

PRIPREMILI: BRANKO PRENTIĆ, dip. el. inženjer
GORJANA ČERANIĆ, dip. el. inženjer

PRIRUČNIK

(ZBIRKA PITANJA I PROPISA)

ZA POLAGANJE STRUČNOG ISPITA I ISPITA RADNE
OSPOSOBLJENOSTI RADNIKA KOJI RADE NA POSLOVIMA
TEHNIČKOG RUKOVODENJA, TEHNIČKOG NADZORA I
RUKOVANJA ODREĐENIM ENERGETSKIM
POSTROJENJIMA

NIŠIĆ 1995.



**VRSTE I SASTAVI
POSTOJEĆIH
POSTROJENJA**

Podjela prema naponu transformacije

Svaka transformatorska stanica unutar svojeg postrojenja sadrži barem dva naponska nivoa: *viši napon (primarni)*, kojim se stanica napaja iz mreže na koju je priključena i *niži napon (sekundarni)*, kojim stanica napaja svoju mrežu koja je na nju priključena.

U distribuciji, a u skladu s našim propisima koji normiraju napone, razlikujemo transformatorske stanice 110/35 kV, 35/10 kV i 10/0,4 kV. Osim ovih, u pogonu je još čitav niz transformatorskih stanica s naponima iz početne faze elektrifikacije zemlje, koji nisu predviđeni propisima i koje se nastoji postepeno ukloniti iz pogona izgradnjom mreža i transformatorskih stanica normiranih napona.

Transformatorsku stanicu u pravilu nazivamo po njenom višem naponu, te govorimo o 110, 35 ili 10 kV transformatorskoj stanici, znajući da joj je sekundarni napon za jedan stepen niži. Iznimno ima u praksi transformatorskih stanica s neposrednom transformacijom za dva naponska stepena, na primjer 35/0,4 kV. To se međutim izbjegava zato što takve stanice predstavljaju slaba mjesta u mrežama višeg reda na koje su priključene, i u kojima uzrokuju relativno velike štete radi prekida pogona, što nastaje kao posljedica kvara u njihovoj mreži koja napaja površinski znatno manje, a time i manje značajno područje.

Iz istih i sličnih razloga, tj. da bi pogonska sigurnost bila što bolja, u pravilu se u jednoj transformatorskoj stanici izbjegavaju dva stepena transformacije, odnosno tri naponska nivoa namijenjena širokoj upotrebi, na primjer 35/10/0,4 kV. Treći naponski nivo, obično u vidu niskog napona (0,4 kV), predviđen je u svim većim transformatorskim stanicama, ali isključivo za njezine vlastite potrebe, pa njegova mreža ne prelazi granicu stanice.

Prema tome, uvijek težimo k izgradnji transformatorskih stanica sa jednim stepenom transformacije, odnosno sa dva naponska nivoa, od kojih viši predstavlja napon mreže na koju je stanica priključena na transformatorsku stanicu. Treći naponski nivo služi isključivo vlastitim potrebama stanice.

Podjela prema načinu montaže

Transformatorske stanice unutarne montaže. To su one stanice kojima je čitavo postrojenje montirano u izgrađenim prostorijama predviđenim i prilagođenim za tu svrhu. Te prostorije mogu biti smještene u posebnoj zgradi slobodno postavljenoj na terenu, u sklopu stambenog naselja, tvorničkog kruga ili izvan

naseljenog područja, i tada ih nazivamo slobodno stojećim transformatorskim stanicama.

Slobodno stojeće transformatorske stanice mogu se planski i smišljeno uklopiti i u red građevina odgovarajuće visine i oblika, kao što su na primjer garaže, prodavaonice, servisi i slično, da bi s njima činile jednu cjelinu i time postale neuočljive, što manje se isticalo u naselju, da što manje narušavaju njegov urbanističko-arhitektonski sklad.

Slobodno stojeće transformatorske stanice viših napona i većih snaga možemo izgraditi i izvan naselja.

Osim ovih, razlikujemo i takozvane *ugrađene transformatorske stanice*. Postrojenja za montažu tih stanica ugrađene su u veće građevine: stambene, poslovne, tvorničke ili slične, u kojima mogu biti predviđene već u samom projektu zgrade u koju se ugrađuju ili po ukazanoj potrebi, ili su naknadno ugrađene, uz podeseo prilagođanje i uređenje prostorije.

S obzirom na specifičnosti namijene i osobine postrojenja transformatorske stanice, prostorije namijenjene za njezinu montažu moraju ispunjavati čitav niz uvjeta koje je dosta teško zadovoljiti. O njima će opširnije biti govora u drugim poglavljima, uglavnom, nije ih lako uklapati u druge zgrade, radi čega je poželjno izbjegavati ugrađene transformatorske stanice.

Zbog tih uvjeta koje zgrada transformatorske stanice mora zadovoljiti (prilazni put za vozilo, otvori za hlađenje, odvod ulja, slobodan pristup u rasklopno postrojenje i sl.), te niza drugih zahtjeva unutar zgrade (kabelski kanali, besprijetkorna izolacija, kvalitetna žbuka, komunikacioni otvori, postojbe transformatora i ostalo), građevinski dio transformatorske stanice unutarne montaže relativno je skup u odnosu na ostale građevine sličnih ili jednake dimenzija. Radi toga je prije građenja transformatorske stanice potrebno razmotriti sve okolnosti koje utječu na njezinu cijenu i odabrati najpovoljnije rješenje.

Praksa je tokom vremena pokazala da je 10 kV transformatorske stanice, radi pristupačne veličine i cijene građevinskog dijela, te povoljnih osobina unutarne montaže (jeftinija oprema, sigurnost pogona, sigurnost ljudi, životinja i okoline, mogućnost uklapanja u okolinu i slično) povoljnije graditi kao unutarne montaže.

I 35 kV transformatorske stanice većinom se izvođe kao unutarne montaže iz istih i sličnih razloga kao i 10 kV stanice. Prema nekim kalkulacijama, međutim, proizlazi da su ove stanice upravo na granici rentabilnosti s obzirom na način montaže. Zato je pri izboru načina montaže u izvjesnim slučajevima potreban oprez, iako u svijetu preteže uvjerenje da je ova granica rentabilnosti negdje kod napona oko 50 kV.

110 kV transformatorske stanice, naproiv, rentabilnije je graditi kao vanjske montaže, jer to nalaze potrebna širina montažnog prostora, tip i dimenzije opreme, težina i veličina transformatora i slično. Radi toga se one u pravilu izvođe na otvorenom, osim u iznimnim slučajevima, dok su im komande i pomoćni uređaji redovito montirani u zatvorenim prostorijama. Često je i 35 kV rasklopno postrojenje tih stanica također izvedeno kao unutarna montaža.

Transformatorske stanice vanjske montaže. To su stanice kojih je čitavo postrojenje, ili njegov pretežni dio, montiran na otvorenom prostoru. Za izvedbu ovakvih postrojenja predviđeni su posebni aparati s pojačanom izolacijom, u odnosu na one koji su namijenjeni montaži u zatvorenom prostoru. Nužnost pojačane izolacije proizlazi iz jačeg utjecaja atmosferskih nepogoda na slabljene izolacione sposobnosti

aparata montiranih na otvorenom, jer na vanjskoj površini izolatora stvaraju manje ili više vodljiv sloj. Naravno neugodan utjecaj na slabljenje izolacije proizvode vlaga, sol i ugljena prašina, što se dosta često susreće kao sastavni dio atmosfere. Zbog potrebe pojačanja izolacije i aparati predviđeni za vanjsku montažu su veći, teži, a time i skuplji od onih za unutarnu montažu.

Unatoč tome transformatorske stanice za visoke napone izvedene kao vanjske montaže, rentabilnije su i jeftinije od onih unutarne montaže. Granica rentabilnosti pojavljuje se već kod stanica 35/10 kV, te postrojenja ovog reda sa više polja postaju rentabilnija u vanjskoj izvedbi od onih unutarne montaže. Postrojenja višeg naponskog reda od 35 kV gotovo su uvijek jeftinija kao vanjska montaža.

Postrojenje unutarne montaže u odnosu na vanjsku kod postrojenja ovih napona uzrokuje veliki i složeni građevinski dijelovi za smještaj postrojenja. Povećanje troškova izgradnje, izazvano samom zgradom, nadmašuje razliku u cijeni opreme predviđene s izolacijom za vanjsku montažu, u odnosu na opremu za unutarnu montažu.

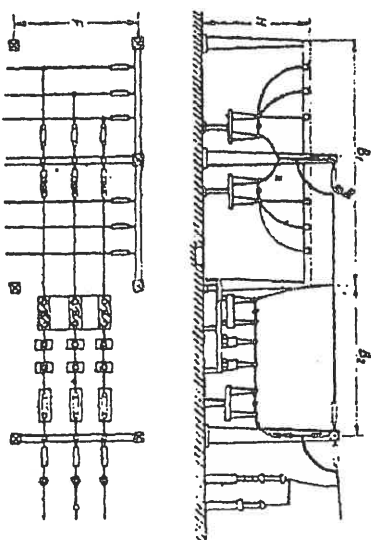
Relativno mali broj ovakvih stanica, s jedne, te velika investiciona ulaganja potrebna za njihovu izgradnju, s druge strane, omogućavaju, a i nalazu, nužnost tačnih kalkulacija i uspoređivanja troškova za svaki pojedinačni slučaj.

Često je rentabilniji kombinirani način izgradnje, tako da 110 kV dio postrojenja s transformatorima bude izveden kao vanjska montaža, a 35 kV dio s komandom kao unutarna.

Osnovne prednosti postrojenja vanjske montaže za visoke napone jesu: manja investiciona ulaganja (15 do 25%), lakša i brža izgradnja i montaža, olakšana i jeftinija mogućnost proširenja, jer je za to dovoljno predviđeti neizgrađen prostor, te sigurnije lokaliziranje nastalih kvarova na postrojenju.

Naravno da postrojenja vanjske montaže imaju i nedostataka, kao što su: skuplji i teži aparati radi pojačanja izolacije, neugodnije i teže posluživanje postrojenja za loša vremena, opasnost od smrzavanja ulja u aparatima za vrijeme jake zime, otežano održavanje radi povećanog taloženja prašine i nečistoće i sl.

U pogledu načina izvedbe s obzirom na raspored i položaj polja, te aparata u pojedinom polju, postrojenja vanjske montaže možemo podijeliti u tri osnovna izvedbena oblika: klasična izvedba ili izvedba sa srednjim stupom, izvedba u tandemu i izvedba u brazdi (liniji). Ova tri načina izvedbe prikazana su na slikama 3, 4 i 5.



Sl. 3 Rasklopno postrojenje reda 60 do 220 kV transformatorske stanice vanjske montaže, srednje visoke izvedbe u klasičnom rasporedu

Kod klasičnog načina izvedbe tri pola pojedinog tropolnog rastavljača postavljena su jedan pored drugog, a rastavljači su snježteni okomito na snijer sabirnica. Površina potrebna za montažu jednog polja relativno je malena. Ovaj način izvedbe omogućava lako i brzo oslobađanje od napona i siguran popravak oštećenog rastavljača.

	Reda 60 kV	Reda 110 kV	Reda 220 kV
Širina B ₁	12 m	18,5 m	40 m
Širina B ₂	7 m	10 m	22,5 m
Visina H	6 m	1,5 m	10,5 m
Širina polja F	5—6,5 m	8—8,5 m	17 m

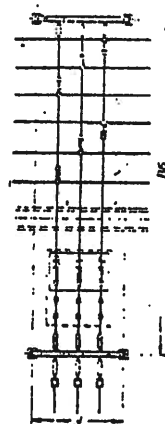
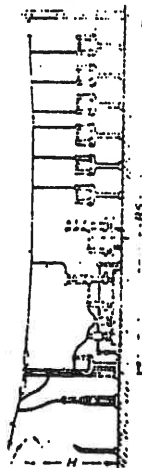
Kod tandemne izvedbe poređani su sistemi sabirnica jedan iza drugog, a rastavljači pojedinih sistema sabirnica stoje također jedan iza drugog, usmjereni u pravac otcjepa. Same sabirnice leže na potpornim izolatorima rastavljača.

Pri ovom načinu izvedbe olakšano je i odvajanje oštećenog rastavljača od napona, te omogućen siguran popravak u stanju bez napona.

Kod izvedbe u brazdi tri rastavljača pojedinog sistema sabirnica stoje također jedan iza drugog, ali ne u pravcu otcjepa kao kod tandemne izvedbe, nego okomito na njega, u snijeru sabirnica. Ovim načinom izvedbe otežano je odvajanje oštećenog rastavljača od napona.

Radi usporedbe date su ispod slike svakog od tih načina izvedbe osnovne dimenzije prostora potrebnog za montažu pojedinih polja.

Kod tandemne izvedbe, u slučaju primjene druge varijante rasporeda rastavljača, moguća je izvjesna ušteda prostora.



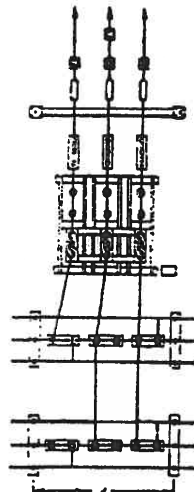
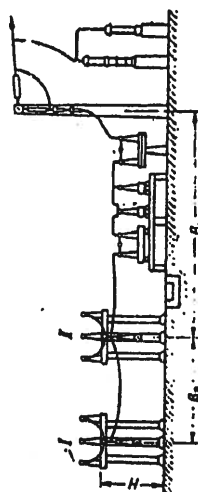
Sl. 4. Rasklopno postrojenje reda 110... 220 kV transformatorske stanice vanjske montaže srednje visoke izvedbe sa rasporedom aparata u tandemu

	Reda 110 kV	Reda 220 kV
Širina B ₅	34,5 m	77 m
Širina B ₆	32,5 m	73 m
Visina H	8 m	12 m
Širina polja F	8,5 m	15—17 m

Osim ovih načina izvedbe, postrojenja vanjske montaže razlikujemo i po vertikalnom rasporedu aparata. U tom smislu imamo dva glavna predstavnika i to postrojenja niske, i visoke izgradnje.

Postrojenja niske izvedbe imaju rastavljače i ostale aparate raspoređene površinski prizemno, pa su pristupačni kontroli, održavanju i popravku. Radi toga ova postrojenja zauzimaju više montažnog prostora.

Pri visokoj izvedbi rastavljači su montirani u površinskom položaju na stupu, zbog čega su nepristupačni, ali postrojenje radi toga zauzima manje prostora.



Sl. 5. Rasklopno postrojenje reda 60... 110 kV transformatorske stanice vanjske montaže, srednje visoke izvedbe sa rasporedom aparata u brazdi

	Reda 60 kV	Reda 110 kV
Širina B ₃	5 m	7 m
Širina B ₄	10,5 m	15—16 m
Visina H	ca 4 m	4,5 m
Širina polja F	6,5 m	9,5 m

Transformatorske stanice oklopljene limom. Oklopljene transformatorske stanice su one, kojima je postrojenje, sa svim svojim aktivnim dijelovima koji su za vrijeme pogona pod naponom, odijeljeno od vanjskih utjecaja i dodira ljudi i životinja limerim stijenkama postavljenim na potrebnoj, obično minimalnoj, udaljenosti od dijelova pod naponom. Ove stanice i postrojenja proizvode se prevestveno zato da se uštedi prostor, te zbog brze i lake montaže, s mogućnošću proširenja.

Transformatorske stanice i postrojenja ove vrste proizvode se tvornički, pa se gotove postavljaju na predviđeno mjesto na kojemnu je prethodno nužno izgraditi temelje prilagođene svrsi i potrebama raspjeta vodova dotičnog postrojenja. Nakon postavljanja postrojenja na izgrađene temelje čitava se montaža sastoji u izvedbi potrebnih spojeva postrojenja s odgovarajućim vodovima mreže, u koju se ono uklapa. Ova osobina znatno doprinosi jednostavnosti dopreme i lakoci postavljanja na predviđeno mjesto, te brzini montaže i puštanja u pogon, a time i ekonomičnosti čitave transformatorske stanice.

