

PRENOS I DISTRIBUCIJA

OSNOVI ELEKTROENERGETIKE

Dr Ivana Vlajić-Naumovska

Sadržaj

2

- Osnovni elementi prenosa i distribucije
- Vodovi
- Trofazne električne mreže
- Struje kratkog spoja
- Tokovi snaga i naponi u prenosnoj mreži
- Vazdušni vodovi
- Kablovski vodovi
- Razvodna postrojenja
- Sabirnice
- Izolatori
- Sklopni aparati
- Osigurači

PRENOS I DISTRIBUCIJA

3

- Osnovni elementi prenosa i distribucije su vodovi i razvodna postrojenja.
- **Vodovi**
- Električni vodovi služe za sprovođenje električne energije.
- Električna energija koju sprovodimo vodom može biti različitih vrsta i oblika napona, snage i frekvencije.
- Za prenos i distribuciju električne energije u svetu se koristi uglavnom trofazni, naizmenični sistem, mada neke zemlje primenjuju i jednosmerni sistem za prenos energije na velike razdaljine.

Električni vodovi

4

- Električni vodovi sačinjavaju električne mreže, koje, prema ulozi i veličini naznačenog napona, delimo na:
 - *Prenosne*, koje služe za prenošenje energije od elektrana do potrošačkih centara i za međusobno povezivanje pojedinih elektroenergetskih sistema u jedinstveni sistem. Kod nas se koriste prenosne mreže sledećih naznačenih napona: 110kV, 220kV i 400kV;
 - *Distributivne*, koje služe za razvođenje (raspodelu) električne energije do potrošačkih centara i do samih potrošača. Kod nas se koriste distributivne mreže sledećih naznačenih napona: neki 110kV, 35kV, 20kV i 10kV. U nekim zemljama, ako je to izuzetno ekonomski opravdano koriste se i mreže naznačenih napona 60kV i 20kV. Interne mreže velikih industrijskih postrojenja i rudnika koriste i mreže naznačenih napona 6kV i 3kV.
 - *Niskonaponske*, koje služe za snabdevanje potrošača u naseljenim mestima. Obično su kablovske, naznačenih napona 380/220V.

Električni vodovi

5

- Osnovni elementi voda su:
 - provodnik,
 - izolacija provodnika,
 - slojevi za zaštitu provodnika i izolacije provodnika od vlage, mehaničkih uticaja (plašt), toplotnih i hemijskih uticaja (omotač),
 - pribor za spajanje, završavanje, nošenje i mehaničku i električnu zaštitu voda.
- Vodove najčešće delimo prema načinu izvođenja, i to na električne mreže, vazdušne (nadzemne) vodove i kablovske vodove.

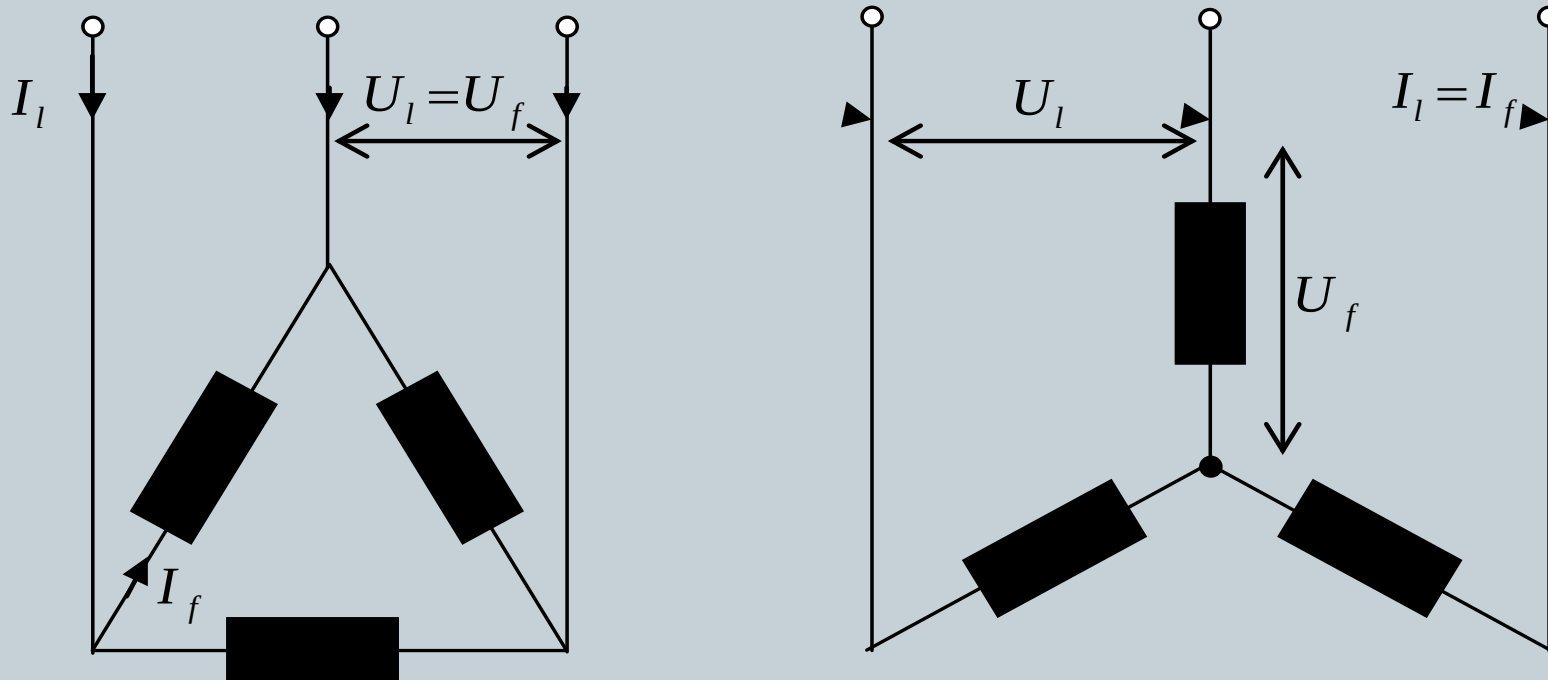
Trofazne električne mreže

6

- Električne mreže u elektroenergetici su dominantno trofazne, naizmenične.
- U normalnom pogonu, mreža se sastoji od jednakih elemenata u svim fazama, a opterećenja su praktično takođe simetrična. Ovakav sistem je simetričan trofazni sistem.
- U mrežama se mogu pojaviti i nesimetrične pojave, koje mogu biti izazvane nesimetrijama u elektromotornim silama i/ili impedansama u pojedinim fazama. Ekstremni slučajevi nesimetričnih opterećenja su kratki spojevi i prekidi.
- Trofazni izvori, transformatori i prijemnici su obično spregnuti u zvezdu ili trougao.

