

ELEKTRI- PAIGALDUSTÖÖD

1 2 3 4



Euroopa Liit
Euroopa Solisialfond



Käesolev õppematerjal on tõlgitud ja kohandatud „Riikliku struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva rakenduskava „Inimressursi arendamine” alusel prioriteetse suuna „Elukestev õpe” meetme „Kutseõppe sisuline kaasajastamine ning kvaliteedi kindlustamine” programmi Kutsehariduse sisuline arendamine 2008-2013” raames.

Originaali autorid ja koostajad:

KIRJASTAJA

Sähköinfo Oy
Harakantie 18 B, 02650 Espoo
PL 55, 02601 Espoo
Telefon 09 547 610
www.sahkoinfo.fi

AVALDAJA

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
Harakantie 18 B, 02650 Espoo
PL 55, 02601 Espoo
Telefon 09 547 610
www.stul.fi

KOOSTAJA

Tehniline ekspert Arto Saastamoinen, Sähköinfo Oy

TOIMETAJA JA KÜLJENDAJA

Eeva Karppinen

KUJUNDUS

Aija Metsikkö

TRÜKIKODA

Painokurki, Helsingi
Espoo 2009
ISBN 978-952-231-003-3
ISBN 978-952-231-031-6 (kogu seeria)

I RAAMAT

Tõlge eesti keelde Tiina Masing (lk 7-105) ja Tiit Metusala (lk 106-229)
Tõlgitud teksti erialane ekspertiis Tõnis Mägi
Küljendus Karl-Kristjan Videvik

Teostus:

Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit (EETEL)
www.eetel.ee

Õppematerjali eesti keelse versiooni (varaline) autoriõigus kuulub
Riiklikule Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskusele aastani 2018 (kaasa arvatud)

ISBN 978-9949-487-47-9 (kogu teos)
ISBN 978-9949-487-48-6 (1. osa)

Selle õppematerjali koostamist toetas Euroopa Liit

EESSÖNA

Raamatusari „Elektripaigaldised“ käsitleb hoonetes toimuvate elektripaigaldustööde kohta kehtivaid eeskirju, juhiseid ja praktilisi teostusviise. Raamatusari põhineb varem avaldatud raamatuosadel “Sähköasennukset” (“Elektripaigaldustööd”) ja “Sähköasennustekniikat” (“Elektripaigaldustööde tehnoloogia”), mille sisu on nüüd koondatud ühte, neljast osast koosnevasse väljaandesse. Väljaande uuendamisel on arvestatud ametlikes juhendites ja elektripaigaldisi käsitlevates standardites toimunud muudatustega ning olulisemate parandustega paigaldustööde tehnilises teostuses ja kasutatavates tarvikutes. Pildimaterjali on parendatud neljavärvitrüki kasutamisega.

Väljaanne “Elektripaigaldustööd 1” käsitleb hoonetes elektripaigaldisi käsitlevaid määrusi, elektripaigaldiste kaitsmise ja mõõtmiste nõudeid, maandusi, kaablite valikut ja paigaldamist, juhtmeid ja elektrilisi ühendusi.

Loodame, et neist väljaannetest, nagu ka nende eelkäijatestki, kujunevad elektripaigaldustöödega tegelevatele spetsialistidele vajalikud käsiraamatud ning neid saab kasutada juhendmaterjalidena elektrikuid ettevalmistavates õppeasutustes.

November 2009

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

SISUKORD

1.	EHITISTE ELEKTRIPAIGALDISTEGA SEONDUVAD ÕIGUSAKTID JA MÄÄRATLUSED	7
1.1	Üldist	7
1.2	Elektripaigaldistega seonduv ohutusseadus	9
1.2.1	Elektriohutusseadus	9
1.3	Elektripaigaldistega seonduvad määruised	17
1.3.1	Määrus kaitsevööndi kohta	17
1.3.2	Määrus madalpingeseadme ja emü direktiivide kohta	18
1.3.3	Määrus tehnilise kontrolli andmete esitamise kohta	20
1.3.4	Määrus käidukorralduse ja elektritöö nõuete kohta	20
1.3.5	Määrus pädevusklasside ja sertifitseerimise kohta	21
1.3.6	Määrus tehnilise kontrolli kohta	24
1.4	Olulisemad elektripaigaldiste standardid	28
1.5	Elektripaigaldise iseloomustavad määratlused	31
2.	JUHISTIKUSÜSTEEMID JA KINNISTU ELEKTRIVÕRGUD	43
2.1	Juhistikusüsteemid	43
2.2	Kinnistute elektrivõrgud	49
2.2.1	Jaotusvõrguga liitumine	49
2.2.2	Kinnistute elektriseadmete üldine ehitus ja nimetused	50
2.2.3	Elektrivõrgu osad	56
2.3	Näiteid eri tüüpi kinnistute elektrivõrkudest	63
2.3.1	Eramu elektrivõrk	63
2.3.2	Ridamaja elektrivõrk	68
2.3.3	Korrusmaja elektrivõrk	68
2.3.4	Äri- ja büroohooned ning avalikus kasutuses hooned	69
2.3.5	Tööstushooned	69
2.4	liitumisvõimsuse dimensioonimine	70
2.4.1	erinevate hoonetüüpide tegelikud koormused kogemuse alusel ...	70
2.4.2	elumaja maksimumvõimsuse p_{max} hindamine	70
2.4.3	võimsusvajaduse hindamine muudes hoonetes süsteemide / seadmegruppide kaupa	76
3.	EHITISTE KAITSEGA SEONDUVAD NÕUDED	77
3.1	kaitse elektrilöögi eest	78
3.1.1	elektrivoolu toime	78
3.1.2	põhikaitse	83
3.1.3	rikkekaitse	87
3.1.4	rikkevoolukaitse lisakaitsena	93
3.2	liigvoolukaitse	96
3.3	liigpingekaitse	99
3.4	alapingekaitse	101
3.5	elektromagnetiline ühilduvus (emü)	102
3.5.1	elektromagnetilise ühilduvuse direktiiv elektripaigaldiste osas	102
3.5.2	elektromagnetilise ühilduvuse nõuded elektripaigaldistele	102
3.5.3	komponentide otstarbekohane kasutamine	102
3.5.4	hea projekteerimis- ja paigaldustava	103
3.5.5	dokumenteerimine	103
3.5.6	Standard sisaldab häirekaitse juhiseid	104

4	MAANDUSED JA POTENTIAALIÜHTLUSTUS	106
4.1	maandamise põhimõtted ja määratlused	106
4.2	Juhtide ja klemmide tähistamine	118
4.3	kaitsejuhtide dimensionimine ja valik	121
4.4	Maandusjuhid	123
4.5	Pen- juhid	124
4.6	Potentsiaaliühtlustus	125
4.6.1	Üldist	125
4.6.2	Peapotentsiaaliühtlustus	126
4.6.3	Lisapotentsiaaliühtlustus	130
4.6.4	Häirekaitsega seotud maandused ja potentsiaaliühtlustused	131
4.7	Maandur	132
4.8	Maanduse ja potentsiaaliühtlustuse näiteid	137
4.8.1	Madalpinge tarbijapaigaldise maandus	137
4.8.2	Maandus tarbimiskohas, kus on trafoalajaam	137
4.8.3	Maandused tarbimiskohas, mida toidavad mitmed liinid	141
5	JUHISTIKU DIMENSIOONIMINE JA KAITSE	145
5.1	Dimensionimismõnede määratlemine	146
5.2	Liigkoormuskaitse	146
5.2.1	Liigkoormuskaitse põhimõtted	146
5.2.2	Liigkoormuskaitse liinikaitselülititega	148
5.2.3	Liigkoormuskaitse sulavkaitsmetega	151
5.2.4	Kompakt- ja õhklülid	153
5.2.5	Liigkoormuskaitsetest loobumine	154
5.2.6	Rööbitiste juhtide liigkoormuskaitse	154
5.3	Juhtide lubatav vool	155
5.3.1	Juhi lubatava voolu määramise põhimõtted	155
5.3.2	Juhtidele kestvalt lubatavate voolude tabelid	156
5.3.3	Parandustegurid	158
5.3.4	Näiteid juhtide dimensionimise kohta	160
5.3.5	Neutraaljuhi dimensionimine	162
5.3.6	Kaablite rööpühendus	162
5.3.7	Paigaldusolude muutused paigaldustrassil	163
5.4	Lühisekaitse	164
5.4.1	Lühisekaitse põhimõtted	164
5.4.2	Sulavkaitsmete omadusi	165
5.4.3	Rööbitiste juhtide lühisekaitse	169
5.5	Toite kiire väljalülitamise tingimuste täitmine	170
5.6	Selektiivsus	172
5.6.1	Üldist	172
5.7	Pingekadu	173
5.7.1	Pingekadu jaotusvõrgus	173
5.7.2	Pingekadu ehitise elektrivõrgus	173
6	ELEKTRIPAIGALDISTE KAABLID JA JUHTMED	175
6.1	Kaablite valimisest üldiselt	175
6.2	Isoleeritud jõukaablid	177
6.2.1	Paigaldus- ja jõukaablid	177
6.2.2	Tüübitähistest	178

6.2.3	Juhistike tähistamine	182
6.2.4	Kaablite ja juhtmete nimipinge	185
6.2.5	Kaabliiigid	185
6.2.6	Kasutustingimuste mõju kaabli valikule	187
6.2.7	Kaablite tulekaitseomadused	193
7	KAABLITEED	196
7.1	Kaablirennid	196
7.1.1	Üldist	196
7.1.2	Alumiiniumist kaablirennid	196
7.1.3	Terasest kaablirennid	199
7.2	Juhistikukarbikud	199
7.2.1	Juhistiku alumiiniumkarbikud	199
8	JUHTIDE LIITED JA OTSASTUSED	211
8.1	Üldist	211
8.2	Juhtide omavahelised liited	213
8.3	Erinevat tüüpi liited vaskjuhtidele	213
8.3.1	Isolatsiooni läbistavad klemmliited	214
8.3.2	Pressliited	214
8.3.3	Ühenduskübarad	215
8.3.4	Vedruklemmid	216
8.3.5	Keermesliited	216
8.4	Lõppahela jätkamine	217
8.5	Alumiiniumjuhtide ühendused	219
8.5.1	Ühendusruum	219
8.5.2	Ühendamine	219
8.5.3	Al- kaablikinga paigaldamine	221
8.5.4	Momentpeaga poltliited	222
8.5.5	Keevisliited	222
8.5.6	Poltliited	223
8.6	1 kV kaabli otsaliited ja jätkumuhvid	225
8.7	Liitekohtade hooldus ja seisukorra kontroll	226
8.8	Maanduri liited	227
8.8.1	Üldist	227
8.8.2	Pinnases olevad liited	227
8.8.3	Muud liited	228

EHITISTE ELEKTRIPAIGALDISTEGA SEONDUVAD ÕIGUSAKTID JA MÄÄRATLUSED

1.1 ÜLDIST

Eestis reguleerivad ehitiste elektripaigaldistega seonduvat mitmed õigusaktid. Kõigi nende ülesanne on tagada elektriohutus. Elektriohutusseaduses ja selle alusel välja antud majandus- ja kommunikatsiooniministri määrustes toodud elektriohutuse üldnõudeid saab praktikas täita eelkõige vastavaid Eest Vabariigi standardeid (EVS) järgides.

Kuna eesti kuulub Euroopa Liitu, siis on enamik neist Euroopa standardiorganisatsioonilt CENELEC ülevõetud standardid. Elektripaigaldiste ehitamisel kasutatavate standardite pikema loetelu leiab Tehnilise Järelevalve Ameti koduleheküljelt www.tja.ee. Enamkasutatavad standardid on aga toodud raamatu käesoleva peatüki jaotises 1.4. Iga üksiku standardi kohta leiab konkreetset teavet Eesti Standardikeskuse kodulehelt www.evs.ee ning neid saab sealt ka osta nii elektroonselt kui paberkandjal.

Lisaks elektriohutusele tuleb elektripaigaldiste ja -seadmete juures arvestada veel muude vaatenurkadega. Näiteks peab elektrienergia edastamine ja tarbimine toimuma ilma ülemääraste häireteta ja sellega seonduvaid nõudeid käsitletakse nii seadusandluses kui standardites elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) mõiste all.

Standarditele lisaks publitseeritakse mitmesuguseid mittekohustuslikke juhendeid, teaberaamatuid ja juhendmaterjale, mis aitavad paremini mõista standardites toodut. Kõigi dokumentide omvahelise hierarhia kohta saab ülevaate jooniselt 1.1.

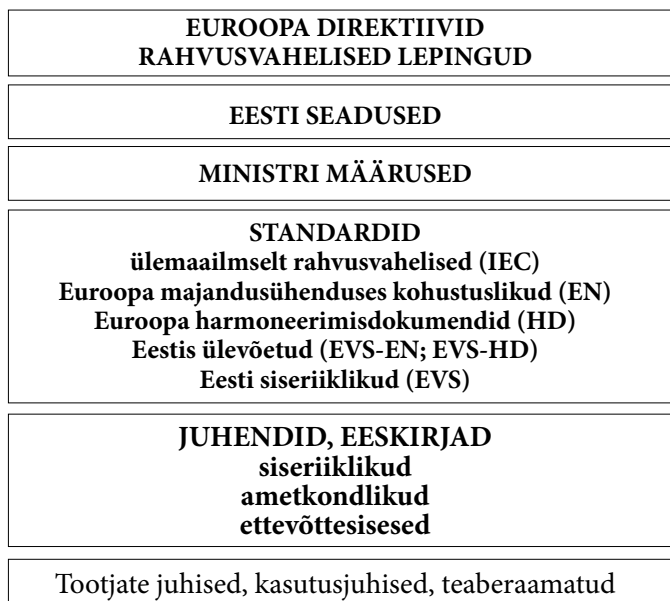
Ka käesolev soome keelest tõlgitud raamatusari kuulub teaberaamatute hulka.

Käesoleva raamatusarja esimese raamatu 1.osas on ehitiste elektripaigaldisi puudutav seadusandluse osa, Eesti ja Soome erineva seadusandluse ülesehituse tõttu, asendatud Eestis kehtivaga.

Eestis võeti esimene elektriohutusseadus vastu 1999. aastal. Raamatu tõlke väljaandmise hetkel kehtiv elektriohutusseadus võeti vastu 24.01.2007 ja jõustus 20.07.2007. Kehtivusaja jooksul on selles tehtud täpsustavaid muudatusi ja vajadusel tehakse veelgi. Seetõttu on oluline riigiteataja võrguväljaande www.riigiteataja.ee kaudu jälgida seadusandluse, sh määruste, viimast kehtivat redaktsiooni.

Elektriohutusseaduses toodud volituste alusel on välja antud järgmised seadust täpsustavad majandus- ja kommunikatsiooniministri määrused:

Määrus nr 19, 26.03.2007	Elektripaigaldisekaitsevööndi ulatus ja kaitsevööndis tegutsemise kord
Määrus nr 24, 10.04.2007	Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord
Määrus nr 52, 19.06.2007	Elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli kohta esitatavate andmete loetelu ja esitamise kord
Määrus nr 53, 19.06.2007	Käidukorraldusele ja elektritööle esitatavad nõuded
Määrus nr 60, 12.07.2007	Pädevusklassid ja personali sertifitseerimise kord
Määrus nr 62, 12.07.2007	Elektripaigaldise tehnilise kontrolli kord, mahud ning korralise kontrolli juhud ja sagedus



Joonis 1.1. Elektriala seadusandluse ja normiteabe hierarhia

1.2 ELEKTRIPAIGALDISTEGA SEONDUV OHUTUSSEADUS

1.2.1 ELEKTRIOHUTUSSEADUS

Elektriohutusseadus sätestab nõuded inimesele, varale ja keskkonnale elektrist tulenevate ohtude ja elektromagnetiliste häirete vältimise ja vähendamise eesmärgil.

Elektripaigaldiste liigitus

Elektripaigaldised jaotatakse elektrist tuleneva ohu järgi esimese, teise ja kolmanda liigi elektripaigaldisteks. Liigitus on vajalik käidukorraldaja kohustuslikkuse ning korralise tehnilise kontrolli intervallide ja tehnilise kontrolli teostaja pädevusest (akrediteeritud inspekteerimisasutuse tüübist) tulenevate õiguste määramiseks.

Esimesse liiki kuulub kogu elektripaigaldis alates võrguga liitumise punktist või toitepunktist, kui elektripaigaldis asub:

- 1) plahvatusohu tsoonis või seda sisaldavas ehitises;
- 2) suurõnnetusohuga ettevõtte ohtlikul objektil;
- 3) haiglas või muus ravihoones, kus raviruumides võidakse kasutada võrgutoitelisi elektrilisi meditsiiniseadmeid, mille osad on kasutamisel patsiendiga füüsilises kontaktis;
- 4) raviruumis, mis ei asu ravihoones ja kus võidakse kasutada võrgutoitelisi elektrilisi meditsiiniseadmeid, mille osad on kasutamisel patsiendiga füüsilises kontaktis.