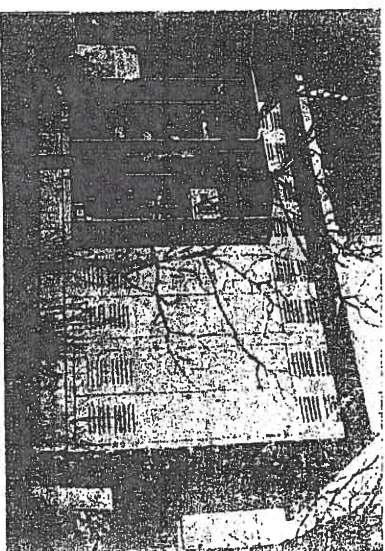
Oklopljene transformatorske stanice kao specijalna vrsta stanica, većinom se proizvode na dva različita načina i to: 1. oklopljene transformatorske stanice za unutarnju montažu, 2. oklopljene transformatorske stanice za vanjsku montažu.

Postrojenja za unutarnju montažu obično su raščlanjena na pojedina polja opremljena potrebnim aparatima. Snaga, tip i vrsta ugrađenih aparata ovisni su o svrsi polja, zahtjevima mreže u koju se uklapaju, te sigurnosti pogona. Polja su pojedinačno oklopljena limerim stijenama, a isporučuju se u obliku blokova koje je moguće nizati i međusobno spajati, te po potrebi proširivati čitavo postrojenje, u skladu s odabranom shemom.

Zbog ovih osobina podesna su za primjenu u industrijskim pogonima, gdje se mogu postavljati unutar pogonskih hala na najpogodnija mjesta, a pri tom zauzimaju minimalan montažni prostor. Zahvaljujući toj okolnosti smještena su uvijek u težištu potrošnje i opterećenja, te zbog toga omogućavaju najpovoljniju mrežu i rasplet vodova, a time i ekonomično snabdijevanje potrošača energijom.

Zaujeta dođrajala i oštećenih dijelova i aparata pojedinog bloka omogućena je jednostavnim odvajanjem aparata od napona pomoću izvlačenja izvan oklopljenog bloka, što popravke čini lakim i jednostavnim.

Radi toga su ovakvi aparati montirani na kolicima, a kontakti između aparata na kolicima i fiksno ugrađene opreme bloka obično su iskoristeni i kao rastavljajući.



Sl. 7. Pročelje limom oklopljene transformatorske stanice sa četiri ćelije, gradski tip

Oklopljene transformatorske stanice za vanjsku montažu predviđene su za postavljanje na otvorenom prostoru, a namijenjene su uglavnom potrebama gradskih distributivnih mreža i većih gradilišta (sl. 7).

Proizvode se tvornički, a čitavo postrojenje, zajedno s

transformatorom, smješteno je u zajedničkom limerim knuštju. Raspored, spojevi i razmaci pojedinih aparata izvedeni su na najracionalniji način, uz korišćenje minimalnog prostora. Zbog toga međuim čitavo postrojenje postaje nepregledno, sabijeno i teže pristupačno pojedinim dijelovima i spojevima, u odnosu na transformatorske stanice montirane u zgradi.

Ove transformatorske stanice proizvode se i kao pokretne, montirane na kolicima, te su podesne za gradilišta i ostale potrošače kojih se težište opterećenja tokom vremena seli s jednog mjesta na drugo.

Pristup pojedinim dijelovima transformatorske stanice omogućen je izvana, kroz vrata ugrađena sa svih strana stanice. Na gornjem dijelu vrata obično je montiran lim koji se otvaranjem prema van i podizanjem koristi ujedno kao nadstrešnica u slučaju kiše za vrijeme radova na postrojenju.

Unatoč nedostacima koji se očituju u sabijenosti, nepreglednosti, otežanom pristupu do spojeva i pojedinim dijelova postrojenja, te strogoj tipizaciji opreme, koju je u slučaju oštećenja moguće zamijeniti isključivo s opremom istoga tipa i istog proizvođača, oklopljene transformatorske stanice nalaze na dosta široku primjenu, naročito u industrijskim pogonima ugrađenom u pogonske hale.

Kombinirane transformatorske stanice. U pogledu načina montaže takvim stanicama smatramo one kojima je postrojenje djelomično izvedeno kao vanjska, a djelomično kao unutarnja montaža.

Nije rijedak slučaj da veću distributivnu transformatorsku stanicu izvodimo s rasklopnim postrojenjem višeg i nižeg napona montiranim u zatvorenu prostoriju zgrade posebno izgrađene za tu svrhu, a transformatore postavljamo izvan zgrade, jer im je na taj način olakšano hlađenje, doprema, izmjena i pregled.

Ovakav način izvedbe primjenjuje se u područjima gdje to dopuštaju okolina i terenske prilike, odnosno gdje stanice ovakve izvedbe ne smetaju izgledu okoline i ne ugrožavaju sigurnost ljudi i životinja. Transformatorske stanice ovog tipa montaže pogodne su radi toga na lokacijama izvan naselja, te u industrijskim i ostalim pogonima.

Transformatorske stanice viših napona često se izvode s rasklopnim postrojenjem višeg napona i transformatorima u vidu vanjske montaže, a rasklopna postrojenja nižeg napona u vidu unutarnje montaže.

Dosta je česta i kombinacija izvedbe rasklopnog postrojenja višeg napona u vidu vanjske montaže i postrojenja nižeg napona u vidu limerim oklopljene montaže, pri čemu transformatori obično ostaju na otvorenom.

Tip kombiniranog načina izvedbe odabire se od slučaja do slučaja, pri čemu se uzimaju u razmatranje sve prednosti i mane pojedinih tipova, da se na kraju odabere najpovoljniji tip za određeni slučaj. Na odluku o odabiranju tipa montaže utječu mnogi faktori, naročito veličina i značaj postrojenja, terenske prilike i mogućnosti, uveći nabavke i isporuke opreme, te usporedba cijena pojedinih kombinacija.

Podjela transformatorskih stanica prema namjeni

Općenito uzevši, sve transformatorske stanice u distributivnoj djelatnosti namijenjene su transformiranju snage od napona prijenosne mreže iz koje se napajaju, na napon distributivne mreže, koju one napajaju i preko koje se energija razvodi

široj distributivnoj područja, do posljednjeg potrošača. Distributivni naponi su u pravilu niži od prijenosnog napona.

Unutar distributivnog područja razlikujemo distributivne transformatorske stanice, između ostalog, i prema namjeni za koju su predviđene u toj grani djelatnosti, jer ona bitno utječe na veličinu, oblik, način montaže, opremu i slično.

Radi toga možemo prema namjeni ove transformatorske stanice podijeliti u:

1. gradske,
2. seoske,
3. industrijske, i
4. mješovite transformatorske stanice.

Gradske transformatorske stanice. To su distributivne stanice, koje se koriste na područjima gradova i većih mjesta. Pojam ove skupine transformatorskih stanica, izražen njihovim nazivom, ne proizlazi samo iz značenja teritorijalnog područja njihove primjene, već više iz uvjeta koje to područje nameće transformatorskim stanicama, koji bitno utječu na njihove osnovne i karakteristične osobine.

Jedan od glavnih faktora koji je bitno utjecao na razvoj transformatorskih stanica i pojavu skupine pod tim nazivom jest kabelaška mreža višeg i nižeg napona, svedena u njih kao u svoje čvorne tačke. Kabelaška mreža, kao oblik distributivne mreže, primijenjena na područjima gradova, proizvod je i posljedica uvjeta koje pred njom postavlja gradsko područje zbog svojih urbanističkih, estetskih i saobraćajnih zahtjeva, te iz razloga sigurnosti pogona i ljudi na tim područjima.

Upravo je ova mreža bitno utjecala na specifičnost oblika svojih transformatorskih stanica, i zato ih se može svrstati u posebnu grupu pod gornjim nazivom.

Kabelaška mreža ulazi u transformatorsku stanicu i iz nje izlazi podzemnim kanalima, zbog čega na samoj stanici nema nikakvih dijelova pod naponom radi kojih bi zgrada morala imati određenu visinu uvjetovanu sigurnosnom visinom tih dijelova iznad zemlje.

Njezina minimalna visina određena je električkim uređajem montiranim unutar zgrade, a naročito uvjetima koje postavlja prirodno provjetravanje u svrhu hlađenja transformatora.

Ovi uvjeti određuju potrebnu visinsku razliku između ulaznog i izlaznog otvora za hlađenje, koja je obično mjerodavna i za određivanje minimalne visine same zgrade za transformatorsku stanicu. Ta visina se kod 10 kV transformatorskih stanica, koje predstavljaju veliku većinu distributivnih stanica, kreće između 3,5 i 4 m i zato ih je moguće graditi kao prizemne, slobodno stojeće građevine ili ih ugrađivati na povoljna mjesta u prizemlje ostalih zgrada na gradskom području.

Osim kabelaške mreže, na specifičnost gradskih transformatorskih stanica bitno utječe i gustoća opterećenja gradskih područja, koja određuje optimalnu instaliranu snagu transformatorskih jedinica, a time i snagu same stanice. Tokom vremena, praksom su na taj način usvojene kao optimalne snage 10 kV transformatorskih stanica 250 kVA za područja s manjom gustoćom opterećenja u naseljima prizemne izgradnje, te 500 kVA za područja s većom gustoćom opterećenja u naseljima visoke izgradnje, odnosno 2 X 500 kVA u naseljima visoke izgradnje sabijene u blokove.

Odgovarajuće instalirane snage 35 kV transformatorskih stanica ovih područja obično su 2.500, 4.000, odnosno 8.000 kVA.

Iz ovog proizlazi da je uz pojam gradske distributivne transformatorske stanice usko vezan i njezin oblik, veličina, kao i način montaže, što je uvjetovano specifičnim zahtjevima gradskih naselja kojima su stanice prilagođene.

Seoske transformatorske stanice. To su stanice za napajanje distributivnih mreža na seoskim područjima. Kao što gradsko područje sa svim svojim specifičnostima nameće uvjete izgradnje kabelaških distributivnih mreža, tako i seosko područje uvjetuje nadzemne distributivne mreže.

Iz međusobne rastrkanosti većih ili manjih seoskih naselja i grupa kuća proizlazi kao posljedica manja gustoća opterećenja, a time i relativno skupa izgradnja distributivnih mreža na tim područjima. Radi toga se po selima i zaseocima izgrađuju mreže u koje se ulažu što manja finansijska sredstva, a da osnovna svrha, to jest snabdjevanje potrebnim količinama energije, uz zajamčenu sigurnost ljudi, životinja i pogona, ipak bude ispunjena. Takve uvjete može u cijelosti zadovoljiti nadzemna mreža, koja je znatno jeftinija od kabelaške, a zbog oblika seoskih stambenih zgrada i njihovog međusobnog položaja na tim područjima može se bez poteškoća izvesti.

Nadzemna distributivna mreža s jedne, te relativno niska vršina opterećenja koncentrirana u pojedinim naseljima s druge strane, uvjetuju poseban oblik i veličinu transformatorskih stanica prikladnih za napajanje ovih mreža.

Sigurnosna visina nadzemne mreže koja u transformatorsku stanicu ulazi i iz nje izlazi, a koju propisi predviđaju na mjestima pristupačnim za vozila sa najmanje 5 m (za niski napon) odnosno 6 m (za visoki napon), nameće potrebu izgradnje visokih transformatorskih stanica.

Kablovski rasplet niskog i visokog napona u stanicama seoskih područja sa nadzemnom mrežom poskupljuje izvedbu ove mreže, a u pogonskom pogledu umanjuje njezinu sigurnost. Radi toga su tokom vremena razvijena dva karakteristična oblika seoskih transformatorskih stanica, ovisna uglavnom o potrebnoj instaliranoj snazi transformatora, i to:

1. zidana seoska transformatorska stanica, i
2. transformatorska stanica na stupu.

Zidana seoska transformatorska stanica, podvrgnuta spomenutim uvjetima nadzemne mreže, razvijena je u karakterističnom i uočljivom obliku tzv. tornjica, po kojemu ju je veoma lako uočiti i prepoznati u seoskim pejzažima. Potrebna sigurnosna visina ulaznih i izlaznih nadzemnih vodova visokog i niskog napona iznad zemlje nametnula je potrebu montaže postrojenja raspoređenog po visini. Na taj način je omogućena minimalna tlocrtna površina čitave stanice, koja je određena potrebnim prostorom za smještaj transformatora u prizemlju, te neophodnim razmacima nužnim da bi posluživanje postrojenja bilo sigurno.

Površina je uvjetovana također statičkim i estetskim zahtjevima same zgrade, s obzirom na potrebnu visinu koju određuju nadzemni vodovi. Radi toga se ove stanice grade obično s tlocrtom unutarnjih dimenzija 2 X 2 metra. U taj prostor moguće je ugraditi transformator snage do 250 kVA, koji je u većini slučajeva dovoljan za seoska područja i mreže.

U prizemlju je iznad transformatora obično ugrađen i trolpni rastavljač za odvajanje transformatora od visokonaponske mreže, a između njega i transformatora montirani su visokonaponski osigurači, kao zaštita transformatora od kratkog spoja na strani visokog napona. Na jednom od bočnih zidova pokraj transformatora obično je, u posebnom otvoru u zidu ugrađena niskonaponska razvodna ploča, kako bi bila pristupačna za nadzor i održavanje s visine terena, odnosno poda stanice. Pristup

prednjoj strani ove ploče obično je omogućen sa vanjske strane stanice, da pri redovitom održavanju razvojne ploče, odnosno izmjeni pregorelih niskonaponskih osigurača, ne bi bilo potrebno ulaziti u zgradu.

Niskonaponski strujni krugovi, koji izlaze iz transformatorske stanice, vode se s razvojne ploče u vidu izoliranih vodiča kroz izolacione cijevi do visine nadzemne mreže, te provode kroz zid stanice na njenu vanjsku stranu, odakle se priključuju na seosku nadzemnu mrežu.

Rasklopno postrojenje visokonaponskih vodova obično je montirano na gornjem dijelu stanice.

Ovim postrojenjem upravlja se u pravilu na katu stanice, u koju svrhu je ugrađena armirano-betonska ploča, kao podna ploča prvog kata. S nje je moguć lakši pristup postrojenju. U ploči su ostavljeni otvori, od kojih jedan služi za prolaz visokonaponskog priključka transformatora, a drugi za prolaz osoblja iz prizemlja na prvi kat i obratno.

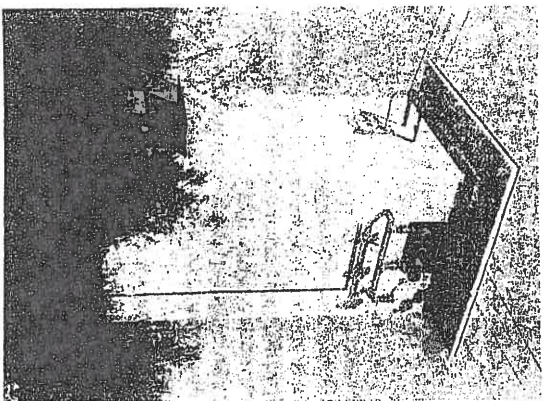
Visokonaponski vod ulazi u stanicu preko provodnih izolatora montiranih na provodnu čeličnu ploču, koja je smještena u otvoru zida. Ako se visokonaponski vod pružuje, što znači da je transformatorska stanica prolazna, tada se nastavak voda kroz transformatorsku stanicu izvodi s golim profilnim vodičima do drugih provodnih izolatora, montiranih obično na suprotnoj fasadi stanice, koji su ugrađeni na isti način kao i oni na ulaznoj strani voda. Preko ovih provodnih izolatora vod prolazi na vanjsku stranu stanice, odakle se priključuje na svoj nadzemni dio.

