

## 5.2 Keskpingevõrkude ehitus

Elektrivõrk koosneb põhiliselt **liinidest** ja **alajaamadest**. Elektriliinide kaudu toimub elektrienergia ülekande alajaamade vahel. Alajaamades transformeeritakse elekter vajalikule pingestmele ning jaotatakse teatud piirkonnas. Toitealajaamad on enamasti välisjaotlatega, kuigi linnades kasutatakse ka kinniseid jaotlaid. Jaotusalajaamad võivad olla mitmesuguse ehitusega (sise-, kiosk-, mastalajaamad).

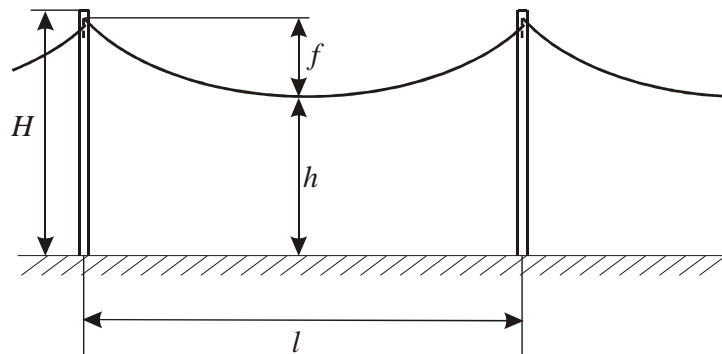
### 5.2.1 Õhuliinid

Elektrienergiat kantakse üle õhuliinidega, õhukaabelliinidega või maakaabelliinidega. Õhuliini juhtmed paiknevad õhus ning on riputatud isolaatorite abil mastidele. Kaablid paigaldatakse maasse, vette, kaabliriiulitele ja mujale. Õhuliinide ehitamisel tuleb silmas pidada looduslikke olusid. Arvestada tuleb õhutemperatuuriga, tuule kiirusega ning jäite ja selle tekkimise ajal puhuva tuulega. Õhuliinid peavad suutma vastu pidada mehaanilistele koormustele, keemilistele mõjuritele ja temperatuuri muutustele.

Keskpingeõhuliinid koosnevad juhtmetest, mastidest, isolaatoritest, traaversitest, tõmmisatset ja tugedest ning kinnitusdetailidest.

Õhuliinide tähtsamad parameetrid (joonis 5.14) on visangu pikkus  $l$  (õhuliini kahe naabermasti vaheline lõik), juhtmete ripe  $f$ , liini maagabariit (juhtmete minimaalkaugus maapinnast)  $h$  ja masti kõrgus  $H$ . Loetletud parameetrid määratakse liini projekteerimisel iga konkreetse juhtumi kohta eraldi, arvestades liini pinget, juhtme marki, kohalikke tingimusi, kehtivaid norme jm.

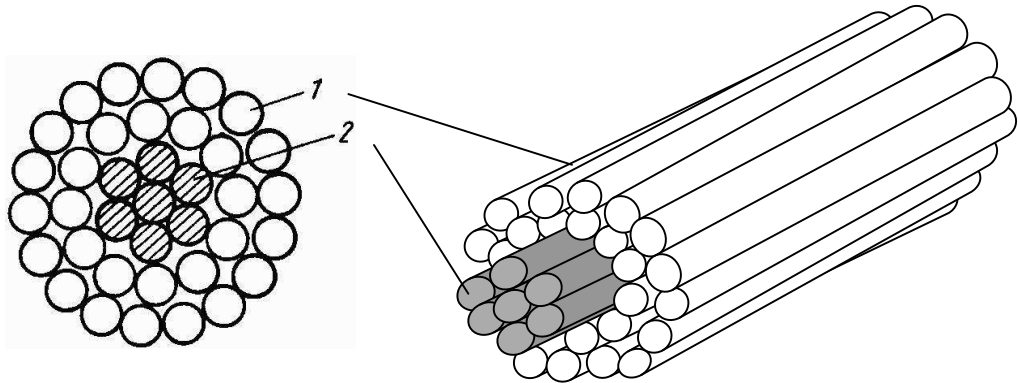
**Juhtmetena** kasutatakse keskpingevõrkudes paljasjuhtmeid, isoleerjuhtmeid ja universaalkaableid.



Joonis 5.14 Õhuliini parameetrid

Juht peaks olema hea elektrijuhtivusega, suure mehaanilise tugevusega, vastupidav keemilisele toimele ning odav. Neile tingimustele ei vasta ükski juhtmaterjal eraldi võetuna. Otsitakse sobivaid kompromisslahendusi.

**Paljasjuhtmetena** on kasutusel terasalumiiniumjuhtmed, kus voolujuhtivaks materjaliks on alumiinium, mida mehaaniliselt on tugevdatud terasega (joonis 5.15). Enamasti on tegemist traatidest kihiti kokkukeerutatud köisjuhtmetega. Eelistatakse juhtmemarke AS-35/6,2 (alumiiniumil ristlõige  $35 \text{ mm}^2$  ja terasel  $6,2 \text{ mm}^2$ ), AS-50/8,0 ja AS-70/11,0.



**Joonis 5.15. Õhuliini teras-alumiiniumjuhtme ristlõige**  
1 – alumiiniumjuht, 2 – terassüdamik-kandetross

Õhuliinide töökindluse tõstmiseks kasutatakse tänapäeval ka isoleerjuhtmeid. Juhtme materjaliks on alumiiniumsulam  $AlMgSi$  ning isolatsiooni materjaliks riststruktureeritud polüeteen  $XLPE$ . Kasutatakse ristlõiked 35, 50, 70, 95, 120 ja 150 mm<sup>2</sup>. Magistraalliinidel eelistatakse ristlõikeid 70 või 95 mm<sup>2</sup> ning haruliinidel 35 või 50 mm<sup>2</sup> ( $SAX$ -keskpingeõhuliin). Universaalkaablid on ette nähtud paigaldada pinnasesse, õhku ja vette ( $AHXAMK-WM$  ehk *Multi-Wiski* ja *EXCEL*). Joonisel 5.16 näeb isoleerjuhtmetega ja paljasjuhtmetega liini looduses.



**Joonis 5.16 Isoleerjuhtmetega ja paljasjuhtmetega keskpingeõhuliin**

Paljasjuhtmetega õhuliini gabariit on suurem. Kaheahelaline liin mahub isoleerjuhtmete korral ära ühele mastile, paljasjuhtmete korral on tarvis eraldi seisvaid maste. Ka esteetilisest mõttest on isoleerjuhtmetega õhuliinid vastuvõetavamad.

Eestis kasutusel olevate õhuliinide juhtmete tehnilised andmed on tabelis 5.3, kus  $M$  tähistab vaskjuhtmeid,  $A$  alumiiniumjuhtmeid,  $AS$  teras-alumiiniumjuhtmeid ja  $SAX$  isoleerjuhtmeid juhtmaterjalina alumiinium. Keskpingevõrkudes kasutatakse enam teras- või alumiiniumpaljasjuhtmeid.

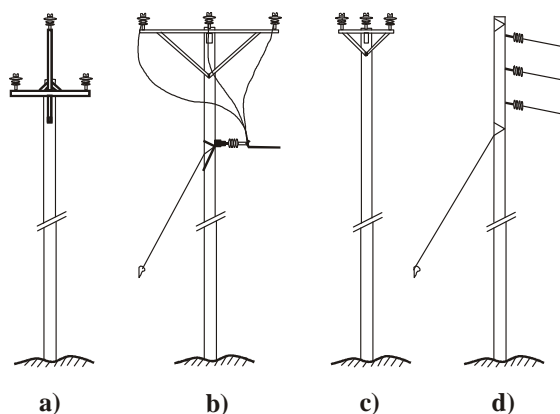
Tabel 5.3 Juhtmete tehnilised andmed

| Juhtme mark | Aktiivtakistus<br>+20 °C juures<br>Ω/km | Reaktiivtakistus<br>Ω/km | Lubatud vool<br>õhu +25 °C<br>juures A | Mass kg/km |
|-------------|---|--------------------------|--|------------|
| M-16        | 1,20                                    | 0,411                    | 130                                    | 140        |
| M-25        | 0,74                                    | 0,397                    | 180                                    | 221        |
| M-50        | 0,39                                    | 0,375                    | 270                                    | 439        |
| M-70        | 0,28                                    | 0,365                    | 340                                    | 618        |
| A-25        | 1,28                                    | 0,391                    | 135                                    | 68         |
| A-50        | 0,64                                    | 0,369                    | 215                                    | 136        |
| A-70        | 0,46                                    | 0,355                    | 265                                    | 191        |
| AS-35/6,2   | 0,85                                    | 0,387                    | 175                                    | 150        |
| AS-50/8,0   | 0,65                                    | 0,375                    | 210                                    | 196        |
| AS-70/11    | 0,46                                    | 0,365                    | 265                                    | 275        |
| AS-120/19   | 0,27                                    | 0,348                    | 380                                    | 492        |
| AS-240/39   | 0,13                                    | 0,326                    | 610                                    | 997        |
| SAX-50      | 0,72                                    | 0,326                    | 245                                    | 200        |
| SAX-70      | 0,49                                    | 0,316                    | 310                                    | 270        |
| SAX-150     | 0,24                                    | 0,292                    | 485                                    | 530        |

Õhuliinide juhtmeid hoiavad üleval **mastid**.

Keskpingeõhuliinide **mastide materjaliks on puit, raudbetoon, teras või alumiiniumisulamid**. Põhiliselt on Eestis levinud **puitmastid ja raudbetoonmastid**. Kaitseks mädaniku ja kahjurite eest tuleb puistpostide eelnevalt autoklaavis **antiseptikutega immutada**. Raudbetoon-mastid on küll pika tööeaga, kuid nende puuduseks on haprus. Terasmastid peavad olema korrosioonikaitseks kas kuumtsingitud või värvitud.