Trofazne električne mreže

7



Slika 1 Trofazni sistem spregnut u trougao i zvezdu

Trofazne električne mreže

8

- Kod spoja u *zvezdu*, linijski (međufazni) napon je $\sqrt{3}$ puta veći od faznog napona, a linijske struje su jednake faznim:

$$U_l = \sqrt{3} U_f, \quad I_l = I_f$$

- Kod spoja u *trougao*, linijski napon je jednak faznom naponu, a linijske struje su $\sqrt{3}$ puta veće od faznih:

$$U_l = U_f, \quad I_l = \sqrt{3} I_f.$$

Trofazne električne mreže

- Provodnici trofaznog sistema su *glavni ili fazni provodnik, neutralni provodnik, zaštitni provodnik i zaštitni neutralni provodnik*.
- *Glavni (ili fazni) provodnik* se priključuje na izvor napajanja i u normalnom pogonu ima napon prema zemlji. Za naizmeničnu trofaznu struju nove oznake su L1, L2, L3, a stare oznake su R, S, T. Boje žila izolovanih vodova i kablova su crna i braon, a ako ne postoji neutralni provodnik može se primeniti i svetlo plava.
- *Neutralni provodnik* spojen je u trofaznom sistemu na neutralnu tačku (zvezdište trofaznog sistema). Nova oznaka je N, a stara Mp. Boja žile izolovanih vodova i kablova svetlo plava.
- *Zaštitni provodnik* služi za spajanje provodnih delova uređaja radi zaštite od previsokog napona dodira. Nova oznaka je PE, a stara SL, boja zeleno-žuta
- *Zaštitni neutralni provodnik (nulprovodnik)* je provodnik koji u sebi objedinjuje funkcije neutralnog i zaštitnog provodnika. Nova oznaka je PEN, a stara SL+MP, boja zeleno-žuta.

Struje kratkog spoja

10

- Kratkim spojem se naziva spoj među provodnicima između kojih postoji napon i koji su normalno izolovani jedan od drugog. U trofaznim mrežama razlikuju se:
 - *tropolni* (ili trofazni) kratki spoj, kod koga su u kratkom spoju sve tri faze,
 - *dvopolni* (ili dvofazni) kratki spoj, kod koga su u kratkom spoju samo dve faze,
 - *jednopolni* (ili jednofazni) kratki spoj, kod kojeg je kratko spojen provodnik jedne faze sa nulnim provodnikom ili zemljom.
- Tropolni kratki spoj predstavlja simetričan kratki spoj, jer su u osnovi električne prilike u sve tri faze jednake, dok dvopolni i jednopolni kratki spoj predstavljaju nesimetrične slučajeve kratkog spoja. U slučaju trofaznog kratkog spoja, zbog prisutne simetrije, proračune i analize potrebno je raditi samo za jednu fazu, dok se za ostale kratke spojeve proračun mora provesti za svaku fazu posebno.

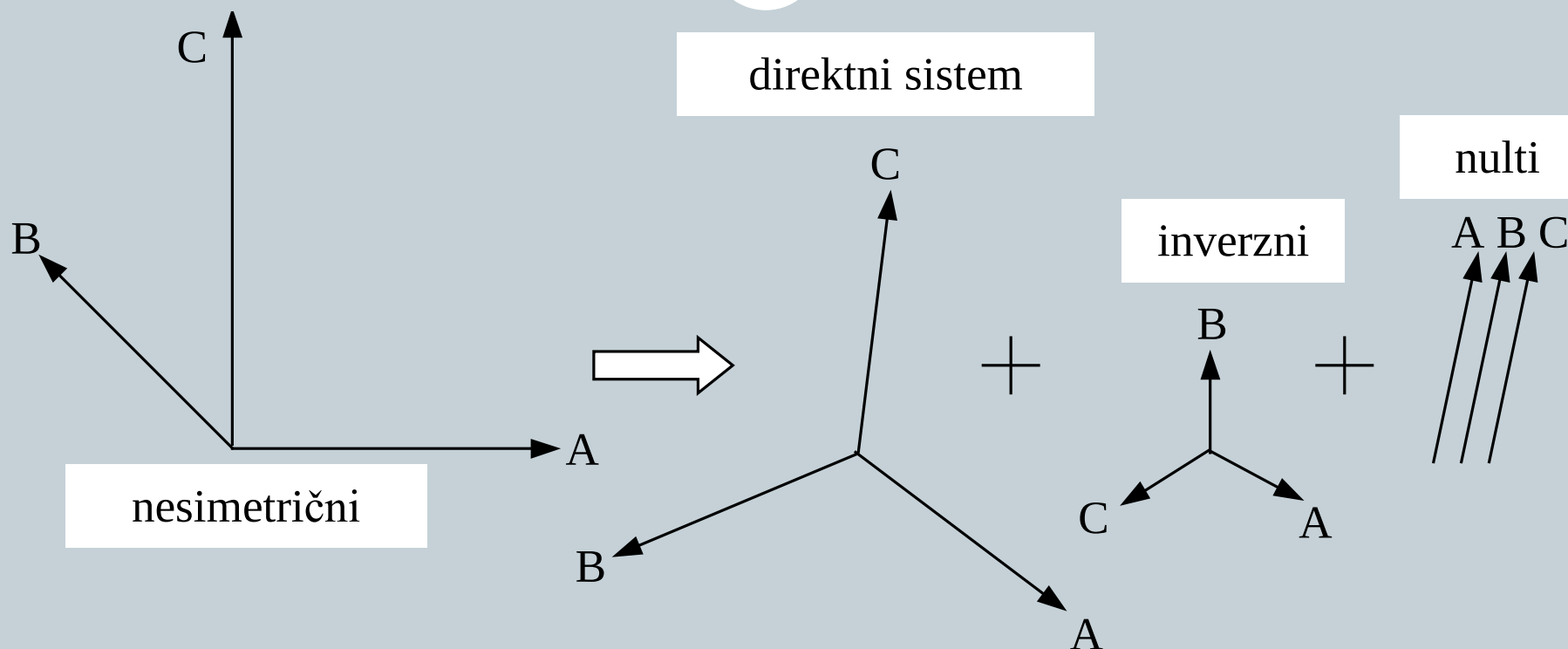
Struje kratkog spoja

11

- Za analizu nesimetričnih stanja trofaznih sistema, kako pogonskih, tako i kvarova, koristi se *Metoda simetričnih komponenti*.
- Osnovu ove metode predstavlja rastavljanje polaznog nesimetričnog trofaznog sistema na tri simetrična trofazna sistema: direktni, inverzni i nulti.
- Direktni sistem ima isti redosled faza, a inverzni suprotni u odnosu na polazni nesimetrični sistem.
- Nulti sistem se sastoji od tri, po veličini i faznom stavu, jednaka vektora.