Transformatorska stanica na stupu druga je varijanta seoskog tipa transformatorskih stanica, koja u elektrifikaciji seoskih područja nalazi na širokoj primjeni u različitim oblicima. Seoska područja sa raštrkanim selima, zaseocima i manjim grupama ljudi, zahtijevaju veoma dugačke niskonaponske mreže. Veoma često ove

mreže ne zadovoljavaju uvjete propisanog razvoda energije ni s obzirom na pad napona ni s obzirom na zaštitu od previsokog dodirnog napona primjenom nultoviranja. Radi toga je u tim područjima potrebno graditi više malih transformatorskih stanica, kako bi se skratile niskonaponske mreže i time omogućila isprava kvalitete energije potrošačima. To je često i ekonomičniji način razvoda nego izgradnja dugih mreža.

Da bi razvod energije bio što ekonomičniji, neophodno je graditi što je moguće manje, jednostavnije i jeftinije transformatorske stanice, no koje u tehničkom pogledu još uvijek zadovoljavaju. Zato se transformatorske stanice grade montirane na stupove, jer ih je na taj način jednostavno i lako uklopiti u distributivnu mrežu, a po konstrukciji su lakše i jeftinije od zidanih, koje služe istoj svrhi.

Budući da je kod ove vrste stanica transformator sa čitavim uređajem rasklopnice, razvoda i osiguranja montiran na stupu, njih-



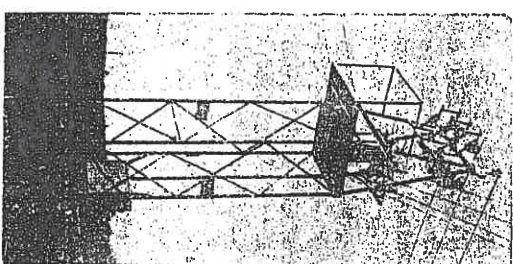
Sl. 9. Seoska transformatorska stanica tipa „Torijč“

va snaga je ograničena težinom samog transformatora. Za manja sela, zaseoke i osamljene grupe kuća, kojima su ove stanice i namijenjene, to potpuno odgovara, te se na njih montiraju transformatori snage 10... 100 kVA. Ovisno o predviđenoj maksimalnoj snazi transformatora, potrebnoj za određeno mjesto, razvijen je i niz varijanti u pogledu oblika tih stanica.

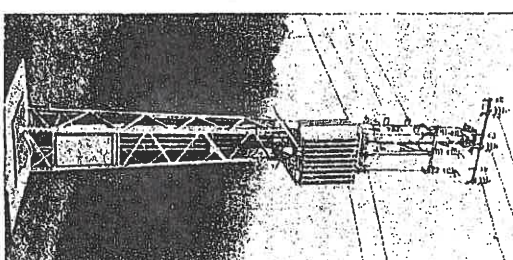
Redovito su na vrhu stupa montirani osiguraci s izolatorima za vanjsku montažu, ispod kojih je smješten transformator, dok je linjski rastavljač, pomoću kojega vidljivo odvajamo transformatorsku stanicu od napona na visokonaponskoj strani, obično montiran na stupu visokonaponskog voda ispred transformatorske stanice, ili na početku otkjupa voda, što ovisi o situaciji na terenu.

Ovisno o snazi, a time i težini predviđenog transformatora, ove se stanice montiraju na dvostrukom stupu, jednom A stupu, portalnom stupu ili na dva A stupa međusobno vezana u obliku portala. Stupovi su obično drveni, kao i stupovi visokonaponskog voda, ili su izvedeni od armiranog betona.

Osim ovih, razvijen je i u praksi dosta čest tip stanice montirane na čeličnom rešetkastom stupu.



Sl. 10a. Transformatorska stanica tipa „Gobo“ na željeznom stupu



Sl. 10b. Transformatorska stanica seoskog tipa na željeznom rešetkastom stupu

S obzirom na snagu transformatora stanice do 50 kVA obično se montiraju na dvostrukom stupu, jednom A stupu, portalu ili na željeznom rešetkastom stupu lakše konstrukcije, dok se one za transformatore 50... 100 kVA montiraju na dva A stupa međusobno povezana prikladnom konstrukcijom, ili na čeličnom rešetkastom stupu teže konstrukcije, koji mogu da izdrže potrebna mehanička naprezanja uvjetovana veličinom i težinom transformatora i ostalog uređaja.

Zajednička karakteristika svih transformatorskih stanica montiranih na stupu jest otežano održavanje, te smanjena sigurnost osoblja zaduženog za njihovo održavanje, što je uvjetovano potrebom penjanja na stupove, te vanjskom montažom

stanice, radi čega je osoblje izvrnuto vremenskim nepogodama. To je ujedno i mana transformatorskih stanica na stupovima, što međutim u usporedbi s cijenama, te lakoćom i brzinom montaže, u odnosu na seoske stanice, ne isključuje opravdanje njihove upotrebe i montaže na određenim mjestima i pod određenim uvjetima a to je slučaj kod manjih sela i zaselaka.

Razvod niskog napona kod ovih stanica obično se obavlja na razvodnoj ploči montiranoj u posebno izvedenom ormariću, koji ploču štiti od dodira ljudi i životinja te atmosferskih utjecaja. Ormarić je u pravilu montiran na stupu stanice iznad podnožja, a na visini pristupačnoj čovjeku sa zemlje. To je učinjeno zbog lakšeg održavanja, kako bi se izbjeglo penjanje na stup radi popravaka na niskonaponskoj ploči, koji su u pogonu mnogo češći od popravaka na visokonaponskoj strani i samom transformatoru.

Industrijske transformatorske stanice. U okviru distribucije električne energije, to su transformatorske stanice na koje je priključen isključivo neki industrijski pogon. Svrha i osnovi zadatak ovih stanica prema tome je napajanje električnom energijom industrijskih potrošača, koji su u pravilu odvojeni od potrošača široke potrošnje.

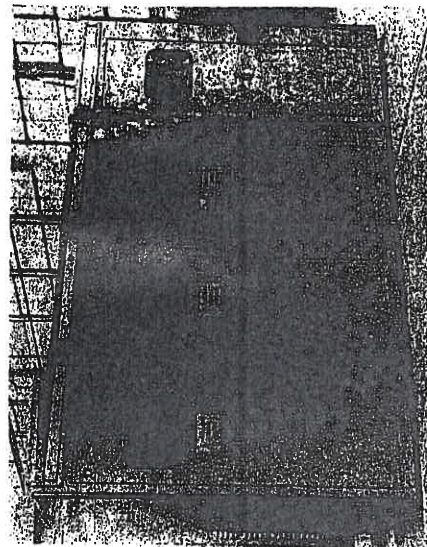
Napon transformacije, način montaže, oblik i veličina izgradnje, lokacija i slično, ovisni su kod ovih stanica isključivo o potrebama industrijskog potrošača kojemu su namijenjene i koji u biti određuje njihove glavne karakteristike. Odvajanje industrijskih potrošača od potrošača široke potrošnje pomoću posebnih transformatorskih stanica potrebno je iz više razloga:

1. S gledišta nacionalne ekonomike različito je značenje upotrebne vrijednosti električne energije za potrebe industrije, u odnosu na ono široke potrošnje.
2. Tehnološki proces proizvodnje, radno vrijeme industrijskih potrošača, način upotrebe električne energije i ostale specifičnosti, neminovno dovode do razlike između potrošača jedne i druge kategorije, jer jedni drugima uzrokuju smetnje prilikom korištenja energije.

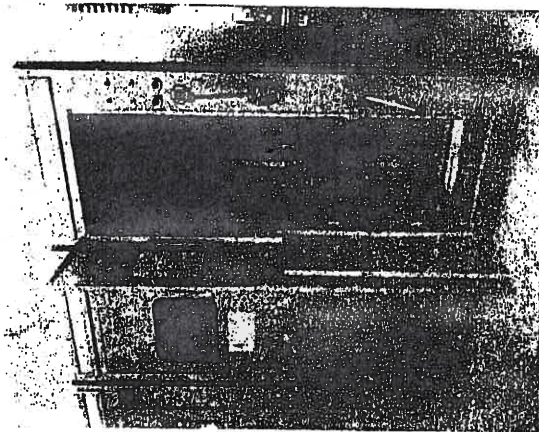
3. Elastičnost i sigurnost pogona distributivne mreže postaju znatno bolji ako su na nju u cjelini, ili na njenim međusobno nezavisnim dijelovima, priključeni potrošači jednakih i sličnih zahtjeva, pa je radi toga korisno industrijske potrošače odvojiti od ostalih.

Iz gornjega proizlazi da je glavno obilježje industrijske transformatorske stanice, radi kojega je i ubrajamo u ovu kategoriju, snabdijevanje energijom nekog industrijskog potrošača.

Sve ostale njene karakteristike, u pogledu visine napona transformacije, broja transformatorskih stanica na teritoriju jednog industrijskog potrošača, instalirane snage i broju transformatora unutar



Sl. 11a. Prednji izgled visokonaponskog bloka 10 kV



Sl. 11b. Visokonaponski blok sa ugrađenom električnom opremom

jedne stanice, načina montaže i slično, ovisne su neposredno i isključivo o karakteru i veličini industrijskog potrošača. Radi toga jedan industrijski potrošač može imati u svome sastavu jednu ili više transformatorskih stanica koje same za sebe predstavljaju zaokruženu cjelinu, no u slučaju potrebe moguće ih je odvojiti od ostale distributivne mreže, a da na nju ne utječu.

Zbog toga su industrijske transformatorske stanice obično u vlasništvu pojedinih industrijskih pogona, dok im ostale karakteristike nameće sam potrošač i njegov tehnološki proces. Radi toga ih ima u svim oblicima i veličinama, kao na primjer na slici 11. a i b.

Mješovite transformatorske stanice. U pogledu njihove namjene, takve stanice služe za napajanje potrošača koji po svom karakteru pripadaju različitim grupama u odnosu na potrošnju energije.

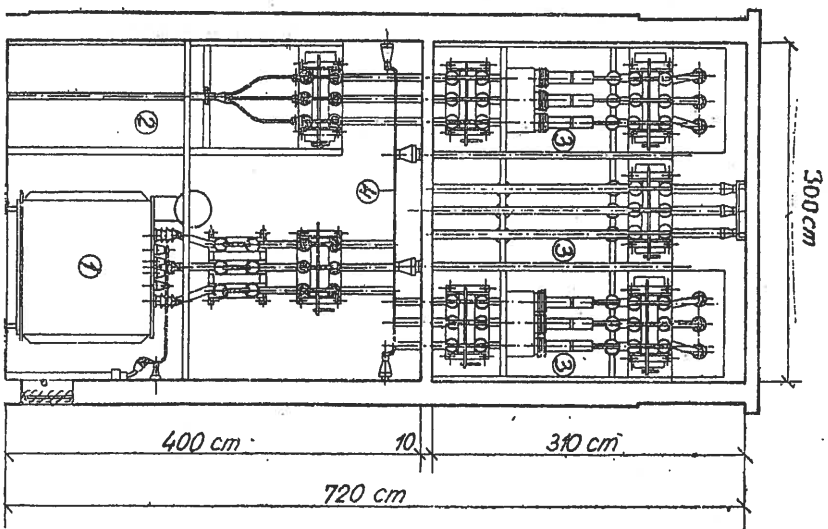
Ova kombinacija se u praksi najčešće pojavljuje između manjih industrijskih potrošača i potrošača široke potrošnje. Nije, naime, neobičan slučaj da je na užem gradskom području, u krugu stambenih blokova, lociran neki manji industrijski pogon. Često je takav pogon moguće napajati energijom visokog (ili niskog) napona iz susjedne gradske distributivne transformatorske stanice locirane u neposrednoj blizini toga pogona. Budući da je zbog prije spomenutih razloga potrebno i poželjno odvojiti industrijskog potrošača od potrošača široke potrošnje, gradska distributivna transformatorska stanica u konstruktivnom i montažnom pogledu prilagođava se ovoj svrsi. Time u vezi moguće su različite kombinacije. Najčešće su ugrađuju dvaju transformatora, od kojih jedan služi isključivo za napajanje industrijskog potrošača, a drugi za napajanje okolnih potrošača široke potrošnje, ili pak ugrađuju posebnog visokonaponskog vodnog polja, preko kojeg se priključuju izdvojene transformatorske stanice izgrađene u krugu industrijskog potrošača.

I u jednom i u drugom slučaju možemo vršiti mjerenje i registraciju potroška energije industrijskog potrošača u toj distributivnoj stanici, koju tada smatramo mješovitom transformatorskom stanicom, jer služi potrošačima različitih grupa. To je, prema tome, gradska distributivna transformatorska stanica s većim brojem visokonaponskih kablskih izlaza, ili sa dvije transformatorske komore, što ovisi o industrijskom potrošaču.

Ove i slične kombinacije mogu se pojaviti i na seoskim područjima s nadzemnim mrežama. U takvim slučajevima moramo seoski tip stanice prilagoditi posebnim zahtjevima.

Jedan takav slučaj prikazan je na slici 12. To je seoski tip stanice prilagođen potrebi izvođenja visokonaponskog kablskog voda za napajanja nekog industrijskog potrošača. U ovom slučaju je to omogućeno postavljanjem visokonaponskih sabirnica ispod stropa prizemlja (ili iznad poda prvoga kata), a sa njih je moguć kratak,

Osnovne karakteristike transformatorske stanice



Legenda: 1 — transformator; 2 — kabelski vod; 3 — nadzemni vod; 4 — sabirnice)

Sl. 12 Primjer kombinirane transformatorske stanice za tri nadzemna i jedan kabelski 10 kV vod, te transformator 10/0,4 kV. Sabirnice ispod stropa prizemlja omogućavaju kratke i pregledne veze svih otcjepa

jednostavan, pregledan i siguran priključak na nadzemne visokonaponske vodove koji se nalaze iznad sabirnice, i na kabelski vod i transformator, koji se nalaze ispod sabirnice u prostoru prizemlja. Omogućena je i montaža posebnog mjernog sistema, u slučaju potrebe mjerenja u ovoj stanici.

Moguće su i daljnje različite kombinacije konstrukcija mješovitih transformatorskih stanica koje se obično rješavaju pojedinačno, od slučaja do slučaja, uzimajući u obzir posebne uvjete i zahtjeve nametnute karakteristikom i potrebama potrošača, te lokacijom stanice i vrsti visokonaponske i niskonaponske mreže područja na kojemu se gradi stanica.

Shema transformatorske stanice. Prikaz toka energije u transformatorskoj stanici, sa svim ugrađenim aparatima i opremom, te njihove međusobne spojeve i veze, dajemo pomoću osnovnog nacrta, koji nazivamo shemom transformatorske stanice. Pojedini dijelovi postrojenja i njihovi aparati u shemi su predstavljeni odgovarajućim simbolima, koji su utlačeni međunarodnim normama. Iz sheme transformatorske stanice ne mora biti vidljiv prostorni raspored postrojenja, već samo međusobna električna veza pojedinih dijelova postrojenja, i svi aparati.

Izradi sheme se pristupa nakon temeljitog razmotrenih uvjeta koje transformatorska stanica mora da zadovolji, iz kojih proizlaze i osnovni podaci o transformatorskoj stanici kao što su: napon transformacije, veličina i instalirana snaga, broj sabirnica na pojedinom naponu, vrsta i način zaštite i osiguranja, te vrsta opreme. Ove podatke može projektantu dati i naručilac projekta u obliku projektnog zadatka. Nakon ovoga, projektant već stvara načelnu predodžbu o čitavoj transformatorskoj stanici, te može pristupiti razradi njezine sheme.

Pravilno odabrana i razrađena shema treba da osigura: elastičnost i sigurnost pogona distributivne mreže u koju se transformatorska stanica uklapa, pregledan, logičan i što kraći tok energije u samom postrojenju, jednostavnost postrojenja i njegovu pogonsku sigurnost.