Teise liiki kuuluv elektripaigaldis on:

- 1) kahe või enama korteriga hoone korterivaldajate ühiskasutuses olev elektripaigaldis;
- 2) ravihoones asuv elektripaigaldis, mis ei ole esimese liigi elektripaigaldis;
- 3) kuni 1000-voldise nimipinge vahelduvvoolu või kuni 1500-voldise nimipinge alalisvoolu elektripaigaldis (edaspidi *madalpingepaigaldis*), mille peakaitsme nimivool ületab 35 amprit ja mis ei ole esimese liigi elektripaigaldis;
- 4) üle 1000-voldise nimipinge vahelduvvoolu või üle 1500-voldise nimipinge alalisvoolu elektripaigaldis (edaspidi *kõrgepingepaigaldis*), mis ei ole esimese liigi elektripaigaldis;
- 5) elektripaigaldis, mis asub hotellis, motellis, võõrastemajas, puhkekodus, külalistemajas või muus majutushoones.

Kolmandasse liiki kuulub elektripaigaldis, mille peakaitsme nimivool on 35 amprit või vähem ja mis ei ole esimese ega teise liigi elektripaigaldis.

Elektripaigaldise kasutusele võtmine ja kasutamine

1. Elektripaigaldise võib kasutusele võtta ja seda kasutada, kui see vastab elektriohutuse- seaduses ja selle alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele ja kui:
 - 1) õigusaktis ettenähtud juhtudel on tehtud elektripaigaldise tehniline kontroll (edaspidi *tehniline kontroll*) ja elektripaigaldise kohta on väljastatud nõuete- kohasuse tunnistus;
 - 2) elektriohutusseaduses ettenähtud juhtudel on määratud elektripaigaldise käi- du korraldaja (edaspidi *käidukorraldaja*);
 - 3) võrguettevõtjale, kellega on sõlmitud uue võrguühenduse loomiseks või tarbi- mistingimuste muutmiseks elektrivõrguga liitumise leping, on esitatud teatis.
2. Nimetatud teatisega kinnitatakse elektripaigaldise valmisolekut pingestamiseks ja nõuetele vastavust ning selles peavad olema nõutud andmed.
3. Võrguettevõtja pingestab elektripaigaldise selle kasutuselevõtuks teatise alusel pä- rast Tehnilise Järelevalve Ameti juures asuvast andmekogust elektripaigaldise teh- nilise kontrolli teostatuse ja nõuetele vastavaks tunnistamise kindlaks tegemist.
4. Elektripaigaldis on kasutusele võetud hetkest, kui see pingestatakse ettenähtud otstarbel kasutamiseks. Elektripaigaldise võib kasutusele võtta osade kaupa, kus- juures enne iga osa kasutusele võtmist tuleb teostada tehniline kontroll.
5. Elektripaigaldise kasutuselevõtmine ei ole pingestamine, mis on vajalik elektri- paigaldise kontrollimise toiminguteks.

Elektripaigaldise kaitsevöönd

1. Elektripaigaldise kaitsevöönd on elektripaigaldist, kui see on iseseisev ehitis, ümbritsev maa-ala, õhuruum või veekogu, kus ohutuse tagamise vajadusest lähtudes kehtivad kasutuspiirangud.
2. Elektripaigaldise omaniku loata on keelatud:
 - 1) elektripaigaldise kaitsevööndis ehitada, sealhulgas ehitada tanklat, ladustada jäätmeid, materjale ja aineid, teha mis tahes mäe-, laadimis-, süvendus-, lõh- kamis- ja maaparandustöid, teha tuld, istutada ning langetada puid;
 - 2) veekaabelliinide kaitsevööndis veesõidukiga ankrusse heita, liikuda heidetud ankru, kettide, logide, traalide ja võrkudega, paigaldada veesõidukite liiklus- tähiseid ja poisid ning varuda jääd;
 - 3) õhuliinide kaitsevööndis sõita masinate ja mehhanismidega, mille üldkõrgus maapinnast koos veosega või ilma selleta on üle 4,5 meetri;
 - 4) kõrgepingepaigaldise õhuliinide kaitsevööndis ehitada traattarasid ning raja- da loomade joogikohti;
 - 5) maakaabelliinide kaitsevööndis töötada löökmehhanismidega, tasandada pinnast, teha mullatöid sügavamal kui 0,3 meetrit, küntaval maal sügavamal kui 0,45 meetrit ning ladustada ja teisaldada raskusi.

Kaitsevööndiga seonduvad nõuded on kehtestatud Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrusega nr 19, 26.03.2007 „Elektripaigaldise kaitsevööndi ulatus ja kaitsevööndis tegutsemise kord“.

Häired elektripaigaldises

Elektromagnetiline häire on mis tahes elektromagnetiline nähtus, mis võib halvendada elektriseadme või -paigaldise toimimist. Elektromagnetiliseks häireks võib olla elektromagnetiline müra, soovimatu signaal või levikeskkonna muutumine;

Elektromagnetiline ühilduvus on elektriseadme või -paigaldise võime toimida rahuldavalt elektromagnetilises keskkonnas, tekitamata vastuvõetamatuid elektromagnetilisi häireid teistele selles keskkonnas asuvatele seadmetele;

Häirekindlus on elektriseadme või -paigaldise võime toimida ettenähtud viisil talitluse kvaliteedi halvenemiseta elektromagnetilise häire korral;

Elektripaigaldise käit ja käidukorraldaja

Käidutöö (edaspidi ka *käit*) on tegevus elektripaigaldise talitluses hoidmiseks, mis hõlmab eelkõige lülitamist, juhtimist, kontrollimist, hooldamist ja nii elektritöid kui ka muid töid.

Käitu võib teha ainult isik, kellel on selleks tööks vajalikud mahus tehnilisi ja ohutus-alaseid teadmisi ning kogemusi.

Käidukorraldajal peab sõltuvalt elektriseadme või -paigaldise nimipingest ja tööde keerukusest olema vastava klassi pädevustunnistus.

Käidutööde ohutu täitmise peab tagama käidukorraldaja. Käidutööd tegeva tavaelektriku elektriohuteadlikkust ja kogemusi kontrollib elektritööde juht või käidukorraldaja.

Nõuded käidu ohutuse tagamiseks ja elektriohuteadlikkuse kontrolliks on elektriohutuseseaduse alusel kehtestatud Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrusega nr 53, 19.06.2007 „Käidukorraldusele ja elektritööle esitatavad nõuded“.

Käidukorraldaja peab elektripaigaldise omaniku poolt olema määratud esimese liigi elektripaigaldisele ja madalpingepaigaldisele, mille peakaitsme nimivool on üle 100 amperi, ja kõrgepingepaigaldisele peakaitsme nimivoolust olenemata. Neid elektripaigaldisi võib kasutusele võtta ja kasutada vaid siis, kui on määratud elektripaigaldise käidukorraldaja.

Reeglina peab omanik olema ka käidukorraldajaga lepingulises suhtes ja tagama tema le kohustuste täitmise võimaluse. Tehnilise kontrolli määrus lisab, et uues elektripai-

galdises peab kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolli toimumise alguseks käidukorraldaja elektriohutusseaduses ettenähtud juhtudel olema omaniku poolt määratud.



Joonis 1.2. Kõrgepingepaigaldisele peab käidukorraldaja olema määratud peakaitsme nimivoolust olenemata

Käidukorraldaja on kohustatud:

- 1) koostama käidukava elektripaigaldise kohta, mille käidukorraldajana ta tegutseb, ja kontrollima selle järgimist;
- 2) nõudma elektripaigaldise kasutamise või elektripaigaldises tehtava töö peatamist, kui on ilmnenud oht inimesele, varale või keskkonnale, kuni ohu möödumiseni või kõrvaldamiseni;
- 3) olema kättesaadav ohutu käidu tagamiseks ja tehnilise kontrolli ning riiklike järelevalvetoimingute teostamisel;
- 4) teatama Tehnilise Järelevalve Ametile elektripaigaldise kasutamise nõuete rikkumistest, kui elektripaigaldise omanik ei kõrvalda ise rikkumist mõistliku aja jooksul.

Elektritöö

Elektritöö elektriohutusseaduse tähenduses on :

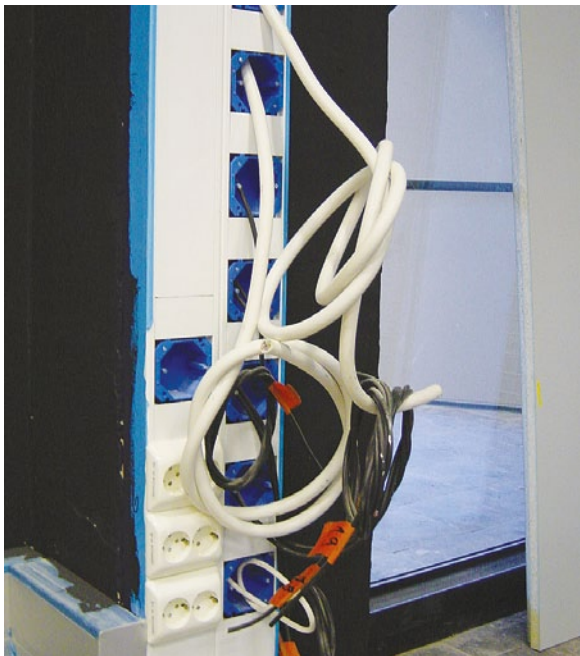
elektriseadme remontimine, ümberehitamine, kontrollimine, katsetamine ja hooldamine ning

elektripaigaldise projekteerimine, kontrollimine, katsetamine, remontimine, hooldamine ja ehitamine, sealhulgas elektriseadme paigaldamine.

Elektritöö tegemisel tuleb tagada inimese, vara ja keskkonna ohutus, järgides selleks asjakohaseid ohutusnõudeid. Nende täitmise peab tagama elektritööde juht. Elektritööd võib teha ainult isik, kellel on selleks tööks vajalikus mahus tehnilisi ja ohutus-alaseid teadmisi ning kogemusi.

Elektripaigaldis tuleb ehitada ja rekonstrueerida vastavalt nõuetekohase elektripaigaldise projektile. Esimese liigi ja sellise teise liigi mittetüüpse elektripaigaldise, mille peakaitsme nimivool ületab 250 amprit, projektile tuleb teha ekspertiis vastavalt ehitusseaduses ehitusprojekti ekspertiisile kehtestatud nõuetele.

Elektritööd võib majandustegevusena teha majandustegevuse registris registreeritud elektritöö ettevõtja elektritöö juhi pädevustunnistusel märgitud ulatuses.



Joonis 1.3. Elektritööd eeldavad elektritöö ettevõtja õigusi

Elektritöö ettevõtja peab:

- 1) valdama piisavaid vahendeid ja dokumentatsiooni elektritöö tegemiseks;
- 2) tagama, et elektritööd teeksid selleks piisava elektri- ja elektriohutuselase ettevalmistusega isikud;
- 3) olema elektritöö juhiga lepingulises suhtes elektriohutuseseadusega sätestatud kohustuste täitmiseks, välja arvatud, kui füüsilisest isikust elektritöö ettevõtja on ise elektritöö juht;
- 4) dokumenteerima elektritöö tegemise ja konkreetsete elektritööde tegemiseks koostatud dokumentide olemasolu korral järgima nendes esitatud nõudeid;
- 5) tagama elektriohutuseseaduses loetletud kohustuste täitmise.

Elektritöö ettevõtja peab pärast elektritöö tegemist veenduma mõõtmis- ja katsetustulemuste, visuaalkontrolli ning elektriseadme või -paigaldise dokumentatsiooni alusel, et elektriseade või -paigaldis või tehtud elektritöö vastab elektriohutuseseaduses ja selle alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele, ning seda kirjalikult kinnitama.

Elektritöö juht

Elektriohutusseaduse kohaselt on elektritöö juht isik, kes tagab elektritöö nõuetekohasuse. Nagu eespool oli juba toodud võib elektritöö ettevõtja teha elektritööd elektritöö juhi pädevustunnistusel märgitud ulatuses. Selleks peab elektritöö ettevõtja olema reeglina elektritöö juhiga lepingulises suhtes ja tagama temale järgnevalt loetletud kohustuste täitmise võimaluse.

Elektritöö juht on kohustatud tagama, et:

- 1) elektritöö tegemisel järgitaks õigusaktides sätestatud nõudeid;
- 2) elektritööd teeksid selleks piisava erialase ettevalmistusega isikud (elektritööd tegeva tavaelektriku elektriohuteadlikkust ja kogemusi kontrollib elektritöö juht);
- 3) elektriseade või -paigaldis oleks pärast elektritöö tegemist kasutamiseks või edasisse töö tegemiseks ohutu;
- 4) elektritöö käigus toimunud õnnetusest, millega kaasnes tervisekahjustus või muu raske tagajärg, teatataks viivitamata Tehnilise Järelevalve Ametile.

Elektritöö juht peab olema kättesaadav ohutuse tagamiseks ja riiklike järelevalvetoimingute teostamisel.

Elektritöö juhil ja käidukorraldajal peavad olema erialane ettevalmistus, töökogemus elektritöö tegemisel ning teadmised elektriseadmetest ja/või -paigaldistest, nende ehitusest ja kasutamise ohutusnõuetest ulatuses, mis tagab tema juhitud elektritööde ohutu tegemise. Elektritöö juhi ja käidukorraldaja vastavus nimetatud nõuetele peab olema hinnatud ja tõendatud elektripersonali sertifitseerimisasutuse poolt elektriohutusseaduses sätestatud korras.

Personali sertifitseerimine

Personali sertifitseerimine ehk isiku nõuetele vastavuse hindamine ja tõendamine elektriohutusseaduse tähenduses on menetlus, mille käigus personali sertifitseerimise asutus hindab ja tõendab kirjalikult pädevustunnistuse väljastamisega ja hilisema järelevalvega käidukorraldaja, elektritöö juhi või tehnilist kontrolli teostava töötaja vastavust nõuetele.

Personalisertifitseerimisel antakse isikule pädevusklasstötamiseks käidukorraldajana, elektritöö juhina või tehnilist kontrolli teostava töötajana, lähtudes elektriseadme või -paigaldise nimipingest ja tööde keerukusest. Pädevusklassi andmisel arvestatakse isiku haridust, töökogemust ja elektriohutuslaseid teadmisi.

Isik, kellele on väljastatud pädevustunnistus, peab alluma personali sertifitseerimise asutuse korraldatavale perioodilisele järelevalvele. Personali sertifitseerimise asutuse korraldatav järelevalve võib hõlmata isiku tööalase tegevuse kohta esitatud kaebuste läbivaatamist või erialastel täienduskoolitustel osalemise hindamist.

Pädevustunnistus tunnistatakse kehtetuks, kui:

- 1) isikut on kohustatud oma pädevust uuesti hinnata laskma ning ta ei ole seda teinud kolme kuu jooksul sellise kohustuse tekkimisest arvates;
- 2) pädevuse uuel hindamisel selgub isiku mittevastavus pädevustunnistuse saamise nõuetele;
- 3) isik ei täida pädevustunnistuse väljastanud isiku järelevalvenõudeid kolme kuu jooksul pädevustunnistuse kehtivuse peatamise hetkest arvates;
- 4) tuvastatakse, et pädevustunnistus saadi seoses pettuse, võltsingu või ebaõigete andmete esitamisega.

Personali sertifitseerimist ja pädevusklasside omistamist reguleerib Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 60, 12.07.2007 „Pädevusklassid ja personali sertifitseerimise kord“.

Tehniline kontroll

Elektripaigaldise tehniline kontroll elektriohutusseaduse on menetlus, mille käigus:

- 1) hinnatakse visuaalkontrolli ja elektripaigaldise dokumentatsiooni, samuti labori mõõtmis- ja katsetustulemuste alusel elektripaigaldise ning selle käidu vastavust elektriohutusseadusele ja selle alusel kehtestatud õigusaktide nõuetele;
- 2) tõendatakse nõuetekohasuse tunnistusega elektripaigaldise vastavust elektriohutus-seadusele ja selle alusel kehtestatud õigusaktide nõuetele.

Tehniliseks kontrolliks vajalikke mõõtmisi võib teha akrediteeritud või mõõteseaduse kohaselt erialaselt pädevaks hinnatud labor, mis on majandustegevuse registris mõõte- ja teimilaborina registreeritud.

Tehnilise kontrolli teostaja elektriohutusseaduse tähenduses on A-, B- või C-tüüpi inspekteerimisasutuse kriteeriumidele vastav inspekteerimisasutus lähtuvalt Eesti standardist EVS–EN ISO/IEC 17020. Tehnilise kontrolli teostaja on ka majandustegevuse registris registreeritud elektritöö ettevõtja, kelle registreeringuandmetes on tehtud vastav märg.

Tehniline kontroll tuleb teostada igas elektripaigaldises enne selle kasutuselevõttu ning ettenähtud juhtudel ja sagedusel pärast kasutuselevõttu. Tehniline kontroll jaguneb kasutuselevõtule eelnevaks, korraliseks ja erakorraliseks tehniliseks kontrolliks.

Erakorraline tehniline kontroll teostatakse, kui elektripaigaldise omanik, kasutaja või käidukorraldaja peab seda ohutuse tagamiseks vajalikuks või kui riikliku järelevalve teostaja seda nõuab.