Struje kratkog spoja

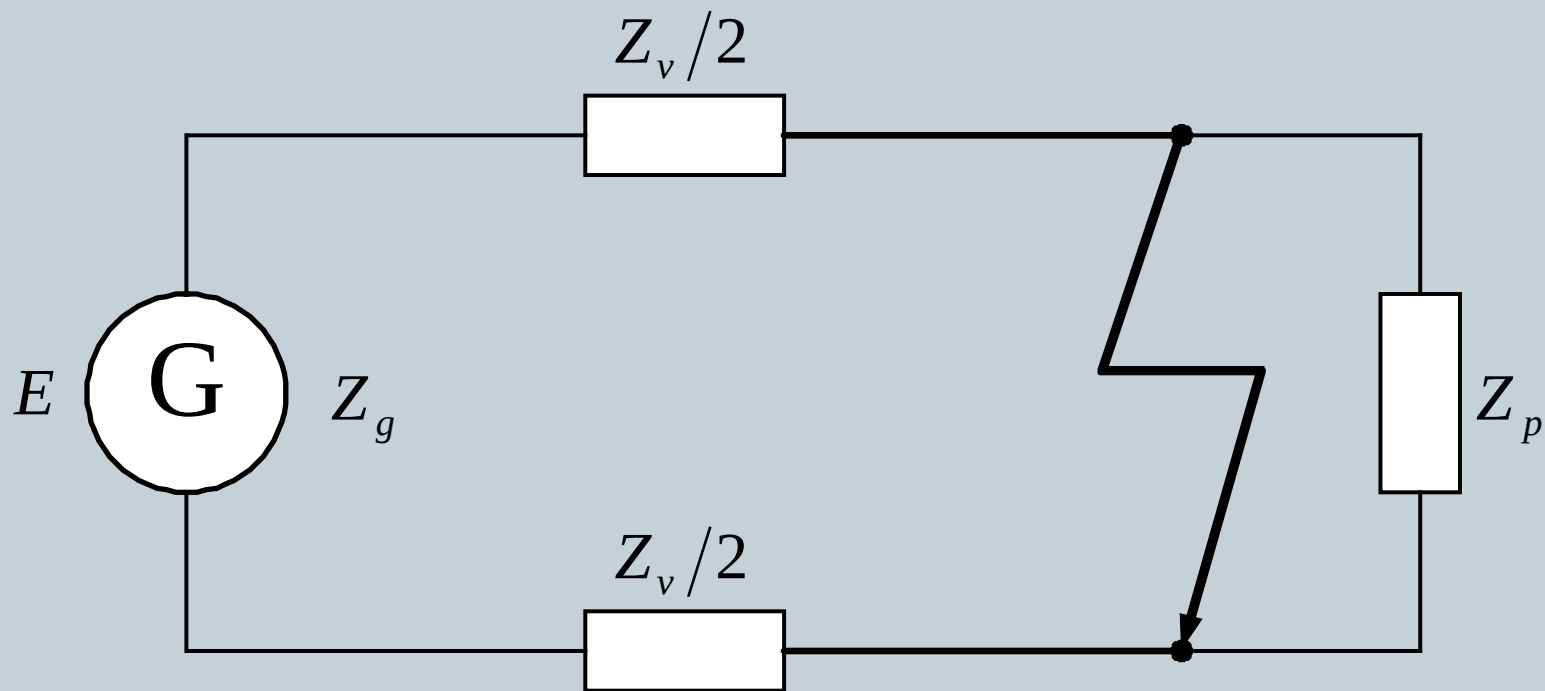
12



Slika 2 Primer direktnog, inverznog i nultog sistema simetričnih komponenti

Struje kratkog spoja

13



Slika 3 Kratak spoj

Struje kratkog spoja

14

- Slika 3 prikazuje generator impedanse Z_g , koji preko impedanse voda Z_v , napaja prijemnik impedanse Z_p .
- U normalnom radu, struja u kolu je:

$$I = \frac{E}{Z_g + Z_v + Z_p}$$

- Ako dođe do kratkog spoja prikazanog slikom, prijemnik je kratko spojen, tako da je struja kratkog spoja:

$$I_k = \frac{E}{Z_g + Z_v}$$

Struje kratkog spoja

15

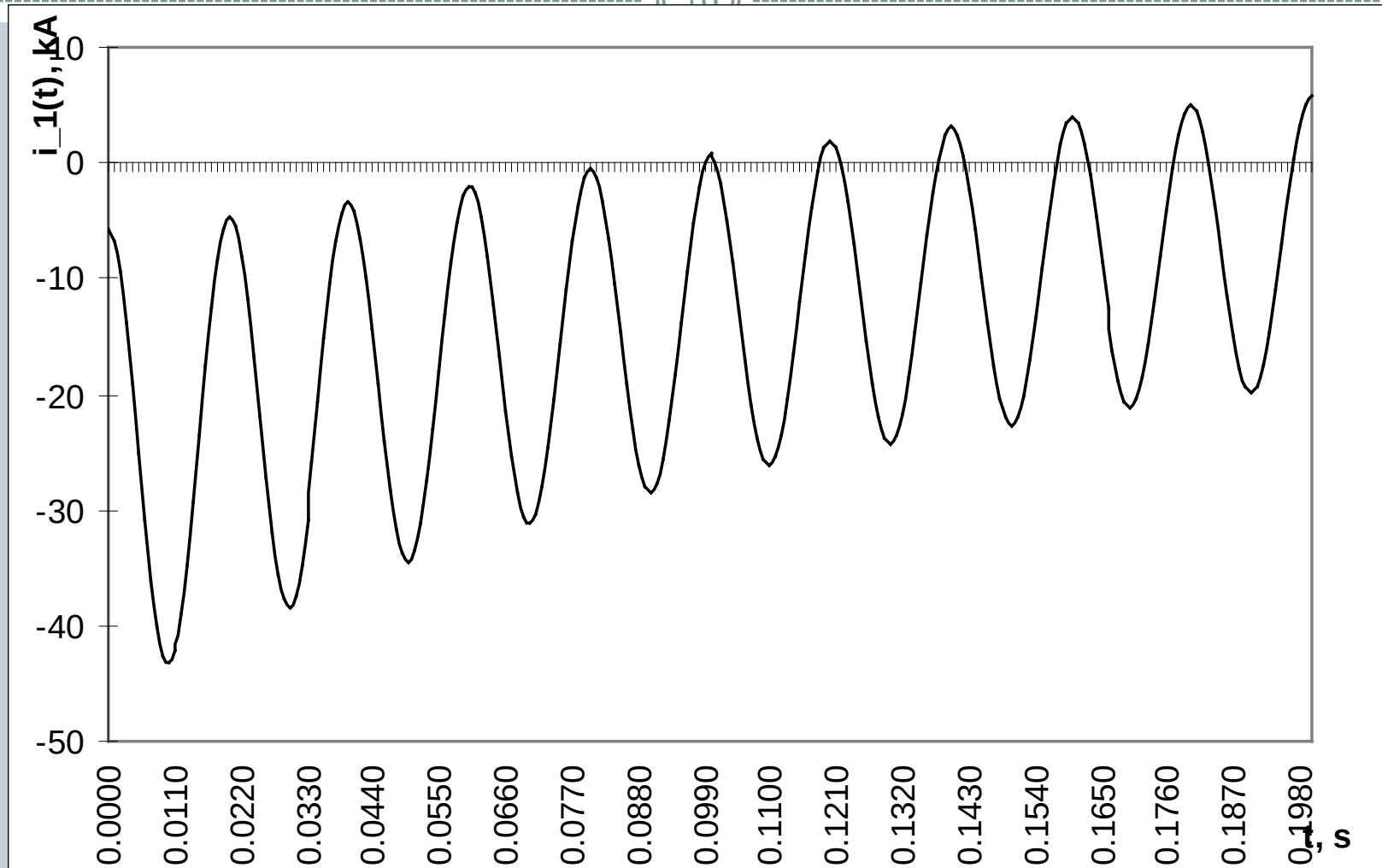
- Pošto je $Z_p \gg Z_g + Z_v$, impedansa kola se značajno smanjuje, iz čega sledi da je struja kratkog spoja mnogo veća od struje u normalnom režimu rada $I_k \gg I$. Aparati u postrojenjima moraju da budu tako dimenzionisani da izvesno vreme izdrže ovu povećanu struju, dok zaštita ne isključi mesto kvara. Uopšteno, možemo za struju kratkog spoja da pišemo:

