

1. ZAŠTITA VODOVA

1.1. KRATKI SPOJEVI U MREŽI

Kratki spoj u mreži nastaje kada električno naprezanje izolacije prijeđe električnu čvrstoću izolacije.

Uzrok pojavi kratkog spoja je:

- Povećanje napona koji djeluje na izolaciju (pojava prenapona)
- Smanjenje izolacije (npr. Dodir vodiča uslijed njihanja vodiča)
- Istovremeno povećanje napona i smanjenje izolacije

S obzirom na trajanje kratkog spoja, dijelimo uzročnike kratkog spoja na:

- Prolazne uzročnike (prenaponi, trošenje izolacije, dodir uslijed njihanja vodiča, premoštenje nekim stranim sagorivim tijelom - ptica, grana).
- Trajne uzročnike (lom izolatora, onečišćenje izolatora, pad vodiča na drugi vodič ili na uzemljeni dio i premoštenjem stranim tijelom koje ne izgara pari padu na vodič).

Prolazni uzrok stvara na mjestu kratkog spoja električni luk koji se održava i nakon nestanka uzročnika i to sve dok ne isključimo vod. Nakon isključenja, luk se gasi, a ponovnim uključanjem luk se više neće pojaviti.

Na mjestu kratkog spoja postoji otpor. To je obično otpor električnog luka.

Ako na mjestu kratkog spoja nema otpora, onda takav kratki spoj nazivamo – **direktni kratki spoj.**

Posljedice kratkog spoja:

- Uslijed velikih početnih vrijednosti struje kratkog spoja, nastaju snažna dinamička naprezanja između vodiča. Ova naprezanja možemo izbjeći jedino ako bi vod isključili upravo u trenutku nastanka kratkog spoja (osigurači). Osigurači se malo koriste u mrežama visokog napona, a prekidači ne mogu brzo isključiti vod, pa se dinamička naprezanja na vod redovito javljaju pri kratkom spoju.
- Struja kratkog spoja zagrijava vodiče. Zato se vod mora isključiti prije nego dođe do termičkih naprezanja i razaranja dijelova voda.
- Struje kratkog spoja izazivaju velike smetnje u telekomunikacijskim uređajima i u njima se mogu pojaviti i po život opasni naponi.
- U blizini kratkog spoja, napon se „slama“, odnosno, toliko smanji sa većinu uređaja (npr. strojeva) isključi podnaponska zaštita.
- Ako struja kratkog spoja teče kroz zemlju, na mjestu kratkog spoja (spoja vodiča i zemlje), pojavljuju se vrlo opasne razlike potencijala.

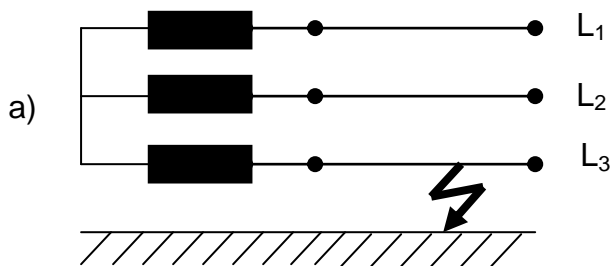
1.1.2. VRSTE KRATKIH SPOJEVA

S obzirom na broj vodiča u kratkom spoju, kratke spojeve dijelimo na:

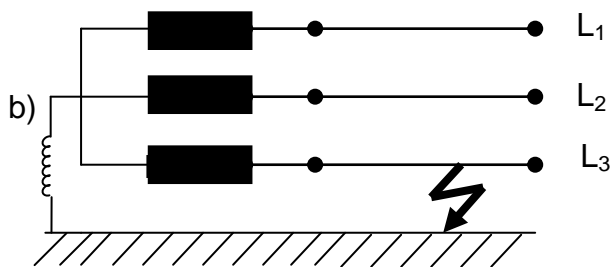
- Jednopolne
- Dvopolne
- Tropolne

Jednopolni kratki spojevi

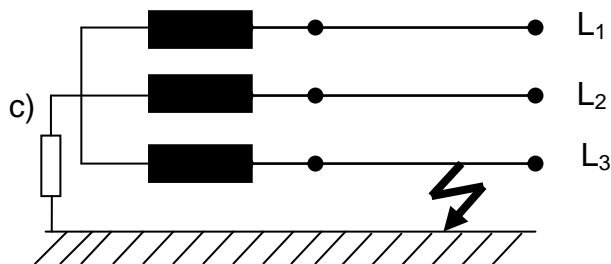
Ovo su karakteristične vrste jednopolnih kratkih spojeva s obzirom na način uzemljenja nul točke transformatora.