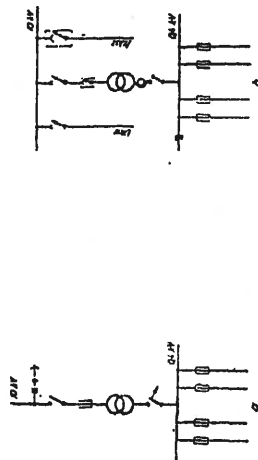
Da bi se ovo postiglo i shema zadovoljila gornje zahtjeve, potrebno je transformatorsku stanicu predviđjeti prevrsteno kao prolaznu, tako da ju je moguće napajati vodom višeg napona s obje strane, iako je mreža višeg napona za vrijeme normalnog pogona, u pravilu i vedini, radjalno napajana. Obostroano napajanje se postiže u slučaju potrebe preko takozvanih pomoćnih veza, koje se na mreži višeg napona ostvaruju međusobnim povezivanjem krajnjih stanica draju susjednih strujnih krugova iste mreže. Ovi spojevi čine mrežu elastičnom, a transformatorskim stanicama i mreži nižeg napona povećavaju pogonsku sigurnost jer se u slučaju kvara na mreži relativno brzo dovode pod napon.

Iako shema ne predstavlja prostorni raspored postrojenja, potrebno je već u njoj predviđjeti takav raspored pojedinih polja koji će osigurati ravnotežu opterećenja sabirnice. To se postiže simetričnim položajem vodnih polja u odnosu na transformatorska polja, a između njih se postavljaju ostala polja, koja za sabirnice ne predstavljaju opterećenje. Ovog pravila valja se pridržavati kod svih transformatorskih stanica, kako onih sa više polja, tako i onih sa malo polja.

Jednostavnost postrojenja postiže se odabiranjem i primjenom svrshodnih elemenata neophodnih za normalan pogon, pouzdanu zaštitu i za praksu korisna mjerenja, jer od svakog nagonilavanja nepotrebnih elemenata u transformatorskoj stanici postaje postrojenje zamršeno, nepregledno i pogonski nesigurno. U praksi primjenjujemo tri vrste shema: osnovnu ili načelnu shemu, jednodolnu i tropolnu shemu.

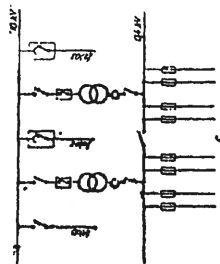
Osnovna ili načelna shema jednodolno prikazuje u principu tok energije, broj sabirnica, vrste primijenjenih rasklopnih aparata, broj transformatora i broj polja postrojenja. Ova shema se upotrebljava prilikom diskusije o postrojenju prije njegova osnivanja, te za njegov idejni projekt (slika 13. a, b, c i d).

Jednodolna shema, za razliku od osnovne, sadrži osim gornjega, još karakteristične podatke o svim upotrijebljenim aparatima i instrumentima, sa tačnim



SL 13a. Osnovna shema seoske trafostanice 10/0,4 kV

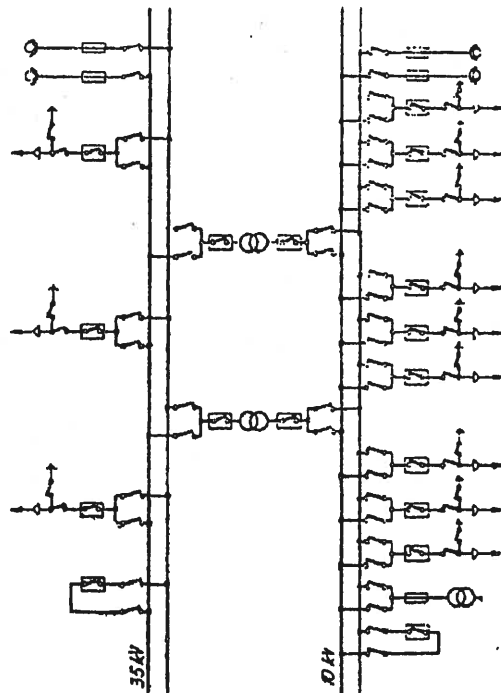
SL 13b. Osnovna shema gradske transformatorske stanice 10/0,4 kV



SL 13c. Osnovna shema gradske transformatorske stanice sa dva transformatora

međusobnim spojevima i vezama, tako da ona pruža jasnu sliku cjelokupnog postrojenja, uključujući i primijenjenu zaštitu i mjerenja.

Na osnovu dobre i potpune jednodolne sheme moguće je izvršiti narudžbu pojedinih elemenata, jer su oni već definitivno određeni, a u shemi moraju biti prikazani svi karakteristični podaci o njima, uključujući i proizvođača.



SL 13d. Osnovna shema gradske transformatorske stanice 35/10 kV sa dvostrukim sabirnicama

Jednopolna shema daje najpregledniji uvid u čitavo postrojenje. Radi toga propisi zahtijevaju da bude izvršena na vidljivom mjestu u postrojenju, kako bi korisno poslužila stručnom osoblju u vršenju bilo kakvih zahvata uklopavanja i isklapanja unutar stanice.

Radi cjelovitijeg uvida, na slici 13 dato je u obliku osnovne sheme nekoliko prikaza u praksi najviše upotrebljivanih slučajeva. Pod a) je prikazana shema jedne krajnje transformatorske stanice priključene na nadzemni 10 kV vod. Prije ulaza u stanicu montirani su odvodnici prenapona, kao zaštita postrojenja stanice od atmosferskih prenapona, koji se preko nadzemnog voda lako prenose u postrojenje. Rastavljač ispred transformatora može biti montiran kao linijski rastavljač na zadnjem stupu nadzemnog voda ispred transformatorske stanice, ili na njegovu prvom stupu, ako se radi o kraćem otcjepnom vodu.

Ako je transformatorska stanica zidana, povoljnije je rastavljač montirati u samoj stanici ispred transformatora, a između njega i transformatora ugraditi osigurače visokog napona.

Transformator je u ovom slučaju na strani niskog napona zaštićen automatskom sklopkom, dok su niskonaponski izlazni vodovi zaštićeni visokoučinskim osiguračima u svakoj fazi.

Na slici 13b prikazana je najčešće upotrebljavana distributivna transformatorska stanica sa dva voda visokog napona i jednim transformatorom snage iznad 250 kVA. Vodovi visokog napona u ovom su slučaju kabelski. Ulazni vod na sabirnice transformatorske stanice dolazi neposredno preko trolnog rastavljača dok je u polju izlaznog voda predviđen učinski rastavljač. Prednost ovakvog rasporeda je u tome što omogućava iskopčanje pod opterećenjem stanice, a da se nju tom prilikom ne isključuje bez potrebe. Osim toga je čitavo postrojenje susjedne transformatorske stanice, u kojoj je potrebno izvršiti neke radove, bez napona, zbog čega je obavljanje posla u njoj sigurnije.

Transformator je na strani visokog napona zaštićen učinskom sklopkom, jer mu je snaga iznad 250 kVA. Umjesto učinske sklopke može biti upotrijebljen učinski rastavljač s osiguračima, koji također zaštićuje transformator od kratkog spoja i preopterećenja, a omogućuje isklapanje transformatora i pod opterećenjem.

Na strani niskog napona ugrađen je strujni transformator radi mogućnosti kontrole opterećenja. On može biti ugrađen u jednoj ili u sve tri faze. Preko obične trolne preklapke spoj završava na niskonaponskim sabirnicama, s kojih preko visokoučinskih osigurača izlaze odlazni strujni krugovi niskonaponske mreže.

Na slici 13c prikazana je shema transformatorske stanice sa dvije transformatorske jedinice i tri visokonaponska vodna polja. Dva od tih polja smatraju se izlaznim poljima, te su zbog istih razloga kao na slici 13b snabdjevena učinskim rastavljačima.

Između niskonaponskih sabirnica oba transformatora koji normalno rade odvojeno svaki na svoju mrežu, postoji mogućnost spoja koji može biti izveden u obliku trolnog rastavljača ili jednodolnih pomičnih spojeva. Ovaj spoj se upotrebljava obično u slučaju kvara na jednom od transformatora, kako bi se preuzelo na napajanje dio ili čitava mreža transformatora koji je u kvaru, iz jednog transformatora. U normalnom pogonu ovaj je spoj u pravilu rastavljen.

Na slici 13d prikazana je normalna 35/10 kV transformatorska stanica za napajanje gradskih mreža. Predviđene su dvostruke sabirnice i na strani višeg i na strani nižeg napona. To se u pogonu pozitivno odražava radi mogućnosti napajanja iste stanice iz dva različita izvora energije, koji ili ne mogu raditi u paralelnom spoju,

ili je iz bilo kojih pogonskih razloga poželjno da rade odvojeno. Moguće je postići i potpuno odvojen rad pojedinih transformatorskih jedinica i njihovih mreža, što je u praksi česta potreba.

Da bi se omogućilo odvajanje pojedinih vodnih polja od kabela koji iz pogonskih razloga u stanovitim prilikama treba da bude pod naponom iz drugog izvora, i time postali mogući radovi na aparatima montiranim u samom polju, u pravilu se u tim stanicama montira na izlazu iz polja, a prije prijelaza u kabel, izlazni rastavljivač.

Rastavljivač je obično snabdjeven noževima za uzemljenje, što prvenstveno služe kao osiguranje protiv nehoćućeg stavljanja pod napon kabela od strane susjednog izvora, a koji iz stanovitih razloga treba da bude bez napona na dionici između ove i susjedne stanice.

U stanici je predviđena montaža dviju transformatorskih jedinica čija se snaga može mijenjati u toku pogona prema potrebi mreže koju stanica napaja.

Osim vodnih i transformatorskih polja predviđena su spojna i mjerna polja na oba naponska nivoa, neophodna za normalan pogon čitavog postrojenja.

Na strani nižeg napona predviđeno je također polje kućnog transformatora, koji služi za transformaciju energije potrebne za vlastiti potrošak transformatorske stanice.

U pojedinim vodnim poljima višeg i nižeg napona predviđeni su naponski transformatori za mogućnost montaže mjernih uređaja.

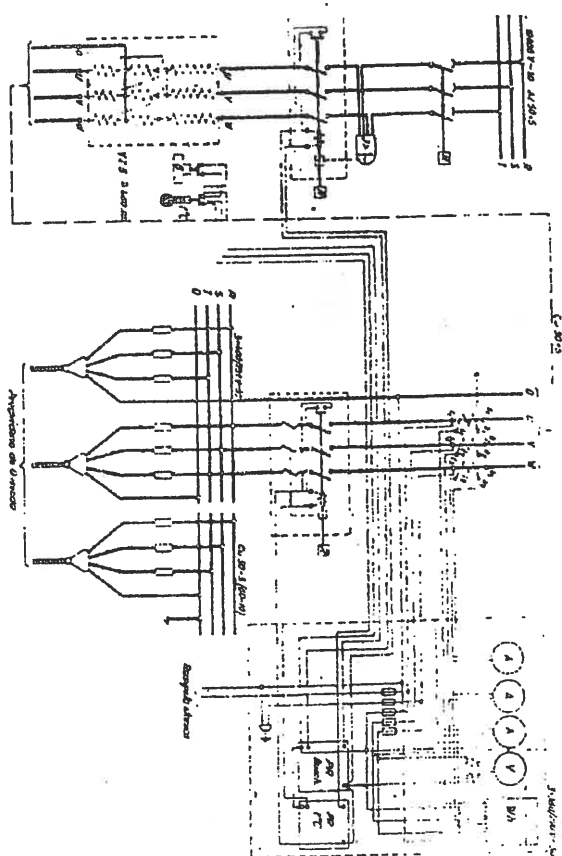
Broj vodnih polja višeg i nižeg napona odabran je prema potrebama mreže, tako da ova shema predstavlja optimalno rješenje za gradske mreže gustoće naseljenosti oko 250 stanovnika po hektaru.

Tropolna shema prikazuje sve ono što je prikazano jednodopolnom shemom, ali za razliku od nje, sve spojeve i veze između pojedinih aparata i instrumenata prikazuje za svaku fazu posebno. Budući da se za elektrifikaciju u pravilu koristi trofazna struja, dobila je ova shema po tome i svoje ime.

Tropolno prikazivanje svih spojeva i veza zahtijeva znatno veći prostor, odnosno veće nacрте, nego jednodopolno prikazivanje. Radi toga se ova shema obično izrađuje za svako polje postrojenja posebno, a ne kao jednodopolna shema, za čitavo postrojenje na jednom nacrtu. No zbog toga je jednodopolna shema preglednija i za upotrebu mnogo praktičnija.

Tropolna shema se zbog svojih osobina upotrebljava pri izvođenju i montaži postrojenja, tj. kao izvedbeni nacrt, jer se na njoj vide svi detalji spojnih vodova, a kasnije, u toku pogona, dobro služi pri otklanjanju kvarova na pojedinim aparatima i instrumentima, odnosno njihovim spojnim vodovima.

Na tropolnoj shemi, ovisno o njenoj namjeni, razlikujemo dva osnovna načina prikazivanja spojeva, po kojima razlikujemo i tropolne sheme. To su: *shema djelovanja*, koja daje potpun prikaz međusobnih spojeva pojedinih aparata strojeva, instrumenata i releja određenog polja i ključke. U njoj su označene stezaljke svih tih spojeva, te glavni i pomoćni vodovi, od kojih prvi služe za kontinuiran tok energije glavnog strujnog kruga, a drugi za tok energije pomoćnih strujnih krugova u svrhu zaštite, mjerenja, signalizacije ili upravljanja aparatima glavnog strujnog kruga. Ova shema daje jasan prikaz načina djelovanja cjelokupnog spoja, a prilikom smetnji u pogonu omogućava pregledno praćenje svih strujnih krugova i otklanjanje kvara (slika 14).



Sl. 14. Tropolna shema (djelovanje) jedne 10/0,4 kV transformatorske stanice

Shema vezivanja daje prikaz prostornog rasporeda aparata i priključnica unutar pojedinog polja, odnosno ključke, te njihovog međusobnog povezivanja, uz odgovarajuće oznake usklađenja s pozicijama opreme iz sastavnice materijala.

Spoj i djelovanje čitavog postrojenja iz ove sheme nisu neposredno vidljivi, ali je ona veoma korisna i upotrebljiva kao izvedbeni nacrt za vrijeme montaže postrojenja.

ELEMENTI RAZVODNIH POSTROJENJA

Sastavni delovi razvodnih postrojenja su:

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1—sabitnice | 9—merni transformatori |
| 2—potporni izolatori | 10—strujni merni trans. |
| 3—provodni izolatori | 11—naponski merni trans. |
| 4—lančasti izolatori | 12—transform. snage |
| 5—VN—osigurači | 13—akumulatori |
| 6—rastavljivači | 14—prigušnice |
| 7—rastavljivači snage | 15—okidači |
| 8—prekidači | 16—releji |

Svi ovi elementi ne moraju da budu zastupljeni u svakom razvodnom postrojenju.

Sabirnice

Sabirnice imaju za zadatak da prikupljaju svu raspoloživu električnu energiju istog napona i razvođe preko izvodnih polja prema potrošačima.

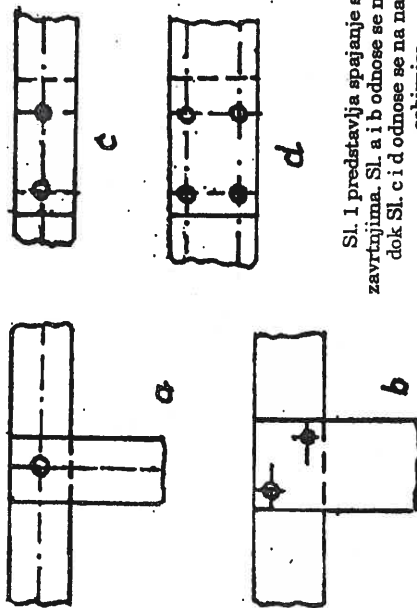
Električna energija može da potiče od: generatora, transformatora u elektrani ili trafostanici.

