUJA KROZ APARAT OSIGURAVA SMANJENJE NJEZINIH EFEKATA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

- a) ELEKTROMAGNETSKI EFEKTI – poremećaj rada elektroničkih uređaja
- b) MEHANIČKI EFEKTI – deformacije ili puknuća, otvaranje opružnih kontakata na spojnoj opremi
- c) TOPLINSKI EFEKTI – adijabatski režim – pojava visokih temperatura

ZAKLJUČNO:

OČIGLEDNE POSLJEDICE SU DEFORMACIJE UREĐAJA, DESTRUKCIJA IZOLACIJSKIH MATERIJALA, RIZIK POJAVE VATRE

31. Koje su glavne tehničke značajke bitne za izbor sklopnih aparata?

Nazivni napon

Nazivna struja

Prekidna moć/uklopna moć

Atmosferski uvjeti

Način upravljanja

Udarna struja kratkog spoja

Prvo nazivna struja pa kontrola

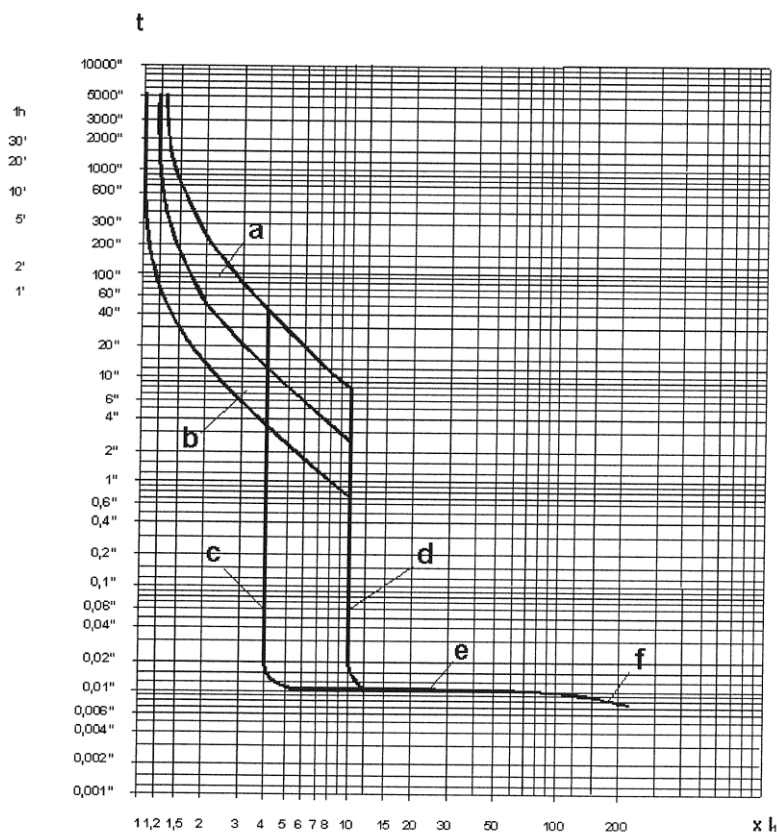
32. Odrediti kakav prekidač treba izabrati za zaštitu transformatora od preopterećenja i Kratkog spoja za slijedeće vrijednosti: $S_{nT} = 630 \text{ kVA}$, $U_{2n} = 400 \text{ V}$, $u_k = 4\%$.

$$I_n = \frac{630000}{\sqrt{3} * 400} = 909,33 \text{ A, odabiremo } I_n = 1250 \text{ A}$$

$$U_n = 400 \text{ V}$$

$$I_{KS} = \frac{909,33}{0,04} = 22733,17 \text{ A, odabiremo } I_{KS} = 25 \text{ kA}$$

33. Nactati i objasniti karakteristiku djelovanja prekidača.



- a** toplinski okidač: hladno stanje
- b** toplinski okidač: toplo stanje
- c** magnetni okidač: minimalno podešenje
- d** magnetni okidač: maksimalno podešenje
- e** prekidanja uvjetovano djelovanjem magnetskog okidača
- f** prekidanja uvjetovano djelovanje elektrodinamičke sile

34. Koji su bitni uvjeti za zaštitu u području preopterećenja i kratkog spoja?

- Zaštita od preopterećenja – odnosi se na podešavanje nazivne struje termičkog okidača I_r iznad koje okidač isklapa prekidač. Maksimalna nazivna struja termičkog okidača I_r je jednaka nazivnoj struji prekidača I_n . Termička struja može biti fiksno jednaka I_n ili podesiva u rasponu od $0,7I_n - I_n$.
- Zaštita od kratkog spoja – odnosi se na okidanje magnetskog okidača brzo isklapanje prekidača pri pojavi visoke vrijednosti struje kvara. Struja magnetskog okidača I_m može biti fiksna $I_m = 7 - 10 I_n$ (termomagnetski) ili podesiva u rasponu od $1,5 I_n - 15 I_n$ (elektronički okidač).