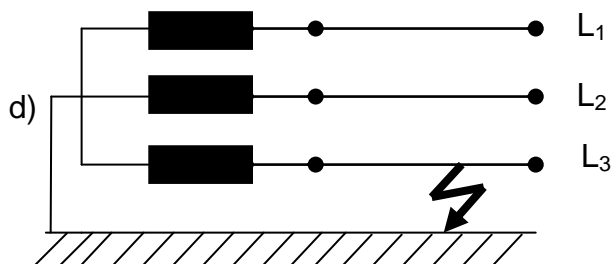
Zvezdište je izolirano. Između vodiča i zemlje ne postoji galvanska već samo kapacitivna veza, tako da na mjestu kvara teče samo kapacitivna struja. Tu struju nazivamo strujom zemljospoja, takav jednopolni kratki spoj nazivamo ZEMLJOSPOJ



Zvezdište transformatora može biti uzemljeno preko PETERSENOVE prigušnice čiji je induktivitet u rezonanciji sa dozemnim kapacitetom voda. Na ovakav način, od struje zemljospoja ostaje jedan mali dio (kompenzirana ili preostala struja. To je vrlo mala i uglavnom djelatna struja

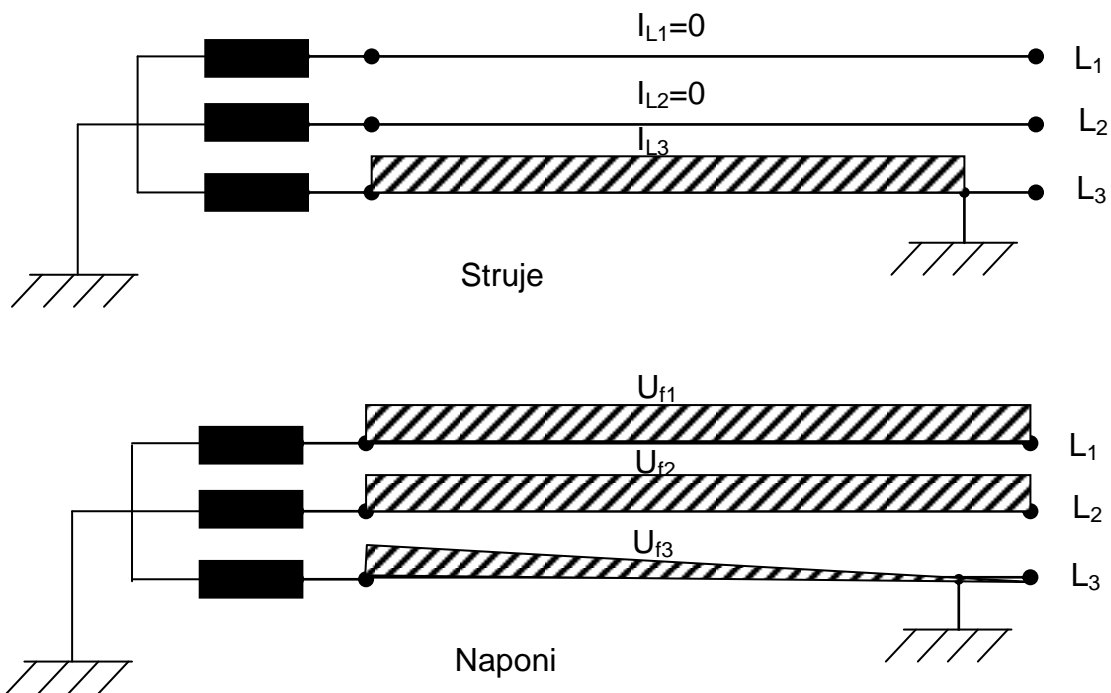


Zvezdište je uzemljeno preko djelatnog otpora, koji smanjuje struju jednopolnog kratkog spoja. U ovom slučaju teče nekompensirana struja kratkog spoja i to uglavnom induktivna