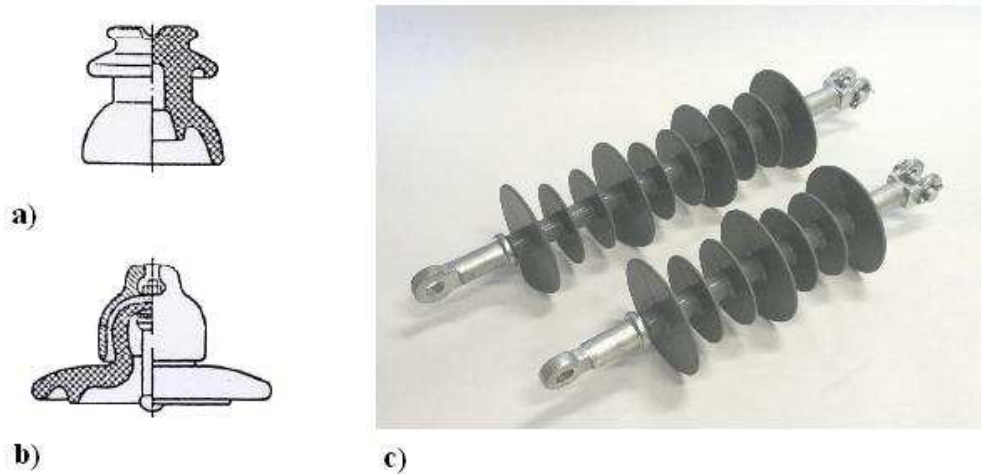
Otstarbe alusel jaotatakse maste **kandemastideks, nurgamastideks, ankrumastideks, lõpustastideks, hargnemismastideks** jm. Mastide näited on joonisel 5.17.



Joonis 5.17 20 kV paljasjuhtmelise õhuliini kandemast (a) ja hargnemismast (b) ning isoleerjuhtmelise õhuliini kandemast (c) ja nurgamast (d)

Elektrijuhtmeid isoleeritakse mastist **isolaatoritega**. Levinumateks on **tugi- ehk kandeisolaatorid ja ripp- ehk tõmbisolaatorid** (joonis 5.18). Isoleermaterjaliks on tavaliselt portselan või klaas. Järjest enam on keskpinge võrkudes hakatud kasutama **komposiit- ehk polümeerisolaatoreid**. Sellised isolaatorid on kerged, ultraviolettkiirguskindlad, hüdrofoobsete omadustega ja suure mehaanilise tugevusega.

Komposiitisolaatoritel on klaasplastist südamik, mis on ümbritsetud polümeerist seelikutega (joonis 5.18c). Pingel 35 kV kasutatakse laialdaselt taldrikisolaatoritest (joonis 5.18b) koosnevaid paindühenduses isolaatorkette. Taldrikisolaatorite arv ketis on tavaliselt 2 või 3, sõltudes masti materjalist ja tüübist.



Joonis 5.18 Tõir- ehk tugiisolaator (a), taldrikisolaator (b) ja komposiitisolaator (c)

Õhuliini mastide konstruktsiooni kuuluvad **traaversid**. Traaversid tagavad juhtmete nõutava vahekauguse olenevalt rippest ja visangust. Traaversid valmistatakse kuumtsingitud terasest. Traaversite konstruktsioonilisi erinevusi näeb jooniselt 5.17. Isoleerjuhtmetega õhuliini traaversid on tunduvalt kompaktsemad tingituna faasijuhtide väiksemast vahekaugusest.

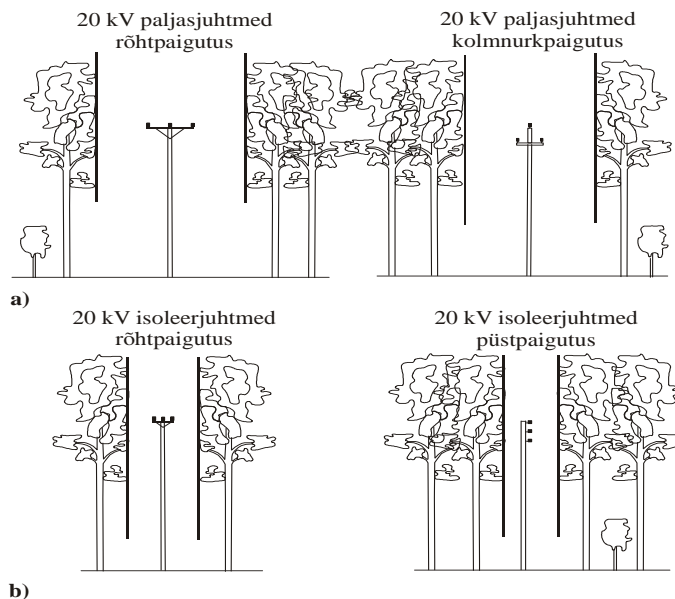
Õhuliinide tarvikute hulka kuuluvad veel **tõmmitsad** ja **toed** mastide stabiliseerimiseks ning mitmesugused **kinnitusdetailid**. Tõmmitsad ja toed on ette nähtud mastile mõjuvate jõudude tasakaalustamiseks, kui vabalt seisva masti püsivus pole tagatud. Enamasti on tõmmitsad valmistatud teraskõisjuhtmetest ning need kinnitatakse järelpingutamist võimaldava aasaga ankruvadale.

Õhuliinide korral on olulisteks mõisteteks **liini trass, liini kaitsevöönd ja liinikoridor**. **Liini trassiks** nimetatakse liini kulgu tähistavat joont, mille valikul tuleb lähtuda nõuetekohase kaitsevööndi ja liinikoridori võimalikkusest.

**Liini kaitsevöönd** on ala, kus tehnovõrkude ohtlikkusest ja kaitsevajadusest tulenevalt kitsendatakse kinnisvara valdaja tegevust. Kehtiva korra kohaselt ulatub liini kaitsevöönd 6...20 kV keskpinge võrgus 10 m mõlemale poole liini telge.

**Liinikoridoriks** nimetatakse muudest rajatistest ja looduslikest takistustest vaba ruumi, mis normaalolukorras tagab liini puutumatus ja ohutuse. Liinikoridori laius on määratud lubatud

vahekaugustega hoonetest, puudest ja tehnoarajatistest. Isoleerjuhtmetega ja paljasjuhtmetega keskpingeõhuliinide liinikoridore näeb joonisel 5.19.



**Joonis 5.19 Paljasjuhtmetega (a) ja isoleerjuhtmetega (b) keskpingeõhuliini liinikoridoriid**

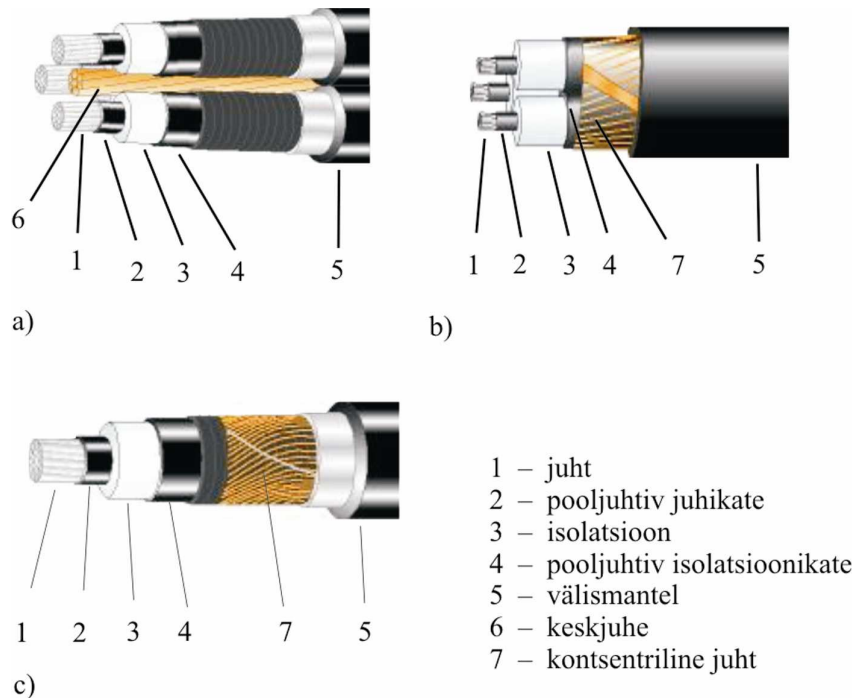
### 5.2.2 Kaabelliinid

Õhuliinide kõrval kantakse elektrit üle ka kaabelliinidega. Maakaabelliinide töökindluse tase on tunduvalt kõrgem kui tavalistel õhuliinidel. Nad nõuavad vähem ruumi, on välismõjude eest paremini kaitstud ning ohutumad. Teisalt on kaabelliinid aga kallimad ja nende remont aeganõudvam. Kaabelliine rajatakse peamiselt linnades ja muudes tiheda asustusega piirkondades, kus see on sageli ainuvõimalik lahendus. Tavaliselt mõeldakse kaabelliinide all elektriliine, mis paiknevad maa all. Kaabelliinid võivad aga asuda ka hoonete sees, väljas, vees, õhus jm.