$$I_k = \frac{E}{\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}$$

- gde su $\sum R$ i $\sum X$ sume aktivnih, odnosno reaktivnih otpora kratkospojene konture (zamke, petlje).

Struje kratkog spoja

16



Slika 4 Vremenski tok struje kratkog spoja

Tokovi snaga i naponi u prenosnoj mreži

17

- Proračun tokova snaga i napona u prenosnoj mreži potreban je radi analize pogona i planiranja mreže.
- Vodovi i transformatori u ovim proračunima modeluju se π šemama gde je Z_r redna impedansa elementa, koja se koristi i kod proračuna struja kratkog spoja, a Z_o otočna impedansa, kojom se obuhvata kapacitivnost i odvodnost elementa prema zemlji.

Tokovi snaga i naponi u prenosnoj mreži

18

- Izvori električne energije i potrošači modeluju se snagom $P+jQ$, injektiranom na mestima spojeva vodova (čvorovi), koja može biti pozitivna i negativna.
- Pošto prenosna mreža obuhvata područje čitave države, postoje veliki broj čvorova mreže. Sa druge strane obično se traži brzo izračunavanje, tako da su proračuni veoma složeni.
- Razvijene su brojne numeričke metode koje između ostalog koriste i činjenicu da veliki broj čvorova u mreži nema vodove (grane) koje ih direktno povezuju, pa se u matricama koje opisuju veze u prenosnoj mreži pojavljuje veliki broj nula (retke matrice).
- Za proračun tokova aktivnih snaga po granama mreže koristi se *linearni ili DC model tokova aktivnih snaga*. Za izračunavanje tokova reaktivnih snaga i napona u čvorovima koristi se *potpuni ili AC model tokova snaga*.

Vazdušni vodovi

19

- Vazdušni vod je skup svih elemenata koji služe za vazdušno vođenje električne energije.
- Ovde ubrajamo vazdušne niskonaponske i visokonaponske mreže i dalekovode svih napona.
- Dalekovodi se koriste za prenos većih količina električne energije na velike razdaljine.
- Koriste se van naseljenih mesta, osim u Japanu, gde se zbog velike gustine naseljenosti dalekovodi velikih visina stubova sreću i u naseljima.

Vazdušni vodovi

20



- Osnovni elementi dalekovoda su:
 - provodnik;
 - izolatori;
 - stub;
 - zaštitno uže;
 - sigurnosno uže.

Vazdušni vodovi

21

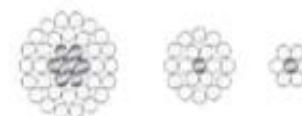
- *Provodnik* se obično izrađuje od bakra, aluminijuma ili legura na bazi bakra i aluminijuma. Visokonaponski vodovi se obično izrađuju od tzv. alučel provodnika, tj. od snopa provodnika u kojem oplatu (plašt), koja služi za vođenje energije, sačinjavaju provodnici od aluminijuma, a jezgro, koje daje mehaničku čvrstoću, provodnici od čelika. Alučel provodnici se označavaju na sledeći način: presek provodnika od aluminijuma/presek provodnika od čelika mm², na primer AlČ 185/32 mm².
- *Izolatori* služe za odvajanje delova pod naponom od uzemljenih delova, kao i za nošenje i pričvršćivanje golih provodnika. Prave se od porcelana, stakla i veštačkih masa. Izolatore prema obliku i mestu primene delimo na potporne, lančaste i viseće.

Vazdušni vodovi

Al/Če PROVODNICI

Aluminijumski provodnici ojačani čelikom

Standard: SRPS N.C1.315, IEC 61089,
EN 50182, DIN 48 204, BS 215 deo 2,
ASTM B 232, CSA C-49.1, GOST 839-80



KONSTRUKCIJA

Provodnik: jezgro, jako pocinkovana čelična žica
omot od aluminijumskih žica
podmazna mast

Materijal:
jako pocinkovana čelična žica prema SRPS N.C1.701, IEC 888,
EN 50189
aluminijum prema SPPS N.C1.301, IEC 889, EN 50 889
podmazna mast prema EN 50326

PRIMENA

Za provodnike dalekovoda, za razne naponske nivoe i za različite temperaturne uslove i za različita strujna i mehanička opzerećenja.

Vazdušni vodovi

23

- *Potporni izolatori* služe za izolaciju od podnožja i kao potpora koja nosi goli provodnik. Podnožje je izvedeno od metala, telo od porcelana, a kapa i držač sabrinica takođe od metala. Osim električnih naprezanja usled napona koji se javljaju u pogonu, ovi izolatori moraju da izdrže i mehanička naprezanja usled tereta provodnika.
- *Lančasti izolatori* se određuju prema naznačenom naponu mreže i prema mehaničkom opterećenju izolatorskog lanca. Broj članaka u lancu određuje napon mreže i način uzemljenja nulte tačke sistema. Pošto su izolatori izloženi delovanju pogonskog napona pod nepovoljnim uslovima (kiša, prašina) i udarnim atmosferskim naponima, propisima je određena visina napona, učestanosti 50 Hz u trajanju od 1 minuta, kao i udarni napon oblika 1,2/50 ms koju izolator treba da izdrži bez proboja.

Vazdušni vodovi

24

- Umesto izolatorskih lanaca sastavljenih od članaka, upotrebljavaju se i *viseći izolatori* sa masivnim porcelanskim jezgrom i određenim brojem rebara, tzv. štapni izolatori.
- *Stubovi* su bilo koja konstrukcija koja služi za nošenje izolatora, provodnika i zaštitnih užeta. Sastoje se od temeljnog dela, ukopanog u zemlju, od trupa i glave stuba koja ima konzolu za vešanje izolatora, kao i vrha za postavljanje zaštitnog užeta.
- Raspon stubova je horizontalni razmak između dva susedna stuba.
- Ugib je vertikalni razmak u rasponu voda od linije provodnika do prave koja spaja njegove tačke prihvatanja (tačke vešanja provodnika).