Joonis 1.4. Tehniline kontroll tuleb teostada igas elektripaigaldises enne selle kasutusele võttu

Tehnilist kontrolli teostav töötaja peab omama kontrollitava elektripaigaldise tehnilistele näitajatele vastav pädevustunnistus, tundma elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli kohta käivaid õigusakte, standardeid ja eeskirju ning tehnilise kontrolli aluseid ja tal peavad olema piisavad kogemused elektripaigaldise tehnilise kontrolli nõuetekohaseks teostamiseks.

Elektriohutusseadus kehtestab tehnilise kontrolli teostajale ka nõuded elektripaigaldise tehnilist kontrolli tulemuste kohta andmete esitamiseks. Nii peab tehnilise kontrolli teostaja, kui eraõiguslik juriidiline isik, esitama Tehnilise Järelevalve Ametile (st riiklikule järelevalve asutusele) andmed elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli kohta ühe nädala jooksul pärast elektripaigaldise kasutuselevõtule eelnevat tehnilist kontrolli ja ühe kuu jooksul pärast esimese ja teise liigi elektripaigaldise korralist tehnilist kontrolli. Nõuded esitatavate andmete kohta täpsustab Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 52, 19.06.2007 „Elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli kohta esitatavate andmete loetelu ja esitamise kord“.

Elektriohutusseaduses toodud nõudeid tehnilise kontrolli kohta täpsustab Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 62, 12.07.2007 „Elektripaigaldise tehnilise kontrolli kord, mahud ning korralise kontrolli juhud ja sagedus“.

Riikliku järelevalve teostaja

Elektriohutusseaduses ja selle alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuete täitmise üle teostab riiklikku järelevalvet Tehnilise Järelevalve Amet.

Elektripaigaldise nõuetele vastavuse üle teostavad oma pädevuse piires järelevalvet ka Tööinspeksioon ja päästeseaduse alusel riiklikku tuleohutusjärelevalvet tegevad asutused.

1.3 ELEKTRIPAIGALDISTEGA SEONDUVAD MÄÄRUSED

1.3.1 MÄÄRUS KAITSEVÖÖNDI KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 19, 26.03.2007 „Elektripaigaldise kaitsevööndi ulatus ja kaitsevööndis tegutsemise kord“

Määrusega sätestatakse elektripaigaldise kaitsevööndi ulatus, kaitsevööndis tegutsemise kord, elektripaigaldise tähistamise nõuded ja elektripaigaldise kaitsmiseks vajalikud abinõud.

Elektripaigaldise kaitsevööndi ulatus

Õhuliini kaitsevöönd on maa-ala ja õhuruum, mida piiravad mõlemal pool piki liini telge paiknevad mõttelised vertikaaltasandid, ning mille ulatus mõlemal pool liini telge:

- 1) kuni 1 kV pingega liinide korral 2 meetrit;
- 2) 1 kuni 20 kV pingega liinidel õhukaabli kasutamise korral 3 meetrit;
- 3) 1 kuni 20 kV pingega liinide korral 10 meetrit;
- 4) 35–110 kV pingega liinide korral 25 meetrit;
- 5) 220–330 kV pingega liinide korral 40 meetrit.

Maakaabelliini maa-ala kaitsevöönd on piki kaabelliini kulgev ala, mida mõlemalt poolt piiravad liini äärmistest kaablitest 1 meetri kaugusel paiknevad mõttelised vertikaaltasandid.

Alajaamade ja jaotusseadmete ümber ulatub kaitsevöönd 2 meetri kaugusele piirdeaiast, seinast või nende puudumisel seadmest.

Elektripaigaldise omanik tagab hoiatusmärgi «Elektrioht» paigaldamise õhuliinide mastidele, alajaamadele ja alajaamu ümbritsevatele aedadele ja vastavalt vajadusele ka muudele objektidele.

Maakaabelliinide pinnasesse paigaldamisel pannakse kaabli kohale kollane hoiatuslint.

Elektripaigaldise kaitsevööndis tegutsev isik peab vältima elektripaigaldise kahjustamist või kahjustumise ohu tekkimist.

Elektripaigaldise omanikul on õigus raiuda kaitsevööndis kasvavad ja elektripaigaldist ohustavad puud ja võsa sellest kinnisasja omanikku eelnevalt teavitades. Eelnevalt teavitamata on õigus raiuda puud ja puude oksad ning võsa, mis on põhjustanud elektripaigaldise rikke või loovad ohtliku olukorra.

1.3.2 MÄÄRUS MADALPINGESEADME JA EMÜ DIREKTIIVIDE KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 24, 10.04.2007 „Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord“.

Nõuded madalpingeseadmele

Määruse 1. peatükis on sätestatud nõudeid kohaldatakse vahelduvpingel 50 kuni 1000 volti ja alalispingel 75 kuni 1500 volti talitlevale madalpingeseadmele. Elektriseadmeks peetakse ka elektriseadme koostamiseks ja elektripaigaldise ehitamiseks kasutatavaid komponente.

Madalpingeseadmele peavad olema loetavalt kantud tema ohutuks kasutamiseks vajalikud andmed nagu tootja nimi või kaubamärk. Kui madalpingeseadmele pole võimalik tootja nime ega kaubamärki kanda, siis peavad need andmed olema kantud madalpingeseadme pakendile.

Kaitseks madalpingeseadme poolt põhjustatavate ohtude vastu peab rakendama meetmeid kindlustamiseks, et:

- 1) inimene ja koduloom on küllaldaselt kaitstud elektrilöögi eest;
- 2) ei teki ohtlikku temperatuuri, elektrikaart ega kiirgust;
- 3) inimene, koduloom ja vara on küllaldaselt kaitstud peale elektrilöögiohu ka muude
- 4) ohtude eest;
- 5) elektriseadme isolatsioon vastab selle eeldatavatele talitlusoludele.
- 6) Eeldatakse, et madalpingeseade vastab nõuetele, kui see täidab harmoneeritud standardites sätestatud ohutusnõuded.

Nõuetele vastavuse hindamise ja tõendamise protseduur koosneb järgmistest toimingutest:

- 1) tehnilise dokumentatsiooni koostamine;
- 2) vastavusdeklaratsiooni koostamine;
- 3) vastavusmärgi paigaldamine

Madalpingeseadme tootja või tema volitatud esindaja peab koostama vastavusdeklaratsiooni, millega ta tõendab madalpingeseadme vastavust nõuetele ja kinnitab seda vastavusmärgi (CE) paigaldamisega elektriseadmele või kui see pole võimalik, siis elektriseadme pakendile, kasutusjuhendile või garantiidokumendile.

Kui elektriseadmele kehtestab nõudeid mõni teine õigusakt, mis samuti näeb ette kohustuse paigaldada enne turule laskmist vastavusmärk, siis kinnitab elektriseadme tootja või tema volitatud esindaja vastavusmärgi paigaldamisega, et elektriseade vastab ka selle õigusakti nõuetele.

Elektriseadme ja -paigaldise elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) nõuded

Määruse 2. peatükis sätestatakse elektriseadme ja -paigaldise elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) olulised nõuded.

Arvestades tehnika taset, peavad elektriseadmed ja -paigaldised olema kavandatud ja valmistatud nii, et nende ettenähtud otstarbel kasutamise korral oleks tagatud, et:

- 1) tekitatavad elektromagnetilised häired ei ületa taset, millest kõrgema taseme korral ei saa raadio- ja telekommunikatsiooniseadmed või teised seadmed ja paigaldised talitleda ettenähtud viisil;
- 2) neil oleks ettenähtud kasutamisel eeldatava elektromagnetilise häire kindlus, mis võimaldab neil talitleda ilma ettenähtud kasutamise kvaliteedi vastuvõetamatu halvenemiseta.

Arvestades nimetatud EMÜ nõudeid ehitatakse elektripaigaldis head inseneritava kohaldades ja võttes arvesse teavet elektriseadme ja -paigaldise koostisosade ettenähtud kasutuse kohta. See hea inseneritava dokumenteeritakse ja dokumentatsiooni tuleb hoida kättesaadavana kogu elektripaigaldise kasutusea vältel.

Tootja või tema volitatud esindaja hindab ja tõendab elektriseadme EMÜ nõuetele vastavust ühte järgnevat protseduuri kasutades:

- 1) järgides harmoneeritud standardi nõudeid ning koostades elektriseadme tehnilise dokumentatsiooni määruses sätestatud korras (sisene tootmisohje);
- 2) kaasates nõuetele vastavuse hindamisse ja tõendamisse teavitatud asutuse.

Elektriseadme vastavust kõigile asjakohastele EMÜ nõuetele tõendab tootja või tootja volitatud esindaja vastavusdeklaratsiooni (viitega direktiivile 2004/108/EÜ) väljastamisega ja seadmele või kui see pole võimalik, siis elektriseadme pakendile, kasutusjuhendile või garantiidokumendile vastavusmärgi (CE) paigaldamisega.

Muud sätted

Määruse 3. peatükis on toodud muud olulised nõuded.

Kui standardite kasutamine on üldreeglina vabatahtlik (mis ei tähenda ka siis kehtestatud ohutusnõuete mittetäitmist ja on standardeid kasutamata raskemini teostatav), siis elektriõhusseaduse nõuete täitmiseks on selle peatüki 20.paragrahviga tehtud standardite nõuete täitmine Eestis kohustuslikuks:

Määruse peatükkides 1 ja 2 reguleerimata osas tuleb «Elektriõhusseaduses» sätestatud elektriõhusalaste nõuete täitmiseks lähtuda vastavatest Eesti standarditest (EVS) või nende puudumisel Rahvusvahelise Elektrotehnikakomisjoni (*International Electrotechnical Commission*) standarditest (IEC) või nimetatutega vastavuses olevatest dokumentidest.

Kui elektriohutuse tagamiseks vajalikud õiguslikud nõuded on toodud seadustes ja määrustes ning tehnilised nõuded vastavates standardites, siis kõnealuses 3. peatükis on järgmine reeglit kinnitav erand:

Maanduselektroodina ja -juhina ei või kasutada vee- või gaasitorusid.

1.3.3 MÄÄRUS TEHNILISE KONTROLLI ANDMETE ESITAMISE KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 52, 19.06.2007 „Elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli kohta esitatavate andmete loetelu ja esitamise kord“

Määrus toob loetelu, millised andmed tehnilise kontrolli teostaja peab sisestama Tehnilise Järelevalve Ameti vastavasse elektroonsesse andmekogusse elektripaigaldise ja selle tehnilise kontrolli teostamise kohta.

1.3.4 MÄÄRUS KÄIDUKORRALDUSE JA ELEKTRITÖÖ NÕUETE KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 53, 19.06.2007 „Käidukorraldusele ja elektritööle esitatavad nõuded“.

Elektripaigaldises käidu- ja elektritöid tehes peab olema tagatud ohutus ning elektripaigaldis peab pärast tööde teostamist vastama „Elektriohutusseadusest“ tulenevatele nõuetele ning olema ettenähtud otstarbel ja viisil kasutamiseks ohutu.

Käidu- ja elektritöödel elektripaigaldises juhendatakse standardist EVS-EN 50110-1 või selle standardi nõuetega vastavuses olevatest dokumentidest.

Elektriohutusseaduses nimetatud elektriohuteadlikkuse kontrollimine tuleb dokumenteerida. Dokumentide koostamisel võib arvestada kõnesoleva määruse lisas esitatud näidiseid. Lisas on toodud elektriohuteadlikkuse kontrolli prokoto kolli näidis ja elektri ku tunnistuse näidis.

ELEKTRIOHUTEADLIKKUSE TUNNISTUS EVS-EN 50110-1	
Isik: (nimi, ametinimetus)	
Tööandja:	
Elektriohuteadlikkuse teoreetilisi teadmisi on kontrollitud töötamiseks (märkida, mis ulatuses)	
Kontrollija: (nimi ja ametipostitsioon)	
Kuupäev:	kontrolli protokoll nr:
Kontrollija allkiri:	



Joonis 1.5 Määruse lisas toodud elektriohuteadlikkuse tunnistuse näidis

Joonis 1.6 Kõik elektritöö tegijad Soomes peavad regulaarselt osalema elektriohutuse koolitustel ja omama vastavat ohutuskaarti

Käidu korraldus käidukava alusel

Kogu käiduga seotud tegevus peab elektriohutusseaduse poolt kohustusliku käidu korraldaja nõude juhtudel toimuma elektripaigaldise organisatsioonilisi, struktuurilisi ja funktsionaalseid iseärasusi arvestava kirjaliku käidukava alusel.

Käidukavas kajastatakse järgmist:

- 1) käidu organisatsiooniline korraldus;
- 2) elektriohuteadlikkus;
- 3) elektripaigaldise dokumentatsioon;
- 4) töökorraldus;
- 5) käidutoimingud.

Toodud kavapunktide sisu on määruses ka täpsemalt selgitatud.

1.3.5 MÄÄRUS PÄDEVUSKLASSIDE JA SERTIFITSEERIMISE KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 60, 12.07.2007 „Pädevusklassid ja personali sertifitseerimise kord“.

Pädevustunnistuste klassid

- (1) Pädevustunnistused jagunevad A-, B-, B1- ja C-klassi pädevustunnistusteks sõltuvalt elektri- ja käidutöödest, mille juhtimiseks tunnistus annab õiguse.
- (2) A-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida elektri- ja käidutöid ning teha tehnilist kontrolli mis tahes tehniliste näitajatega elektripaigaldises.
- (3) B-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida elektri- ja käidutöid ning teha tehnilist kontrolli madalpingelises elektripaigaldises.

- (4) B1-klassi pädevustunnistus annab õiguse:
- 1) juhtida elektripaigaldise ehitustöid madalpingelises elektripaigaldises peakaitsme nimivooluga kuni 63 A, välja arvatud projekteerimise ja tehnilise kontrolli töid;
 - 2) olla käidukorraldaja madalpingelises elektripaigaldises peakaitsme nimivooluga kuni 250 A.
- (5) C-klassi pädevustunnistus annab õiguse juhtida madalpingelise elektriseadme, kuid mitte elektripaigaldise, remonditöid.
- (6) Projekteerimise ja tehnilise kontrolli tegemise õigus kaasneb pädevusklassiga vaid siis, kui isikul on elektrialane kõrgharidus. Erandina võib personali sertifitseerimisasutus anda pädevusklassi piires projekteerimistööde ja tehnilise kontrolli tegemise õigust, kui isik tõestab veenvalt oma projekteerimistöö või tehnilise kontrolli tegemise oskust ja sellealast varasemat kogemust.

Haridus- ja töökogemusnõuded

- (1) A-klassi pädevustunnistuse taotlemiseks peab isik sooritama pädevuseksami ja omama vähemalt:
- 1) elektriinseneri kutsekvalifikatsiooni ja vähemalt üheaastast vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust kõrgepingepaigaldises;
 - 2) elektrialast kõrgharidust, kusjuures 4-aastase nominaalse õppeaja puhul vähemalt üheaastast vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust kõrgepingepaigaldises ja 3-aastase nominaalse õppeaja puhul vähemalt kaheaastast vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust (sellest vähemalt üks aasta kõrgepingepaigaldises) või
 - 3) B-klassi pädevustunnistust ja selle väljastamisest alates vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt kahe aasta jooksul kõrgepingepaigaldises ning keskharidust.
- (2) B-klassi pädevustunnistuse saamiseks peab isik sooritama pädevuseksami ja omama vähemalt:
- 1) elektrialast kõrgharidust, kusjuures 4-aastase nominaalse õppeaja puhul vähemalt üheaastast vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust ja 3-aastase nominaalse õppeaja puhul vähemalt kaheaastast vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust;
 - 2) elektriinseneri kutsekvalifikatsiooni;
 - 3) elektrik-III kutsekvalifikatsiooni;
 - 4) keskharidust ja elektrik-II kutsekvalifikatsiooni ning selle omistamisest alates vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt kahe aasta jooksul;
 - 5) elektrialast kutsekeskharidust ja vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt nelja aasta jooksul;
 - 6) muu tehnilise eriala kõrgharidust, kui elektriala põhi- ja eriainetes õppemaht on vähemalt 30 ainepunkti, ja vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt kolme aasta jooksul või

- 7) B1-klassi pädevustunnistust ning selle väljastamisest alates vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt kahe aasta jooksul ja keskharidust.
- (3) B1- või C-klassi pädevustunnistuse saamiseks peab isik sooritama pädevuseksami ja omama vähemalt:
 - 1) elektrialast kõrgharidust ja vastavate elektritööde kogemust, mis on omandatud vähemalt poole aasta jooksul;
 - 2) muu tehnilise eriala kõrgharidust, kui elektriala põhi- ja eriainete õppemaht on vähemalt 30 ainepunkti, ja vastavate elektritööde juhtimiseks ettevalmistavat töökogemust, mis on omandatud vähemalt ühe aasta jooksul või
 - 3) elektrialast kutseharidust või elektrik-I kutsequalifikatsiooni ja vastavate elektritööde kogemust, mis on omandatud vähemalt kahe aasta jooksul.

Personali sertifitseerimise asutuse poolne järelevalve

Personali sertifitseerimise asutus teostab järelevalvet enda väljastatud pädevustunnistusega isikute jätkuva nõuetele vastavuse üle. Selline järelevalve võib hõlmata isiku kohta esitatud tööalaste kaebuste läbivaatamist ja erialasel täienduskoolitusel osalemise hindamist.