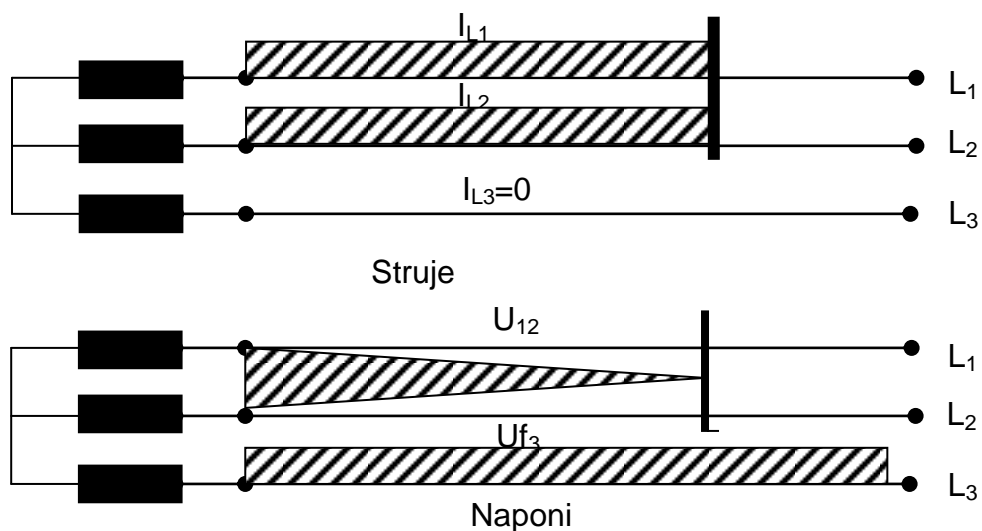


Zvezdište je direktno uzemljeno. Ovdje je struja kratkog spoja maksimalna.

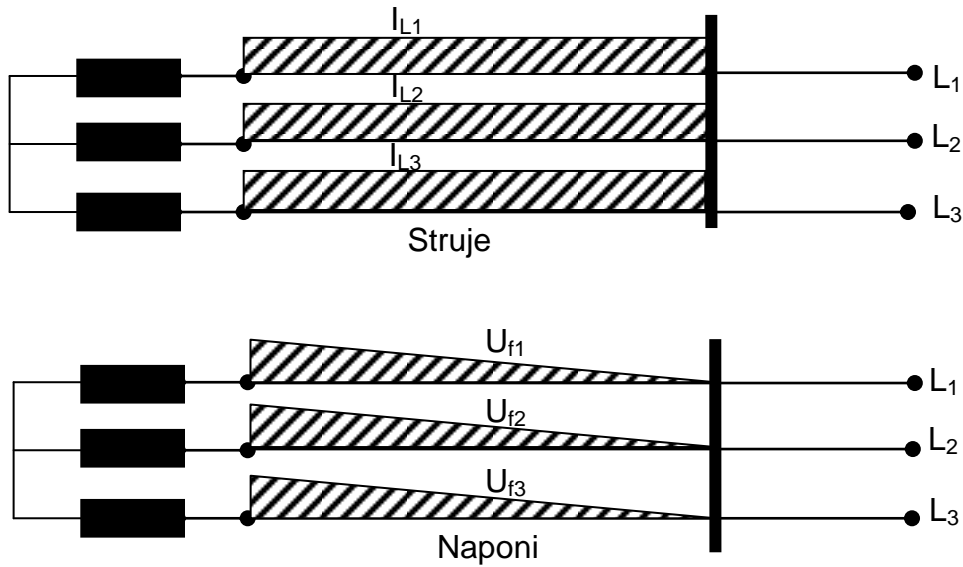
Raspodjela struje i napona po vodičima kod jednopolnog kratkog spoja.



Ovdje je prikazana raspodjela struje i napona po vodičima kod jednopolnog kratkog spoja. Vidi se da struja teče samo u „bolesnoj“ fazi i vraća se kroz zemlju. Fazni naponi zdravih faza su konstantni duž zdravih faznih vodiča. Na bolesnom faznom vodiču, napon opada od nazivnog napona u izvoru do nule u točki kratkog spoja.