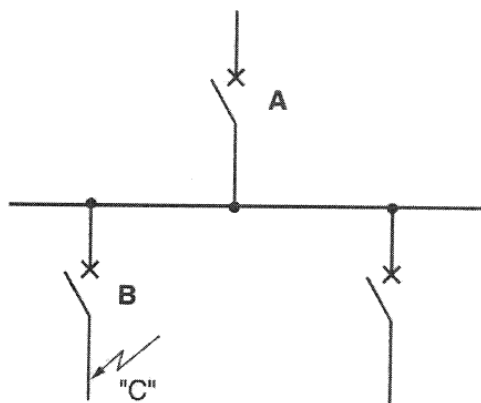
vrsta okidača	zaštita od preopterećenja	zaštita od kratkog spoja	zaštita od zemljospoja
termomagnetski	fiksno $I_r = I_n$	fiksno $I_m = 7 - 10 I_n$	-----
	podesivo: $0,7 I_n \leq I_r < I_n$	podesivo: - nisko podešenje $2 - 5 I_n$ - standardno podešenje $5 - 10 I_n$	-----
elektronički	dugo kašnjenje: $0,4 I_n \leq I_r < I_n$	- kratko kašnjenje podesivo $1,5 I_n \leq I_m < 10 I_n$ - trenutno fiksno $12 I_n \leq I_m < 15 I_n$	podesivo: $0,7 - 1 I_n$

35. Objasniti zbog čega se vrši preklapanje zvijezda – trokut.

Pokretanjem motora namotom protječe 5 do 7 puta veća struja od nazivne – potezna struja. Takva struja uzrokuje propade napona i pregrijavanje namota stoga ju je potrebno smanjiti. Jedan od načina je preklapanje iz zvijezde u trokut pri zaletu motora. Spajanjem namota u zvijezdu potezna struja će se smanjiti tri puta u odnosu na spoj trokut.

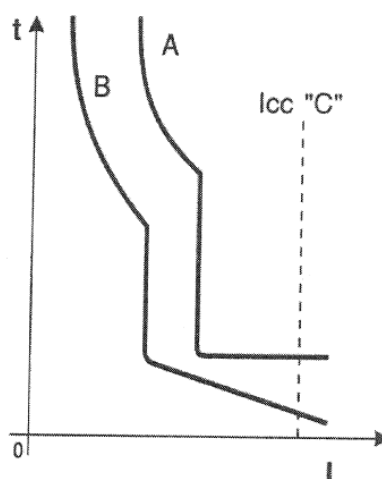
36. Objasniti pojam selektivnosti zaštite.

Selektivnost je koordinacija između prekostrujnih zaštitnih uređaja kojim se omogućuje odvajanje dijelova sustava u kojima se pojavila nekakva greška, od cjelokupnog sustava time da tu grešku isklapa najbliži prekidač sa strane odvoda. Slika 35 pokazuje potrebu koordinacije između prekidača A i B koji se nalaze u seriji tako da u slučaju greške u točki C samo isklapa prekidač B te da prekidač A ostaje uklopljen i time ostali dio sustav ostaje uklopljen.



37. Objasniti pojam pridružene zaštite (djelovanje više aparata u nizu).

Pridružena (back-up ili kaskadna) zaštita je definirana standardom IEC 60364-437 kojim se dozvoljava uporaba zaštitnog uređaja s prekidnom moći koja je manja od struje kratkog spoja na mjestu ugradnje, ali pod uvjetom da postoji još jedan zaštitni uređaj ugrađen na mjestu dovoda s potrebnom prekidnom moći koja je veća ili jednaka struji kratkog spoja na tom mjestu. U ovom slučaju karakteristike oba zaštitna uređaja moraju biti tako odabrane da specifična propuštena energija (I^2t) uređaja na strani napajanja ne bude veća od ukupne specifične energije koja se može propustiti, a da ne dođe do oštećenja uređaja i vodiča na strani tereta (slika 40)



Slika 40. Pridružena zaštita

38. Objasniti prednosti elektroničke zaštite zaštitnih uređaja.

Prednost je u tome što su toplinski neosjetljivi, vrlo točno mjere, vrlo široko područje podešavanja, selektivna funkcija, struje $2-14 I_n$.