Pädevustunnistuse kehtivus peatatakse kolmeks kuuks, kui isik ei allu personali sertifitseerimise asutuse poolt esitatud õiguspärasele järelevalvelistele nõudmistele, sellise nõude tekkimise hetkest arvates.

Kui isik ei täida kolme kuu jooksul pädevustunnistuse kehtivuse peatamise hetkest arvates järelevalvelisi nõudeid, tunnistatakse pädevustunnistus kehtetuks.

Erialastel täienduskoolitustel osalemise hindamine

Tõendamaks isiku teadmiste ja oskuste jätkuvat vastavust pädevusnõuetele, esitab isik enne aruandeperioodi lõppu pädevustunnistuse väljaandjale andmed aruandeperioodi jooksul osaletud erialaste täienduskoolituste kohta.

Aruandeperioodi arvestatakse pädevustunnistuse väljastamise hetkest. Aruandeperiood on neli aastat.

Erialase täienduskoolituse mahuks loetakse minimaalselt 32 akadeemilist koolitustundi, mis on läbitud aruande tähtajast arvestades mitte rohkem kui neli aastat tagasi.

Aruandluseks sobivad erialase täienduskoolituse teemad peavad seonduma vastava pädevusklassi elektritööga ning olema personali sertifitseerimise asutuse poolt aktsepteeritud.

1.3.6 MÄÄRUS TEHNILISE KONTROLLI KOHTA

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 62, 12.07.2007 „Elektripaigaldise tehnilise kontrolli kord, mahud ning korralise kontrolli juhud ja sagedus“.

Määrus esitab nõuded kasutuselevõtule eelnevale, korralisele ja erakorralisele elektripaigaldise tehnilisele kontrollile.

Määruse nõudeid kohaldatakse sõltuvalt elektripaigaldise tehnilistest andmetest kõigi ehitatud või renoveeritud ja kasutuselolevate elektripaigaldiste või nende osade (edaspidi *elektripaigaldised*) kohta, mida soovitakse kasutusele võtta või kasutada.

Eluruumi (sealhulgas suvila) ja elamu teenindamiseks vajaliku ehitise ning „Ehituseaduse“ sätestatud väikeehitise ja ajutise ehitise elektripaigaldise puhul pole elektripaigaldise korraline tehniline kontroll kohustuslik.

Kontroll on kohustuslik majandustegevuseks kasutatava eluruumi ja väikeehitise ning kahe või enam korteriga hoone korterivaldajate ühiskasutuses oleva elektripaigaldise puhul. Korterite aadressi kasutamine ainult äriregistri registreeringuks ei tähenda seal majandustegevust.

Elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistus on kasutuselevõtule eelneva või korralise tehnilise kontrolli teostaja poolt väljastatud dokument, mis tõendab elektripaigaldise vastavust „Elektriohutuseseaduse“ nõuetele ning elektripaigaldise valmisolekut pingestamiseks ja ettenähtud otstarbel kasutusele võtmiseks ning kasutamiseks ja elektripaigaldise käidu vastavust nõuetele.

Kasutuselevõtule eelnev tehniline kontroll

Kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolliga hindab tehnilise kontrolli teostaja elektripaigaldise ja selle käidukorraldaja vastavust „Elektriohutuseseaduse“ nõuetele ning tõendab elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistusega elektripaigaldise valmisolekut ettenähtud otstarbel kasutusele võtmiseks ja kasutamiseks.

Kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolli teostamiseks esitab elektripaigaldise ehitaja tehnilise kontrolli teostajale:

- 1) taotluse kasutuselevõtule eelnevaks tehniliseks kontrolliks;
- 2) kirjaliku kinnituse, et sama elektripaigaldist ei ole esitatud mõnele teisele tehnilise kontrolli teostajale kontrollimiseks;
- 3) elektripaigaldise projekt koos teostusjooniste ja võimalike parandustega ning kui „Elektriohutuseseaduse“ kohaselt on nõutud ka elektripaigaldise projekti ekspertiisi, siis ka ekspertiisi akt;
- 4) elektripaigaldise käidukorraldajat määrava dokumendi;
- 5) elektripaigaldise ehitaja nõuetekohasuse deklaratsiooni koos visuaalkontrolli protokolliga;

- 6) madalpingeliste aparaadikooste (näiteks jaotuskeskuste) vastavusdeklaratsioonid;
- 7) kaetud tööde aktid koos vastavate joonistega (vähemalt maandusseadme, maa-kaablite, kaetud installatsiooni ja kaabelkütte kohta);
- 8) tehnilise kontrolli teostamiseks vajalikus mahus «Elektriohutusseaduse» nõuetele vastava labori poolt teostatud asjakohased elektripaigaldise kontrollmõõtmiste, teimide ja katsetuste protokollid koos kokkuvõtva aruandega (vt lisa 4);
- 9) seadistamist vajavate seadmete seadistustööde aktid;
- 10) võimalike eriotstarbeliste seadmete mõõtmiste- ja katsetuste protokollid vastavalt tootja nõuetele;
- 11) elektripaigaldise võrguühenduse tehnilised tingimused või liitumispunkti või ühenduspunkti määratleva dokumendi koopia.

Tehnilise kontrolli teostaja hindab pisteliselt projektis ja muudes dokumentides esitatu vastavust elektriohutusseaduse ja selle alusel kehtestatud õigusaktide nõuetele. Tehnilise kontrolli teostajal on õigus põhjendatud juhtudel teha dokumentatsioonile detailset hindamist või vajadusel taotleda täiendavate asjakohaste dokumentide ning lisateabe esitamist.

Tehnilise kontrolli teostaja teeb elektripaigaldise ehitaja esindaja juuresolekul:

- 1) visuaalkontrolli toimingud, mille käigus veendub, et elektripaigaldis on ehitatud vastavalt projektile, kehtivatele normdokumentidele ja tootja asjakohastele paigaldus- või kasutusjuhenditele ega ole ohtu põhjustaval viisil nähtavalt kahjustunud;
- 2) vajadusel pistelisi kontrollmõõtmisi, mille käigus ta veendub, et elektripaigaldise katsetuste ja kontrollmõõtmiste protokollides toodud tulemused on usutavad.

Oluliste puuduste ilmnemisel esitatakse elektripaigaldis pärast nende kõrvaldamist samale tehnilise kontrolli teostajale järelkontrolliks.

Korraline tehniline kontroll

Korralise tehnilise kontrolliga hinnatakse elektripaigaldise ja selle käidu vastavust elektriohutusseadusega kehtestatud nõuetele ning vastavuse korral tõendatakse seda elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistusega.

Elektripaigaldise korralise tehnilise kontrolli teostamise tähtaega arvestatakse:

- 1) esmakordsel korralisel tehnilisel kontrollil üldjuhul elektripaigaldise kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolli kuupäevast;
- 2) edaspidi eelmise korralise kontrolli või korralise kontrolli mahus teostatud era-korralise tehnilise kontrolli tegemise kuupäevast.

Edaspidised korralised tehnilised kontrollid tuleb teha järgmise perioodisega:

- 1) 1. liigi elektripaigaldises kord kolme aasta jooksul;
- 2) 2. liigi elektripaigaldises kord viie aasta jooksul;
- 3) 3. liigi elektripaigaldistes kord kümne aasta jooksul.

Erandina võib «Elektriturseaduse» alusel tegutseva võrguettevõtja ja tootja elektripaigaldises korralist tehnilist kontrolli teha määruises toodud tingimustel pikema perioodisega.

Elektripaigaldise korralise tehnilise kontrolli teostamisel võtab tehnilise kontrolli teostaja aluseks järgnevalt loetletud dokumendid:

- 1) taotlus korraliseks tehniliseks kontrolliks;
- 2) kirjaliku kinnituse, et sama taotlust elektripaigaldise korraliseks tehniliseks kontrolliks ei ole esitatud mõnele teisele tehnilise kontrolli teostajale;
- 3) elektripaigaldise käidukorraldajat määrava dokumendi;
- 4) elektripaigaldise käidukava;
- 5) elektripaigaldise eelmise kontrolli dokumendid;
- 6) elektripersonali olemasolul selle elektriõhusalaste teadmiste hindamise dokumendid;
- 7) elektripaigaldise liitumispunkti ja ettenähtud peakaitsme nimivoolu määrava dokumendi;
- 8) elektripaigaldise tegelikkusele vastavad skeemid, joonised;
- 9) elektripaigaldise laiendus- ja ümberehitustööde kohta asjakohased joonised ja kontrolliprotoollid;
- 10) kaetud tööde joonised maandusseadme ja maakaablite kohta;
- 11) korralise tehnilise kontrolli teostamiseks vajalik mahus „Elektriõhusaduse“ nõuetele vastava labori poolt teostatud asjakohased elektripaigaldise mõõtmiste protokollid koos kokkuvõtva aruandega;
- 12) kaitseaparaatide seadistustööde aktid.

Kui seadmete kontrollmõõtmiste, teimide ja katsetuste tähtajad on määratud elektriõhusadme tootja poolt või vastavas standardis, aeguvad need vastavalt tootja või standardis määratud tähtaegadel. Kui tootja pole tähtaega määranud või kui asjakohases standardis tähtaega ei sätestata, lähtutakse kõnesolevas määruises sätestatud korralise kontrolli tähtaegadest.

Käidukorraldaja või omaniku juuresolekul toimub elektripaigaldise korraline tehniline kontroll, mille käigus:

- 1) hinnatakse käidukorraldust, st kas elektripaigaldise käit on korraldatud viisil, mis tagab õhusadme ning kas paigaldises on sooritatud käidukava kohased toimingud;
- 2) teostatakse visuaalkontrolli toimingud, mille käigus veendutakse, et elektripaigaldis vastab selle kohta kehtivatele nõuetele ja tootja asjakohastele paigaldus- või kasutusjuhenditele ega ole õhtu põhjustaval viisil nähtavalt kahjustunud;
- 3) vajadusel teostatakse pistelised kontrollmõõtmised, mille käigus veendutakse, et elektripaigaldise katsetuste ja kontrollmõõtmiste protokollides toodud tulemused on õhusavad.

Tehnilise kontrolli teostaja peab teatama elektripaigaldise käidukorraldajale või omanikule kõigest kontrolli käigus ilmnenuõd elektriõhusadme või -paigaldise nõuetele mittevastavustest. Kui tehnilise kontrolli teostaja avastab korralise kontrolli käigus, et elektriõhusadme või -paigaldise kasutamine põhjustab õtsest õhtu (vt lisa 5), peab

ta sellest teatama kirjalikult seadme või paigaldise käidukorraldajale või omanikule. Seejuures peab ta tegema ettepaneku seadme või paigaldise koheseks elektrivõrgust väljalülitamiseks ja/või selle kasutamise lõpetamiseks.

Pärast ilmnunud oluliste ja käiduohutust vähendavate puuduste kõrvaldamist esitab käidukorraldaja või omanik elektripaigaldise samale tehnilise kontrolli teostajale järelkontrolliks.

Erakorraline tehniline kontroll

Erakorralise tehnilise kontrolli ulatuse ja kontrollimisel aluseks võetavad normdokumendid määrab kontrolli tellija. Seega sobib erakorraline kontroll mingile paigaldise osale või tekkinud probleemile hinnangu andmiseks.

Kontrollimeetodite ning mõõtelabori kaasamise vajaduse üle otsustab tehnilise kontrolli teostaja. Kontrolli tulemused vormistab tehnilise kontrolli teostaja vastavalt oma protseduurireeglitele, meetodikatele ja teistele kirjalikele juhistele.

Tehnilise kontrolli dokumentatsiooni vormistamine

Kui tehnilise kontrolli teostaja avastab kontrollimisel, et elektriseadme või -paigaldise kasutamine põhjustab otsest ohtu, teatab ta sellest kirjalikult seadme või paigaldise omanikule. Otseste ohu kohese mitte kõrvaldamise korral peab tehnilise kontrolli teostaja saatma omanikule edastatud otseste ohu teatise koopia viivitamatult Tehnilise Järelevalve Ametile, kes rakendab vajalikud meetmed.

Pärast tehnilist kontrolli koostab tehnilise kontrolli teostaja aruande, milles on fikseeritud kõik vajalikud elektripaigaldist ja selle kontrolli puudutavad andmed ning antud hinnang elektripaigaldise ja selle dokumentatsiooni ning käidu vastavusele kehtestatud elektriohutusala- ja nõuetele.

Pärast puuduste kõrvaldamise järelkontrolli koostab tehnilise kontrolli teostaja vajadusel uue aruande või kinnitab kirjalikult elektripaigaldise omanikule väljastatud aruandel ja enda aruande koopia puuduste kõrvaldamist ning näitab otsuse elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistuse väljastamiseks.

Elektriohutusseadusega kehtestatud nõuetele vastavuse korral väljastab tehnilise kontrolli teostaja mõistliku aja jooksul elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistuse.

ELEKTRIPAIGALDISE NÕUETEKOHASUSE TUNNISTUS

omaniku nimi
ehitis (selle osa)
aadressil Tänav nr 00, Küla/Linn/Vald/Maakond

... tüüpi inspekteerimisasutus /Asutuse nimi MTR-i registrikood/ akrediteerimistunnistusega nr.... (või 3 liigi elektripaigaldise korralise tehnilise kontrolli puhul ka elektritöö ettevõtja nimi ja MTR-i registrikood) ... tõendab, et nimetatud ehitise elektripaigaldises on 00.00 – 00.00.2007. a tehtud **kasutuselevõtule eelnev / korraline tehniline kontroll**.

Elektripaigaldis või selle osa vastab kehtestatud ohutusnõuetele ja selle võib ettenähtud otstarbel kasutamiseks *pingestada / kasutada*.

Tunnistus on välja antud «Elektriohutusseaduse» alusel ja kehtib koos elektripaigaldise tehnilise kontrolli aruandega (*aruande rekvisiidid*).

Järgmise tehnilise kontrolli tähtaeg:

/allkiri/

Eesnimi Perekonnanimi
ametinimi

Välja antud 00.00.2007
Tunnistuse nr 000 - 3

Joonis 1.7 Määruse lisas toodud elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistuse teksti näidis

Väljastatud elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistus kehtib koos elektripaigaldise kasutuselevõtule eelneva või korralise või erakorralise tehnilise kontrolli viimase aruandega.

Tehnilise kontrolli määrus sisaldab peale nõuetekohasuse tunnistuse teksti näidise veel lisasid kontrolli aruannete, oluliste puuduste ja otsese ohu näidete ning mõõtekatsetööde loetelude kohta.

1.4 OLULISEMAD ELEKTRIPAIGALDISTE STANDARDID

Nagu eespool jaotises 1.2.3 juba oli toodud, on Majandus- ja kommunikatsiooniministri määruse nr 24, 10.04.2007 „Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord“ paragrahviga 20 tehtud standardite nõuete täitmine Eestis kohustuslikuks:

“Määruse peatükkides 1 ja 2 reguleerimata osas tuleb «Elektriohutusseaduses» sätestatud elektriohutusalaste nõuete täitmiseks lähtuda vastavatest Eesti standarditest (EVS) või nende puudumisel Rahvusvahelise Elektrotehnikakomisjoni (*International Electrotechnical Commission*) standarditest (IEC) või nimetatutega vastavuses olevatest dokumentidest.”

Seega Eestis ülevõetud Euroopa standardimisorganisatsiooni CENELEC standardid on täitmiseks kohustuslikud.

CENELEC liikmed on järgnevate Euroopa Ühenduse rahvusriikide elektrotehnika komiteed:

Austria, Belgia, Bulgaaria, Horvaatia, Küpros, Tšehhi Vabariik, Taani, Eesti, Soome, Prantsusmaa, Saksamaa, Kreeka, Ungari, Island, Iirimaa, Itaalia, Läti, Leedu, Luksemburg, Malta, Holland, Norra, Poola, Portugal, Rumeenia, Slovakkia, Sloveenia, Hispaania, Rootsi, Šveits ja Suurbritannia.

Käeolevas Soome keelest tõlgitud raamatus on tihti viiteid Soome standardeile, näiteks SFS 6000, mis sisaldab kogumina ka alltoodud rahvusvahelisi standardeid. Samas on ka Soomes ülevõetud üksikstandardeid, mille tähistusest tunneb ära rahvusvahelised standardid ja seega ka Eestis ülevõetud standardid. Näiteks Soome SFS-EN 60898 on Eestis EVS-EN 60898.