Vazdušni vodovi

25

Stub	Naznačeni napon U_n [kV]	Raspon [m]	Nedostaci
drveni	manji od 35	150	truli, pogotovo uz temelj i na vrhu
betonski	manji od 35	150	kruni se, težak
čelično-rešetkasti	35-380	200-360	korozija

Tabela 1 Osnovne karakteristike stubova

Vazdušni vodovi

26

- Prema nameni, stubove delimo na:
 - *noseće* – koji služe za noseće prihvatanje provodnika, kod kojih su sile zatezanja u oba raspona jednake,
 - *zatezne* – koji služe za zatezno prihvatanje provodnika, kod kojih se sile zatezanja direktno prenose na stub.
- Stubovi mogu da se nalaze u pravolinijskoj trasi (*linijski stubovi*) ili na uglu trase (*ugaoni stubovi*). Noseći i zatezni stubovi mogu biti linijski ili ugaoni.
- *Zaštitno uže* je uzemljeno uže koja spaja vrhove stubova i služi za zaštitu od atmosferskih prenapona. Zaštićena zona se nalazi u području od 30 stepeni levo i desno od stuba, mereno od vrha stuba. Svi provodnici treba da se nalaze u zaštićenoj zoni. Zaštitno uže je efikasno samo ako je dobro uzemljeno na svakom stubu.

Dimenzionisanje vazdušnih vodova

27

- Radi pravilnog dimenzionisanja vazdušnih vodova, sprovode se odgovarajući električni i mehanički proračuni i provere.
- Cilj ovih proračuna je određivanje potrebnog preseka provodnika, odabiranje dovoljne izolacije i dimenzionisanje stubova da izdrže moguća mehanička naprezanja.
- Električni proračun se sastoji od:
 - određivanja preseka provodnika na osnovu dozvoljenog zagrevanja, dozvoljenog pada napona i gubitka snage i mehaničkog naprezanja provodnika;
 - izračunavanja struje zemljospoja.

Dimenzionisanje vazdušnih vodova

28

- Mehanički proračun se sastoji od:
 - kontrole naprezanja provodnika, usled sopstene težine i dodatnog tereta – snega, leda i inja, kao i sila zatezanja, vetra i slično;
 - provere sigurnosne visine, tj. naznačenog dozvoljenog razmaka od provodnika do zemlje ili objekta na zemlji;
 - provere dužine provodnika u rasponu (kritičan raspon i kritična temperatura);
 - provere potrebnog rastojanja provodnika na stubu, međusobno i prema zaštitnom užetu;
 - provera stuba s obzirom na sile tereta (provodnik, dodatni teret), naprezanja na savijanje i izvijanje, te provera stabilnosti stuba i provera nosivosti tla;
 - provere izolatora.

Kablovski vodovi

29

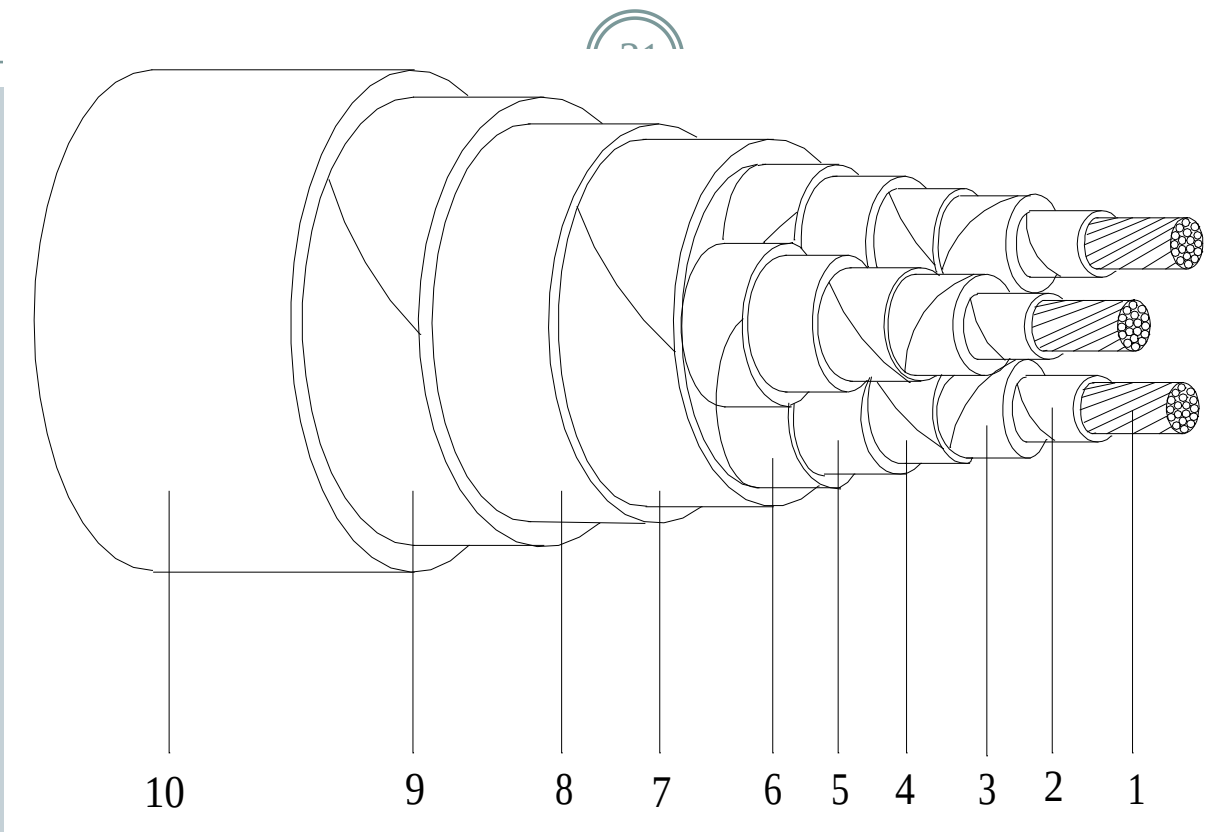
- Kabl je vrsta voda sa više međusobno izolovanih provodnika sa zaštitom od pogoršanja električne funkcije pri radu, kao i pri polaganju u kablovske vodove, kablovske kanale ili vodu.
- Energetske kablovske vodove razlikujemo prema naponu i snazi koju provode. Danas se u svetu kablovi izrađuju za naznačene napone i preko 500 kV.
- Kablovski vodovi i mreže se upotrebljavaju na mestima gde je nemoguća ili nepodesna izvedba vazdušnih vodova. To su prvenstveno gradske mreže i industrijske mreže i instalacije. Napajanje ostrva električnom energijom može se izvesti samo pomoću podmorskog kabla.
- Prednost kablovskih vodova je u tome što su pogonski sigurniji i malo su izloženi kvarovima jer su ukopani u zemlju, tako da na njih ne utiču oluje, gromovi, led i dr.
- Nedostatak im je visoka cena, kao i teško pronalaženje i otklanjanje kvara.