Ovdje je prikazana raspodjela struje i napona po vodičima kod dvopolnog kratkog spoja. Struje teku samo po „bolesnim“ fazama (jedna te ista struje teče po bolesnim fazama). Struja zdrave faze jednaka je nuli. Fazni napon zdravog vodiča konstantan je duž vodiča. Linijski napon između bolesnih faza postepeno opada od pune vrijednosti u izvoru, do nule u točki kratkog spoja.

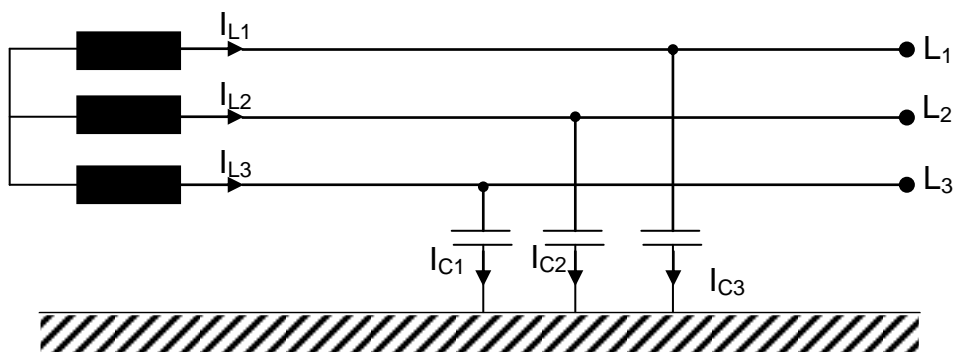


Ovdje je prikazana raspodjela struje i napona po vodičima kod trofaznog kratkog spoja. Struje su jednake u svim bolesnim fazama. I fazni i linijski naponi opadaju od nazivne vrijednosti u izvoru, do nule u točki kratkog spoja.

Električne veličine su jednake u sva tri fazna vodiča. Zato trofazni kratki spoj nazivamo **simetrični kratki spoj**, za razliku od jednofaznog i dvofaznog kratkog spoja, koje nazivamo **nesimetričnim kratkim spojevima**.

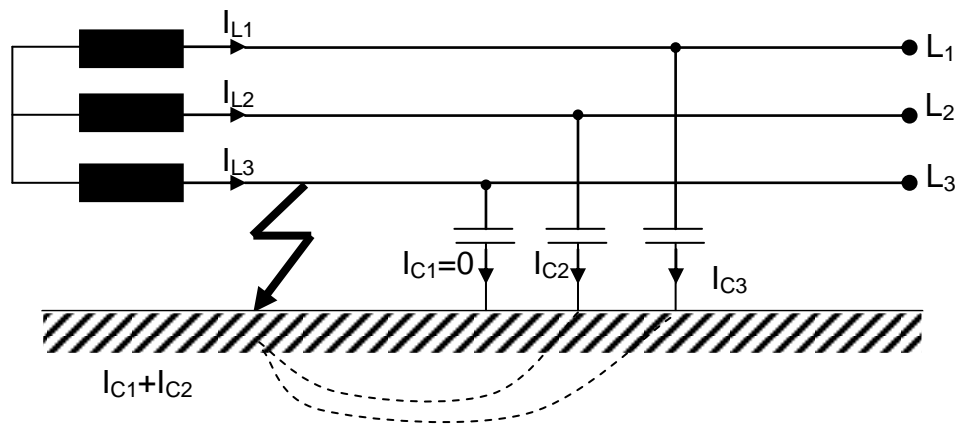
1.1. ZEMLJOSPOJ

Jednofazni kratki spoj u mreži sa izoliranim zvjezdištem, naziva se zemljospoj. Struje zemljospoja su kapacitivnei teku kroz dozemne kapacitete.



Ovdje su prikazane prilike u zdravoj mreži sa izoliranim zvjezdištem.

U faznim vodičima kroz dozemne kapacitete teku kapacitivne struje. One su jednake po veličini, a faznim naponima prethode za 90° . Suma kapacitivnih struja jednaka je nuli, tako da kroz zemlju (u zemlji se sve struje zbrajaju), ne teče nikakva kapacitivna struja.