39. Koje se tehnike prekidanja koriste kod srednjenaponskih i visokonaponskih aparata?

SN:

- uljne
- malouljne
- hidromatske
- pneumatske
- SF₆
- vakuumske

VN:

Opružni
mehanizam

Pneumatika

Hidraulika

SF₆ mehanizam

40. Koji se dodatni elementi moraju koristiti kod zaštite srednjenaponskih i visokonaponskih sustava?

Prekidači, rastavljači (linijski i sabirnički), odvodnici prenapona, zemljospojnici, naponski i strujni transformatori, izolatori, signalizacija.

41. Kako se definira automatski ponovni uklop (APU)?

APU je funkcija koja omogućava otklanjanje prolaznih kvarova na načina da nakon što je prekidač isključio kvar nakon isteka beznaponske pauze ponovno pokuša uklopiti prekidač.

42. Definirati podjelu relejne zaštite po elementima elektroenergetskog sustava?

- **Prema elementima elektroenergetskog sustava (štićenim objektima):**
 - zaštita (sinkronih) generatora,
 - zaštita transformatora,
 - zaštita sabirnica,
 - zaštita vodova (mreža),
 - zaštita (visokonaponskih) motora,
 - zaštita kondenzatorskih baterija,
 - Zaštita uređaja za mrežno tonfrekventno upravljanje.

43. Koji su uvjeti djelovanja podnaponskih i nadnaponskih releja?

PODNAPONSKA ZAŠTITA

- Naponska zaštita koja djeluje kad napon na mjestu ugradnje releja padne ispod određene vrijednosti.

NADNAPONSKA ZAŠTITA

- Naponska zaštita koja djeluje kad napon na mjestu ugradnje releja pređe određenu podešenu vrijednost.

44. Objasniti tipične zaštite transformatora i vodova u visokonaponskim sustavima.

Distantna zaštita

Nadstrujna zaštita za višepolne kvarove

Usmjerena nadstrujna zaštita za višepolne kvarove

Nadstrujna zaštita za jednopolne kvarove

Usmjerena nadstrujna zaštita za jednopolne kvarove

Diferencijalna zaštita transformatora

Nadnaponska zaštita na nulti napon

Termička zaštita (nadstrujna)

Plinska (Buchholz) zaštita

Termička zaštita transformatora

Termo slika transformatora

Zaštita kotla transformatora

Protupožarna zaštita

Vodovi

Nadstrujna zaštita

Lokalna komunikacija (RS232)

Zemljospojna zaštita

Daljinska komunikacija (RS485)

Usmjerena zemljospojna zaštita

Uključenje prekidača

Automatsko ponovno uključenje**Zaštita od zatajenja prekidača**

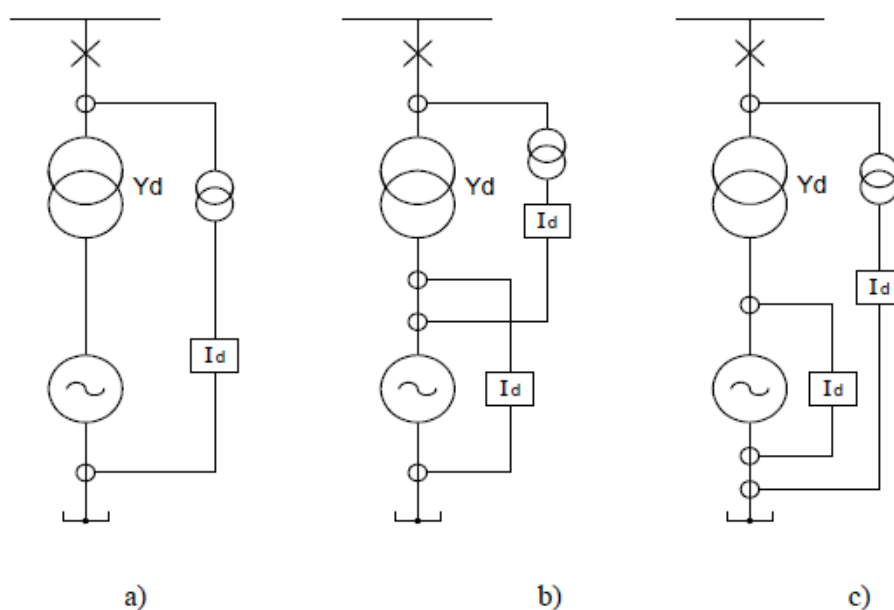
Distantna

Uzdužna diferencijalna

45. Objasniti načelo djelovanja zaštite bloka generator; transformator.

Diferencijalna zaštita generatora u pravilu uvijek obuhvaća zaštitu bloka generator-transformator i pripadajuće im elemente.