Kablovski vodovi

30

- Kao izolacija provodnika najčešće se koristi papir, tekstili (pamuk, svila, platno juta), lakovi (silikonski), elastomeri ili gume (na bazi prirodnog ili veštačkog kaučuka), termoplastika (PVC, polietilen, najlon, teflon itd).
- Slojevi za zaštitu provodnika i izolacije od vlage, mehaničkih, toplotnih i hemijskih uticaja, izrađuju se od metala, guma, termoplastika, impregniranih tekstila itd.
- Da bi se sprečilo prodiranje vlage u kabl i curenje kablovske mase, krajevi kabla imaju specijalne završetke, tzv. kablovske glave .
- Montaža kablovskih glava je delikatan posao koji treba da obavlja stručno i izvežbano osoblje. Za spajanje kabla koriste se spojnice , koje su prave od olova ili livenog gvožđa. Kablovske spojnice su slaba mesta na kablju, ako nisu izvedene kvalitetno, zbog čega ih treba izbegavati gde god je to moguće.

Kablovski vodovi

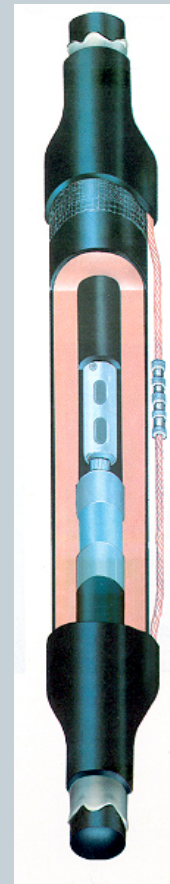
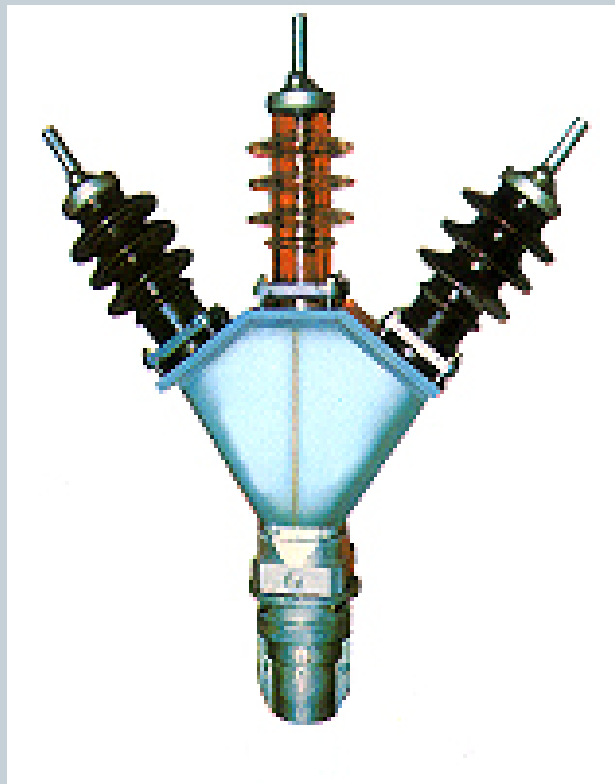
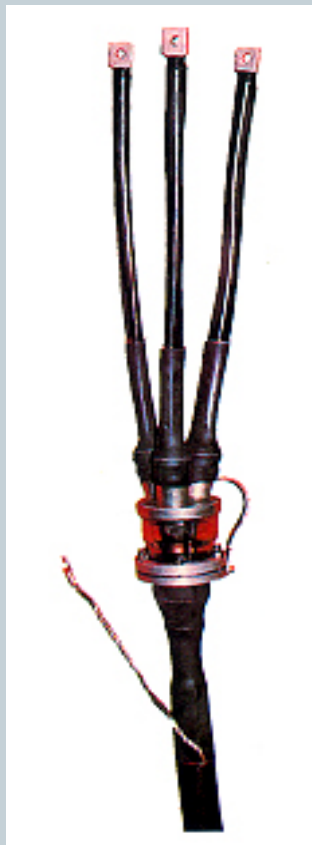


Slika 5 Ekranizovani kabl NPZO 13-A, 20/35 kV

1) Al-provodnik; 2) ekran žile; 3) izolacija žile; 4) ekran izolacije;
5) osnovni omotač; 6) impregnirani papir ili PVC-trake; 7) impregniran
papir; 8) impregnirana juta; 9) čelične trake; 10) impregnirana juta

Kablovski vodovi

32



Slika 6 Kablovske glave i spojnica

Razvodna postrojenja

33

- Razvodna postrojenja služe za razvođenje električne energije.
- Razvodna postrojenja u elektroenergetskom sistemu nalaze se na mestima spajanja vodova u prenosnoj i u distributivnoj mreži i u okviru elektrana.
- Ako razvodno postrojenje sadrži transformatore naziva se transformatorska stanica .
- Razvodna postrojenja se sastoje od provodnika električne struje, izolatora, uređaja za prekidanje i uspostavljanje strujnog kola, mernih, zaštitnih, upravljačkih, signalnih i drugih pomoćnih uređaja.