- EVS-HD 60364-1 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldise-loomustus, määratlused
- EVS-HD 60364-4-41 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest
- EVS-IEC 60364-4-42 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-42: Kaitseviisid. Kaitse kuumustoime eest
- EVS-HD 60364-4-43 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse
- HD 60364-4-442 Low voltage electrical installations - Part 4-442: Protection for safety- Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low voltage system. (hetkel Eestis veel üle võtmata)
- EVS-HD 60364-4-443 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 4-44: Kaitseviisid. Kaitse pingehäirete ja elektromagnetiliste häirete eest. Jaotis 443: Kaitse pikse- ja lülitusliigpingete eest
- EVS-HD 60364-4-444 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-444: Kaitseviisid. Kaitse pingehäiringute ja elektromagnetiliste häiringute eest
- EVS-HD 60364-5-51 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 5-51: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Üldjuhised
- EVS-HD 60364-5-52 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Juhistikud
- EVS-HD 60364-5-534 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-53: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Kaitselahutamine, lülitamine ja juhtimine. Jaotis 534: Liigpingekaitsevahendid

- EVS-HD 60364-5-54 “Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine ja kaitsejuhid
- EVS-HD 60364-5-551 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-55: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Muud seadmed. Jaotis 551: Madalpingelised generaatoragregaadid
- EVS-HD 60364-5-559 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 5-55: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Jagu 559: Valgustid ja valgustuspaigaldised
- EVS-HD 60364-6 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 6: Kontrollitoimingud
- EVS-HD 60364-7-701 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-701: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Vanne ja dušše sisaldavad ruumid
- EVS-HD 60364-7-702 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-702: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Ujumisbasseinid ja purskkaevud”
- EVS-HD 60364-7-703 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-703: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Saunakeriseid sisaldavad ruumid ja kabiinid
- EVS-HD 60364-7-704 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-704: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Ehituspaikade paigaldised
- EVS-HD 60364-7-705 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-705: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Põllundus- ja aiandusehitised
- EVS-HD 60364-7-706 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-706: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Ahtad juhtivad paigad
- EVS-HD 60364-7-708 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-708: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Sõidukelamuväljakud, kämpinguväljakud ja muud samalaadsed paigad
- EVS-HD 60364-7-709 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-709: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Huvisõidusadamad ja muud samalaadsed paigad
- EVS-IEC 60364-7-710 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-710: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Ravipaigad
- EVS-HD 384.7.711 S1 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-711 Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Messide, näituste, väljapanekute ja lõbustuspaikade elektripaigaldised
- EVS-HD 60364-7-712 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-712: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Solaar-fotoelektrilised toiteallikad

- EVS-HD 384.7.714 S1 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7 Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Jagu 714: Välisvalgustuspaigaldised
- EVS-HD 60364-7-715 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-715: Nõuded eripaigaldistele ja paikadele. Väikepingelised valgustuspaigaldised
- EVS-HD 60364-7-717 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-717: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Liikuvad ja veetavad üksused
- EVS-HD 60364-7-721 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-721: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Sõidukelamute elektripaigaldised
- HD 60364-7-722 Low voltage electrical installations - Part 7-722: Requirements for special installations or locations - Supply of Electric vehicle (hetkel Eestis veel üle võtmata)
- EVS-HD 60364-7-729 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-729: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Teenindus- ja hoolduskäigud
- EVS-HD 60364-7-740 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-740: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Peoplatside, meelelahutusparkide ja tsirkuste tarindite, meelelahutusseadmete ja kioskite ajutised elektripaigaldised
- EVS-HD 384.7.753 S1 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7: Nõuded eripaigaldistele ja –paikadele. Jagu 753: Põranda- ja laeküte

1.5 ELEKTRIPAIGALDISI ISELOOMUSTAVAD MÄÄRATLUSED

Järgnevalt toodud määratlused esinevad hoonete elektripaigaldisi puudutavas seadusandluses, standardites ja juhistes.

Erottaminen

isolation

kaitselahutamine

Toiming, mille abil ohutuse tagamiseks kogu elektripaigaldis või selle osa tehakse pingetuks lahutamise teel kõigist elektrienergiaallikatest.

Este

protective obstacle

kaitsetõke

Osa, mis väldib tahtmatut, kuid mitte kavatsatud toiminguga kaasnevat otsepuudet.

Hätäkytkentä
emergency switching-off

hädaväljalülitamine

Lülitusaparaadi väljalülitustoiming eesmärgiga katkestada elektripaigaldise elektritoide, et ära hoida või vähendada ohtu.

Hätäpysäytys
emergency stopping

hädaseiskamine

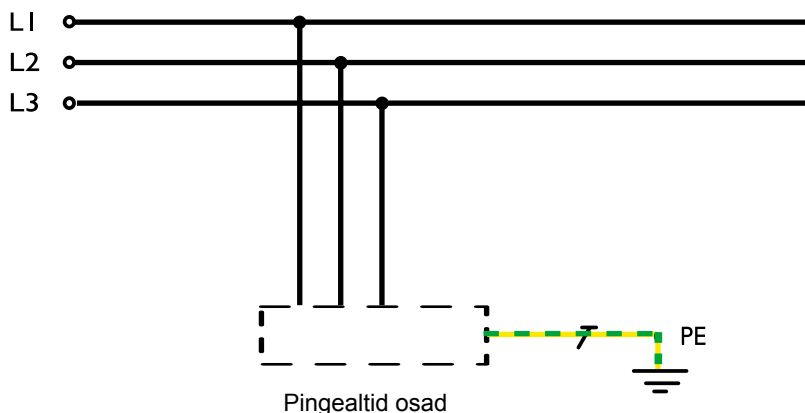
Toiming ohtlikuks muutunud liikumise võimalikult kiireks peatamiseks.

IT-järjestelmä

IT-system

IT-süsteem

Juhistikusüsteem, kus ükski pingestatud osa ei ole vahetult maandatud. Elektripaigaldise pingeltid juhtivad osad on vahetult maandatud (vt. joonis 1.9).



Joonis 1.9. IT süsteem

Johtojärjestelmä
wiring system

juhistik

Ühe või mitme isoleeritud juhtme, kaabli või lattliini kogum koos kinnitust ja, kui vaja, mehaanilist kaitset tagavate osadega.

Jännitteelle altis osa
exposed-conductive-part

pingealdis juhtiv osa

Seadme juhtiv puutevõimalik osa, mis normaalselt ei ole pingestatud, kuid võib pingestuda põhiisolatsiooni rikke tagajärjel.

Jännitteinen osa

live part

pingestatud osa, aktiivosa

Normaaltalitusel pingestatuna ettenähtud juht või juhtiv osa, sealhulgas neutraaljuht, kuid vastavalt kokkuleppele mitte PEN-juht.

Jäännösvirta

residual current

diferentsvool

Kõigi pingestatud juhtide voolude algebraline summa ühelsamal hetkel elektripaigaldise elektriahela antud punktis.

Kaksoiseristys

double insulation

topeltisolatsioon

Nii põhi- kui ka lisaisolatsiooni sisaldav isolatsioon.

Kiinteä laite

stationary equipment

kohtkindel seade

Kohtkindlalt kinnitatud seade või käepidemeta seade, mille mass on piisavalt suur, et seda ei ole kerge teisaldada. Olmeseadmeid puudutavates standardites on selliseks kaalu piirnormiks 18 kg.

Kiinteästi asennettu laite

fixed equipment

liikumatult kinnitatud seade

Elektriseade, mis on kinnitatud kandetarindile või muul viisil kindlalt paigaldatud.

Kosketusetäisyys

arm's reach

puuteküündivus, käeulatus

Puuteks juurdepääsetav kaugem ala mingist punktist pinnalt, millel inimesed tavaliselt seisavad või liiguvad, ligikaudu piirini, milleni inimene võib käega, ilma abita mis tahes suunas küündida.

Kosketusjännite

touch voltage

puutepinge

Pinge üheaegselt puutevõimalike juhtivate osade vahel, kui inimene või loom neid osi puudutab.

Kotelointi

enclosure

ümbris

Kest, kere või muu taoline väliskate, mille ehitus ja kaitseaste vastavad ettenähtud kasutusviisile.

Kulutuslaite [sähkö kulutuskoje]

current-using equipment

elektritarviti

Elektriseade, mis on ette nähtud elektrienergia muundamiseks muuks energialiigiks, nt valguseks, soojuseks või mehaaniliseks energiaks.

Kuormitettavuus

current-carrying capacity

kestvalt lubatav vool

Suurim vool, millega võib juhti, seadet või aparaati etteantud oludes kestvalt koormata, ilma et selle kestav temperatuur ületaks lubatavat väärtust.

Kytkinlaite

switchgear and controlgear

lülitusaparatuur

Seadmed, mis on ette nähtud ühendada elektriahelaga ühe või mitme järgmise ülesande täitmiseks: kaitse, juhtimine, kaitselahutamine, lülitamine.

Kädessä pidettävä laite

hand-held equipment

käsiseade, käeshoitav seade

Elektriseade, mis normaaltalitusel on ette nähtud keshoidmiseks.

Käyttökytkentä

functional switching

talituslülitamine

Toiming, mis on ette nähtud elektripaigaldise või selle osade elektritoite sisse-, välja- või ümberlülitamiseks normaaltalitusel

Liittymiskohta

origin of the electrical installation

liitumispunkt

Punkt, milles paigaldisse antakse elektrienergia.

Lisäeristys

supplementary insulation

lisaisolatsioon

Iseseisev, rikkekaitseks lisaks põhiisolatsioonile kasutatav isolatsioon.

Lisäsuojaus

additional protection

lisakaitse

Lisaks põhi- ja/või rikkekaitsele kasutatav kaitsevõte.

Maadoituselektrodi

earth electrode

maandur, maanduselektrood

Maaga kontaktis olev juhtiv osa, mis võib olla paigutatud juhtivasse eriainesse, nt. betooni.

Maadoitusjohdin

earthing conductor

maandusjuht

Juht, mis loob juhtiva ühenduse või osa juhtivast ühendusest võrgu, paigaldise või seadme teatud punkti ja maanduri vahel.

Maadoitusimpedantsi

impedance to earth

maandus-näivtakistus, maandusimpedants

Võrgu, paigaldise või seadme teatud punkti ja nullpotentsiaaliala vaheline näivtakistus antud sagedusel.

Muu johtava osa

extraneous conductive part

kõrvaline juhtiv osa

Elektripaigaldisse kuulumatu juhtiv osa, mis võib elektrilist, enamasti kohaliku maa potentsiaali sisse tuua.

Nimellisjännite

nominal voltage

nimipinge

Pinge, millega paigaldist või selle osa iseloomustatakse ja määratletakse.

Nollajohdin

neutral conductor

neutraaljuht

Neutraalpunktiga ühendatud ja elektrienergia jaotamises osaleda võiv juht.

Oikosulkuvirta

short-circuit current

lühisvool

Elektrivool antud lühisekohas.

PELV-järjestelmä

PELV system

PELV-süsteem, maandatav kaitsevääikepingesüsteem

Elektriline süsteem, milles pinge ei saa tõusta kõrgemaks kui väikepinge (ELV) ei normaaloludes ega üksikrikke oludes, väljaarvatult teiste elektriahelate maaühenduse korral

Perustusmaadoituselektrodi
foundation earth electrode

vundamendimaandur

Juhtiv osa, mis on paigaldatud pinnasesse ehitise vundamendi alla või, eelistatavamalt, ehitise vundamendi betoonisse enamasti kinnise kontuurina.

PEN-johdin
PEN conductor

PEN-juht

Juht, mis toimib nii kaitsemaandus- kui ka neutraaljuhina.

Peruseristys
basic insulation

põhiisolatsioon

Ohtlike pingestatud osade isolatsioon, mis tagab põhikaitse.

Perussuojaus
basic protection

põhikaitse

Kaitse elektrilöögi eest rikkevabas olukorras.

Pienoisjännite
extra-low voltage (ELV)

väikepinge

Pinge, mis vahelduvpingel ületa väärtust 50 V või alalispingel 120 V.

Poiskytkentä mekaanisen huollon takia
switching-off for mechanical maintenance

väljalülitamine mehaaniliseks hoolduseks

Lülitusaparaadi väljalülitustoiming, millega tehakse mittetalitlevaks elektriliselt käitav seade või seadmed, et vältida neil seadmeil tehtavate mitteelektritööde ajal muid ohtusid kui elektrilöök või elektrikaare toime.

Potentiaalintasaus
equipotential bonding

potentsiaaliühthlustus

Juhtivate osade elektriline ühendamine võrdpotentsiaalsuse saavutamiseks.

Potentiaalintasausjohdin
bonding conductor

potentsiaaliühthlustusjuht

Kaitsejuht, mis on ette nähtud potentsiaaliühthlustuseks.

Pääjohto
distribution circuit

jaotusvooluahel

Vooluahel, mis toidab üht või mitut jaotuskeskust.

Pääjännite

line-to-line voltage

äärejuhtide vaheline pinge; faasidevaheline pinge

Pinge kahe äärejuhi vahel elektriahela antud punktis.

Päämaadoituskisko; päämaadoitusliitin;

main earthing terminal, main earthing busbar,

peamaandusklemm; peamaanduslatt

Klemm või latt, mis kuulub paigaldise maandussüsteemi ja võimaldab mitme juhi elektrilist külgeühendamist nende maandamise eesmärgil.

Referenssimaa

reference earth

kauge maa (nullpotentsiaaliala)

Maa juhtivana käsitletav osa, mis asub väljaspool maanduspaigaldiste toimeala ja mille elektriline potentsiaal tinglikult loetakse nulliks.

Rühmäjohto

final circuit

lõppvooluahel

Vooluahel, mis on ette nähtud elektritarvitite või pistikupesade elektritoiteks.

Samanaikaisesti kosketeltavat osat

simultaneously accessible parts

üheaegselt puudutatavad osad

Juhid või juhtivad osad, mida inimene või loom võib ühelsamal ajal puudutada.

SELV-järjestelmä

SELV system

SELV-süsteem (maandusvaba kaitseväikepingesüsteem)

Elektriline süsteem, milles pinge normaaloludes ega üksikrikke oludes, sealhulgas teiste elektriahelate maaühenduse korral, ei saa tõusta kõrgemaks kui väikepinge (ELV).

Siirrettävä laite

mobile equipment

teisaldatav seade

Elektriseade, mida saab teisaldada talitluse ajal või mida saab kergesti ümber paigutada ühest kohast teise, kui see on ühendatud toiteallikaga.

Suojaerotus

(electrically) protective separation

kaitseeraldus

Ühe elektriahela eraldamine teisest topeltisolatsiooniga, põhiisolatsiooni ja elektrilise kaitsevarjega või tugevdatud isolatsiooniga.

Suojajohdin

protective conductor

kaitsejuht (tähis PE)

Juht, mis on ette nähtud ohutuse tagamiseks, nt kaitseks elektrilöögi eest.

Suojamaadoitus

protective earthing

kaitsemaandus

Võrgu, paigaldise või seadme ühe või mitme punkti maandamine elektriohutuse eesmärgil.

Suojamaadoitusjohdin

protective earthing conductor

kaitsemaandusjuht

Kaitsejuht, mis on ette nähtud kaitsemaandamiseks

Suojaus (kosketus)

protective barrier

elektriline) kaitsekate

Osa, mis kaitseb igast harilikust ligipääsusuunast tuleva otsepuute eest.

Suurin kosketusjännite

prospective touch voltage

arvutuslik puutepinge, puute-eelne pinge

Pinge üheaegselt puutevõimalike juhtivate osade vahel, kui inimene või loom neid osi ei puuduta.

Syötön auttomaahtinen poiskytkentä

automatic disconnection of supply

toite automaatne väljalülitamine

Ühe või mitme äärejuhtme väljalülitamine kaitseseadme automaatse talitlemise toimel rikke korral.

Sähkölaitteisto

electrical installation

elektripaigaldis

Omavahel kokkusobitatud tunnussuurustega elektriseadmete kindla otstarbega valmispaigaldatud kogum. (Elektripaigaldise kohta kasutatakse mõnikord terminit installatsioon.)

Sähköinen erotus

electrical separation

elektriline eraldus

Kaitsevõte, mis seisneb ohtlike pingestatud osade isoleerimises kõigist muudest elektriahelatest ja osadest, kohalikust maast ja puute eest.

Sähköisku
electric shock
elektrilöök

Füsioloogiline toime, mida põhjustab inimese või looma keha läbiv elektrivool.

Sähkõlaite
electric equipment
elektriseade

Seade, mida kasutatakse elektrienergia tootmiseks, muundamiseks, edastamiseks, jaotamiseks ja tarbimiseks, nt elektrimasinad, trafod, lülitusaparaadid, mooteriistad, kaitseaparaadid, juhistikud ja elektritarvitid.

Sähkõlaitteiden suojausluokka
electrical protection class

elektriseadme kaitseklass liigitab elektriseadmeid neis kaitseks elektrilöögi eest kasutatud kaitsevõtte alusel.

0 kaitseklassi seadmes kasutatakse põhikaitkena põhiisolatsiooni ja rikkekaitset ei ole.

I kaitseklassi seadmes kasutatakse põhikaitkena põhiisolatsiooni ja rikkekaitkena kaitsejuhti.

II kaitseklassi seadmes kasutatakse põhikaitseks on põhiisolatsiooni ja rikkekaitseks lisaisolatsiooni või milles põhi- ja rikkekaitse on ette nähtud tugevdatud isolatsioon.