Kaablite konstruktsioon on suhteliselt keerukas, sõltudes nimipingest, soonte arvust, materjalist ning töötingimustest. Kaablisooned, üks või mitu, paiknevad mantli sees, mis on ette nähtud kaitseks mehaaniliste vigastuste, korrosiooni ja niiskuse eest. Kaablis ei tohi niiskus levida piki- ega ristisuunas. Selleks on kaablis juhi kiudude vahel pikisuunaline ja juhtide vahel ristisuunaline veetõke. Keskpinge kaablite isolatsioonimaterjaliks on ekstrudeeritud polüvinüülkloriid (*PVC*) ja polüeteen (*PE*, *PEX*, *XLPE*). Kaablimantli ülesanne on kaitsta isolatsiooni niiskuse eest ja kindlustada hermeetilisus. Mantli materjaliks on plii, alumiinium, plastmass (polüeteen) või ka kumm. Pliimantel on tavaliselt kaablitel, mida kasutatakse korrosiooniohtlikus keskkonnas ja vee all. Kaablimantlit kaitstakse vigastuste eest kaitsesoomusega, kaabli kaitsesoomust ja metallmantlit korrosiooni eest välismantliga, mis on tavaliselt valmistatud bituumeniga immutatud kiudmaterjalist või plastmassist. Keskpinge kaablite konstruktsioone on joonisel 5.20.

Joonisel 5.20a on kujutatud kolmesoonelist keskjuhtmega kaablit *AHXAMK-W*, mis on tuntud ka kui *Wiski*-kaabel. Selline kaabel on ette nähtud paigaldamiseks maa alla ning kohtkindlana sise- ja välisruumidesse, riiulitele ning torudesse. Niiskuse levimist tõkestab nii piki- kui ristisuunaline veetõke. Kaabli väliskatteks on ilmastikukindel polüeteen. Keerutatud ja tihendatud vasest keskjuhtme otstarbeks on luua lai maandussüsteem. Keskjuhe maandatakse mõlemast otsast (alajaamades), tagades sellega madalama summaarse maandustakistuse.

Joonisel 5.20b on kolmesooneline keskpinge kaabel *AHXCMK-WTC*, mida võib paigaldada kaablikanalisse, pinnasesse ja vette. Eriti sobib seda tüüpi kaabel pinnasesse sissekündmiseks. Kolm faasisoont on sellel kaablil omavahel kokku keerutatud ja seotud pooljuhtiva lindiga. Lisatud on kontsentriline juht – kiht paralleelseid vasktraate ja vasest kontaktlint, mis täidab sama ülesannet kui keskjuhe eelmisel kaablil. Kaablikattena kasutatakse ilmastikukindlat polüeteeni.



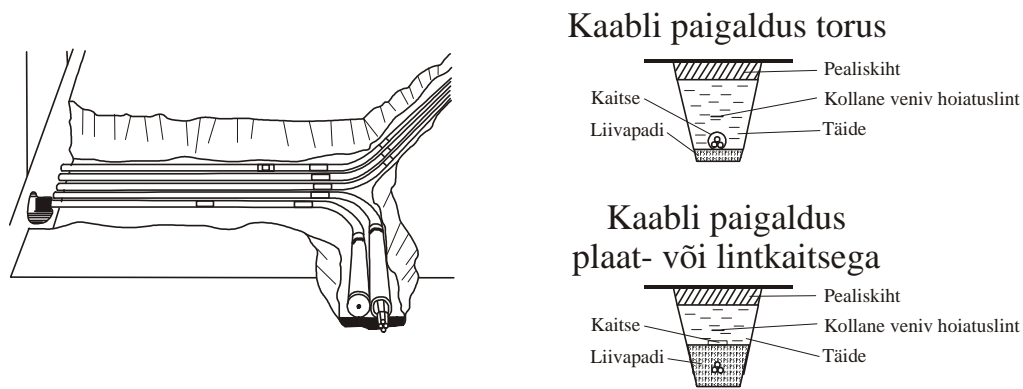
**Joonis 5.20 Keskpinge kaablite konstruktsiooni näited: kolmesooneline ümber keskjuhtme keerutatud keskpinge kaabel (a), kolmesooneline keskpinge kaabel (b) ja ühesooneline keskpinge kaabel (c)**

Kolmandana kujutatud keskpinge kaabel *AXLJ-TT* on ühesooneline (joonis 5.20c). Seda kaablit võib paigaldada torudesse, pinnasesse (ka sisse künda) või vette. Kaabel on veetihe nii piki- kui põiksuunas. Konstruktsioonilt on vaadeldav kaabel sarnane joonisel 4.19b esitatud kolmesoonelise kaabliga.

Polümeerisolatsiooniga kaablite kõrval on kasutusel eelmistel aastakümnetel paigaldatud **paber-õliisolatsiooniga** kaablid, mille kaablihood on isoleeritud viskoosse õliga immutatud paberiga. Paberkaablite puudusteks võrreldes polümeerkaablitega on suurem kaal, õlilekke võimalus, hooldevajadus ja kaablimuhvide väiksem töökindlus. Kasutusel on kaablimuhvid, mis võimaldavad omavahel ühendada paber- ja polümeerkaableid. See lubab välja vahetada ainult osa paberkaablist polümeerkaabli vastu, kui kaabel on lühistunud või muul viisil kahjustatud.

Kaabelliinide rajamisel tuleb arvestada konkreetseid olusid, eriti kaabli jahutustingimusi. Tähele tuleb panna, kas kaabeleid on paigaldises üks või enam, kas kaabel asetseb kaablikanalisis või õhus. Levinud on kaablite paigaldamine kaablikraavidesse. Selleks et vältida kaabli vigastamist, kaetakse kraavi põhi liivapadjaga või pinnasega, millele asetatakse kaabel, mis omakorda kaetakse liiva või pinnasega kaitseks veel kaitseplakid või tellised. Kaablite kaitseks kasutatakse ka plaate, renne ning terasest, betoonist, plastmassist või keraamilisest materjalist torusid. Kaablikraavi pinnas tihendatakse. 6...20 kV nimipingega kaabel paigutatakse enamasti 0,7 m sügavusele, 35 kV kaabli puhul on nõutav sügavus 1 m. Näiteid kaablite paigaldamise kohta leiab jooniselt 5.21.

Kaablite jätkamiseks ja ühendamiseks teiste liinide ja seadmetega kasutatakse **jätku-** ja **otsamuhve**.



**Joonis 5.21 Näiteid keskpinge kaablite paigaldamisest**

Sõltuvalt kaabli margist võib muhvide konstruktsioon erineda. Jätikumuhvi konstruktsioon sõltub ennekõike sellest, kas on vaja omavahel ühendada kahte polümeerkaablit, kahte paberkaablit või paber- ja polümeerkaablit. Ka pinnases või veekogudes kasutatavate muhvide konstruktsioonid erinevad. Ensto Elekter AS-i keskpinge kaabli otsamuhv välispaigalduseks on joonisel 5.22.



**Joonis 5.22 Keskpinge kaabli otsamuhv välispaigalduseks**

Kaablite ristlõiked on enamasti  $3 \times 25 \dots 3 \times 240 \text{ mm}^2$ . IEC soovitatud kaabli ristlõigete skaala on tabelis 5.4. Vähendamaks paigaldus- ja laokulusid on eelisristlõigeteks  $3 \times 50 \text{ mm}^2$ ,  $3 \times 120 \text{ mm}^2$  ja  $3 \times 240 \text{ mm}^2$ . Kaabli ristlõike valikul tuleb lähtuda lubatud pingekaost ja tagada, et kaitseaparatuuri rakendusvool ei ületaks kaablile kestvalt lubatud voole antud paigaldustingimustes. Kaitseaparatuuri rakendusvoolu määramisel tuleb lähtuda konkreetse kaabli töövoolest ja vähimast kahefaasilisest ning suurimast kolme faasilisest lühisvoolust vastavalt lubatud soojustingimustele.

Soojuslikud tingimused olenevad kaablite paigalduse viisist, pinnase temperatuurist, kaabli paigalduse sügavusest, pinnase omadustest. Oluline näitaja kaabli käitu silmas pidades on lubatud koormusvool. Kaablite tehnilised andmed on tabelis 5.5.

**Tabel 5.4 IEC ristlõigete skaala ja eelisristlõiked  $\text{mm}^2$**

|                    |       |       |       |       |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Ristlõigete skaala | 3×25  | 3×35  | 3×50  | 3×70  | 3×95 |
|                    | 3×120 | 3×150 | 3×185 | 3×240 |      |
| Eelisristlõiked    | 3×50  | 3×120 | 3×240 |       |      |

Tabel 5.5 Kaablite tehnilised andmed

| Soone ristlõige<br>mm <sup>2</sup> | Aktiivtakistus<br>(+20 °C)<br>Ω/km | Lubatud vool<br>(+25 °C)<br>A |       | Soone ristlõige<br>mm <sup>2</sup> | Aktiivtakistus<br>(+20 °C)<br>Ω /km | Lubatud vool<br>(+25 °C)<br>A |       |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------|
|                                    |                                    | 6 kV                          | 10 kV |                                    |                                     | 6 kV                          | 10 kV |
| Vask                               |                                    | 6 kV                          | 10 kV | Alumiinium                         |                                     | 6 kV                          | 10 kV |
| 10                                 | 1,793                              | 55                            | -     | 10                                 | 2,94                                | 42                            | -     |
| 16                                 | 1,121                              | 65                            | 60    | 16                                 | 1,838                               | 50                            | 46    |
| 25                                 | 0,7172                             | 90                            | 85    | 25                                 | 1,176                               | 70                            | 65    |
| 35                                 | 0,5123                             | 110                           | 105   | 35                                 | 0,84                                | 85                            | 80    |
| 50                                 | 0,3586                             | 145                           | 135   | 50                                 | 0,588                               | 110                           | 105   |
| 70                                 | 0,2561                             | 175                           | 165   | 70                                 | 0,42                                | 135                           | 130   |
| 95                                 | 0,1887                             | 215                           | 200   | 95                                 | 0,3095                              | 165                           | 155   |
| 120                                | 0,1494                             | 250                           | 240   | 120                                | 0,245                               | 190                           | 185   |
| 150                                | 0,1195                             | 290                           | 270   | 150                                | 0,196                               | 225                           | 210   |
| 185                                | 0,0969                             | 325                           | 305   | 185                                | 0,1589                              | 250                           | 235   |
| 240                                | 0,0747                             | 375                           | 350   | 240                                | 0,1225                              | 290                           | 270   |

Elektrivõrgu operatiivjuhtimise seisukohalt on oluline teada kaablitele lubatud voole, mille järgi on võimalik teha otsuseid kaablite koormatavuse kohta ümberlülituste tegemiseks elektrivõrgus tarbijate elektrivarustamise tagamisel ning rikete likvideerimisel. Uued keskpinge kaabelliinid Eestis tehakse kaablitega, millel on kolm alumiinium- või vasksoont ning maandatav vaskekraan või keskjuhe. Paigaldatavate kaablite nimipinge valitakse 20 (või 24) kV, arvestades üleminekut sellele pingele tulevikus.