Sabirnice se postavljaju iznad razvodnih kabina ili pak po posebnom vodu. Izrađuju se od bakra ili aluminijuma: pljosnatog — u vidu šina ili okruglog oblika. Presek profila zavisi od jačine struje, koju treba da propusti obzirom na gustinu struje $\Delta = I/s$, da bi se održao dozvoljeni pad napona i da ne dođe do preteranog zagrevanja provodnika.

Bakarni presek provodnika je manji od aluminijumskog. $S_{Al} = 1,6 S_{Cu}$, a po težini mase pri istom padu napona je aluminijum za 50% lakši od provodnika izrađenog od bakra.

Sabirnice se postavljaju na potporne izolatore horizontalno ili vertikalno.

Spajanje sabirnih šina u cilju razvođenja električne energije ili pri nastavljaju, mogu da se izvedu na sledeća četiri načina:



Sl. 1 predstavlja spajanje sabirnica zavrtnjima. Sl. a i b odnose se na razvođenje, dok Sl. c i d odnose se na nastavljajanje sabirnica.

Dodirne površine moraju dobro da budu očišćene čeličnom četkom, pa onda premazane vazelinom, a potom se spajaju zavrtnjem sa milimetarskom lozom M—6 do M—16, u zavisnosti od preseka sabirnica $/mm^2$ i vrste preklopa.

Provodnici okruglog preseka razvođe se ili nastavljaju sa odgovarajućim obujmicama.

Da bi se razlikovale pojedine faze, a i u cilju boljeg hlađenja, sabirnice se premazuju sledećim bojama:

- 1 /R/ žuta
- 2 /S/ zelena
- 3 /T/ ljubičasta

Uzemljeni multi vod ili zemljovod obeležava se svetlosivom ili crnom bojom sa zelenim poprečnim prugama.

Nezemljeni multi vod: svetlo-siva, bela i crna sa crvenim prugama.

Usled povećanja temperature dolazi do promene boje premaza i njihovo ljuskanje. Normalna temperatura zagrevanja predviđena je 303 °K.

Šine se postavljaju na određena rastojanja „d“, koje zavisi od jačine struje, koja treba da protiče kroz šine.

U zavisnosti od jačine struje menja se i veličina sile F uzajamnog dejstva između dva provodnika na odstojanju „d“. Tako se javljaju i određene vibracije učestanosti. Čuje se brujanje sa razvodnih šina. Ukoliko se poklopi ovakva učestanost i učestanost mreže /50 Hz/, dolazi do rezonancije i još jače sile naprezanja. Pri struji kratkog spoja oscilacije šina se povećavaju, tako da dostižu vrednost i do 100 Hz, pa i više.

U takvim slučajevima se javljaju velika dinamička naprezanja i dolazi do krivljenja šina, kada dolazi obično do havarija.

POTPORNI IZOLATORI

Potporni izolatori imaju za zadatak da nose sabirnice i ostale neizolovane provodnike u razvodnim postrojenjima. Izrađuju se od porculana ili veštačke smole /araldita/.

Porculanski potporni izolator sastoji se iz tri dela: podnožja /liveno gvožđe/, tela /elektro porculan/ i kape /liveno gvožđe/.

Obzirom na dozvoljenu silu naprezanja F/F_1 ispod kape, potporni izolatori se izrađuju u tri klase:

A za $F_1 = 3678,75 \text{ N}$

B za $F_1 = 7357,5 \text{ N}$

C za $F_1 = 12262,5 \text{ N}$

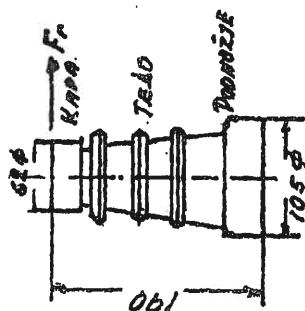
Potporni izolatori u novije vreme se izrađuju od veštačke smole — araldita. Osnovna prednost ovakvih izolatora u odnosu na porculanske je manja dimenzija, jer je araldit sa izvanrednim mehaničkim osobinama.

Na slici 3 je prikazan jedan takav izolator za napon od 35 kV.

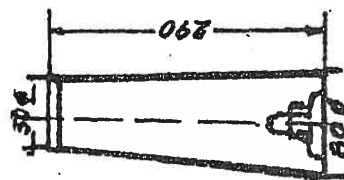
Sastoji se iz tri dela kao i predhodni izolator. Izrađuje se u tri klase /A, B, C/ kao i predhodni sa istim dozvoljenim naprezanjem.

Potporni izolatori se koriste ne samo za nošenje sabirnica, već i drugih potrebnih aparata i uređaja, koje treba zaštititi od dodira sa masom.

U slučaju da se pojave velike elektrodinamičke sile pri čemu ne bi mogle da odole ni izolatori klase C, onda se postavljaju po dva potporna izolatora za svaku potpornu tačku.



Sl. 2



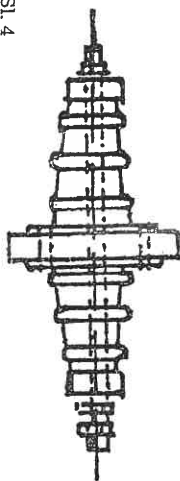
Sl. 3

Provodni izolatori

Ovi izolatori imaju za zadatak da izoluju neizolovane provodnike od zida ili metalnih delova. Upotrebljavaju se pri prelasku iz prostorije u prostoriju ili pri prelasku iz spoljnog dela prema unutrašnjoj prostoriji.

Prema primeni razlikuju se dve vrste:

- zidni provodni izolatori
 - provodni izolatori za aparate
- Provodni izolatori mogu da budu dvojni: za vezu između dve prostorije u zgradi i za vezu otvorenog prostora sa unutrašnjom prostorijom.



Sl. 4

Prvi nose opštu oznaku DB 10/600

Drugi nose opštu oznaku DBF 10/400

Prva brojka je 10 kV, a druga 600/400/A.

Izrađuju se u dve klase: B — 7357,5 N

C — 12262,5 N

Zidni provodni izolatori imaju telo izrađeno od elektroporculana, dok provodni izolatori za aparate izrađuju se od araldita, kroz koje je slobodno provučen neizolovani provodnik.

Lančasti izolatori

Kod razvodnog postrojenja spoljašnje montaže za nošenje i zatezanje koriste se lančasti izolatori. Izrađuju se kao pojedinačni članci, koji se ređaju u niz prema potrebi odn. prema naponu. Materijal za izradu ovakvih izolatora može da bude: elektroporculan ili staklo.

Postoje tri vrste lančastih izolatora:

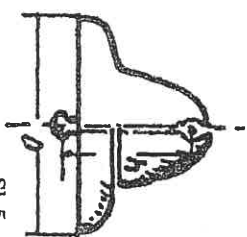
- kapasti sa oznakom „K“
- masivni sa oznakom „M“
- štapasti sa oznakom „J“

Najčešće se upotrebljavaju kapasti izolatori, radi lakše manipulacije kako u toku tako i za vreme redovnog pogona.

Kapasti izolatori sastoje se iz kape izrađene od livenog gvožđa. Telo je izrađeno od elektroporculana ili gledoanog smeđom bojom, batić ili tučak izrađuje se od čelika, a pričvršćen je unutrašnji deo izolatora služi za nastavljanja članaka. Kapa i tučak se u vatri pocinkuju radi zaštite od korozije. Izrađuju se kao dva tipa:

K 170/280 i K 146/255

Kapasti izolatori od prenapregnutoг stakla su kvalitetniji od porculanskih. Prednosti su — imaju veću mehaničku čvrstoću, neprobijni su, lako se uočava oštećenje. Zadržava svoju čvrstinu i kada se stakleni disk potpuno razbije.



Sl. 5

Kod nas se oni koriste za napone od 380 kV. U razvodnim postrojenjima preporučuje se upotreba dvostrukih izolacionih lanaca sastavljenih od kapastih izolatora.

Visokonaponski osigurači

Ovi osigurači su topljivi, a imaju za zadatak da prekidaju strujno kolo u slučaju prenapona ili usled kakvog kvara skoro trenutno. Vrše zaštitu mernih transformatora, kablovskih odvoda, kondenzatora i transformatora do 630 kVA.

Osigurač sačinjava porculanska cev u kojoj je smešteno više paralelnih tankih provodnika od srebra na posebnim nosačima. Unutrašnjost cevi ispunjena je kvarcnim peskom. Krajevi cevi zatvoreni su metalnom kapom, koje su spojene sa srebrnim provodnicima i služe da ostvare kontakt sa kontaktom na postolju.

Na čeonj strani kape osigurača postavljen je pokazivač pregrevanja osigurača.

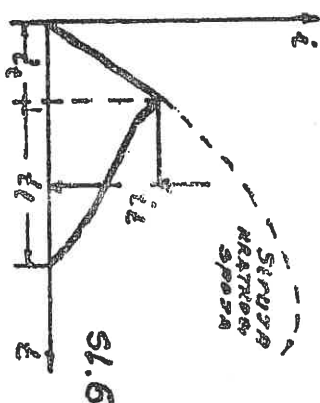
Kod osigurača visokog napona i malih struja oko srebrne žice obavija se u vidu spirale žica od volframa.

Na grafiku je data promena struje prekidanja pri kratkom spoju pomoću osigurača.

Da bi se izbegao prenapon u slučaju delovanja osigurača pri gašenju električnog luka, srebrna žica se izrađuje sa stepenastom debljinom, pri čemu je na sredini najmanjeg preseka.

Izbor osigurača vrši se prema nazivnom naponu mreže i prema nazivnoj struji.

Osigurači se izrađuju za napone do 35 kV. Osigurač se bira uglavnom prema nazivnim strujama, dela koji se zaštićuje. Ako se osigurava transformator ili kondenzatorska baterija, osigurač se bira za struju, koja je dva puta veća od nazivne struje transformatora sa strane višeg napona, da bi se sprečilo oštećenje prilikom uključivanja transformatora.



Sl. 6

Rastavljači

Rastavljači služe da odvođe neopterećene vodove, sabirnice, transformatore kao i druge aparate od delova, koji su pod naponom. Oni služe da, pre svega obezbede sigurnost osoblja, koje izvodi radove u samom postrojenju ili pak rukuje sa njim.

Rastavljači treba da budu tako postavljeni, da položaji noževa rastavljača budu vidljivi.

Manipulacija: isključivanje i uključivanje vrši se u praznom hodu. Izuzetno rastavljači mogu da se koriste za prekidanje malih struja, kao što je to slučaj malih

struja praznog hoda kod malih transformatora ili struje punjenja vazдушnih vodova nazivnih napona do 10 kV.

Pomoću rastavljaja može da se vrši prekidanje struje praznog hoda transformatora prema sledećoj tabeli:

Nazivni napon (kV)	6	10	20	35
Nazivna snaga (kVA)	400	315	250	250
Najveća struja praznog hoda (A)	6	3	1,25	1,0

Ako je reč o opterećenom transformatoru, onda možemo da se poslužimo sledećom tabelom:

Nazivni napon (kV)	6	10	20	35
Nazivna snaga (kVA)	75	50	50	50
Nazivna struja (A)	10	4	1,6	1,25

Isto tako ovim rastavljajem može da se prekine i kapacitivna struja (prazni hod), vazdušnog voda reda 10 kV, ako dužina voda ne prelazi 20 km, ili ako je u pitanju kablovski vod od 20 kV dužine do 5 km.

Za navedene slučajeve mogu da se koriste oni rastavljaji kod kojih su noževi vertikalno postavljeni, jer su u tom položaju postignuti najpovoljniji uslovi za gašenje električnog luka. Ovdje se koriste samo trolpolni rastavljaji, kod kojih se svi noževi jednovremeno pokreću, pa se jednovremeno prekida i strujno kolo.

Rastavljaji mogu da budu jednodopolni i trolpolni. Rukovanje može da bude: ručno: pomoću izdovane motke, sistema poluga, ručice i dr. Isto tako može da se vrši pokretanje pomoću pneumatike ili elektromotornog pogona.

Rastavljaji se izrađuju i upotrebljavaju kako u postrojenjima za unutrašnju tako i za spoljne montaže. Zbog uslova rada razlikuju se rastavljaji za unutrašnju montažu od rastavljaja za spoljnu montažu.

Radi sigurnosti u obezbeđenju od prodiranja nepoželjnog napona u razvodno postrojenje vrši se uzemljenje u razvodnom postrojenju. To uzemljenje se izvodi u toku izvođenja radova. Uzemljenje se vrši pomoću rastavljaja sa noževima za uzemljenje. Da bi se izbegla pogreška pri manipulaciji, tj. da se greškom ne uključe noževi za uzemljenje kada su glavni noževi uključeni, vrši se mehanička ili električna blokada glavnih noževa i noževa za uzemljenje. Na taj način se obezbeđuje, jer ako su jedni uključeni ne mogu drugi da se uključe i obrnuto.

Za spoljnu montažu koriste se rastavljaji za napone od 35 kV pa više. Kod njih su noževi postavljeni vodoravno.

U novije vreme primenjuju se dosta pantografski rastavljaji za napone od 123 kV i 245 kV.

Kod ovakvih rastavljaja na glavi izolatora nalazi se pokretni kontakt, dok je nepokretni kontakt pričvršćen na sabirničkom vodu. Pokretni kontakt se podiže pomoću pantografa kao kod tramvaja.

Ako su rastavljaji na pneumatski ili električni pogon, onda se vrši kombinacija sa ručnim pogonom.

Pneumatski pogon vrši se pomoću vazdušnog pritiska od 49 kPa do 1029 kPa.

Ako je u pitanju elektromotorni pogon, onda može da se koristi kako jednosmerni tako i naizmenični napon. Ti naponi su sledeći:

— jednosmerni napon 24, 110 i 220 V

— naizmenični napon 100, 220 i 380 V.

Rastavljaji snage

Ovakvi rastavljaji služe za uključivanje i isključivanje pod opterećenjem.

Kod ovakvih rastavljaja predviđene su lučne komore za gašenje električnog luka. Samo gašenje ovog luka vrši se auto-pneumatski, magnetski ili gasom.

Rastavljaji snage mogu da budu u kombinaciji sa visokonaponskim osiguračem. Rastavljaj pri isključenju pod opterećenjem, onda osigurač prekida struje kratkog spoja i izaziva odvajanje rastavljaja. I ovdje se koriste noževi za uzemljenje. Reaguju veoma brzo i mogu da se uklupe uz ostalu signalizaciju i sa prekostrujnim relejima.

U osnovi postoje dve konstrukcije rastavljaja. Kod jednih gašenje luka vrši se pomoću čvrstog gasa u komorama, koje su izrađene od veštačke smole.

Kod druge konstrukcije gašenje luka vrši se pomoću komprimovanog vazduha, koji proizvodi rastavljaj snage prilikom isključenja.

Rastavljaji snage izrađuju se za napone do 35 kV.

U zavisnosti od potreba rastavljaj snage može da bude opremljen i sa noževima za uzemljenje. Ovakva vrsta rastavljaja koristi se u odvodnim i dovodnim vazdušnim i kablovskim poljima.

Prekidači

Prekidači imaju za zadatak da namerno ili automatski uključuju ili isključuju strujno kolo.

Automatski se vrši isključenje strujnog kola u slučaju preopterećenja ili kakvog kvara.

Namerno uključivanje odnosno isključenje strujnog kola, vrši se za vreme normalnog pogona u razvodnom postrojenju ili kada se postrojenje nalazi u praznom hodu.

Prilikom prekidanja električnog strujnog kruga, stvara se električni luk. Postoje posebne mere da se smanji ovaj luk. Navodimo samo neke:

— vrlo brzo povećanje razmaka kod kontakata

— smanjenje preseka električnog luka

— intenzivno odvođenje toplote

— trajanje luka da je što kraće

— gašenje luka može da bude: pomoću vodonika, vodene pare, destilovane vode u komorama, kao i drugi načini.