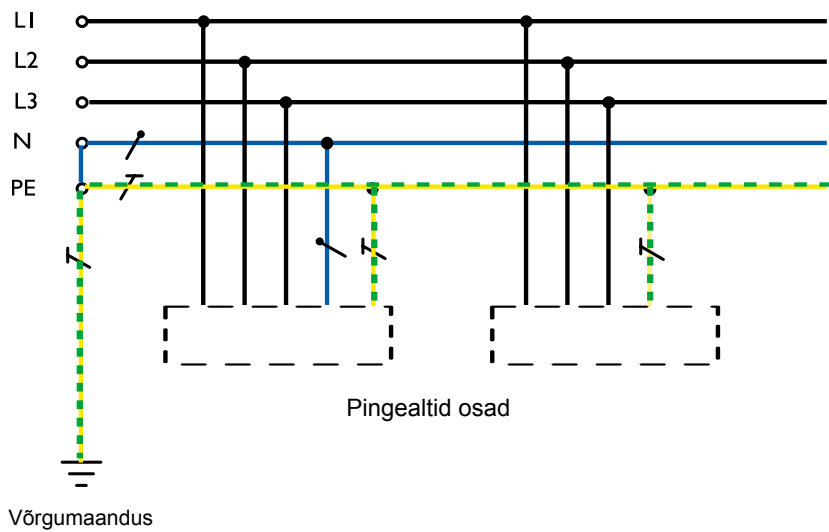
III kaitseklassi seadmes saavutatakse põhikaitse pingi piiramisega selliselt, et see ei ületa väikepinge (ELV) väärtusi, ja milles rikkekaitsevõtteid ei kasutata.

TN-järjestelmä
TN-system

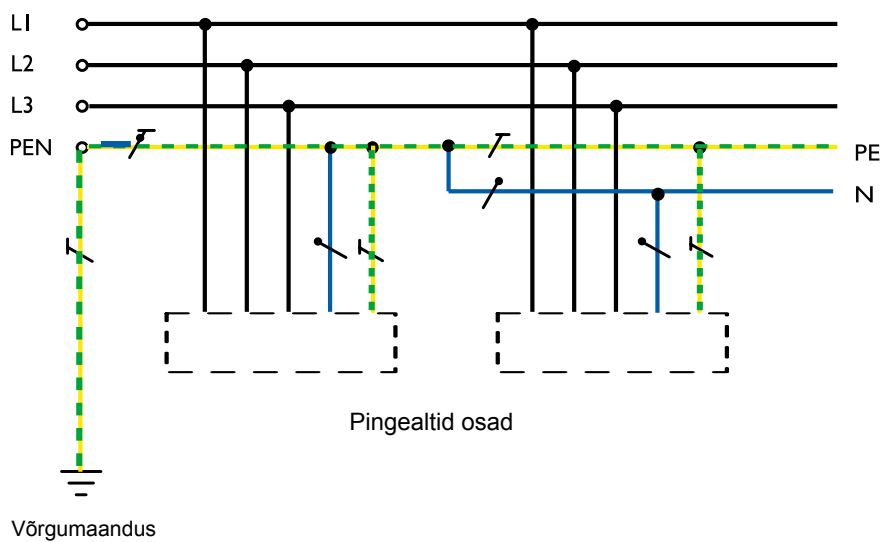
TN-süsteemi üks punkt on ühendatud vahetult maaga ja elektripaigaldise pingeltid juhtivad osad on ühendatud selle punktiga kaitsejuhi kaudu. Kaitse- ja neutraaljuhi omavahelise seotuse järgi eristatakse kolme liiki TN-süsteeme:

- TN-S-süsteem, milles kogu süsteemi ulatuses kasutatakse eraldatud neutraal- ja kaitsejuhti (*kasutatakse omaette kaitsejuhti - Eesti standarditõlkes*)
- TN-C-S-süsteem, milles kaitse- ja neutraaljuht on süsteemi mingis osas ühitatud;
- TN-C-süsteem, milles kaitse- ja neutraaljuht on kogu süsteemi ulatuses ühitatud.

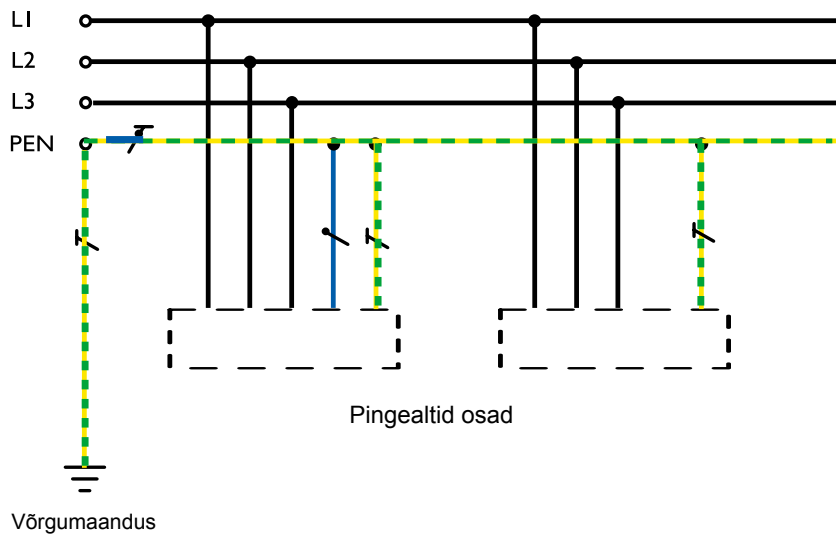
TN-süsteemid, vaata joonised 1.10–1.12.



Joonis 1.10. TN-S -süsteem



Joonis 1.11. TN-C-S -süsteem



Joonis 1.12. TN-C -süsteem

Toiminnallinen maadoitus

functional earthing

talitusmaandus

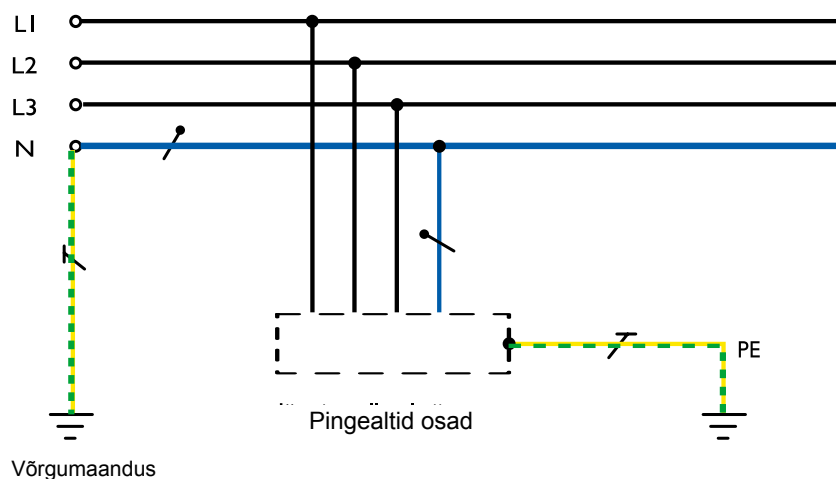
Võrgu, paigaldise või seadme ühe või mitme punkti maandamine muul kui elektriohutuse eesmärgil.

TT-järjestelmä

TT-system

TT-süsteemi üks punkt on ühendatud vahetult maaga ja elektripaigaldise pingealtid juhtivad osad on ühendatud toitevõrgu maandusest elektriliselt sõltumatute eri maanduritega.

Vt. joonis 1.13.



Joonis 1.13. TT -süsteem

Vaihejännite
line-to-neutral voltage

faasipinge

Pinge ääre- ja neutraaljuhi vahel vahelduvvoolu-elektriahela antud punktis.

Vikasuoja
fault protection

rikkekaitse

Kaitse elektrilöögi eest üksikrikke olemasolul.

Virtapiiri
electric circuit

vooluahel

Elektripaigaldise elektriseadmete kogum, mida toidetakse samast punktist ja mis on kaitstud ühe(de)sama(de) liigvoolukaitseseadme(te)ga.

Vuotovirta
leakage current,

lekkevool

Elektrivool mööda soovimatut juhtivusrada normaaltalitlusoludes.

Ylikuormitusvirta
overload current

liigkoormusvool

Elektriahela liigkoormusvool, mis ei ole tingitud lühisest ega maaühendusest.

Ylivirta
overcurrent

liigvool

Lubatavast voolust suurem vool.

Märkus. Juhtide puhul loetakse lubatavaks vooluks nende kestvalt lubatavat voolu.

SOOME KIRJANDUS:

Sähköturvallisuuslaki (410/96)

KTMp sähköalan töistä (516/96)

KTMp sähkölaitteistojen käyttöönotosta
ja käytöstä (517/96)

KTMp sähkölaitteistojen turvalli-
suudesta (11193/99)

SFS 600 Pienjännitesähköasetukset
ja sähkötyöturvallisuus 2007

D1-2006 Käsikirja rakennusten
sähköasennuksista

TUKES-ohjeet

Elektriohutusseadus (410/96)

KTMp määräus elektritööde kohta(516/96)

*KTMp määräus elektripaigaldiste
kasutuselevõtu ja kasutuse kohta (517/96)
ja kasutuse kohta (517/96)*

*KTMp elektriseadmete ohutuse
kohta (11193/99)*

*SFS 600 Madalpingepaigaldised
ja elektritöö ohutus 2007*

*D1-2006 Ehitiste elektripaigaldiste
käsiraamat*

TUKES-juhendid

JUHISTIKUSÜSTEEMID JA KINNISTU ELEKTRIVÕRGUD

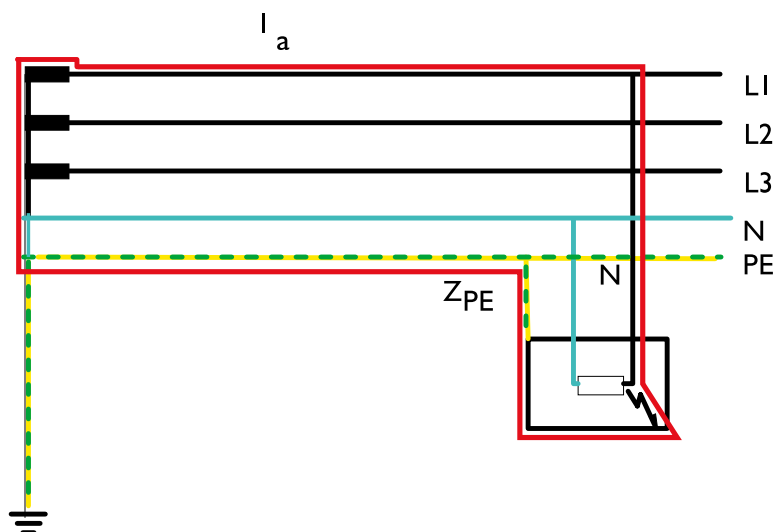
2.1 JUHISTIKUSÜSTEEMID

Elektripaigaldistes kasutatavad juhistikusüsteemid klassifitseeritakse maandusviisi põhjal TN-, TT- või IT-süsteemideks. TN-süsteeme liigitatakse lisaks kaitsejuhi kasutuse põhjal. Soomes (Eestis samuti) kasutatakse avalikus elektrijaotusvõrgus TN-süsteemi. IT-süsteemi kasutatakse põhiliselt tööstuses. TT-süsteem on Soomes väga harva esinev.

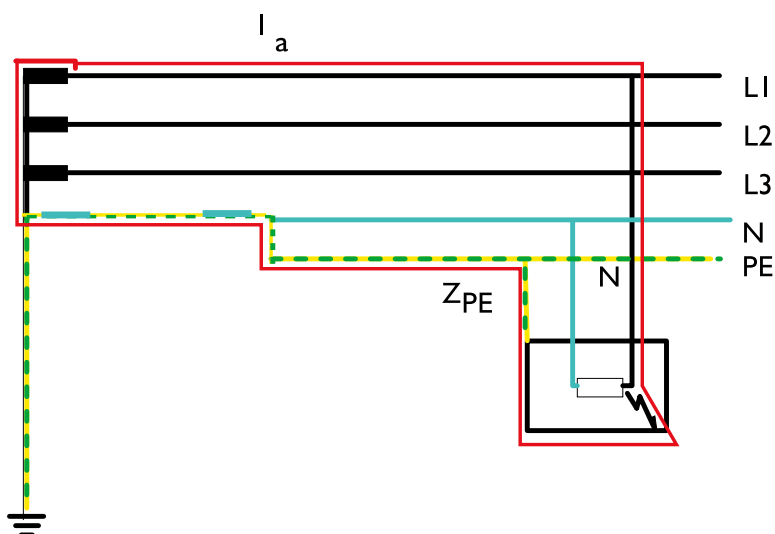
TN-süsteemid

TN-süsteemi üks punkt on ühendatud vahetult maaga ja elektripaigaldise pingeladid juhtivad osad on ühendatud selle punktiga kaitse- või PEN-juhi kaudu. Kaitse- ja neutraaljuhi omavahelise seotuse järgi eristatakse kolme liiki TN-süsteeme:

- **TN-S-süsteem**, milles kogu süsteemi ulatuses kasutatakse omaette neutraal- ja kaitsejuhti
- **TN-C-S-süsteem**, milles kaitse- ja neutraaljuht on süsteemi mingis osas ühitatud;
- **TN-C-süsteem**, milles kaitse- ja neutraaljuht on kogu süsteemi ulatuses ühitatud.



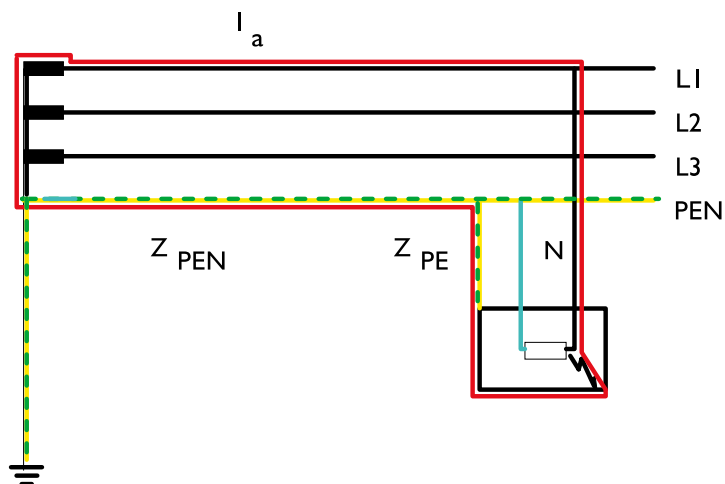
Joonis 2.1. TN-S-süsteem ja rikkevoolu ahel TN-S-süsteemis



Joonis 2.2. TN-C-S-süsteem ja rikkevoolu ahel TN-C-S-süsteemis

TN-süsteemi kõige tähtsam eelis on selles, et rikkevool liigub mööda metallilist ahelat ja rikkevoolud saavad kasvada piisavalt suureks, et toite kiire väljalülitumine toimuks üldjuhul liigvoolu kaitsmetega.

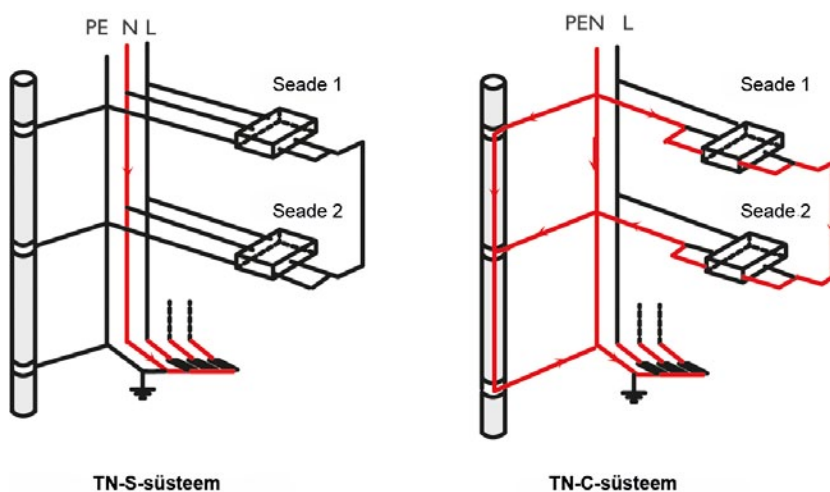
Jaotusvõrgud on tavaliselt TN-C-süsteemi kohased ja ehitiste elektripaigaldised TN-S-süsteemi kohased.



Joonis 2.3, TN-C-süsteem ja rikkevoolu ahel TN-C-süsteemis

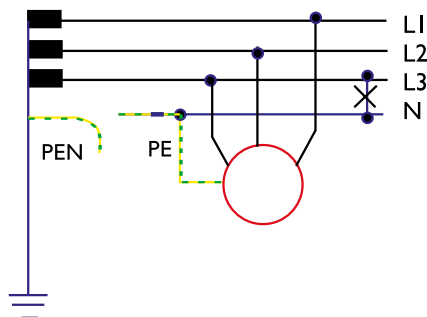
TN-S-süsteem on häirekindluse seisukohalt TN-C-süsteemist parem. TNC- süsteemides põhjustab PEN-juhi neutraalivool pingelangu pingeltite osade vahel, mis võib tekitada häireid. Osa PEN-juhi voolust võib liikuda juhtivate konstruktsioonide kaudu ja põhjustada häiringuvoolu.