Napon bolesne faze u točki zemljospoja jednak je nuli, dok fazni naponi zdravih faza postaju jednaki linijskim naponima.

Kroz dozemni kapacitet bolesne faze ne teče struja, jer je fazni napon bolesne faze jednak nuli.

ŠTETNE POSLJEDICE ZEMLJOSPOJA

Posljedica je termičko opterećenje vodiča i izolatora uslijed električnog luka na mjestu kvara. Električni luk se može proširiti i na zdrave faze i na taj način se pretvara u kratki spoj.

Struja zemljospoja nije velika, ali na mjestu gdje utiče u zemlju stvara velike i po život opasne potencijalne razlike. Zbog povećanja napona zdravih faza, povećava se i mogućnost pojave korone.

Struju zemljospoja možemo približno izračunati pomoću izraza:

$$I_Z = \frac{U \times l_{\text{vodiča}}}{1000} (A)$$

Gdje je: U (kV)linijski napon vodiča

L (km) ... dužina vodiča

1.2. PRENAPONI U ELEKTRIČNIM MREŽAMA

Svako povećanje potencijala u nekoj točki mreže, odnosno povećanje razlike potencijala između te točke i zemlje, koje stvara po izolaciju napone, odnosno jakost električnog polja, naziva se prenapon.

Normalni rad električnih mreža, veoma često remete prenaponi koje možemo podijeliti na:

- Komutacijske (unutrašnje ili pogonske)
- Atmosferske (vanjske)

U komutacijske prenapone ubrajamo prenapone koji nastaju pri promjeni režima rada mreže. Oni se javljaju pri promjeni opterećenja, uključenju ili isključenju voda u praznom hodu, pri isključivanju kratkog spoja, pri zemljospoju jedne faze preko luka. Komutacijski prenaponi nastaju na račun energije nagomilane u elektroenergetskom sustavu. Zbog toga je i najveća vrijednost (amplituda) ovih prenapona ograničena.

Između amplitude komutacijskog prenapona i amplitude radnog (pogonskog) napona, postoji određeni odnos. Ove prenapone dijelimo u tri grupe:

- Prenaponi usljed lukaž
- Rezonantni prenaponi
- Ferorezonantni naponi

U većini slučajeva, amplituda ovih prenapona doseže $2U_N$, gdje je U_N nazivni napon mreže. Protiv komutacijskih prenapona se borimo na taj način da ako je moguće spriječimo njihovo nastajanje, a ako nije moguće, nivo ije dijela mreže podešavamo tako da oni mogu podnijeti propisima određene vrijednosti prenapona.

Atmosferski prenaponi nastaju udarom groma u vodove. Energija groma ne ovisi o pogonskom naponu mreže, i zbog toga atmosferski prenaponi predstavljaju najveću opasnost po električne mreže i postrojenja. Odnos između amplitude atmosferskog prenapona i radnog napona, utoliko je veći ukoliko je radni napon manji.

Atmosferske prenapone dijelimo na:

- Inducirane prenapone
- Prenapone direktnog udara groma

Inducirani prenaponi nastaju prilikom udara groma u neposrednoj blizini mreža ili postrojenja. Prenaponi direktnog udara groma nastaju pri udaru groma u bilo koji element mreže ili postrojenja.

Prenaponi direktnog udara groma su uopće najopasniji prenaponi. Inducirani prenaponi dosežu vrijednosti 300 – 400 (kV) te su zbog toga posebno opasni. Pri direktnom udaru groma prenaponi dosežu i do nekoliko tisuća kilovolti, a struje 3 – 250 (kA).

Osnovne karakteristike prenapona su:

- Amplituda
- Vrijeme trajanja utjecaja na izolaciju
- Brzina promjene napona

Amplituda prenapona je opasna po međufaznu izolaciju i po izolaciju između dijelova pod naponom i zemlje. Brzina promjene prenapona se izražava u (kV/m). Vrijeme uspostavljanja prenapona naziva se **čelo vala**. Ono se kreće u granicama od 1-10 (μ s). Ukupno trajanje prenaponskog vala kreće se od 5-200 (μ s), ali najčešće je 5-30 (μ s).