### 5.2.3 Trafod

Alajaamade tähtsaimad seadmed on trafod. **Trafode arv** alajaamas sõltub piirkonnast, kus alajaam asub, töökindluse nõuetest ja muudest teguritest.

Hajaasustusega piirkondades, kus tarbimine on väike ja kõrget elektrivarustuskindlust ei nõuta, seatakse sageli üles vaid **üks trafo**.

Linnades ja tähtsate ning kõrget elektrivarustuskindlust nõudvate tarbijatega piirkondades on alajaamades tavaliselt **kaks või enam trafot**.

Keskpingevõrkude trafode **nimivõimsuste jada** on 50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1600 ja 2500 kVA. Trafod on enamasti viieastmelised reguleerimisdiapasooniga  $\pm 2 \times 2,5\%$ . Kasutuses on ka kolmeastmelisi trafosid reguleerimisdiapasooniga  $\pm 5\%$ . Toitealajaamade trafodel võib reguleerimisastmeid olla rohkem. Näiteks 110 kV trafol on võimalik pinget reguleerida vahemikus  $\pm 9 \times 1,78\%$ . Toitealajaamade trafod on koormuse all reguleeritavad, jaotustrafod aga mitte. Selliste trafode pingestet saab muuta vaid väljalülitatud olukorras.

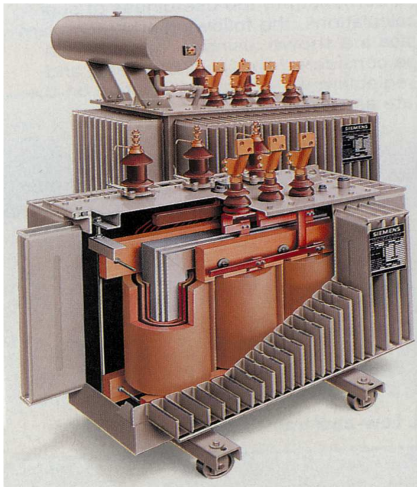
Keskpingevõrkudesse ülessestavate uute trafode **nimi- ja nimitalitluspinged** on

- 6 –  $6,3 \pm 2 \times 2,5\%$  / 0,410 kV
- 10 –  $10,5 \pm 2 \times 2,5\%$  / 0,410 kV
- 15 –  $15,75 \pm 2 \times 2,5\%$  / 0,410 kV
- 20 –  $21,00 \pm 2 \times 2,5\%$  / 0,410 kV.

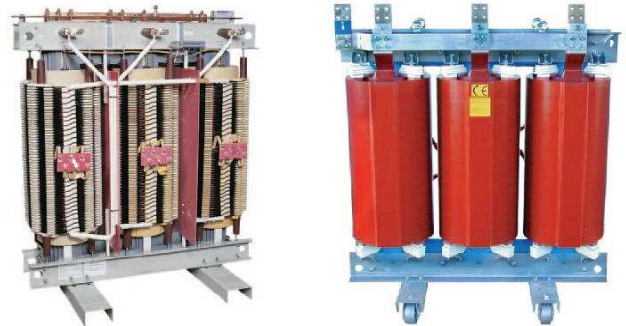


Paigaldatakse ka trafosid kahe ülepingemähisega nimitalitluspingega 6,3 ja 10,5 kV. Eesmärgiks on kiirendada elektrivõrgu rekonstrueerimist tulevikus, kui toimub üleminek seniselt 6 kV pingelt pingele 10 kV.

Jaotusvõrgus kasutatakse nii **õliisolatsiooniga** kui ka **kuvisolatsiooniga** trafosid, mille hulgas moodustavad omaette rühma **valuvaiktrafod**, kus mähised on valatud epoksüüdvaigu sisse ning on väliskeskkonnast täielikult eraldatud. See tagab nende trafode kõrgema kaitseklassi, kuid samas on trafo mõõtmed suuremad. Valuvaiktrafod taluvad võrreldes õliisolatsiooniga trafodega paremini lühiajalist ülekoormust. Pikaajaliste ülekoormuste korral on vajalik **lisajahutus**. Olulist vahet valuvaiktrafode ja tavaliste kuivtrafode vahel käidu seisukohalt siiski pole. Kuivtrafod on õlitrafodega võrreldes 10...15% kallimad ning leiavad ennekõike kasutamist tuleohtlikes kohtades.



**Joonis 5.23 Kolmefaasilise õlitrafo läbilõige**



**Joonis 5.24 Kolmefaasiline kuivtrafo ja valuvaiktrafo**

Ka on kuivtrafod väiksemate mõõtmetega, mistõttu saab neid kasutada kohtades, kuhu teised trafod oma gabariitide tõttu ei sobi. Tavaolukorras kasutatakse siiski õlitrafosid. Joonisel 5.23 on kolmefaasiline õlitrafo ning joonisel 5.24 kuiv- ja valuvaiktrafo.

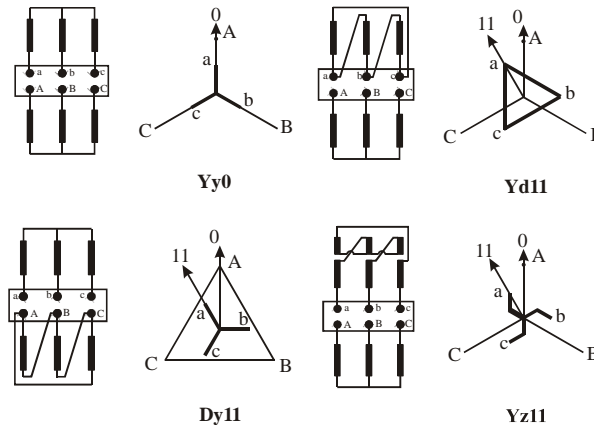
Jaotusvõrgu, eriti aga madalpingevõrgu käidu seisukohalt on oluline trafo **lülitusgrupi** valik. Keskspingevõrkude trafodes kasutatakse **kolme** erinevat lülitusgruppi.

Kuni **100 kVA** trafode korral kasutatakse lülitusgruppi **Yzn**, trafodel **160...2500 kVA** lülitusgruppi **Dyn** ning nende kõrval ka lülitusgruppi **Yyn**.

Tähed Y või y ja D või d ning Z või z osutavad vastavalt primaar- või sekundaarmähise (suur- või väiketähed) lülitusviisile – täht-, kolmnurk- või siksaklülitusele. Kui täht- või siksaklülituses mähise neutraal maandatakse (ühendus neutraaliga on toodud trafo lülituskilbile), kuulub tähisesse täht N või n.

Lülitusgrupile järgnev number (nt Dyn11) näitab sama faasi sekundaarpinge vektori nihkumist primaarpinge vektori suhtes kella numbrilaul, kui primaarpinge vektor on asetatud 12-le.

Tuleb tähele panna, et paralleeltööle (nt operatiivselt koormuse üleviimise ajaks) võib lülitada **ainult sama lülitusgrupiga trafosid**. Erinevate lülitusgruppidega trafode skeemid ja vektordiagrammid on joonisel 5.25.



**Joonis 5.25 Trafode skeemid ja vektordiagrammid**

Trafo ühe mähise ühendamisel tähte ja teise ühendamisel kolmnurka takistatakse kõrgemate harmoonikute levikut elektrivõrgus ning tagatakse, et trafo faaside koormus primaarpoolel on trafo sekundaarkoormuste ebavõrdsuse korral ühtlasem. Harmoonikutega tuleb arvestada ka trafo neutraaljuhtme valikul. Harmoonikutega esinemisel võib vajalikuks osutada faasijuhiga võrdne või suurema ristlõikega neutraaljuht.

Trafodel nimivõimsustega 50...100 kVA kasutatakse lülitusgruppi **Yzn**. Sellise lülituse eeliseks on, et asümmeetrilisel koormamisel ei teki trafo madalpingepoolel olulisi faasipingete erinevusi. Kuna siksaklülituses trafode korral asub iga mähis trafo kahel sambal, siis asümmeetrilise koormuse korral püsib pinge sümmeetrilisena. Enam on levinud siiski lülitusgrupp **Dyn**.

**Probleemseteks** on Eesti jaotusvõrkudes veel kasutatavad Yyn-lülitusgrupiga trafod. Selliste trafode asümmeetrilisel koormamisel tekivad madalpingepoolel suured faasipingete erinevused ning täiendavad võimsuskadod. Põhimõtteliselt sobivad sellised trafod ainult sümmeetriliste koormuste korral.

**Trafode arvu ja võimsuse** valimisel lähtutakse nende arvutuslikust koormusest. Arvestada tuleb ka reserveerimise ja avariilise ülekoormamise võimalusi ning muidugi majanduslikke võimalusi.