Neutraali vool TN-S- ja TN-C-süsteemides



Joonis 2.4. TN-C-süsteemi probleemid häirekindluse seisukohast

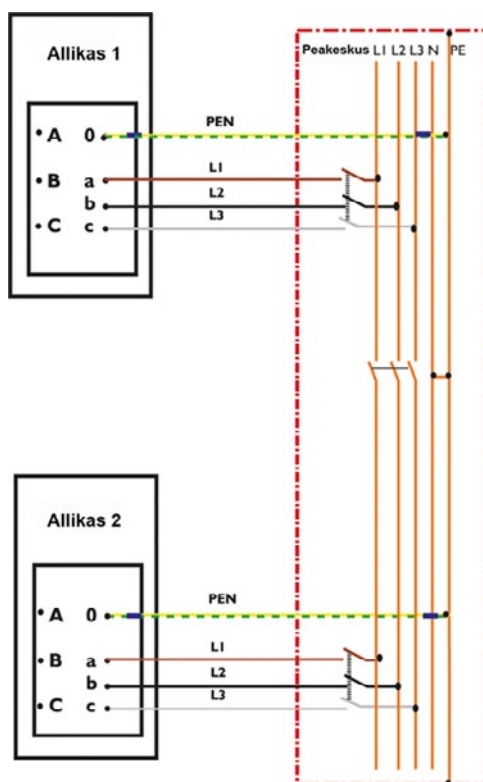
PEN-juhi korral on oht, et PEN-juhi katkemisel võib seadme korpusesse sattuda faasipinge. Nii võib juhtuda, kui seadme korpus on PEN-juhiga ühendatud.



Joonis 2.5. PEN-juhi katkemisel võib seadme korpusesse sattuda faasipinge

Mitme toiteallikaga TN-süsteem

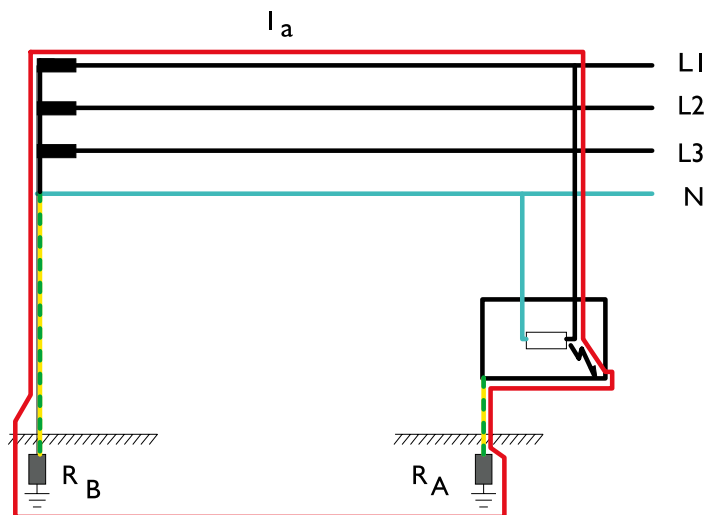
Kui TN-süsteemi toidetakse mitmest toiteallikast, tuleb erilist tähelepanu pöörata häirete vältimisele. Valesti projekteeritud ja teostatud süsteemis võib esineda uitvoole, mis võivad põhjustada tulekahjusid, korrosiooni ja elektromagnetilisi häireid. Joonisel 2.6 on esitatud mitmest allikast toidetud TN-süsteem, milles on võimalikke häireid välditud.



Joonis 2.6. Mitmeallikaline TN-süsteem

TT-süsteem

TT-süsteemi üks punkt on ühendatud vahetult maaga ja elektripaigaldise pingealtid juhtivad osad on ühendatud toitevõrgu maandusest elektriliselt sõltumatute eri maanduritega.



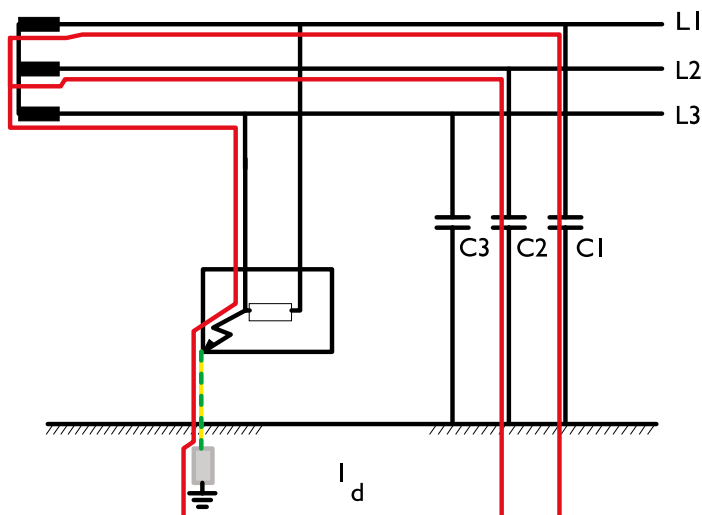
Joonis 2.7. TT-süsteem ja rikkevoolu ahel TT-süsteemis

TT-süsteem esineb Soomes väga harva. Kesk- ja Lõuna-Euroopas on see üldlevinud. TT-süsteem on rikkekaitse tõttu problemaatiline. Rikkevool liigub maa kaudu ja rikkeahela näivtakistus on üldiselt nii suur, et rikkekaitset ei saa realiseerida liigvoolukaitsega. TT-süsteemis tähendab kiire väljalülitamise tagamine praktiliselt alati rikkevoolukaitse kasutamist.

IT-süsteem

IT-süsteemis ei ole ükski pingestatud osa vahetult maandatud. Elektripaigaldise pingealtid juhtivad osad on vahetult maandatud.

IT-süsteemis ei põhjusta esimene viga toite katkestust, mistõttu IT-süsteemi kasutatakse seal, kus tahetakse elektritoite turvalisus tagada võimalikult kaua. IT-süsteeme kasutatakse näiteks haiglate operatsioonisaalides ja tööstuslikes protsessides. IT-süsteemis üldiselt neutraaljuhti ei kasutata. Norras on IT-süsteem kasutusel jaotusvõrkudes.



Rikkevoolu ahel maast eraldatud IT-süsteemis

Joonis 2.8. IT-süsteem ja rikkevoolu ahel IT-süsteemis

Süsteemide tunnustes kasutatud tähekoodid on määratletud järgnevalt:

Esimene täht: juhistikussüsteemi maandusviis

T = üks punkt on vahetult maandatud

I = kõik pingestatud osad on maast isoleeritud või üks punkt on maandatud takistuse kaudu.

Teine täht: elektripaigaldise juhtivate osade maandusviis

T = pingealtid osad on galvaanilise ühendusega vahetult maandatud, sõltumata juhistikussüsteemi maandusviisist.

N = pingealtid osad on ühendatud juhistikussüsteemi maandatud punktiga (vahelduvvooluvõrkudes üldiselt maandatud neutraalpunktiga).

Võimalikud lisatähed: neutraal- ja kaitsejuhi omavaheline seotus

S = eraldatud neutraal- ja kaitsejuhid.

C = neutraal- ja kaitsejuhi funktsioonid on ühitatud (PEN-juht).

2.2 KINNISTUTE ELEKTRIVÕRGUD

2.2.1 JAOTUSVÕRGUGA LIITUMINE

Elektriturseaduse alusel on Soome jaotusvõrgu haldaja kohustatud ühendama oma teeninduspiirkonnas paiknevad võrgu tehnilistele nõuetele vastavad elektritarbijad oma elektrivõrku.

Jaotusvõrgu haldaja peab kehtestama üldised lepingutingimused (liitumistingimused) sellistele kuni 20 kV nimipingega jaotusvõrguga liituvatele klientidele, kes ei ole ise elektritootjad. Võrguhaldaja on kohustatud korraldama tarnitud elektrienergia mõõtmise, mille eest klient on kohustatud tasuma võrguhaldurile tekkinud mõistlikud kulutused. Võrguhaldaja avaldab oma võrguteenuste üldised müügitingimused ja –hinnad ning hinnakujunduse alused. Enamiku jaotusvõrguettevõtete liitumistingimused on toodud võrguettevõtete interneti kodulehekülgedel.

Soomes on piirkonna peamine elektrienergia jaemüüja on kohustatud tarnima oma haldusalas elektrienergiat mõistliku hinna eest tarbijatele ning teistele elektri kasutajatele, kelle kasutuskoht on varustatud maksimaalselt 3 x 63 A peakaitsmetega või mille elektrienergia tarbimiskohta ostetakse elektrit kuni 100 000 kWh aastas. Sellist elektrienergia müügikohustust nimetatakse tarnekohustuseks. Soome tarnekohustusega jaemüüjad peavad oma elektrienergia müügitingimused ja –hinnad ning nende määramise alused avalikustama oma tarnekohustuse alla jäävatele klientidele.



Joonis 2.9 Krundile paigaldatud kilpe kasutatakse üha enam eramute peakilpidena.

Jaotusvõrgu haldaja ülesanded elektrienergia tarnimisel lõpevad lepingulises liitumispunktis. Liitumispunkt võib olla krundi piiril või krundil oleva ehitise perimeetril või vahetus läheduses paiknevas jaotuskilbisvõi õhuliini mastil. Ühenduskoha asukoht tuleb jaotusvõrguettevõtte liitumislepingu tingimustest üle kontrollida. Liitumisleping sisaldab ka liitumiskaabli haldamist ja korrashoiuvastutust käsitlevaid tingimusi.

Elektrienergia mõõtepunkt (arvesti) võib olla näiteks krundil paiknevas õuekilbis, kinnistu peakilbis kinnistu tehno ruumis, peakilbiruumis või hoone välisseinal. Mõõtepunktist algab kinnistu haldaja kontrolli all olev elektrivõrk ja elektrienergia jaotus. Elamute ning väiksemate äri- ja tööstushoone liitumine toimub enamasti madalpinge toitekaabliga. Suured ja suurt võimsust vajavate kinnistute elektritarbijad võivad ehitada oma alajaama ja osta endale vajaliku elektrienergia kõrgepingetarbijana. Sellisel juhul ühendatakse tarbimiskoht kõrgepingekaabliga jaotusvõrguettevõtte kõrgepingevõrku.

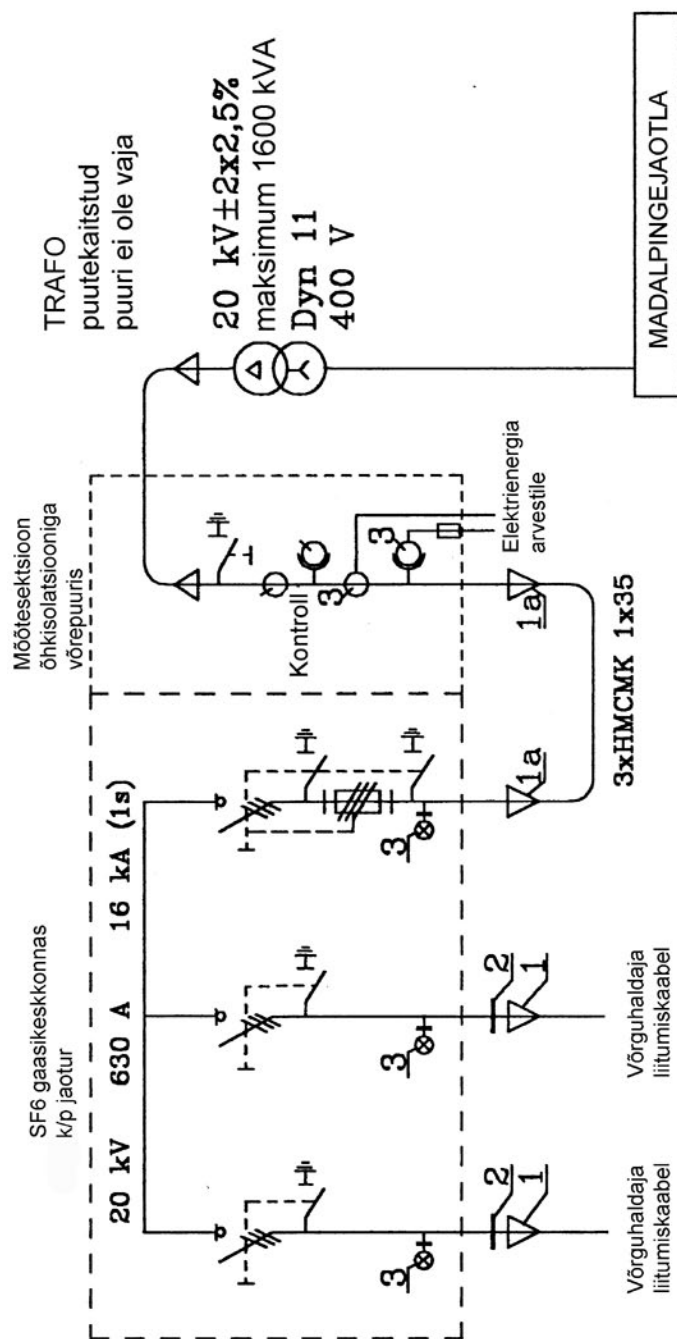
Jaotusvõrgu haldaja on kohustatud enne liitumislepingu sõlmimist teavitama liitujat lepingus rakendatavatest kesketest sätetest, näiteks erinevatest tasudest. Üldiselt sõltuvad Soomes liitumistasud madalpingeliituja peakaitsme suuruselt ning liitumiskaabli teatud pikkust ületava osa pikkusest. Ületava osa meetri tasu määratakse ühenduskaabli ehituse ja ristlõike põhjal.

Kõrgepingesüsteemi liitumistasu koosneb Soomes enamasti püsiva suurusega põhitasust ning liitumiskaabli pikkuse alusel määratud muutuvast osast. Täpsemad andmed liitumise, liitumiskaabli ja liitumistasudega seotud seadusandluse kohta on toodud liitumistingimustes, mida on võimalik saada Soome jaotusvõrguettevõtelt.

2.2.2 KINNISTUTE ELEKTRISEADMETE ÜLDINE EHITUS JA NIMETUSED

2.2.2.1 Kõrgepingevõrguga liituja

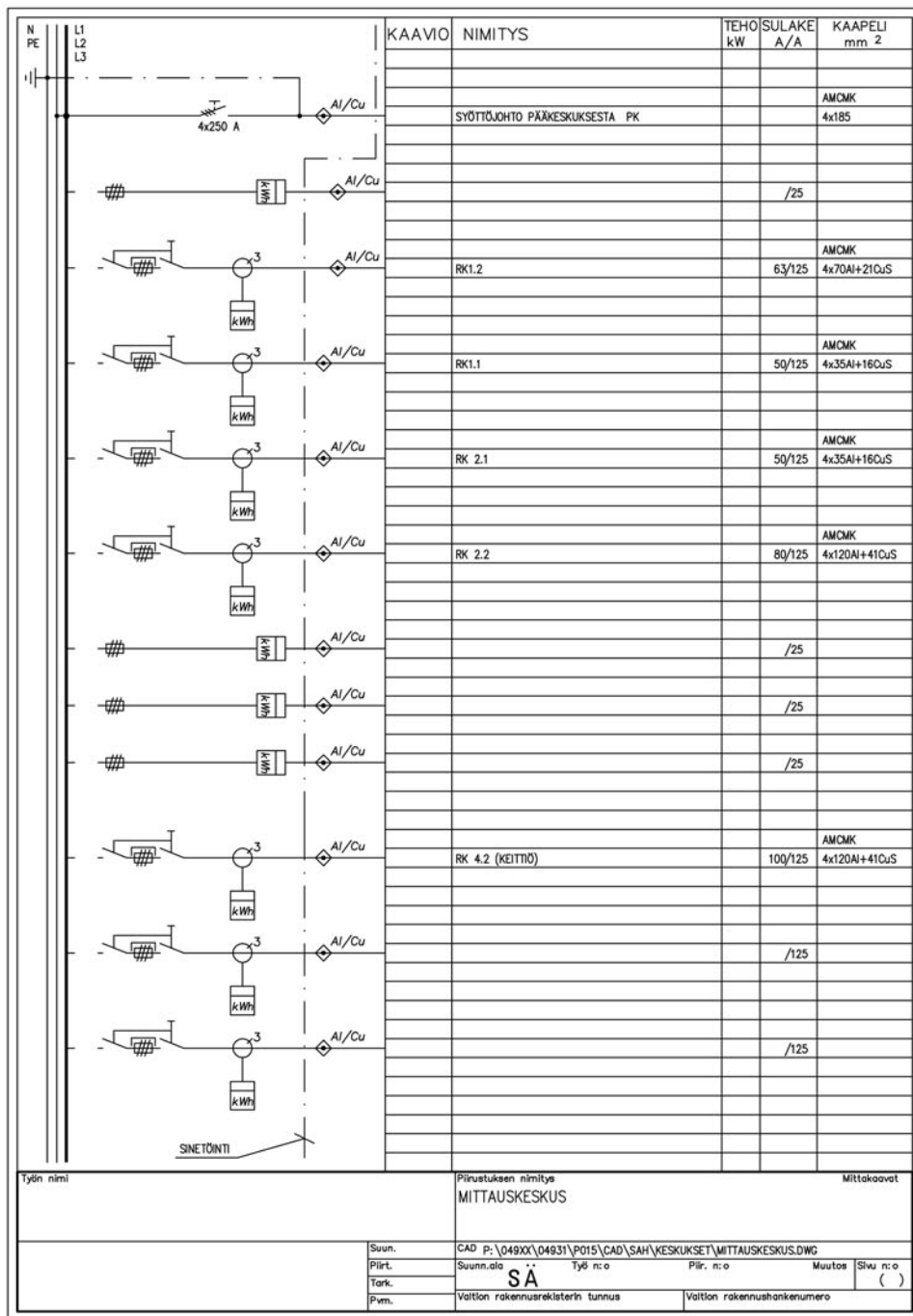
Joonisel 2.10 on kujutatud liitumiskaabliga ühendatud elektritarbija trafo põhimõtteskeem. Kinnistu liitub jaotusvõrguga kõrgepingetarbijana. Kinnistul on peaalajaam ja madalpinge jaotusvõrk. Jaotusvõrk moodustub rühmakilpidest, mis ühendatakse toitejuhiga jaotuskeskustega või otse peakilpidega. Kõrgepingeliitumist on põhjalikult kirjeldatud ST-kaardil 53.11 „Kaapeliliitántäiset sähkökäyttöjän muuntamot“.