Na slici 3.5.a) prikazan je priključak diferencijalne zaštite za manje generatore (do snaga od 4 MVA), gdje se cijeli blok, dakle i generator i transformator štite jednom diferencijalnom zaštitom [5]. Ako se promatra veći generator onda se može izvesti diferencijalna zaštita prema slici 3.5.b), gdje je zaštitom zasebno štićen generator i zasebno transformator. Ovom zaštitom štiti se cijeli blok, ali se u praksi rijetko koristi, jer generator nema rezervnu zaštitu koja je potrebna kod većih generatora. Iz tog razloga najčešće se koristi priključak diferencijalne zaštite prikazan na slici 3.5.c), gdje jedna zaštita štiti samo generator, dok druga zaštita štiti istovremeno cijeli blok.



Slika 3.5. Diferencijalna zaštita bloka generator - transformator

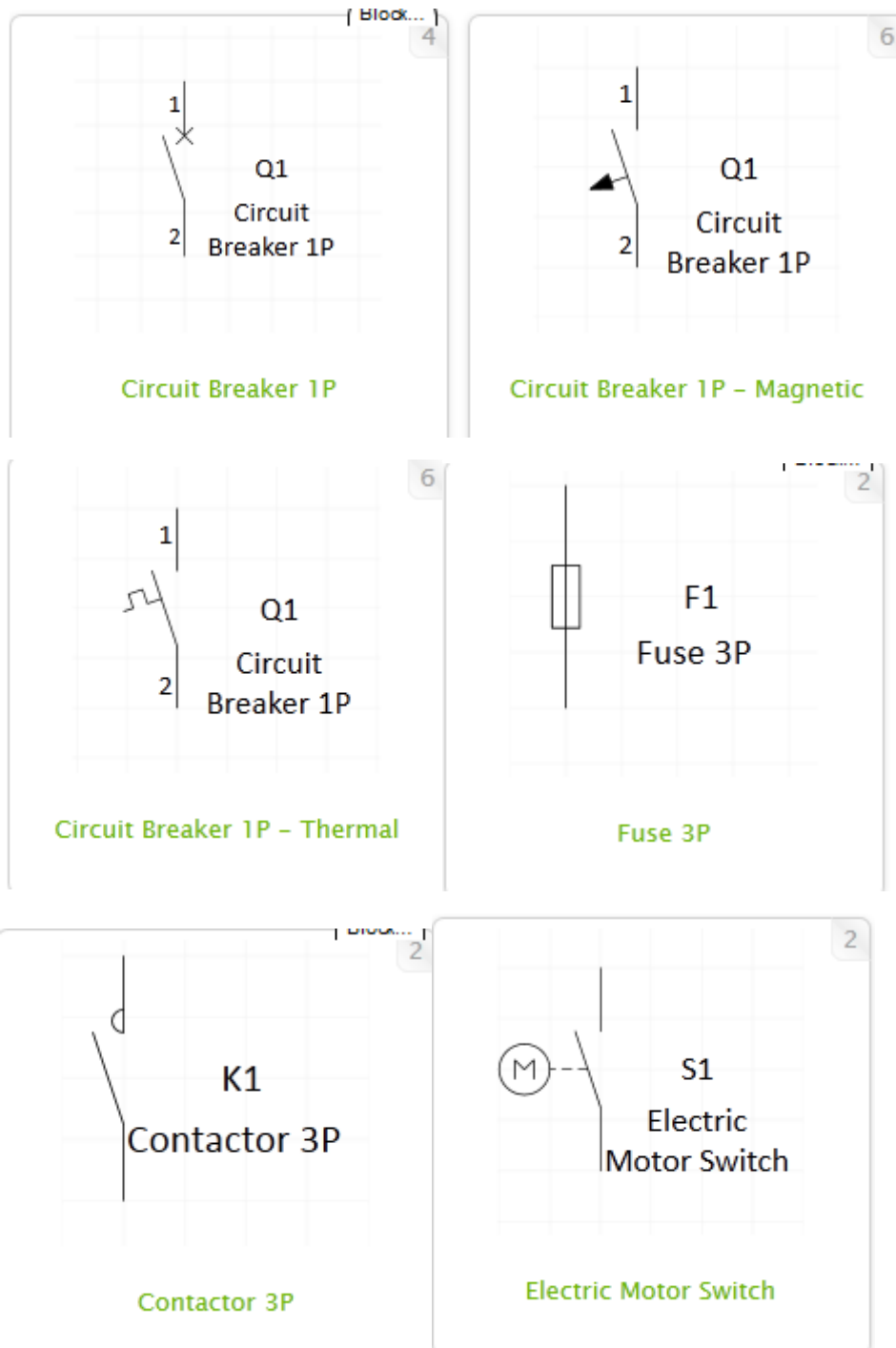
Kombinacija diferencijalnih zaštita prikazana na slici 3.5.c) najčešća je kod blokova u kojima nema otcjepa između transformatora i generatora.