Enamasti on trafosid alajaamas üks või kaks olenevalt vajalikust elektrivarustuskindluse tasemest ja perspektiivsest koormusest.

Ülesseatud trafode võimsus peab normaaltalitusel vastama tingimusele

$$S_T \geq \frac{S_m}{n_T}$$

kus  $S_m$  – alajaama maksimaalkoormus

$n_T$  – trafode arv alajaamas.

Avariijärgses talitluses on tingimuseks

$$S_T \geq \frac{S_{AV}}{k \cdot (n_T - n_V)}$$

kus  $S_{AV} = S_m - S_{res}$  – alajaama koormus avariijärgsel talitlusel (maksimaal- ja reservvõimsuse vahe),

$n_V$  – väljalülitatud trafode arv,

$k$  – trafode lubatud koormatustegur avariijärgsel talitlusel (tavaliselt lubatakse 5 ööpäeval kuni 6 tunni jooksul koormatustegurit  $k = 1,4$ ).

Eelnenust järeldub, et kahe trafoga alajaamas tuleb valida

$$S_T \geq 0,7 \cdot S_{AV}$$

ning ühe trafoga alajaamas

$$S_T \geq S_m$$

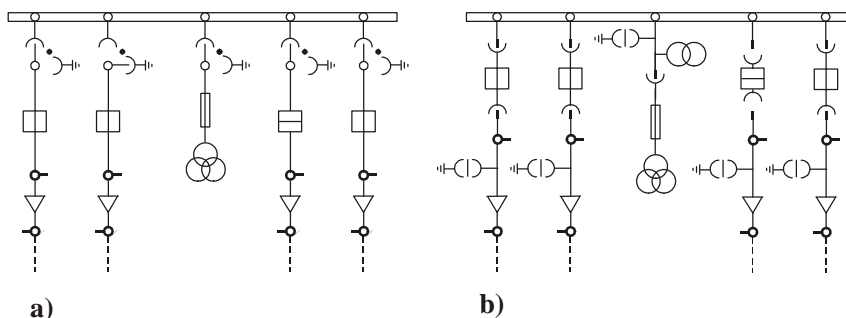
#### 5.2.4 Kommutatsiooni- ja mõõteaparatuur

Elektrienergia ülekandmise ja jaotamise kõikidel tasemetel on vaja elektriühelaid teineteisest eraldada hooldustööde tegemiseks, rikete likvideerimiseks ning rikkis seadmete eemaldamiseks elektrivõrgust. Seadmeid, mille ülesanne on eraldada erinevaid võrguosi teineteisest, nimetatakse **kommutatsiooniseadmeteks**. Kommutatsiooniseadmete valik sõltub ennekõike pingeastmest ja jaotlate skeemist, aga ka nõutavast töökindlusest ja muudest asjaoludest.

Keskpingevõrkude kommutatsiooniseadmeteks on **võimsuslülitid, koormuslülitid, lahklülitid ja sulavkaitsmed**. Lülituste kõrval normaal- ja anormaalitalitluses on vajalik kaitselahutamise, kus seadmed pikemaks ajaks elektriliselt eraldatakse ning ohutuse tagamiseks ka maandamine.

Joonisel 5.26 on kaks uut 110/20/10/6 kV toitealajaamades enam levinud keskpingejaotla skeemi.

Joonisel 4.25a on jaotla, kus keskpingefiidri kommuteerimiseks kasutatakse võimsus- ja lahklüliti kombinatsiooni.



Joonis 5.26 Toitealajaama keskpingejaotla skeemid

Sellel skeemil on fiidri kaitselahutamiseks ja maandamiseks ühisajamiga kolme lülitusasendiga seade – **lahklüliti/maanduslüliti**. Fiidri maandamine sellise skeemi korral toimub läbi võimsuslüliti, mis tähendab, et maanduslüliti ja võimsuslüliti on mõlemad sisselülitatud asendis. Joonisel 5.26b on jaotla, kus võimsuslüliti asub **vankril**. Sellise fiidri kaitselahutamise tekitatakse vankri väljatõmbamisega lahtrist ning maandamiseks on eraldi asetsev kohtkindel maanduslüliti.

Eriti iseloomulik on selline skeem varem ehitatud alajaamades, kuid leiab kasutamist ka uutes alajaamades.

Kaugjuhitavad on vanades toite- ja vahealajaamades vaid võimsuslülid. Uutes alajaamades on võimalik kauglülitada ka lahk- ja maanduslüliteid ning viia vankreid remondi- või tööasendisse. Kaugjuhtimine muudab võrgu dispetšjuhtimise efektiivsemaks ja võimaldab tunduvalt kiiremini avariisid likvideerida.

Elektrivõrgu tähtsaim kommutatsiooniparaat on **võimsuslülit**. Võimsuslülit on seade, mis on võimeline sisse ja välja lülitama nii elektri ahela normaal- kui ka anormaaltalitusvoolu näiteks lühiste korral. **Võimsuslülit ülesanne** on ahela lahutamisel tekkiv elektrikaar kustutada. Olenevalt sellest, millises keskkonnas elektrikaar kustutatakse, liigitatakse võimsuslüliteid järgmiselt:

- õlivaesed lülid
- elegaas (*SF6*) võimsuslülid
- vaakumlülid
- õlirikkad lülid
- suruõhk võimsuslülid
- tahkegaaslülid.

Keskpingevõrkudes kasutatakse neist kolme esimest. Võimsuslülitele seatakse olulisi nõudeid. Nad peavad olema kiired, taluma lühisvoolu termilist ja elektrodünaamilist toimet, ennekoike aga olema võimelised lahutama lühisvoolu. Rekonstrueeritavatesse või uutesse keskpingealajaamadesse seatakse üles elegaas- või vaakumlülid. Seni veel kasutatavad õlilülid vajavad pidevat hooldust ja nende töökindlus on madalam kui nüüdisaegsetel lülitel. Eesti jaotusvõrkude võimsuslüliteid näeb joonisel 5.27.

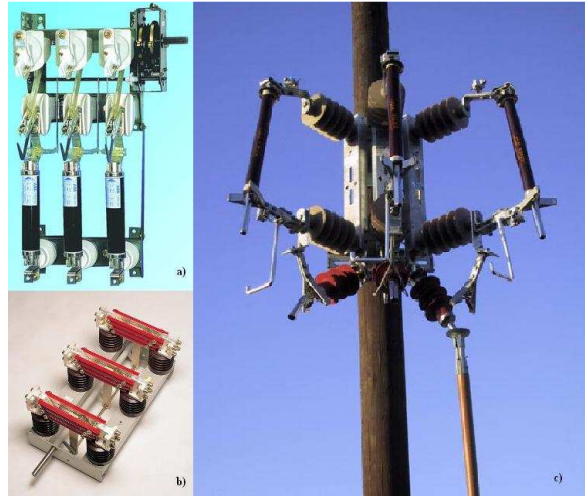


**Joonis 5.27 Eesti jaotusvõrkude võimsuslüliteid**

Võimsuslüliteid kasutatakse peamiselt toite- ja vahealajaamades, mõnikord ka suurtes jaotusalajaamades, kui selleks on tarvidus. Mujal on elektri ahelate kommuteerimiseks koormus- või lahkülid, väiksemate trafode lülitamiseks ka lahkkaitsmed.

**Lahklülit** ülesanne on luua kaitselahutusvahemik. Lahklülitiga võib elektri ahelat avada ja sulgeda, kui katkestatakse või lülitatakse sisse tühiselt väike vool. Lahklülit **ei ole mõeldud** lühis- ega koormusvoolude kommuteerimiseks, kuid on võimeline etteantud aja lühisvoolu taluma.

**Koormuslüliti** on võimeline sisse ja välja lülitama ahela normaalalitusvoolu ja ülekoormusvoolu. Koormuslüliti sobib ka kaitselahutusvahemiku loomiseks. Ehituselt on lahklüliti ja koormuslüliti sarnased, kuid koormuslülilil on kaarekustutuskamber. Keskpinge võrkude kommutatsiooniseadmeid näeb joonistel 5.28 ja 5.29.

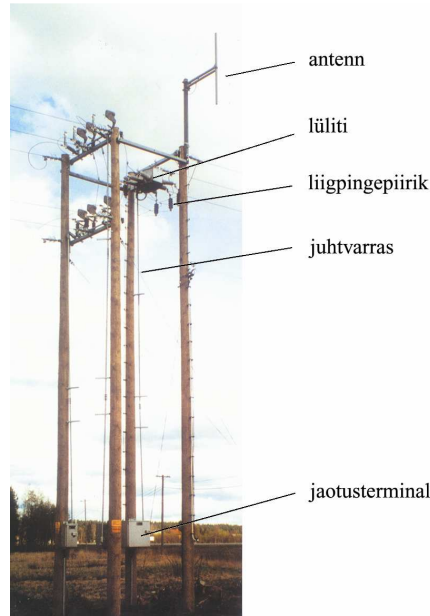


**Joonis 5.28 Keskpinge võrkude kommutatsiooniseadmed: koormuslüliti NALF (a), lahklüliti (b) ja GEVEA lahkkaitsmed (c)**



**Joonis 5.29 Keskpinge võrkude kommutatsiooniseadmeid**

Keskpinge võrkude lülitid võivad olla käsi- või mootorajamiga, mis omakorda on või ei ole kaugjuhitav. Enamasti on kasutusel käsiajamiga seadmed, mille lülitamiseks on tarvis operatiivbrigaadil minna alajaama ning teha soovitud lülitused. Tõhusamad on kaugjuhitavad seadmed, mida lülitatakse dispetšisüsteemi vahendusel. Kaugjuhtimine on kasutusel toite- ja vahealajaamades ning mõningates mastalajaamades (lahutuspunktides). Ajam paikneb enamasti karbis maapinna lähedal ja on ühendatud lülitiga juhtvarda abil. Ajamiga samasse karpi paigutatakse mõõte- ja sideaparatuur ning akumulaatorparatarei ja kütteseadmed. Sidet juhtimiskeskusega peetakse tavaliselt raadio teel. Tulemuseks on **jaotusterminal** (*distribution terminal unit, DTU*), mille abil võib jaotusvõrgu talitlust efektiivselt juhtida. Joonisel 5.30 kujutatud mastlülituspunkt on varustatud firma ABB seadmetega.