Vrste prekidača

Razlikujemo sledeće tipove prekidača: vazdušne prekidače, prekidače sa magnetnim odvajanjem luka, uljne prekidače, malouljne prekidače, prekidače hidromatske (ekspanzione) i pneumatske prekidače.

a — *Vazdušni prekidači* — Ovakvi prekidači izvođe se samo kao „rastavljajući na stubu“ za napone do 35 kV. Koriste se isto tako za prekidače struje praznog hoda transformatora i vodova.

Gašenje luka se ostvaruje dejstvom magnetnog polja, koje se stvara oko njega, kao i toplim vazduhom, koji se stvara usled pojave električnog luka.

Primenjuje se za stubne trafo-stanice TS 10/0,4 kV, na ograncima 10 kV mreže, upravo za elektrifikaciju sela.

b — *Prekidači sa magnetnim odvajanjem luka* — Kod ovih prekidača koristi se magnetno polje, koje izdužuje električni luk povećava se pad napona luka i luk se gasi. Ovakvi prekidači izrađuju se za napone do 24 kV i za snage isključenja do 750 MVA.

c — *Uljni prekidači* — Ovo je najstarija konstrukcija prekidača za visoki napon. Prekidanje strujnog kola vrši se među kontaktima, koji su potopljeni u ulju.

Nedostaci uljnih prekidača su: veliki gabarit, opasnost od eksplozije. Ova opasnost nije tako velika u samom prekidaču. Veća opasnost se javlja u samoj prostoriji, gde je smešten prekidač. Naime, uljni gasovi, koji izlaze iz prekidača mešaju se sa vazduhom i stvaraju opasnu smešu — lako zapaljivu i eksplozivnu. Narocito je opasna smeša, koja sadrži u vazduhu 7% uljnih gasova.

d — *Maloujni prekidači* — Kod ovih prekidača ulje se koristi kao sredstvo za gašenje električnog luka. Gašenje luka vrši se u specijalnoj komori za gašenje električnog luka. U komori se razvijaju uljni gasovi, koji pod pritiskom deluju na luk, čime se vrši dejonizacija luka i luk se gasi.

Maloulniprekidači naši su primenu za sve napone. Obično su snabdeveni sa elektromotornim pogonom, sa jednosmernim ili naizmeničnim naponom i to napon 110 i 220 V.

4 — *Hidrostatski* (ekspanzioni) prekidači — Po konstrukciji ovi prekidači su slični sa maloulnim. Ovde se koristi destilovana voda umesto ulja. Voda je pomešana sa malo glikola, da bi se sprečilo zamrzavanje.

Koristi se za napone do 60 kV.

U zadnje vreme umesto ovih koriste se maloulni ili pneumatski prekidači.

f — *Pneumatski* prekidači — Gašenje luka kod pneumatskih prekidača vrši se pomoću komprimovanog vazduha, zašto je potrebna kompresorska stanica. Ovakvi prekidači grade se za vrlo visoke napone od 110 kV pa i više.

Pogon za upravljanje kod ovih prekidača je pneumatski. Pritisak vazduha iznosi i do 1029 kPa.

g — *Izbor prekidača* Za izbor prekidača merodavne su sledeće karakteristike:

- nazivni napon (kV)
- nazivna struja (A)
- nazivna snaga isključenja (MVA)

Za svako razvodno postrojenje bira se jedan tip prekidača. Za nazivni napon uobičajeno je da se usvaja najviši pogonski napon — odnosno: 7,2; 12; 38; 123; 245; 420 kV.

Nazivna struja usvaja se prema najopterećenijem delu razvodnog postrojenja.

Nazivna snaga isključenja mora da bude veća od očekivane snage kratkog spoja u jednom razvodnom postrojenju.

h — *Novo* konstrukcije prekidača — Najnovije konstrukcije prekidača koriste se kao sredstvo za gašenje električnog luka stumporni hensa fluorid (SF₆) i vakuum. Ovakvi prekidači izrađuju se za napone do 550 kV, nazivne struje 3/50 A. Snaga isključenja je i do 47500 MVA.

Prednosti ovih prekidača nad klasičnim su:

- veoma smanjeno održavanje
- bezšuman rad
- pjosnati mehanizam je dugotrajan

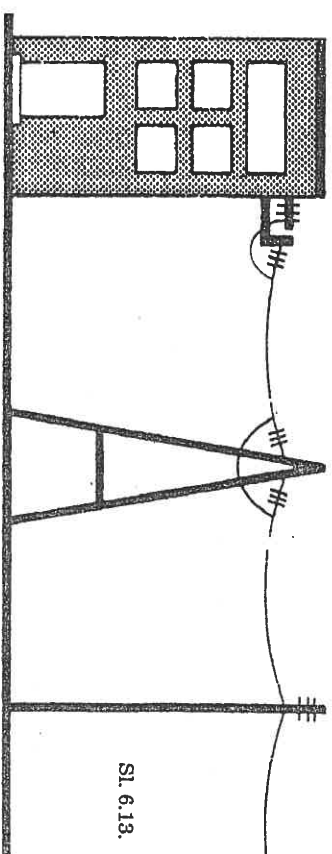
NADZEMNE MREŽE

Vodovi i mreže kojima se povezuju mesta potrošnje električne energije mogu biti izrađeni ili kao nadzemni (vazdušni) ili kao podzemni (kablovi). Prednost vazdušnih vodova nad kablovskim je u ceni, mogućnosti otkrivanja i otklanjanja kvarova; mane su im: mogućnost oštećenja spoljnim dejstvom (vetar, led, grm), mogućnost namernog oštećenja (narocito u uslovima rata), estetska strana. Nadzemni vodovi i mreže napona višeg od 1 kV nazivaju se dalekovodi. Nadzemni vodovi i mreže sastoje se iz stubova i vodova sa opremon.

Vodovi za nadzemne mreže mogu biti bakarni, aluminijumski, čelično-aluminijumski i bronzani.

Preseci vodova za vazdušne mreže izrađuju se prema standardizovanim dimenzijama preseka kojima odgovaraju određene struje opterećenja, prema uslovima zagrevanja odnosno hlađenja vodova.

Niz člankastih izolatora postavlja se kao viseći ili kao zatezni. Na viseći niz člankastih izolatora (sl. 13b), koji normalno ima vertikalni položaj, okači se vod. Ako se vod prekine s jedne strane stuba, niz izolatora se iskosu prema neoštećenoj strani dalekovoda sa druge strane stuba, čime mu se smanji naprezanje. Na jednom stubu



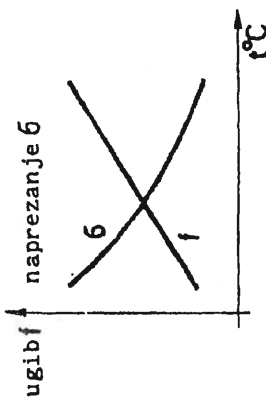
Sl. 6.13.

moгу бити најмање два низа чланкастих изолатора, постављених као затезни (сл. 6.13а), сваки заклоњен у правцу своје стране далековода, а делови далековода су међусобно повезани посебним комадом вода.

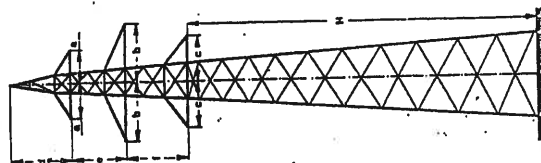
С обзиром на намену, сви стубови ваздушних водова граде се као: линijski, rasteretni, угаони и крајњи. Линijski стубови (сл. 6.13б) носе више низове чланкастих изолатора, а оваквих стубова у воду има највише. Rasteretni стубови (сл. 6.15) постављају се на сваким неколико километара дуж вода, имају затезне чланкасте изолаторе, а представљају чврсте тачке далековода. Угаони стубови (сл. 6.16) постављају се у тачкама где далековод мења свој правец, а крајњи стубови (сл. 6.13а) на неколико метара испред зграда разводног постројења; и једни и други имају низ затезних изолатора.

Стубови за ваздушне мреже могу бити: дрвени, цеvни, реšetкасти и бетонски. Дрвени стубови (сл. 6.17) импрегнисани су и граде се обично за водове до 10 кV, јер нису погодни за водове веће висине и угиба, као ни за оне који захтевају веће затезање. Цеvни и реšetкасти стубови (сл. 6.18) праве се од гвођђа, захтевају израду постоља од бетона и одржавање теџим бојењем. Бетонски стубови често се употребљавају за далеководе, не захтевају посебно одржавање, али се теџко транспортују и постављају.

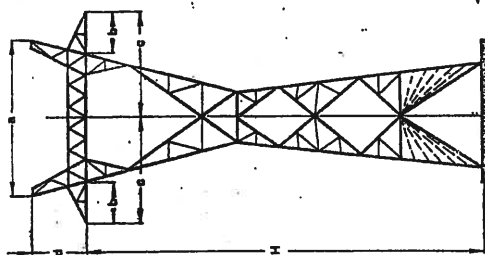
За водове су прописана најнижа одстојања од земље, као и одстојања међу фазамa, зависно од напона далековода и других услова. Исто тако, постоје монтажне



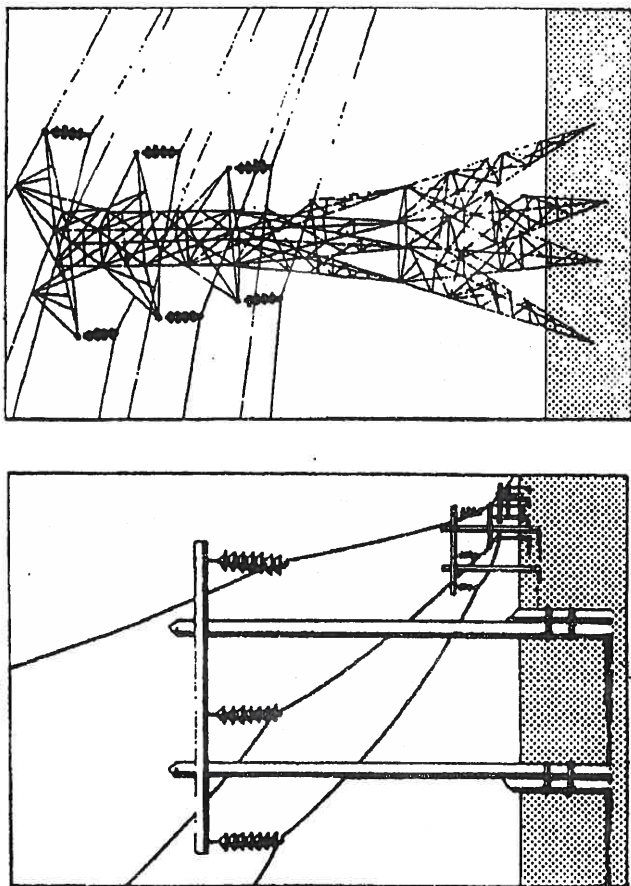
Sl. 6.14



Sl. 6.15



Sl. 6.16



Sl. 7.17

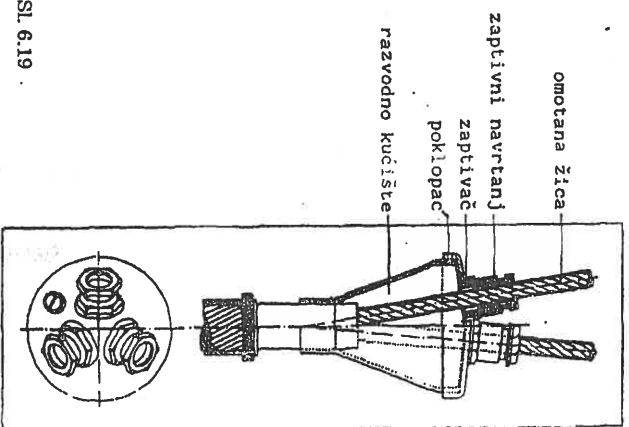
Sl. 6.18

криве (дијаграми, сл. 6.14) које дају податке о томе колики треба да је највећи угиба вода између стубова при одређеној спољној температури, као и колика треба да је тада сила затезања вода. Приликом израде овог дијаграма води се рачуна о свим механичким оптерећењима које један вод може да поднесе: тежина самог вода, сила ветра, леда, и сл.

ПОДЗЕМНЕ МРЕЖЕ

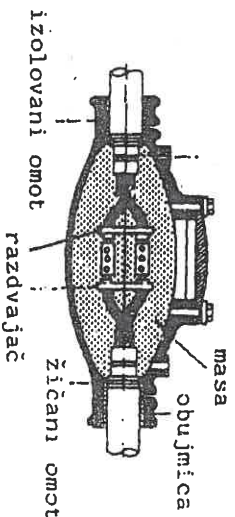
За подземне електричне мреже употребљавају се каблови који у својој конструкцији имају механичку и електричну заштиту, као и проводник за provoђење електричне струје. Као проводник се употребљава бакарни вод стандардизованих димензија, којима одговарају нормиране струје оптерећења каблова за одређене услове хлађења (постављања). Бакарни вод је обично ужат, ради механичких предности које се испољавају при његовој употреби. Као основна електрична изолација за кабл употребљава се гума, поливинил, импрегнисана хартија, уље, битумен, и сл. Као механичка заштита од продирања влаге користе се поливинилски, оловни или алуминијумски омотачи, а као механичка заштита од удара — омотачи од челичне траке или оплет žице. Као заштита од корозије челичних заштитних делова служи омот од жуте.

Проводник са својом електричном односно механичком заштитом чини жиљу кабла. Израђују се једножиљни, двожиљни, трожиљни и четворожиљни каблови разних врста за јаку струју, а за разне нормиране вредности струје и напона. За више напоне израђују се



Sl. 6.19

obezbeđuje da vlaga ne prodre u impregnaciju izolacije kablova. Glava može biti sa izvodima za sve tri kablovske žile (sl. 6.19), a može biti posebna glava za svaku kablovsku žilu, što se najčešće primenjuje za visokonaponske kablove; tada gornji deo glave obično ima provodni porculanski izolator. U oba slučaja prilikom izrade glave prethodno se oslobode krajevi tri kablovske žile i provedu kroz gornji zapltni izlazni otvor, a u donjem delu glave se olovni omotač osloni na metalni deo glave. Metalni deo glave, sa kojim se olovni omotač kabla poveže posebnim provodnikom, uzemljuje se jer se sa kablovskog provodnika indukcijom prenese na njega do 1% energije u vidu gubitaka. Kroz poseban otvor u glavni sipa se bitumenska masa ili ulje, koji služe kao zaštita od ulaska vlage u impregnisanu hartiju kabla.



Sl. 6.20

energetski kablovi sa pojačanom osnovnom izolacijom od impregnirane hartije ili sa polivinilskom izolacijom. Kablovi sa izolacijom od impregnirane hartije imaju: električnu izolaciju od hartije, izradenu u više slojeva oko svake žile, materijal za ispunu između žila na bazi impregnirane hartije, zajednički olovni omotač oko svih žila kao mehaničku zaštitu od vlage, sloj hartije kao zaštitu olova od korozije, dva sloja suprotno namotane čelične trake kao glavnu mehaničku zaštitu i, konačno, sloj jutrog opteta za opštu zaštitu čelične trake. Izrađuju se i kablovi čija svaka žila ima posebnu zaštitu, svojim olovnim omotačem, čime je poboljšano električno naprezanje izolacije svake žile. Na sličan način prave se i kablovi koji za osnovnu izolaciju svake žile i celine imaju polivinilski materijale.

Kablovi sa izolacijom od impregnirane hartije za svoje završetke dobijaju tzv. kablovske glave, kojima se izišta razloga kao i kod postavljanja kablovske glave, nameštaju se kablovske spojnice koje zadovoljavaju osnovne zahteve kao i kablovska glava (sl. 6.20). Postoje posebne kablovske glave i spojnice za kablove koji imaju osnovnu izolaciju od polivinila, ali one se ne ispunjavaju ispunom, pa su jednostavnije konstrukcije.