Razvodna postrojenja

34



Slika 7 Transformatorska stanica na otvorenom prostoru

Razvodna postrojenja

35

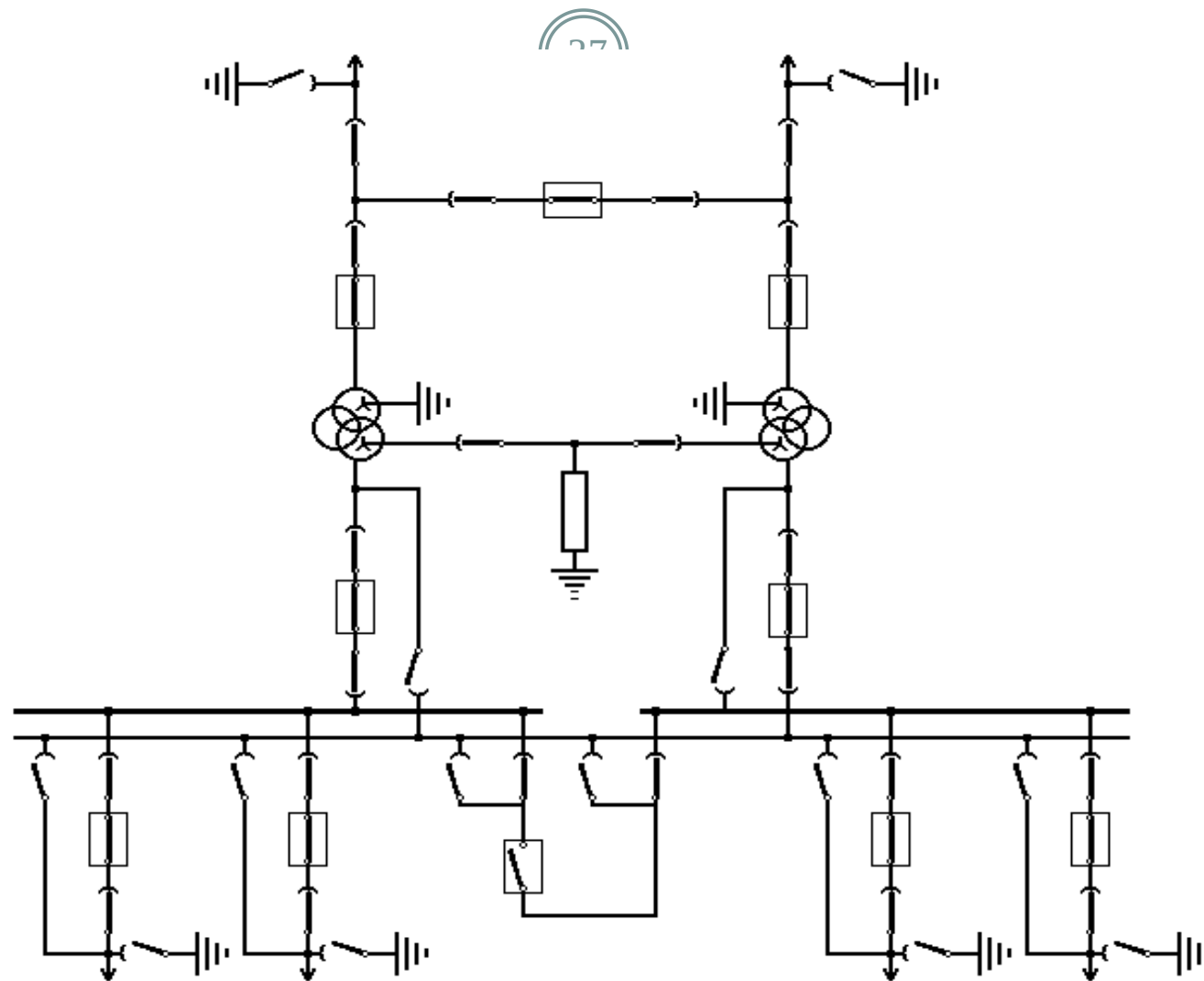
- *Provodnici* služe za vođenje električne struje između ostalih elemenata postrojenja. Razlikuju se goli provodnici, u obliku golih metalnih užadi, pljosnatih ili okruglih profila, izolovani provodnici i kablovi. Posebna vrsta provodnika u razvodnim postrojenjima su *sabirnice*.
- *Izolatori* služe za odvajanje delova pod naponom od uzemljenih delova postrojenja. Istovremeno služe i kao nosači golih provodnika. Prave se od porcelana, stakla i veštačkih masa.
- *Rasklopni aparati* se upotrebljavaju za uključivanje i isključivanje generatora, transformatora i dalekovoda u normalnim prilikama i prilikom kvarova (prekidači), kao i za sigurno odvajanje delova pod naponom od ostalih delova postrojenja (rastavljači).
- *Osigurači* se koriste za prekidanje struja kratkog spoja.
- *Merni transformatori* služe za svođenje velikih struja i napona na manje, bezopasne iznose, u cilju omogućavanja merenja struje, napona, snage i energije, kao i priključka zaštitnih uređaja.

Razvodna postrojenja

36

- *Odvodnici prenapona* upotrebljavaju se za zaštitu postrojenja od opasnih atmosferskih prenapona do kojih dolazi usled udara groma u dalekovode ili u postrojenje.
- Za *automatizaciju upravljanja* razvodnim postrojenjem u modernim uslovima se koriste odgovarajući SCADA sistemi, sa daljinskim upravljanjem preko RTU jedinica (remote terminal unit).
- Na sledećem slajdu dat je primer uprošćene šeme razvodnog postrojenja – jedne TS sa dva transformatora, (prikazani su samo energetske transformatori i rasklopna oprema).

Razvodna postrojenja



Slika 8 Primer uprošćene šeme razvodnog postrojenja

Sabirnice

38

- Sabirnice povezuju vodove kojima se dovodi električna energija sa vodovima kojima se dalje odvodi, pa su, prema tome, od najveće važnosti za normalan pogon razvodnog postrojenja.
- Mogu biti napravljene od golog (neizolovanog) provodnika obliku užeta, pljosnate šine, ili okruglog oblika, a mogu biti i izolovane.
- Materijal provodnika je bakar ili aluminijum.
- Kriterijumi za izbor poprečnog preseka sabirnice su:
 - termička naprezanja s obzirom na maksimalnu struju u normalnom pogonu, kao i s obzirom na velike struje za vreme trajanja kratkog spoja;
 - mehanička naprezanja zbog elektrodinamičkih sila. Naprezanje na savijanje mora biti manje od dozvoljenog.