**Joonis 4.29 Mastlülituspunkt**

Kommutatsiooniseadmeteks loetakse ka **sulavkaitsmed**, mida keskpingevõrkudes kasutatakse peamiselt väikese võimsusega trafode kommuteerimiseks koormusvabas olukorras. Kaitseelemendina koos koormus- või lahklülitiga on sulavkaitse küllaltki levinud. Elektrienergia kaitsemine sulavkaitsmetega on võrreldes releekaitsega ja võimsuslülitiga odavam ja võimaldab eraldada elektrienergia rikkis elementi võrgust. Sulavkaitsmeid kasutatakse siiski rohkem madalpingevõrkudes.

Elektrimõõtmised keskpingevõrkudes lähtuvad **mõõteanduritest**, milleks on **voolu- ja pingetraford**. Mõningatesse nüüdisaegsetesse võimsus- ja koormuslülititesse on sisse ehitatud ka valgusmõõteandurid. Voolu- ja pingeaandurite ülesanne on vähendada voolu ja pinge väärtusi mõõteandmeid kasutavate seadmete tarvis ning eraldada primaarahel sekundaarahelast. Mõõteanduritest saadud väärtusi kasutatakse releekaitse-, mõõte- ja juhtimisseadmete tarvis. Levinumad mõõteandurid on voolutraford. Voolutrafosid jaotatakse mõõte- ja kaitsevoolutrafodeks.

**Mõõtevoolutrafode** ülesanne on toetada täpseid mõõtmisi ning need töötavad kitsas voolude vahemikus. Mõõtevoolutrafode tähtsaim näitaja on täpsusklass.

**Kaitsevoolutraford** edastavad andmeid kaitseseadmetele. Seda tüüpi voolutrafo töötab laias voolude diapsoonis ning täpsusklassil pole nii suurt tähtsust. Voolutrafo nimisekundaarvooluks on IEC-standardi kohaselt 1 A või 5 A. Ka pingetraford jaotatakse **mõõte- ja kaitsepingetrafodeks** ning seetõttu on nende omadused mõnevõrra teistsugused. Pingetrafode nimisekundaarpingena kasutatakse Eestis IEC-standardi kohaseid väärtusi 100 V või 200 V. Voolutrafodel on üks primaarmähis ja tavaliselt mitu eri südamikul paiknevat sekundaarmähist. Pingetrafodel on üks primaarmähis ja üks või kaks sekundaarmähist, millest üks on tavaliselt avakolmnurkmähis. Voolu- ja pingetrafode käsitlemisel tuleb silmas pidada, et **voolutrafo talitus on lähedane lühistalitlusele ja pingetrafo talitus trafo tühijooksutalitlusele**. Selletõttu peab voolutrafo sekundaarmähis olema lühistatud ja pingetrafo sekundaarmähis tühijooksul ning **vältida tuleb** igal juhul voolutrafo tühijooksutalitlust ja pingetrafo lühistalitlust.

### 5.2.5 Alajaamad

Eestis edastatakse elektrienergiat elektrijaamadest tarbimiskeskustesse õhuliinidega pingel 330 kV ja 110 kV. Elektrit jaotatakse piirkonniti keskpingel 6...35 kV. Tarbijateni jõuab elekter tavaliselt pingel 0,4 kV. Elektri muundamine ühelt pingest teisele ning jaotamine toimub alajaamades.

**Alajaam** on elektrivõrku kuuluv kompleks, mis paikneb kindlal territooriumil, koosneb enamasti ülem- ja alampinge jaotusseadmetest ning trafodest.

**Jaotusseade** ehk **jaotla** hõlmab lülitusseadmeid nende juurde kuuluvate juhtimis-, mõõte-, kaitse- ja reguleerimiseseadmetega koos vajaliku juhistikuga, liseseadmetega, kestade ja kandekonstruktsioonidega. Jaotla iseloomulikuks konstruktsioonelemendiks on **kogumislattid**. Trafod võivad alajaamas ka puududa. Sel juhul on tegemist **lülitusalajaamaga**. Kasutatakse ka mõistet **lülituspunkt**, mille ülesandeks on jaotusvõrgu fiidrite lahutamine või ümberlülitamine. Releekaitse seondub võimsuslülititega, mis asuvad vaid suurtes alajaamades.

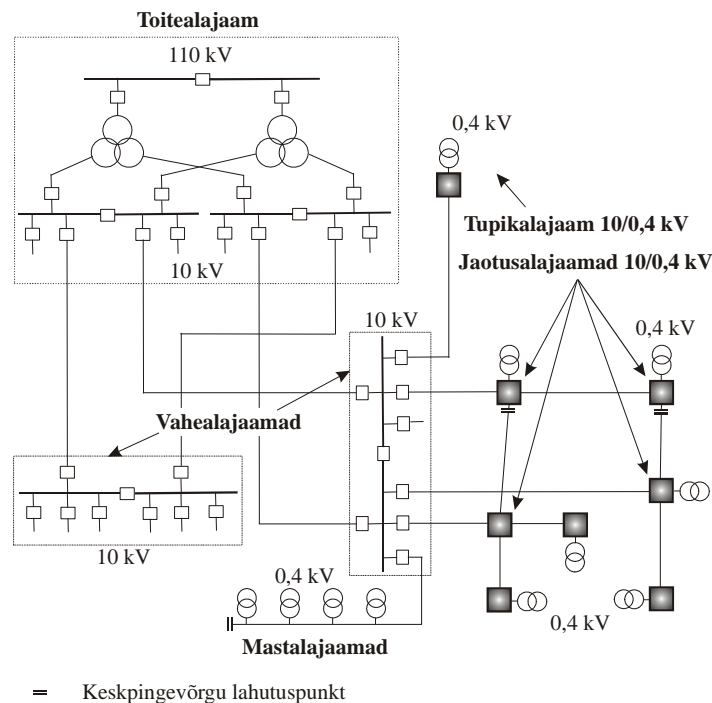
**Alajaamu liigitatakse** otstarbe, konstruktsiooni (sh isolatsiooni) ja muude tunnuste järgi. Otstarbest sõltuvalt võib jaotusvõrgus vaadelda **toite-, vahe- ja jaotusalajaamu**, täiendava liigitusena ka **haru- ja tupikalajaamu**.

**Toitealajaamad**, mida nimetatakse ka **piirkonnaalajaamadeks**, kaudu varustatakse jaotusvõrku elektrienergiaga. Need alajaamad seovad niisiis jaotus- ja põhivõrku. Eestis on toitealajaamade ülempingeks peaaegu eranditult 110 kV, alampingeks enamasti 6, 10 ja 35 kV, aga ka 15 ja 20 kV.

**Jaotusalajaamad** varustavad elektriga tarbijaid enamasti madalpingel 0,4 kV. Tööstusettevõtteid toidetakse ka keskpingel.

**Vahealajaamad** on ette nähtud elektri jaotamiseks keskpingel, võimalikult ka transformeerimiseks näiteks pingelt 10 kV pingele 6 kV.

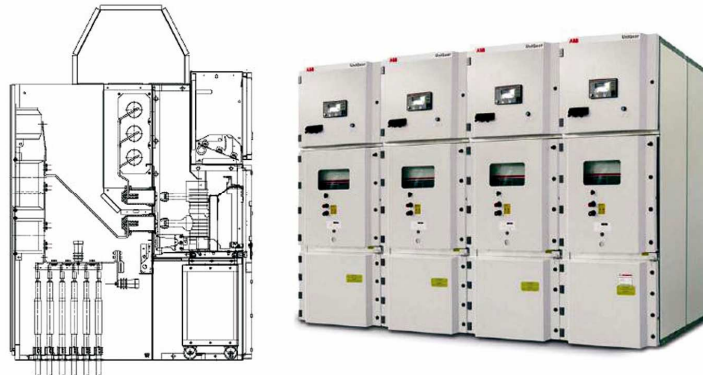
Alajaamade jaotust otstarbe järgi on illustreeritud joonisel 5.31.



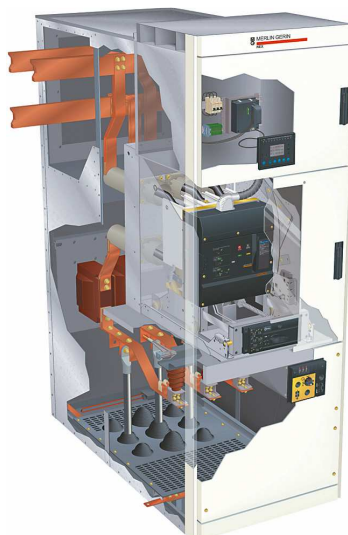
**Joonis 5.31 Keskpinge võrgu alajaamade jaotamine otstarbe järgi**

Toitealajaam ja vahealajaamad on varustatud võimsuslülititega. Kasutusel on muuhulgas sektsioonidevahelised võimsuslülitid, mis rakenduvad reservilülitusautomaadi toimel. Ühe latiseksiooni pingetuks jäämisel on seda võimalik pingestada teise latisüsteemi kaudu. Selline reservilülitus on edukas, kui rikkis on latte toitev kaabel või trafo. Ka jaotusalajaamad võivad olla ühe- või kaheseksioonilised, kuid on lihtsama konfiguratsiooniga kui toite- või vahealajaamad. Kommutatsiooniparaatidena kasutatakse jaotusajaamades peamiselt lahk- ja koormuslülitid, trafoahelates ka võimsuslülitid. Skeemi kuuluvad veel lahtuskohad, mille kaudu saab toite taastamiseks, remondiks või talitluse optimeerimiseks fiidrite koosseisu muuta.