Uredaj distributivne transformatorske stanice jest sistem osiguravača, relaja i okidača, koji služe za zaštitu postrojenja transformatorske stanice od vanjskih utjecaja u vezi sa nedopušteno velikim promjenama električnih veličina, koje izazivaju štetne posljedice u postrojenju.

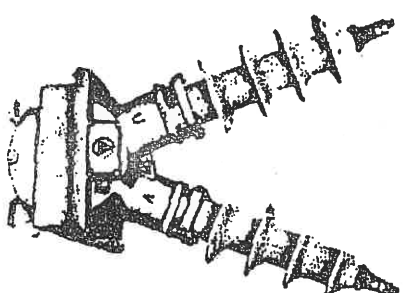
U sastav zaštitnog uređaja ulazi i mreža zaštitnih vodova pomoću kojih su aktivni zaštitni elementi povezani s pomoćnim izvorom energije, sa signalnom i komandnom pločom, i međusobno, te odgovarajuće ploče sa zvučnim, svjetlećim i ostalim signalima.

Zaštitu distributivnih transformatorskih stanica općenito dijele na primarnu i sekundarnu (Prenaponska zaštita u distributivnim transformatorskim stanicama obično je poseban oblik zaštite). *Primarna zaštita* se sastoji od zaštitnih elemenata neposredno uključenih u strujni krug koji se nadzire. Ova vrsta zaštite primjenjuje se u manjim i jednostavnijim postrojenjima. *Sekundarna zaštita* se sastoji od zaštitnih elemenata uključenih u strujni krug koji se nadzire posredno preko mjernih transformatora. Primjenjuje se u većim i složenijim postrojenjima, naročito onima sa stalnom posadom.

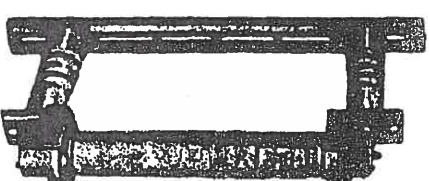
Osnovni zaštitni elementi koje upotrebljavamo u distributivnim transformatorskim stanicama su sljedeći: *Visokonaponski osiguravač* je zaštitni element pomoću kojega na određenom mjestu namjerno oslabijemo zaštićeni strujni krug, kako bi pri pojavi previske struje osiguravač pregorio i time prekinuo strujni krug. Upotrebljava se uglavnom za zaštitu postrojenja od utjecaja kratkog spoja. Visokonaponski osiguravač prekida struju prije nego što ona postigne najvišu vrijednost, te radi toga predstavlja efikasnu zaštitu na mnogim mjestima u stanicama do 35 kV.

Visokonaponski osiguravač se sastoji od čeličnog postolja na kojem su montirani potporni izolatori s nosačima patrona i priključcima vodiča strujnog kruga, te patrone osiguravača. Patrona osiguravača je porculanska cijev s metalnim kapama na krajevima. U cijevi između metalnih kapa nategnuta je srebrna žica određene debljine, a cijev je ispunjena kvarcnim pijeskom. Visokonaponski osiguravač je prikazan na slici 41.

Osiguravači se izrađuju za nazivne struje određene standardima. Nazivnu struju osiguravača odabiremo prema elementu koji želimo



Sl. 40. Naponski transformator dvopolno izoliran sa namotom u ulju, tip VKU-35 za prenosni odnos 35/0,1 kV



Sl. 41. Visokonaponski osiguravač

zaštiti, ali uvijek odabiremo takvu nazivnu struju da osigurač ne pregori pojavom udarne struje pri uklaapanju strujnog kruga koji se štiti.

Za zaštitu transformatora uzimamo osigurač s nazivnom strujom koja je jednaka najmanje dvostrukoj nazivnoj struji transformatora. Radi toga pomoću osigurača štittimo transformator samo protiv kratkog spoja, a ne i preopterećenja.

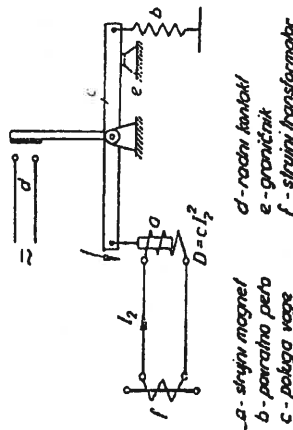
Releji je naprava koju u pogon stavlja promjena određene električne veličine za koju je relej podešen i koja električkim putem upravlja radom daljnjih uređaja. *Primarni relej* je onaj čiji je namot neposredno uključen u strujni krug koji se nadzire, i kojemu se prema tome mjerna veličina dovodi neposredno. *Sekundarni relej* je onaj čiji je namot priključen u strujni krug koji se nadzire posredno preko mjernog transformatora i kojemu se prema tome mjerna veličina dovodi posredno.

Mjerni relej je onaj koji sa propisanom tačnošću mjeri određenu električnu veličinu, te kad mjerna veličina prijeđe određenu granicu stupa u pogon i dojavljuje opasnost, odnosno djeluje na izbacivanje učinske sklopke. *Pomoćni relej* je onaj koji ne mjeri neposredno određenu električnu veličinu, nego samo djeluje zbog njene pojave ili promjene u svom uzbudnom krugu, te dovodi do odgovarajućeg utjecaja na kontakta.

Navodimo osnovne vrste releja koji se najčešće upotrebljavaju u distributivnim transformatorskim stanicama: *Nadstrujni relej* radi na principu elektromagneta s prijelopnom, uvlačnom i okretnom kotvom. Principijelan spoj i način rada ovog releja prikazan je na slici 42. Nadstrujni relej upotrebljava se za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja. Izvodi se u različitim vidovima i relejnim kombinacijama s vremenskim zatezanjem djelovanja. Upotrebljava se za zaštitu transformatora i vodova.

Distanтни relej jest zaštitni relej kojemu vrijeme okidanja ovisi o udaljenosti kvara. Za mjerenje udaljenosti kvara služe osnovni parametri vodova, koji su u normalnom pogonu za određenu dužinu voda stalni i ovise o izvedbi voda. Najčešće se za tu svrhu primjenjuje prividni otpor ili jedna od njegovih komponenta, pa razlikujemo impedantne, reaktantne i rezistantne releje. U slučaju kvara na vodu mijenja se mjerenja veličina na koju je relej udešen, jer se promijenila dužina dionice voda koja se štiti. Radi toga distantni relej proraduje u kraćem ili dužem vremenu. Distantni releji se upotrebljavaju za zaštitu kabelskih nadzemnih i inješovitih vodova i za zaštitu transformatora.

Diferencijalni releji su zaštitni releji koji zbog svojih međusobnih spojeva uspoređuju istovrsne električne veličine ili stvaraju njihovu razliku. Spojevi su odabrani tako da u normalnom pogonu dionice koja se štiti kroz releje i njihov spoj ne teče struja. Kad nastupi kvar (npr. kratak spoj) proteći će struja kroz relejni krug, zbog čega relej proraduje i djeluje na učinsku sklopku. U distributivnim transformatorskim stanicama obično se upotrebljava tzv. stabilizirani uzdužni diferencijalni relej za zaštitu velikih transformatora.



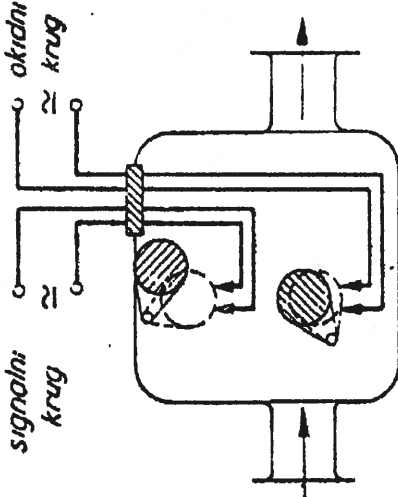
SL 42. Nadstrujni relej

Toplinski relej ili termoreleji zaštitni je relej, koji djeluje zbog povišenja temperature elementa koji se štiti. Obično je to kombinacija nadstrujnog releja i bimetala, koji uslijed zagrijavanja prevelikom strujom djeluje da relej proradi. Vremenska konstanta releja mora odgovarati vremenskoj konstanti elementa koji se štiti. Upotrebljava se za zaštitu transformatora i kabelskih vodova od preopterećenja.

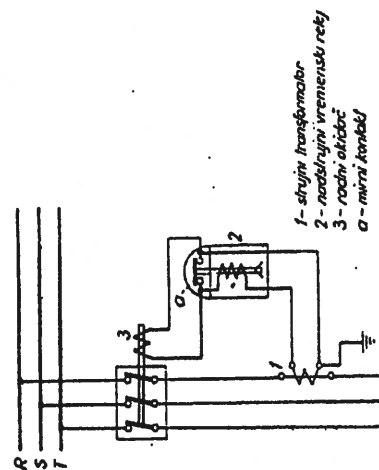
Osim spomenutih releja, upotrebljava se u distributivnim transformatorskim stanicama za zaštitu transformatora od unutarnjih kvarova i tzv. *Buchholzov relej*. To je naprava koja reagira na pojavu plina u transformatoru, koji nastaje zbog unutarnjeg kvara u njemu i djeluje na signal za upozorenje ili izbacivanje sklopke. Sastoji se od metalne posude normalno ispunjene uljem, jer se uključuje u spoju cijev između kotla transformatora i konzervatora, te jednog ili dva plovka u posudi, i kontaktu. Prikazan je na slici 43.

Zbog kvara u transformatoru (spoj među zavojima) razvija se plin, koji nastaje raspadanjem transformatorskog ulja. Nastali plin se podiže prema konzervatoru i usput prolazi kroz Buchholzov relej, u kojemu potiskuje ulje. Gornji plovak pri tome slijedi razinu ulja, te zatvara kontakt za signal upozorenja. Ako je nastao veći kvar u transformatoru (kratak spoj) pojavit će se jako strujanje ulja iz transformatora u konzervator, što će naglo pritisnuti donji plovak releja na njegov kontakt, čime se zatvara strujni krug za okidanje sklopke. Buchholzov relej reagira na isti način u slučaju da kotao transformatora propušta ulje, te ono padne ispod razine releja.

Okidač je naprava koja se stavlja u pogon promjenom određene električne veličine, te mehanički djeluje na isključenje sklopke. *Primarni okidač* je onaj čiji je namot uključen neposredno u strujni krug koji se nadzire i kojemu se prema tome mjerna veličina dovodi neposredno.



SL 43. Buchholzov relej



SL 44. Okidanje strujnog mjernog transformatora — osnovni prikaz

Pomoćni okidač je onaj čiji je namot priključen na poseban izvor za pokretanje, na strujni ili naponski transformator. Naziva se i sekundarni okidač.

Otkidati se može istosmjernom ili izmjeničnom strujom, koju se dobiva iz posebnog izvora. Ta dva načina okidanja u principu su jednaka. Okidati se može i s izmjeničnom strujom, koja se dobiva iz mreže preko naponskog ili učinskog transformatora. Ovaj način okidanja primjenjuje se samo iznimno kod zaštite protiv kratkog spoja, jer u tom slučaju napon mreže može toliko pasti da se okidač ne uzbuđi dovoljno i ne izvrši svoj zadatak. Kao zaštita protiv preopterećenja ovaj način okidanja zadovoljava.

Kao zaštita protiv kratkog spoja djelotvorno je okidanje strujom iz sekundarnog namota strujnog transformatora koji se nadzire i kroz koji, u slučaju kratkog spoja, prolazi struja kratkog spoja, što sigurno uzbuđuje okidač u tolikoj mjeri da djeluje na isklapanje sklopke. Na slici 44 dat je osnovni prikaz ovog načina okidanja.

Pomoćni izvor struje je obično izvor istosmjerne struje koju upotrebljavamo za pogon sekundarnih releja i pomoćnih releja, uređaja za signalizaciju, te nužne rasvjetu u transformatorskoj stanici. Obično se za tu svrhu upotrebljava akumulatorska baterija, koju pomoćni ispravljač trajno punimo iz kućnog transformatora. Akumulatorska baterija se kao pomoćni izvor upotrebljava iz više razloga:

1. Istosmjerna struja je pogodnija za aktiviranje i pogon releja.
2. Napon baterije je konstantan jer nije podložan varijacijama napona u mreži, pa je pogon releja i ostalih uređaja siguran.
3. U slučaju nestanka izmjeničnog napona u transformatorskoj stanici akumulatorska baterija je dovoljan izvor struje za vrijeme dok se uzrok prekida ne otkloni.

Naponi akumulatorske baterije su standardizirani i prilagođeni radnom naponu releja. Obično se za tu svrhu upotrebljava napon 24 ili 110 V, rjeđe 48 V. Kapacitet baterije se proračunava i određuje prema veličini i potrebama transformatorske stanice, odnosno potrošača istosmjerne struje.

Baterija je smještena u posebnoj prostoriji, koja se uređuje prema posebnim propisima, a treba da bude smještena po mogućnosti u središnju stanicu, kako bi vodovi istosmjerne struje bili što kraći.

Za sastav i montažu baterije se upotrebljavaju olovni i čelični akumulatori.

Odvodnik prenapona jest naprava koja služi za ograničenje prenapona na vrijednosti koje svi dijelovi postrojenja mogu izdržati a da ne dođe do štetnih posljedica i proboja.

Za zaštitu transformatorskih stanica od prenapona, koji se u pravilu pojavljuju zbog atmosferskih pražnjenja, uglavnom upotrebljavamo tri vrste odvodnika prenapona: iskrište, cijevne odvodnike i ventiline (katodne) odvodnike (slika 45).

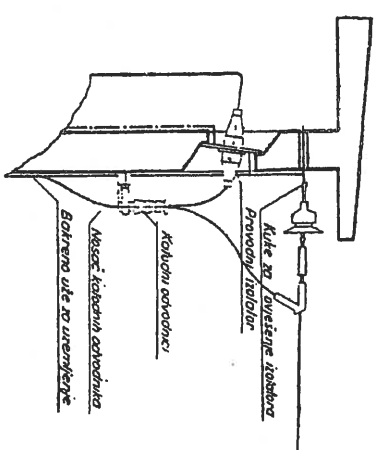
Iskrišta su najjednostavniji i najjeftiniji uređaji za zaštitu postrojenja od prenapona. Sastoje se od dva štapa (roga) međusobno raz-

maknuta za udaljenost ovisnu o zaštitnom prenaponskom nivou. Jedan štاپ je priključen na fazni vodič koji se štiti, a drugi preko uzemnog voda na uzemljivač. Iskrišta u praksi nisu siguran zaštitni uređaj od prenapona, jer ne mogu da prekinu jače struje zemljospoja koje se pojavljuju nakon odvođenja prenapona, te zato što im prerađeni udarni napon ovisi o obliku i polaritetu udarnog prenaponskog vala. Radi toga se rijetko upotrebljavaju za zaštitu transformatorskih stanica.

Cijevni odvodnik je odvodnik prenapona koji se sastoji od cijevi izvedene od posebnog izolacionog materijala. U cijev je ugrađeno iskrište sastavljeno od gornje elektrode u obliku šipke i donje šuplje elektrode. Da bi izolaciona cijev bila odvojena od vodiča štitenog voda pod naponom i gornjeg kraja šipkaste elektrode. Unutrašnjost cijevi je izvedena od materijala koji zbog pojave električnog luka proizvodi iznenađujućeg prolazom struje zemljospoja, odnosno kratkog spoja, pri odvodu prenapona izgara i stvara veću količinu plinske smjese velikog tlaka. Zbog toga dolazi do eksplozivnog djelovanja prema donjem otvoru cijevi i do deionizacije, odnosno gašenja električnog luka.

Djelotvorno odvijanje procesa odvođenja prenapona ovisi o veličini struje zemnog, odnosno kratkog spoja kroz odvodnik, brzini porasta prekidnog napona, prijelaznom prekidnom naponu sa pripadnim faktorom amplitude i o faktoru snage mreže na mjestu ugradnje odvodnika. Da bi se zadovoljili svi ovi uvjeti treba provesti detaljniju razradu primjene cijevnih odvodnika, uz tačno poznavanje mreže, što predstavlja znatne poteškoće radi kojih se cijevni odvodnici nerado upotrebljavaju u mrežama.