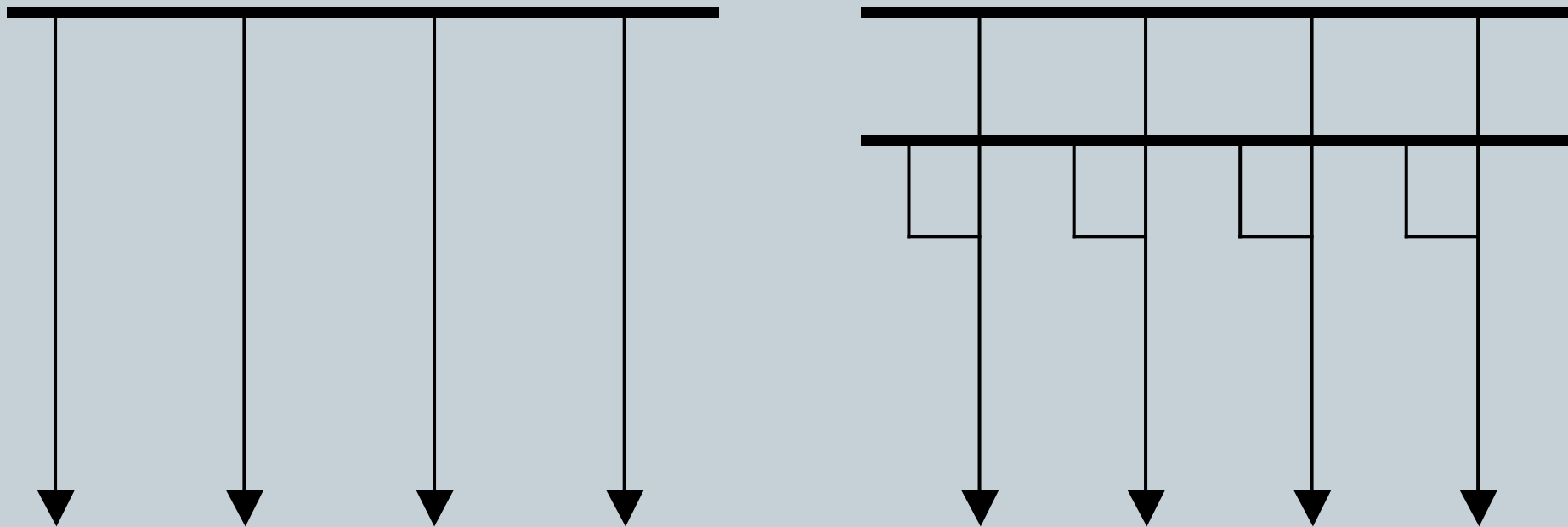
Sabirnice

39

- U postrojenjima u kojima postoji potreba za sabirnicama, primenjuju se razni sistemi sabirnica, čiji izbor zavisi od broja odvoda i stepena elastičnosti i sigurnosti napajanja potrošača.
- Postoje odvodi prema potošačima i mernim poljima.
- Kod manipulacija u razvodnim postrojenjima, veoma je važno obratiti pažnju na redosled uključivanja rastavljača i prekidača u odvodu. Naime, kod uključivanja se prvo uključe rastavljači, dok se kod isključivanja prvo isključe prekidači.
- *Jednostruke sabirnice* se koriste u postrojenjima sa malo odvoda. U ovom slučaju, svaki rad (čišćenje, izmena sumljivih izolatora, pregled spojeva i sl.) i svaki kvar na sabirnicama zahteva obustavu rada celog razvodnog postrojenja, pa svi odvodi ostaju bez napona, a potrošači priključeni na razvodno postrojenje bez energije.

Sabirnice

40



Slika 9 Uprošćen prikaz priključenja vodova na jednostruke i dvostruke sabirnice

Sabirnice

41

- Ni radovi (godišnja revizija traje nekoliko sati), a ni kvarovi na sabirnicama nisu tako česti da bi isključivali upotrebu jednostrukih sabirnica.
- To pogotovo vredi ako na sabirnice nisu priključeni vrlo osetljivi potrošači, kojima bi prekid isporuke električne energije značio veliku štetu ili bi to moglo izazvati nesreću.
- *Dvostruke sabirnice* povećavaju elastičnost i sigurnost u pogonu i omogućuju čišćenje i popravku jednih sabirnica, a da potrošači ne ostanu bez energije. Svaki odvod se može priključiti bilo na jedne, bilo na druge sabirnice, pa su zato potrebna dva rastavljača. Mogu se primeniti i po dve sklopke po odvodu (američki sistem), što predstavlja skuplje ali sigurnije rešenje.

Sabirnice

42

- Izgradnjom *pomoćnih sabirnica* u postrojenju s jednostrukim sabirnicama omogućeno je uključivanje rezervnog prekidača u bilo koji odvod jednostavnim uključivanjem odgovarajućeg rastavljača.
- U odnosu na jednostruke i dvostruke sabirnice, ovo je srednje rešenje po tehničkim i ekonomskim kriterijima.

Rasklopni aparati

43

- U strujnim kolima razvodnog postrojenja, osim normalne struje (trajne struje opterećenja), može doći i do pojave prekomerenih struja: struje preopterećenja, struje uključanja, ili struje kvara. U zavisnosti od prekidne moći, sklopne aparate delimo na:
 - *Rastavljače* koji služe za vidljivo odvajanje pojedinih aparata ili delova postrojenja od delova pod naponom.
- Ovo je potrebno da bi se moglo vršiti čišćenje, ispitivanje ili popravka delova postrojenja bez opasnosti da ti delovi dođu pod napon.
- Rastavljači nisu u stanju da prekidaju strujno kolo pod opterećenjem.
- Za napone do 35kV, rastavljači se pokreću ručno preko izolovane poluge ili preko sistema poluga, dok se preko navedenog napona pokreću komprimovanim vazduhom ili elektromotorom.
- Osnovne karakteristike za izbor su im naznačeni napon i naznačena struja.

Rasklopni aparati

44

- *Prekidače* koji služe za uključivanje i isključivanje generatora, transformatora i vodova pod opterećenjem, kao i za prekidanje strujnog kola u slučaju pojave kratkog spoja.
- Zbog pojave luka kod prekidanja električne struje, kontakti prekidača su pri tome izloženi vrlo jakom termičkom naprezanju.
- Za istu vrednost struje, lakše je prekidati naizmeničnu struju, jer se, usled prolaska struje kroz nulu, luk u jednom momentu gasi.
- Sprečavanje ponovnog paljenja luka i na taj način brzo prekidanje struja kratkog spoja postiže se:
 - povećanjem dužine puta električnog luka istovremenim prekidanjem na više mesta;
 - intenzivnim veštačkim hlađenjem;
 - oduvavanjem polarizovanih čestica između elektroda i dovodenjem svežeg medija;
 - vrlo brzim razmicanjem kontakata.

Rasklopni aparati

45

- Prema mediju u kojem se vrši gašanje luka, razlikuju se uljni, SF_6 i vakumski prekidači.
- Zavisno od veličine napona, uključenje i isključenje se vrši ručno, motornim pogonom i komprimovanim vazduhom.
- Glavne karakteristike prekidača su: naznačeni napon, naznačena struja i naznačena rasklopna snaga, P_{ras} .

Rasklopni aparati

46

- *Rastavne sklopke* predstavljaju prelazno rešenje između rastavljača i prekidača.
- Upotrebljavaju se na mestima gde je potrebno uključivati i isključivati naznačenu struju opterećenja, ili čak struje kvara, ako je snaga kratkog spoja na mestu ugradnje dovoljno mala.
- Obični rastavljači to nisu u stanju da urade, a ugradnja, normalno skupog prekidača, nije ekonomski opravdana.

Osigurači

47

- Osigurači služe za prekidanje strujnog kola kod pojave velikih struja kratkog spoja u cilju zaštite vodova i aparata.
- Jeftini su i efikasniji su od prekidača.
- Slično instalacionom osiguraču sa topljivim uloškom, visokonaponski osigurač je izrađen u obliku porcelanske cevi u kojoj se nalazi topljiva žica pričvršćena za metalne kape. Žica je izvedena u obliku spirale kako bi se povećao put električnom luku.
- Unutrašnjost cevi je ispunjena kvarcnim peskom.
- Proizvode se za napone do 35 kV, jer tehnološki nije rešeno gašenje luka u pesku za veće napone.
- Prednost osigurača je u njihovom brzom delovanju – prekidaju struju kratkog spoja pri samoj njenoj pojavi tako da se ona ne može razviti do punog iznosa

Osigurači

48

- Prema brzini delovanja, razlikuju se brzi i tromi osigurači.
- Kod velikih struja kratkog spoja tromi osigurač pregoreva znatno sporije.
- Ovakva karakteristika je potrebna kod zaštite potrošača kod kojih se kratkotrajno pojavljuju veće struje od naznačenih (npr. kod uključenja asinhronih motora), pri čemu je nepoželjno pregorevanje osigurača.
- Nedostatak osigurača je u tome što je nepraktičan jer se posle upotrebe mora zameniti.

Literatura

49

- M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, “*Osnovi elektroenergetike*”, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2016.
- www.novkabel.com