Alajaamade ehitus sõltub nende suurusel ja ülesannetest võrgus. Kõrgema pingega toitealajaamad on peamiselt suured õhkisolsatsiooniga ja keeruka konfiguratsiooniga **välisalajaamad**. Linnades on ka kinniseid **sisealajaamu**, mis võtavad vähem ruumi ja on meeldivama väljanägemisega, kuid tunduvat kallimad. Sisealajaamad võivad olla nii õhk- kui gaasisolsatsiooniga (*gas insulated switchgear, GIS*) isolsioonikeskkonnaks elegaas (*SF6*). Selliste alajaamade seadmed on kompaktsemad ega vaja sagedast hooldust. Joonisel 5.32 on firma ABB õhkisolsatsiooniga keskpingejaotla. Kambri lõikel on näha kaablisendit, voolutrafosid, kogumislätte ja võimsuslülitit, mis on paigutatud vankrile. Kambri ülaosas on releeterminal. Joonisel 5.33 on firma Merlin Gerin gaasisolsatsiooniga keskpingejaotla kambri lõige. Siin on järjestikku (alt üles) kaablisend, voolutrafo, võimsus- ja lahklüliti ning latid. Latide ees on releeterminal. Kaitselahutus tehakse võimsuslülitit väljatõmbamisega kambri.



Joonis 5.32 Õhkisolsatsiooniga alajaama keskpingejaotla kambri lõige ja jaotla



Joonis 5.33 Gaasisolsatsiooniga keskpingejaotla kambri lõige



Jaotusalajaamad on enamasti kinnised **kiosk-** ja **komplektalajaamad** või lahtist tüüpi **mastalajaamad**. Kinniseid alajaamu rajatakse linnadesse ja tiheda asustusega piirkondadesse.

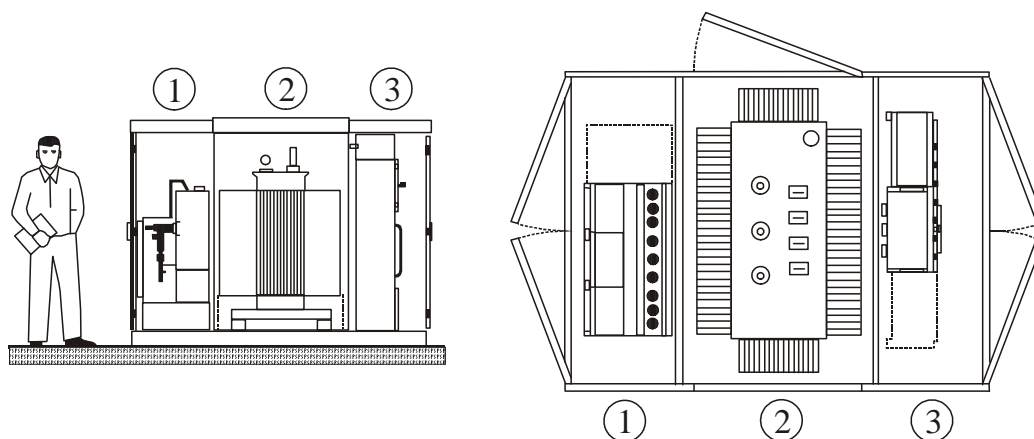
**Kioskalajaamadeks** on tellistest või muust materjalist statsionaarsed ehitised. Sellist tüüpi alajaamu tänapäeval enam ei ehitata. Levinumaks alajaama tüübiks on teisedaldatev metallkonstruktsiooniga **komplektalajaamad** (*KTPN*, *KTPK*, *HEKA*, *HOLTAB*). Muidugi võivad jaotusalajaamad asetseda ka suurte ehitiste siseruumides.

Nüüdisaegsed komplektalajaamad sobivad küllaltki hästi keskkonda ja sisaldavad suhteliselt hooldusvabasid seadmeid. Komplektalajaamu on võimalik kiirelt paigaldada ja seadmete vahetus neis on lihtne.

Joonisel 5.34 on firma Harju Elekter AS jaotusalajaam ning joonisel 5.35 näeb komplektalajaama *HEKA* lõiget.



**Joonis 5.34** Keskpingeõrgu jaotusalajaam



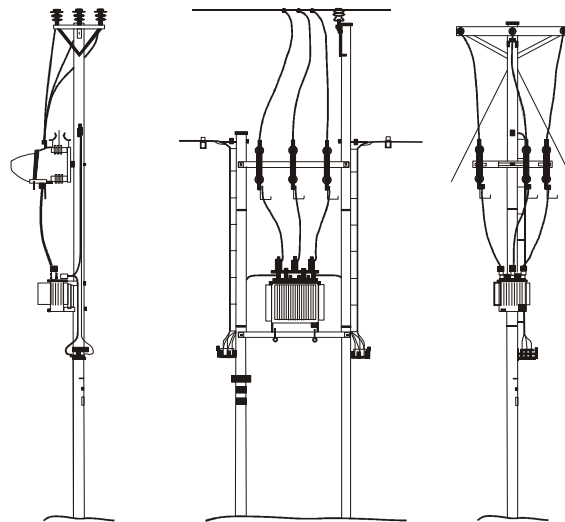
**Joonis 5.35** Keskpingeõrgu komplektalajaam *HEKA*:

1- keskpingelahter, 2 - trafolahter, 3 - madalpingelahter

Maapiirkondades on levinud **mastalajaamad**. Mastalajaamade konstruktsiooni valikul tuleb arvestada keskpingeliini kulgemisega, kas tegemist on tupikalajaamaga või kulgeb kõrgepingeliin edasi, samuti on tarvis arvestada mastalajaamast väljuvate madalpingefiidrite arvu ja suunda, kui suure trafoga on tegemist ning loomulikult ka kohalikke looduslikke olusid.

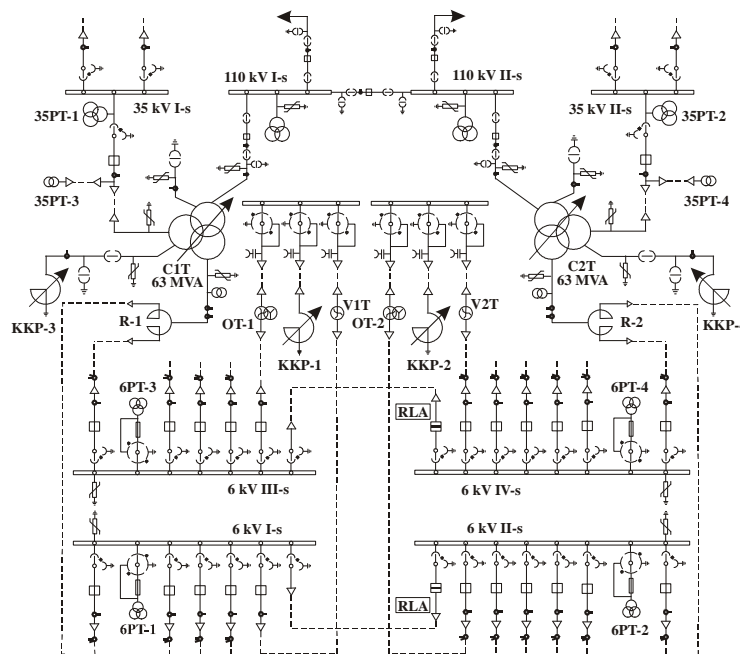
Mastalajaamade trafod peavad olema tugevdatud isolatsiooniga, hermeetilised ja spetsiaalse konstruktsiooniga. Trafode võimsusrida mastalajaamade korral on 30, 50, 100, 200, 315 kVA, kusjuures 30 kVA võimsusega trafosid ei ole üldjuhul soovitatav kasutada. Kaitseadmeteks on keskpinge poolel enamasti **lahkkaitssmed**. Liigpingekaitseks on 200 kVA ja väiksema võimsusega trafode korral **kaksiksädemik**, mis monteeritakse trafo isolaatoritele, õhuliini tõmbeisolaatoritele või eriraamile paigaldatud tugiisolaatoritele. Üle 200 kVA võimsusega trafosid kaitstakse **metalloksiidpiirikutega**, mis monteeritakse trafo kaanel selleks ette nähtud raamile.

Mastalajaamade konstruktsioonilisi lahendusi näeb joonisel 5.36. Toitealajaamade skeem on joonisel 5.37.



**Joonis 5.36 Mastalajaamade konstruktsioonilisi lahendusi**

Joonistel 5.37 on kujutatud kahe 63 MVA nimivõimsusega kolmemähiselise trafoga alajaama. Trafode üks alampingemähis varustab 35 kV kogumislätte ja teine kaht 6 kV latisektsiooni.