Ventilni odvodnik ili katodni odvodnik prenapona jest uređaj kojim se efikasno zaštićuje postrojenje transformatorske stanice od utjecaja atmosferskih prenapona. Sastoji se od porculanskog šupljeg tijela, u kojemu su montirani raščlanjeno višestruko iskrište i otpornik s nelinearnom promjenjivom otporom. Na gornjem kraju porculanskog tijela nalazi se metalna kapa s priključkom na vod, a na dnu odvodnika se nalazi priključak na uzemljenje.



Sl. 45. Način priključka odvodnika prenapona na ulazu u postrojenje

Zahvaljujući primjeni višestrukog iskrišta i nelinearnog promjenljivog otpora, u odnosu na struju zemljospoja, odnosno kratkog spoja, ventilni odvodnik zadržava približno konstantan napon na svojim krajevima i izolaciji postrojenja koje se štiti. Radi toga je ovaj odvodnik praktički neovisan o veličini i snazi kratkog spoja mreže, pa se može koristiti u svim njenim tačkama, zbog čega je njegova upotreba mnogo jednostavnija od upotrebe iskrišta i cijevnih odvodnika.

Odvodnici prenapona se montiraju obično na fasadama transformatorskih stanica

ispod ulaza nadzemnog voda u stanicu (slika 46), i to tako da vodič obavezno prelazi preko gornjeg kontakta odvodnika, prije ulaza u stanicu, kako prenapon ne bi mimo odvodnika prošao u postrojenje. Smatra se da udaljenost odvodnika prenapona od zaštićenog postrojenja ne smije biti veća od 23... 25 m u mrežama do 35 kV s nadzemnim vodovima. Ako su ulazi vodova kabelski, tada udaljenost odvodnika od zaštićenog postrojenja može iznositi 50 m i montiraju se ispod kabeleske glave na zadnjem stupu nadzemnog voda.

Veća dužina kabeleskog ulaza zahtijeva montažu odvodnika prenapona na oba kraja, tj. na zadnjem stupu nadzemnog voda i u vodnom polju transformatorske stanice. Pri montaži odvodnika u postrojenju stanice treba susjedne aparate osigurati protiv oštećenja u slučaju aktiviranja odvodnika, ili njegove eksplozije.

Uzemljenje transformatorskih stanica

Uzemljenjem, općenito, smatramo vodljivi spoj između dijelova postrojenja koji se moraju uzemljiti, i zemlje. Taj spoj ostvarujemo pomoću posebnog uređaja za uzemljenje. Uzemljenje pojedinih dijelova postrojenja provodimo zato da bismo sveli potencijal određenih dijelova postrojenja na potencijal zemlje i tako zaštitili ljude i životinje od previsokog dodirnog napona, odnosno omogućili normalan i nesmetan pogon postrojenja.

Uređaj za uzemljenje se sastoji od sistema vodova za uzemljenje, sabirnih vodova za uzemljenje i uzemljivača, koji su međusobno povezani.

Vodovi za uzemljenje su svi vodiči pomoću kojih spajamo dijelove postrojenja koje moramo uzemljiti s uzemljivačima. Izvode se od čeličnih, u vatri pocinčanih traka, ili bakrenih, odnosno aluminijevih vodiča u obliku punog presjeka, ili pletenog u užu. Vodovi za uzemljenje moraju imati određen presjek usklađen sa strujom koja se u slučaju kvara na postrojenju može u njima pojaviti. Najmanji propisima dopušteni presjeci tih vodova jesu za čelik 50 mm², za aluminij 35 mm², za bakar 16 mm². Ovi vodovi se polažu iznad zemlje, odnosno zidova, vidljivo i pristupačno, ali ujedno zaštićeni od mehaničkih i kemijskih oštećenja.

Sabirni vod za uzemljenje jest onaj na koji je priključeno više vodova za uzemljenje. Izvodimo ih od istih materijala i istog su oblika kao i vodovi za uzemljenje, a dimenzioniramo ih prema struji dvostrukog zemnog, odnosno kratkog spoja u postrojenju. Spojeve između vodova za uzemljenje i sabirnih vodova za uzemljenje treba izvoditi tako da je trajno osigurana dobra vodljiva veza. Ovi spojevi se izvode zavarivanjem, vijcima ili odgovarajućim spojnicama. Spojni materijal mora biti zaštićen protiv korozije.

Uzemljivači su metalni dijelovi uređaja za uzemljenje položeni u zemlju, pa su s njome u vodljivoj vezi. Prema obliku, uzemljivače dijelimo na trakaste, šipkaste, cijevne i pločaste. Uzemljivači se izrađuju od bakra ili u vatri pocinčanog čelika. Najmanji dopušteni presjeci pojedinih vrsta i oblika uzemljivača su ovi:

- pocinčana čelična traka 100 mm² ali ne smije biti tanja od 3,5 mm,
- pocinčano čelično uže 50 mm²,
- bakrena traka 50 mm², ali ne smije biti tanja od 2,5 mm,
- bakreno uže 35 mm²,
- pocinčana čelična cijev 2", ali sa stijenkom koja nije tanja od 3 mm,

- pocinčano kutno željezo 65 x 65 x 7 mm,
- pocinčano profilno željezo U-6 i T-6,
- bakrena cijev 50/44 mm,
- pocinčani čelični lim 3 mm,
- bakreni lim 1 mm.

Kao specijalnu vrst uzemljivača upotrebljavamo i vodovodnu mrežu, koja nam kao široko razgranata metalna masa osigurava veoma niske vrijednosti prijelaznog otpora uzemljenja. Pri upotrebi vodovodne mreže kao uzemljivača treba naročitu pažnju posvetiti izvođenju spojeva vodova za uzemljenje sa vodovodnom mrežom kao uzemljivačem. Ovi spojevi moraju biti izvedeni na vodovodnu cijev ispred kućnog vodomjera, zaštićeni od korozije i izvedeni tako da osiguraju solidan vodljiv spoj.

Uzemljivače polažemo u zemlju što bolje vidljivosti, kako bismo postigli što manji prijelazni otpor uzemljenja. Nizak prijelazni otpor uzemljenja omogućava siguran i lak odvod struja zemnog, odnosno kratkog spoja i svodi potencijal oštećenog dijela postrojenja na potencijal zemlje.

Radi toga za polaganje uzemljivača biramo zemlju koja se dobro lijepi za uzemljivač i zadržava vlagu. Najpovoljnija je ilovača, a pjeskovito i kamenito tlo treba izbjegavati. Ukoliko to nije moguće, potrebno je oko uzemljivača nabiti dopremljenu ilovaču pa naknadno zatrpavati pijeskom, odnosno drugim manje vodljivim materijalom.

Raspored uzemljivača također doprinosi smanjenju otpora uzemljenja. Radi toga trakaste uzemljivače granamo u obliku zvijezde, s krakovima međusobno razmaknutim pod kutom ne manjim od 60°. Povećanje broja krakova iznad šest ne utječe bitno na smanjenje otpora uzemljivača. U tom je slučaju korisnije upotrijebiti više uzemljivača međusobno dovoljno razmaknutih i povezanih trakama.

Šipkaste i pločaste uzemljivače polažemo okomito u tlo. Pojedini šipkasti uzemljivač obično sastavljamo od po tri šipke razmještene u trokut i međusobno odmaknute obično za dužinu šipke. Oko šipkastog uzemljivača treba, kao i oko trakastog, nabiti dobro vodljivu zemlju, ili ga zabiti u takvo tlo, ako je to moguće.

Pločaste uzemljivače obično izvodimo od ploča veličine 1000 X 500 mm. Ploču polažemo u dubinu tla tako da joj se gornji rub nalazi po mogućnosti 1 m ispod površine.

Broj potrebnih uzemljivača ovisi o specifičnoj vodljivosti tla i o iznosu struja zemljospoja ili kratkog spoja koje se preko njih odvode, što treba proračunavati za svaki slučaj posebno, u skladu s propisima.

Prema namjeni razlikujemo: zaštitno uzemljenje, pogonsko uzemljenje, uzemljenje za oblikovanje potencijala i gromobransko uzemljenje.

Zaštitno uzemljenje jest sistem vodova za uzemljenje, sabirnih vodova za uzemljenje i uzemljivača pomoću kojega direktno uzemljujemo sve metalne dijelove transformatorske stanice koji ne pripadaju strujnim krugovima, ali zbog kvara, proboja izolacije ili električnog luka mogu doći pod napon.

Pojava napona na uzemljenim metalnim dijelovima uzrokuje jake struje u uređaju zaštitnog uzemljenja, koje aktiviraju zaštitni uređaj oštećenog strujnog kruga i odvajaju ga od napona, a metalne uzemljene dijelove svode na potencijal zemlje. Ovo uzemljenje služi za zaštitu ljudi i životinja od previsokog dodirnog napona koji bi se pojavio na metalnim dijelovima postrojenja da nisu uzemljeni. Radi toga se i naziva zaštitno uzemljenje.

Na ovo uzemljenje spajamo kućišta i postolja električnih strojeva i aparata, podnožja potpornih izolatora, prinudne provodnih izolatora, metalne zaštitne mreže i vrata (ako nisu u vodljivom spoju s uzemljenim dijelovima), zidne kuke za ovisjeenje ovisnih izolatora, armature i zaglavke kabela, te po jednu stezaljku sekundarnog namota njezernih transformatora.

Šavirni i vješalice zaštitnih mreža i vrata smatraju se vodljivim spojem, te takve mreže nije potrebno posebno uzemljivati. Željezna konstrukcija za montažu rasklopnog postrojenja smatra se vodljivo spojem kao cjelina, te po njoj nije potrebno voditi posebne vodove za uzemljenje, nego je dovoljno jedan njezin kraj spojiti s uzemljenim vlačem.

Spajanje pojedinih metalnih dijelova na vod za uzemljenje treba izvoditi paralelno, a ne serijski, da prilikom izmjene jednog od uzemljenih dijelova ne dođe do prekida spoja s uzemljenjem.

Metalni okviri, vrata, prozori, kuke, stepenice i slično ugrađeni u zidane, drvene i nearmirane zgrade, a pristupačni s vanjske strane zgrade, ne uzemljuju se na zaštitno uzemljenje.

Pogonsko uzemljenje. Pogonsko ili radno uzemljenje jest uzemljenje dijelova postrojenja koji pripadaju radnom strujnom krugu i vrše aktivnu ulogu u normalnom pogonu postrojenja. Na ovo uzemljenje se priključuju: visokonaponski namoti naponskih transformatora, odvodnici penapona, dozemne priгушnice i zvezdišni otpornici transformatora, te nul-tačke transformatora u mrežama s direktno uzemljenom nul-tačkom.

Pogonsko uzemljenje se dimensionira tako da omogućava nesmetano djelovanje uređaja u normalnom pogonu.

Uzemljenje za oblikovanje potencijala. Ovo je uzemljenje obično sastavni dio pogonskog ili radnog uzemljenja. Primjenjuje se u neposrednoj okolini transformatora, nosećih konstrukcija, razvodnih ormara i slično, da bi se oblikovao potencijal na takav način i u tolikoj mjeri, da napon koraka ne prekorači dopušteni granicu.

Ovo uzemljenje se izvodi posebno raspoređenim trakasnim uzemljivačima ili metalnim mrežama ukopanim ispod same površine tla u neposrednoj okolici zaštićenih dijelova.

Gromobransko uzemljenje jest uzemljenje gromobranske instalacije, na koje se spajaju dijelovi postrojenja pod radnim naponom što mogu doći pod utjecaj atmosferskih prenapona i pražnjenja.

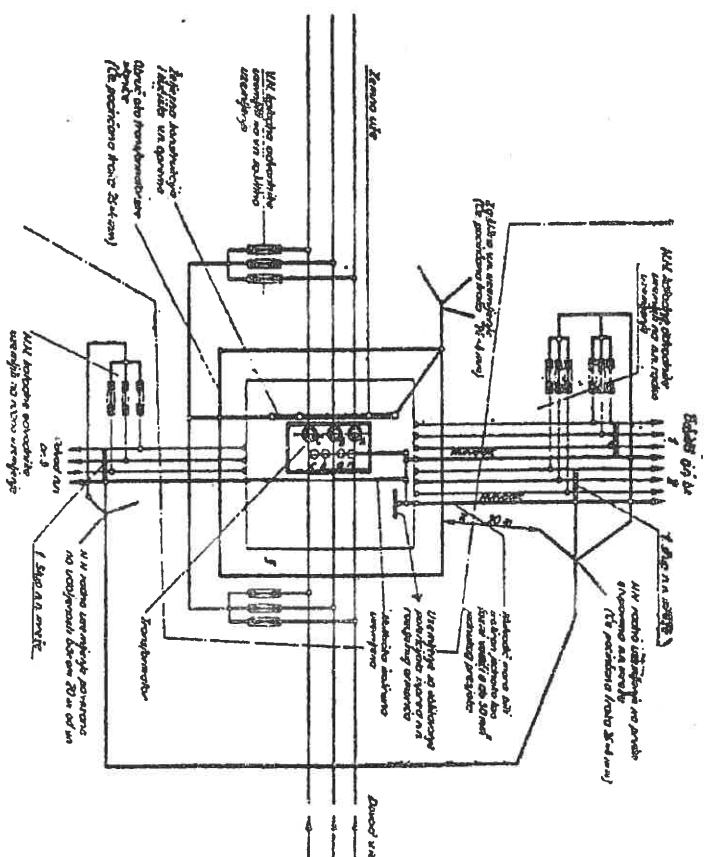
Gromobransko uzemljenje se u pravilu odvaja od zaštitnog visokonaponskog uzemljenja transformatorske stanice i priključuje na zasebne uzemljivače (vidi sliku 50).

Spajanje uzemljenja. Pojedina od spomenutih uzemljenja možemo međusobno spajati ili ih moramo međusobno strogo odvajati izoliranjem vodova za uzemljenje i postavljanjem odgovarajućih uzemljivača na dovoljno velike razmake.

U distributivnim transformatorskim stanicama se zaštitna uzemljenja postrojenja iznad 1 kV i ispod 1 kV po pravilu spajaju.

Radna uzemljenja postrojenja do 1 kV redovito se i po pravilu odvajaju od radnih uzemljenja postrojenja iznad 1 kV.

Radna uzemljenja postrojenja iznad 1 kV, međutim, mogu se spajati sa zaštitnim uzemljenjem postrojenja iznad 1 kV, dok se radna uzemljenja postrojenja ispod



Sl. 50. Shematski prikaz uzemljenja transformatorske stanice seoskog tipa

1 kV po pravilu odvajaju i izolirano polažu od zaštitnih i radnih uzemljenja postrojenja iznad 1 kV.

U ovim pravilima ima izuzetaka. U pojedinim slučajevima mogu se spajati i radna uzemljenja postrojenja do 1 kV sa zaštitnim i radnim uzemljenjima postrojenja iznad 1 kV. Uvjeti spajanje pojedinih uzemljenja tačno su i pojedinačno određeni postojećim propisima.

U nekim slučajevima je veoma teško, ili čak nemoguće, zadovoljiti propise u pogledu odvajanja uzemljenja. To se posebno pojavljuje kod gradskih distributivnih transformatorskih stanica, koje su locirane obično na skućenom prostoru, okružene vodovodnim i ostalim podzemnim instalacijama, radi čega je teško provesti dosljedno odvajanje niskonaponskog radnog od visokonaponskog zaštitnog uzemljenja. U tom slučaju je najjednostavnije, najjeftinije, pa i najsigurnije izvesti međusobno spajanje uzemljenja, naravno ako je iznos prijelaznog otpora uzemljivača malen, ili ako je kao uzemljivač upotrijebljena gradska vodovodna mreža.