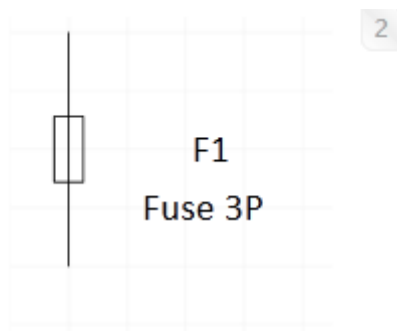
46. Nacrtati primjer koordinacije više zaštitnih uređaja za potpunu selektivnost (tri u nizu).

47. Nacrtati načelne sheme sklopnih i zaštitnih uređaja u mreži.

Strujne sheme

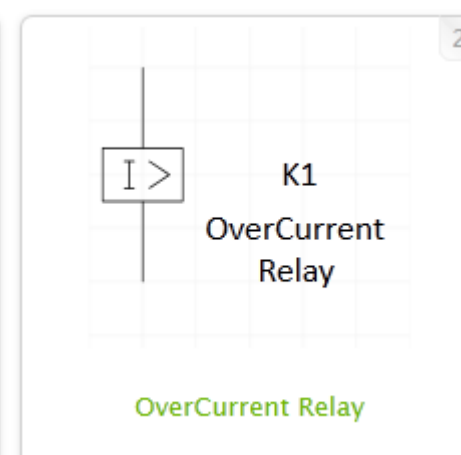
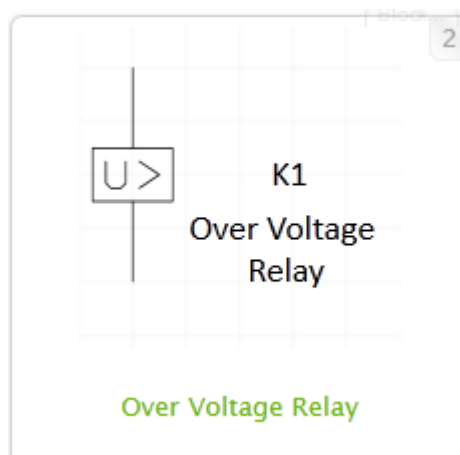
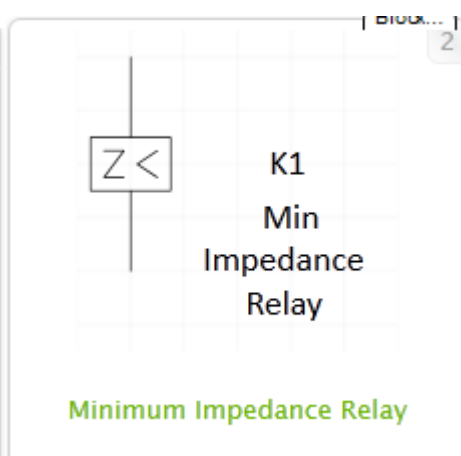
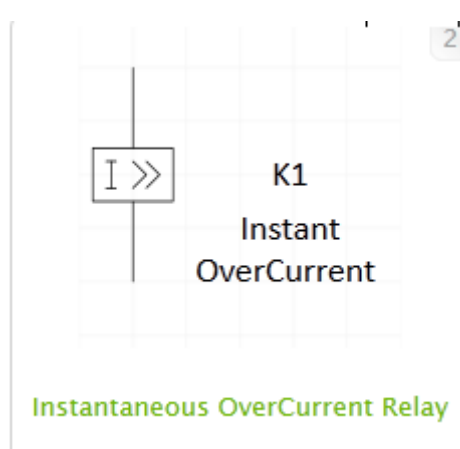
Sklopni uređaji:





Fuse 3P

Zaštitni uređaji:



48. Kako se obavljaju dielektrička ispitivanja sklopnih uređaja i aparatura?

Vrše se visokim naponom, dakle **izmjeničnim ispitnim naponom industrijske frekvencije koji propisuje standard za tipsko i rutinsko ispitivanje**. Primjerice za prekidače od 1000 V taj ispitni napon je 2500 V, i on se drži 1 minutu i pri tome ne smije doći do proboja polova i zemlje, otvorenih kontakta itd.

Kod nekih aparata su dana ispitivanja i udarnim naponom. Udarni napon standardnog vala je 1.5/50 mikro s. Val poraste na svoju vrijednost za 1.2 us i za 50 us padne na polovicu svoje vrijednosti.

49. Koji su ispitni ciklusi prilikom ispitivanja prekidne moći prekidača?

Nazivni slijed operacija treba odabrati od jednog od slijedećih standardnih sljedova:

a) O-t-CO-t'-CO

$t = 3 \text{ min}$ (za prekidače bez APU) $t = 0,3 \text{ s}$ (za prekidače s APU) $t' = 3 \text{ min}$

b) CO-t''-CO

$t'' = 15 \text{ s}$ (za prekidače bez APU).

O- isključenje

t- vrijeme potrebno prekidaču da može ponovno djelovati ($\sim 0.3\text{s}$)

Co- uključenje napona odgovarajućeg vremena trajanja poslje isključenja

T- vrijeme potrebno prekidaču i izolacijskom mediju za regeneraciju i ponovno djelovanje radnog mehanizma (3 min)

ISPITIVANJE PREKIDNE MOĆI sabitnički kratki spoj

Ispitni ciklus	Sklopna operacija	Ispitna struja u postotku od nazivne prekidne moći (i/ili uklopne moći)	Istosmjerna komponenta
1	O - t - O - t' - O	10%	< 20%
2	O - t - O - t' - O	30%	< 20%
3	O - t - O - t' - O	60%	< 20%
4	O - t - CO - t' - CO	100%	< 20%
4a (umjesto ciklusa 4)	C - t' - C	100%	< 20%
4b	O - t - O - t' - O	100%	< 20%
5	O - t - O - t' - O	100%	< 20%

O - otvaranje

C - zatvaranje

$t = 0.3 \text{ s}$

$t' = 3 \text{ min}$

ISPITIVANJE PREKIDNE MOĆI bliski kratki spoj

Ispitni ciklus	Sklopna operacija	Ispitna struja u postotku od nazivne prekidne moći (i/ili uklopne moći)	Istosmjerna komponenta
90	O - t - O - t' - O	90 %	< 20%
75	O - t - O - t' - O	75 %	< 20%

ISPITIVANJE PREKIDNE MOĆI kapacitivne struje

Ispitni ciklus	Sklopna operacija	Ispitna struja u postotku od nazivne kapacitivne struje
1	O	10 do 40 %
2	O i CO ili CO	minimalno 100 %

Definiraju se dvije klase prekidača glede ponovnih paljenja električnog luka kod prekidanja (engl. restrike performance):

- *klasa A* (vrlo mala vjerojatnost ponovnih paljenja) i
- *klasa B* (mala vjerojatnost ponovnih paljenja).

Ovisno o klasi u koju spada prekidač, i ovisno o nazivnoj karakteristici prekidanja kapacitivne struje, propisuje se odgovarajući broj sklopnih ciklusa. Tako se npr. za sklapanje kondenzatorskih baterija propisuje slijedeći broj ispitnih ciklusa:

- Ispitni ciklus 1: 24 O (za trofazno ispitivanje), odnosno 48 O (za jednofazno),
- Ispitni ciklus 2: 80 CO (za trofazno ispitivanje), odnosno 120 CO (za jednofazno).

Za prekidače klase A ispitivanje sklapanja kapacitivnih struja provodi se nakon što je prethodno provedeno ispitivanje prekidne i uklopne moći na stezaljkama prekidača (ispitni ciklus br.3). Za ispitivanje prekidača klase B nije potrebno vršiti nikakva prethodna predispitivanja.