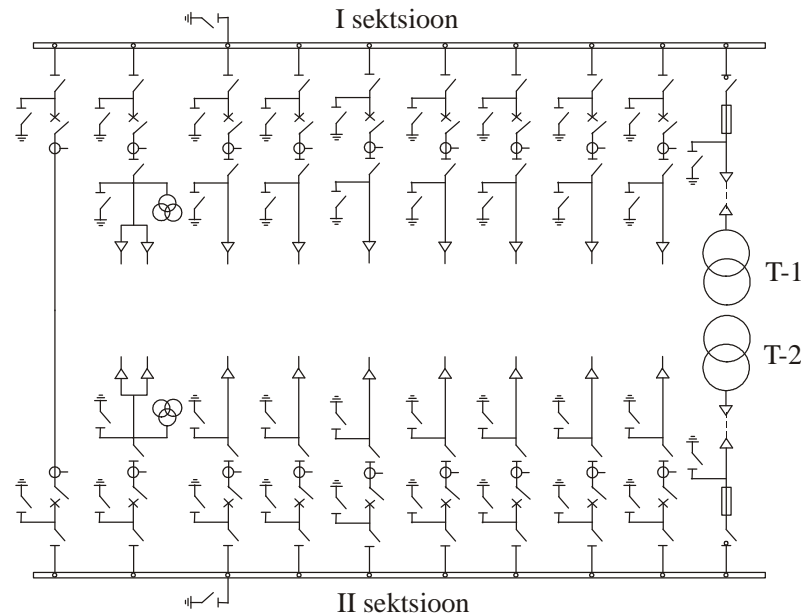
**Joonis 5.37 Toitealajaama skeem**

Normaaltingimustes lahus töötavaid latisektsioone võidakse ühendada ühes sektsioonis pingel kadumisel reservilülitusautomaadi toimel. Trafode õlgadele on 6 kV poolel paigaldatud reaktorid, mille eesmärk on vähendada võimalikke lühisvoole. Kasutusel on kaarekustutuspoolid (*KKP*), mis on ühendatud trafode 35 kV mähiste neutraaliga ning omatarbetrafodega (*OT*) 6 kV poolel. Igal 6 kV latisektsioonil on väljuvatele kaablitele lisaks pingetrafo (*PT*) lahtrid. Skeemi eripäraks on ühe kaarekustutuspooli kasutamine kahe 6 kV latisektsiooni maaiühendusvoolude kompenseerimiseks. Selline skeem on odavam, kuid selle puuduseks on, et maaiühendus ühel latisektsioonil mõjutab ka teist latisektsiooni. Suureneb kahekordse maaiühenduse risk ning relekaitse on mõnevõrra keerukam. Selline maaiühendusvoolude kompenseerimise skeem on Eesti jaotusvõrkudes küllaltki levinud. Skeemi 35 kV poolel on seadmeid minimaalselt, mis ei taga kõrget elektrivarustuskindluse taset. Tuleb siiski arvestada, millist piirkonda 35 kV liinidega varustatakse ning millised on reservilülitamise võimalused piirkonnas. Väljuvatel fiidritel kasutatakse lahklüliti, maanduslüliti ja võimsuslüliti kombinatsiooni, mille korral fiidri maandus toimub läbi võimsuslüliti. Trafo *VIT* on mõeldud esimese ja *V2T* teise latisektsiooni ühendamiseks kaarekustutuspooliga. Tegemist on vahetrafodega, mille mähiste neutraalidest on võetud ühendused kaarekustutuspooli tarvis. Nii trafode kui erinevate latisektsioonide kaitseks liigpingete vastu on üles seatud liigpingepiirikud.

Vaadeldud skeem on iseloomulik suurtele koormuskeskustele, millele viitab kolmemähiseliste trafode kasutamine ja nelja tarbijafiidritega sektsiooni olemasolu. Väikese koormusega piirkondades on levinud lihtsa ehitusega toitealajaamad, kus on kaks kahemähiselist trafot, mis toidavad kahte teineteisest lahus töötavat 6...20 kV latisektsiooni. Vajadusel ühendab latisüsteeme reservilülitusautomaat. Kui tegemist on peamiselt õhuliinidega, siis puuduvad alajaamas kaarekustutuspoolid.

**Vahealajaamade** ülesanne on jaotada keskpingel elektrit suurtes koormuskeskustes. Maapiirkondades, kus tarbimine on väike, vahealajaamu ei vajata. Vahealajaamad saavad toite

piirkonnaalajaamadest tugevdatud ühenduste kaudu. Vahealajaamade skeem on toitealajaamadega võrreldes lihtsam. Puuduvad suured toitealajaamadele iseloomulikud pinget alandavad trafod. Keskpinge erinevaid astmeid ühendavad trafod võivad siiski olla. Võimalikud on kohalikke tarbijaid varustavad 6...20/0,4 kV trafod. Väljuvaid fiidreid on jaotusalajaamas vähem ning puuduvad kaarekustutuspoolid. Vahealajaama skeem on joonisel 5.38. Alajaam koosneb kahest 10 kV lahus töötavast latisektsioonist, sisend- ja väljundlahtritest ning trafolahtritest. Nii sisenevad kui ka väljuvad lahtrid on varustatud võimsus- ja lahküliti skeemiga.

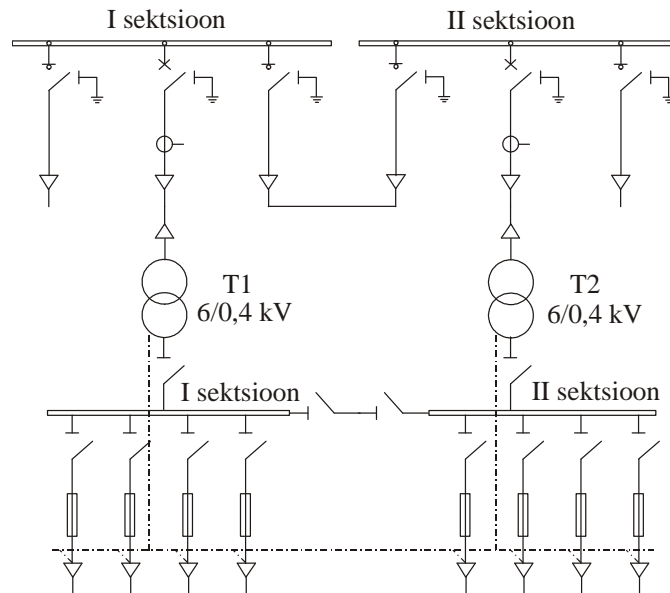


**Joonis 5.38** Vahealajaama skeem

Alternatiiviks on võimsuslüliti paigutamine vankrile, mida ka sageli tehakse. Väljuvate fiidrite võimsuslülitid ja sektsioonidevahelised võimsuslülitid on varustatud releekaitsega. Reservilülitusautomaat võib vajaduse korral sektsioone ühendada. Trafode kaitseks on sulavkaitsmed ja kommutatsiooniparaadiks koormuslülitid. Nii nagu toitealajaamad, on ka vahealajaamad nüüdisajal enamjaolt kaugjuhitavad, kuigi mitte tingimata kõikide lülitite osas. Jaotusalajaamad, mille ülesanne on toita tarbijaid madalpingel, on tihedalt asustatud piirkondades ehitatud kiosk- ja komplektalajaamadena või asetsevad suurte ehitiste sees.

Maapiirkondades on aga enamasti tegemist mastalajaamadega. Tavaliselt on jaotusalajaamades paar sisenevat fiidrit keskpingel, trafo ja väljuvate fiidritega madalpingejaotusseade. Lülitusseadmeteks on koormuslülitid, lahkülitid ning trafode fiidrites vähesel määral ka võimsuslülitid, mis releekaitse vahendusel täidavad ka kaitsefunktsioone. Levinum on skeem, kus trafo lülitusseadmeks on koormuslüliti või lahküliti ja kaitseseadmeks sulavkaitse. Mastalajaamades kasutatakse lülitusseadmetena lahkkaitseid, millel on ka kaitseseadme funktsioon ning millega on võimalik koormusvabas olukorras trafot sisse ja välja lülitada.

Jaotusalajaama madalpingejaotla on enamasti lahtrite arvult ja mahult tunduvalt suurem kui keskpingejaotla. Suurte alajaamade jaotlad on nii kesk- kui madalpingel tavaliselt kahesektsioonilised. Normaalskeemi kohaselt töötavad kahesektsioonilises alajaamas madalpingesektsioonid lahus, kuid jääb võimalus ümberlülitusteks, mille tulemusena viiakse koormus ühelt trafolt teisele. Reservilülitusautomaati madalpingel tavaliselt ei kasutata. Vajalikud ümberlülitused teeb operatiivbrigaad. Vaid eriti tähtsate tarbijate juures, kus pikaajaline elektrikatkestus pole lubatud, võib olla ka automaatne ümberlülitus.



**Joonis 5.39** Jaotusalajaama skeem

Madalpingejaotla lahtrite ehitus on suhteliselt lihtne. Kaitselemendiks on kas sulavkaitse või kaitselülitid. Sulavkaitsme korral kasutatakse lisaks ka vinnaklülitit, millega on võimalik lülitada koormusvoolu.

Joonisel 5.39 on alajaama skeem, kus keskpingejaotusseade on kahesektsiooniline, mõlemas sektsioonis on üks liinisend, trafo lahter ja sektsioonidevaheline lahter. Liinide lülitamiseks kasutatakse koormuslülitid, trafo lülitamiseks aga võimsuslülitid. Madalpinge jaotusseade on samuti kahe sektsiooniga, mis töötavad lahus. Väljuvate fiidrite lahtrites on jadamisi madalpinge vinnaklülitid ja sulavkaitsmed. Punktiirjoonega on joonisel 5.39 esitatud *PEN*-juht.

Eesti jaotusvõrkudes on ligemale 19 000 alajaama, millest enamik on jaotusalajaamad pingega 10/0,4 kV. Alajaama tüüpidest on enam levinud mastalajaamad, järgnevad komplekt- ja kioskalajaamad. Trafosid on alajaamadesse paigaldatud kokku ligemale 25 000 koguvõimsusega üle 7000 MVA.