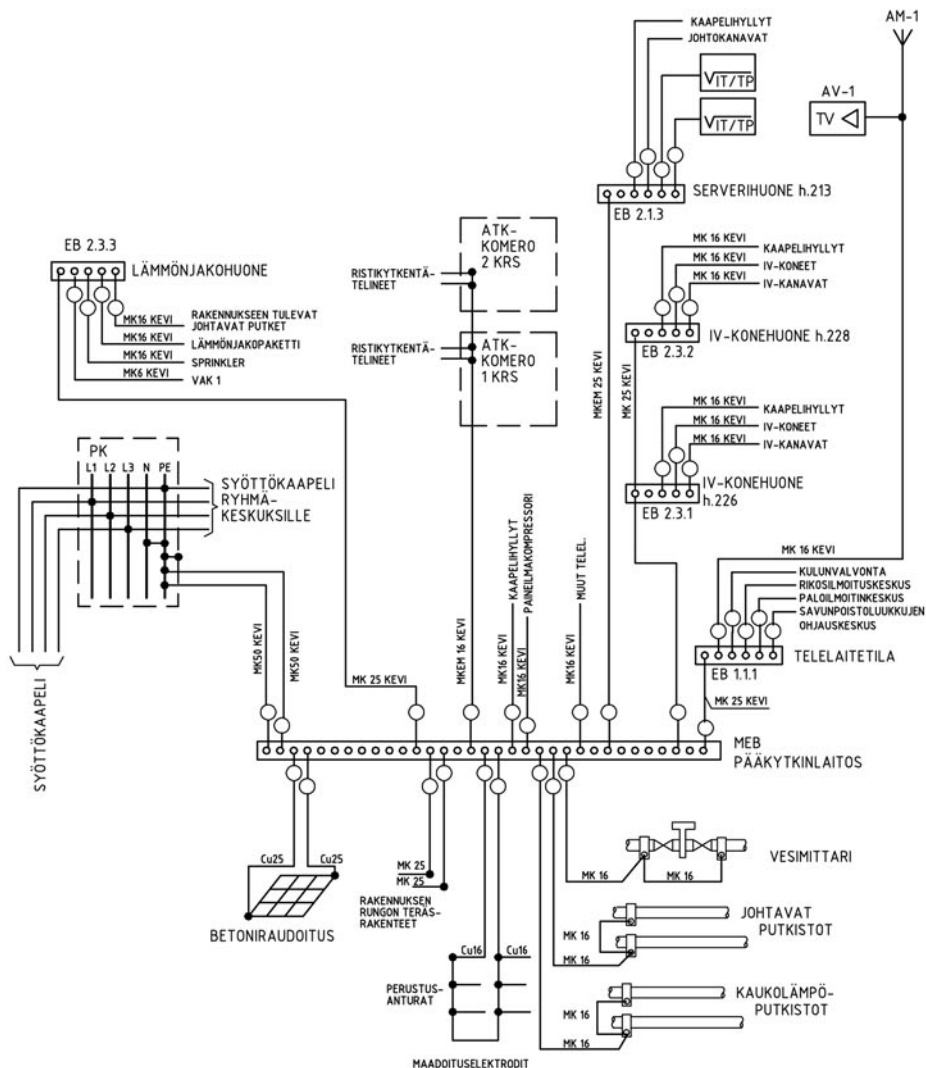
- 1 = liitumiskaablile ja seadmetele vastav otsamuhv
- 1a = mõnede seadmete puhul on see kaabliõik latiga asendatud
- 2 = lühiseandur valitakse võrguhalduri praktika alusel
- 3 = pingearand. Trafokaabli ainult siis, kui on tagasisidevõimalus

Joonis 2.10 Ühe trafoga alajaam

Joonistel 2.11 a ja 2.11 b on kujutatud büroohoone pea- ja arvestikilbi skeemid. Kinnistu on madalpingeliituja. Joonisel 2.12 on kujutatud kõnealuse büroohoone maandus- ja kaitsejuhi ahelate skeem. Joonisel 2.13 on kujutatud korrusmaja toiteliinide skeem.



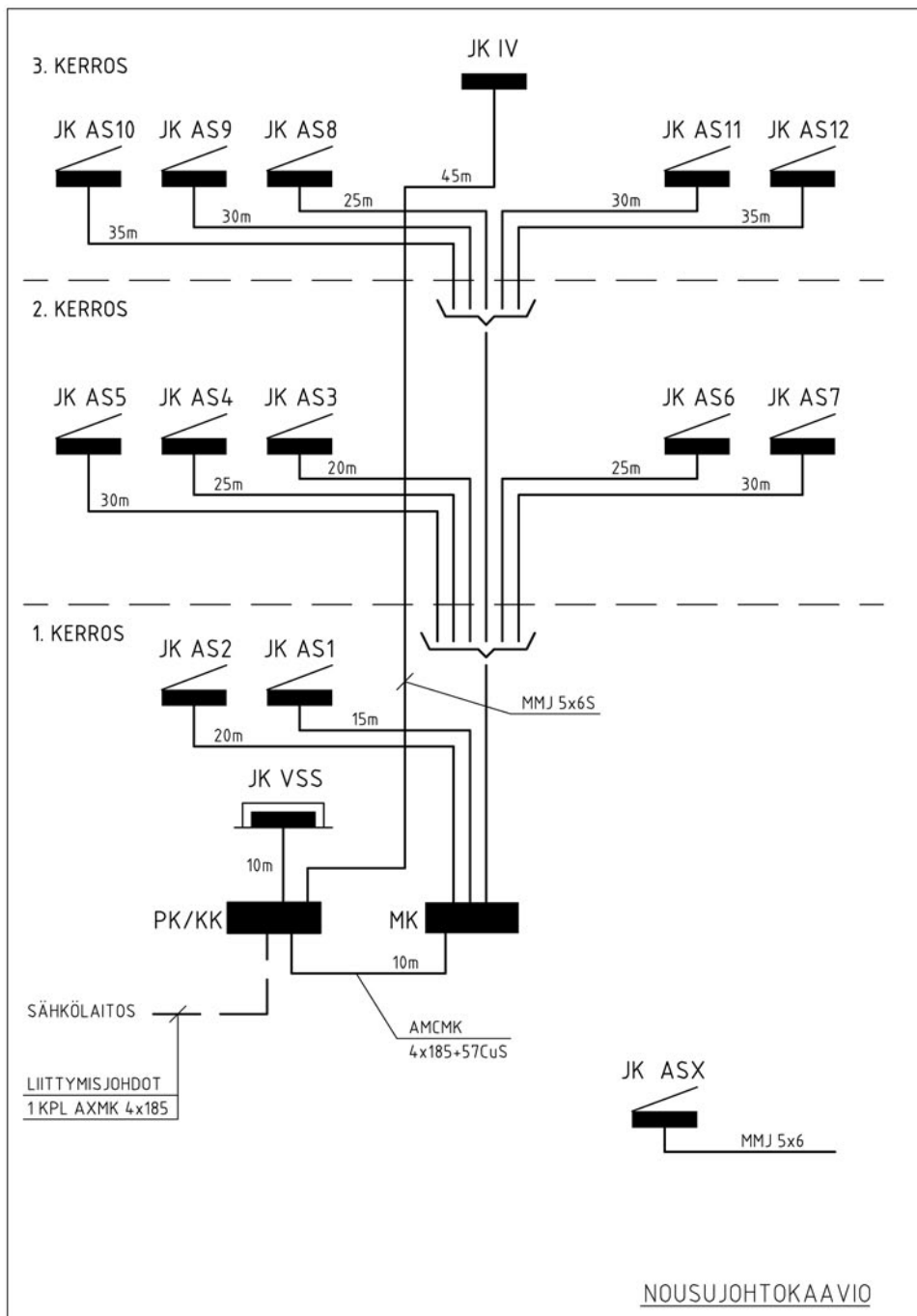
Joonis 2.11 b Osa büroohoone arvestikilbi skeemist



PÄÄMAADOITUSKISKO MEB 10x50mm Cu TUKIERISTIMILLÄ
 POTENTIAALINTASAUKISKOILLE EB X.X.X ASENNETAAN KOTELOT
 KISKOT VARUSTETAAN KAIVERRETIUILLA TUNNUSKILVILLÄ
 KISKOT ASENNETAAN ERISTIMILLE
 KISKOISSA TULEE OLLA 30% VARATILAA
 MAADOITUSJOHTIMET MERKITÄÄN
 KAAPELI ON MK 6 ELLEI MUUTA OLE MERKITYY.

MAADOITUSKAAVIO

Joonis 2.12 Büroohtoon maadus- ja kaitsejuhiskeem



Joonis 2.13 Korrusmaja toiteliinide skeem.

2.2.3 ELEKTRIVÕRGU OSAD

Liitumiskaabel

Kinnistu ühendatakse jaotusvõrguga liitumiskaabli abil, mis võib olla kas õhukaabel või maakaabel. Kaasajal teostatakse suurem osa liitumiskaableid maakaablitenä. Liitumiskaabel on jaotusvõrgu ja kinnistu elektripaigaldiste vaheline kaabel. Liitumiskaabli kohta on varem kasutatud nimetust majakaabel.

Igale krundile veetakse liitumiskaabel enamasti vaid ühest liitumispunktist. Teatud spetsiifilistel kinnistutel võidakse elektrienergia tagada veel teise liitumiskaabliga. See on võimalik, kui jaotusvõrk on selline, et teine liitumiskaabel ühendatakse näiteks ringvõrguga või liitutakse teise alajaama jaotusvõrguga.

Liitumiskaabli paigaldab või tellib paigalduse enamasti jaotusvõrguettevõtja olenevalt kohalikest tingimustest, kas krundi piirini, krundil oleva masti külge, hoone seinal paiknevate kaitsmeteni või kinnistu peakilbini. Liitumiskaabli võib paigaldada ka elektritööde töövõtja.

Liitumiskaabli kaitse

Kui liitumiskaabel on kaitsstud lõppu paigutatud liigpingekaitsega ja algusesse paigutatud lühisekaitsega, mille rakendumisaeg on enamalt 5 sekundit, ei esitata liitumiskaabli mehhaanilise kaitses tagamisele lisanõudeid.

Kui lühise taluvusaeg tuleb liitumiskaablil üle 5 s, tuleb järgida järgmisi nõudeid:

- Liitumiskaabli ristlõike pindala on vähemalt 10 mm² vaske või 16 mm² alumiiniumi ja juhi lõpus on liitumiskaablit liigkoormuse eest kaitsvad kaitseseadmed, nt peakaitsmed.
- Kui seina või alusmüüri ehitus ei vasta tuleohutuse ja mehhaanilise tugevuse nõuetele (nt tellis või betoon) tehakse seina või alusmüüri läbiviik tugevusklassi 4 paigaldustoruga. Liitumiskaabli läbiviik paigutatakse selliselt, et seda saab kontrollida püsipaigaldusega konstruktsioone lõhkumata. Läbiviigu seinas võib katta jaotuskilbiga. Liitumiskaabel kaitsakse mehhaanilise koormuse eest nt paigutades kaabli jaotuskilbiruumi või –kappi või kaitses seda vähemalt tugevusklassi 4 nõuetele vastava torusse paigaldamisega vms viisil.
- Liitumiskaabli paigaldus hoone sees toimub selliselt, et see ei tekitaks tule- või lühiseohtu. Sobiv paigaldusviis on betooni või vastava kivikonstruktsiooni sisse või paigaldamine mittesüttiva materjali pinnale selliselt, et lähedal ei ole muid kaableid või muud tuleohtlikku materjali.

- Liitumiskaabel paigaldatakse selliselt, et see ei puutuks üheski kohas teiste kaablite vastu. Kui paigalduspind on tuleohtlikust materjalist, tuleb kaabli alune paigalduspind kaitsta mittesüttiva materjaliga, näiteks kivivillaplaadiga. AMKA-rippkeerd juhtme võib lõpetada hoone seinal ainult alajaamades ja sellistes hoonetes, millesse toite toomine maakaabliga on nt pinnase kivisuse tõttu võimatu.

Liitumiskaabli pikkus hoone sees ja välisseinal peab jääma võimalikult lühikeseks.

Projekteerija ja ehitaja otsusel võib tabelis 2.1 toodud liitumiskaabli suurimaks võimalikuks lühisekaitse kasutada juhi alguses olevat tabeli 2.1 veerus 3 toodud sulavkaitset.

Tabel 2.1 Liitumiskaabli lühisekaitsena kasutatavad sulavkaitsed

Kaabli ristlõike pindala mm ²		gG-tüüpi kaitsme suurim lubatav nimivool, kui 5 s väljalülitusaeg ei ole tagatud	gG-tüüpi kaitsme suurim lubatav nimivool, kui 5 s väljalülitusaeg on tagatud
vask	alumiinium	A	A
1	2	3	4
10	16	100	125
16	25	125	160
25	35	160	200
35	50	200	250
50	70	250	315
70	95	315	400
95	120	400	500

Kui eespool kirjeldatud viisil kaitstud liitumiskaablis tekib lühis, tuleb liitumiskaabli seisukord (vigastused) visuaalselt enne kaabli uuesti kasutusele võtmist üle kontrollida. Kui liitumiskaabel on vigastatud, tuleb see välja vahetada.

Kaasaegsete eramute liitumiskaabel on peaaegu eranditult maakaabel. Peakilbina on viimastel aastatel üha laialdasemalt kasutatud nn. krundikilpe, kus paiknevad liitumiskoha peakaitsemed ja arvesti. Elektrienergia arvestuses toimub lähiaastatel üleminek arvestite kauglugemisele.

Kilbid ja kilbiruumid

Hoonete jaotuskeskuse ruume on lähemalt kirjeldatud käesoleva raamatu Elektripaigaldised 2 osa 13. peatükis.

Maandused

Uutel kinnistutel tuleb hoonele paigaldada ka maandur. Uusehitistes on kõige sobivam lahendus kasutada maandurina betooniarmatuuri või paigutada maanduselektroodid betooni sisse, vundamendi alla või vundamenti ümbritsevasse kaevisse.

Maandusi on lähemalt kirjeldatud käesoleva raamatu 4. peatükis.

Lühisvool liitumiskohas

Hoone elektripaigaldiste projekteerimisel peab projekteerija küsima jaotusvõrgu haldajalt andmed, mille alusel saab arvutada ühefaasilise lühisvoolu hoone elektripaigaldises. Soome kehtiv standard SFS 6000 soovitab, et liitumispunktis on väikseim lühisvool vähemalt 250 A. Kinnistute elektrivõrkude ehitamisel on kaitsemeetodite, nagu maanduse ja piisava lühisvoolu tagamine, üha olulisemaks muutunud. Hoonete kasutusotstarbed ja elektrivõrgu jaotussüsteemi põhimõtted ning ehituslahendused, nt hoonete arv, mõjutavad otseselt ka maandamist.



Joonis 2.14 Jaotusvõrguettevõtte on märkinud lühisvoolu suuruse liitumispunktis

2.2.2.4 Kinnistute elektritoite varusüsteemid

Soome standard SFS 6000 sätestab elektritoite varusüsteemide kohta järgmist:

- elektritoite varusüsteem on toitesüsteem, mille eesmärgiks on tagada paigaldise või selle osa talitluse jätkumine muudel kui inimeste ohutuse tagamise eesmärgil, kui tavatoide on katkenud.
- Kui ametiisik või elektripaigaldise tellija esitab nõudeid elektritoite varusüsteemi kasutamise kohta, tuleb süsteemi omadused, nt koormustaluvus, töökindlus ja käivitusaeg, eraldi määratleda.

Katkematu elektritoide, UPS

UPS-süsteemi abil toimivad katkematu elektritoite süsteemid teostatakse Soomes peamiselt nn. online-tehnikal põhinevate staatiliste möödaviikudega UPS-süsteemide abil. UPS-süsteem koosneb tavavõrgu ja tagatud elektritoidet vajava tarviti vahele paigaldatavast UPS-seadmest, millel on staatiline möödaviik ja akutoide ning mille abil tagatakse ettenähtud tarvitile elektrikatkestuse ajal teatud ajavahemiku jooksul katkematu elektritoide.

Oluliste tarvitite toite tagamiseks võib UPS-süsteemi dubleerida, et tagada parem töökindlus või hooldatavus.

Katkestusega elektritoide

Katkestusega varutoitele ümberlülituva elektritoite saab teostada kas automaatselt käivituva või käsitsi käivitatava elektritoite varusüsteemiga. Elektritoite varusüsteemid teostatakse tavaliselt automaatselt käivituvate tavavõrgu seisukorda jälgiva süsteemi abil.

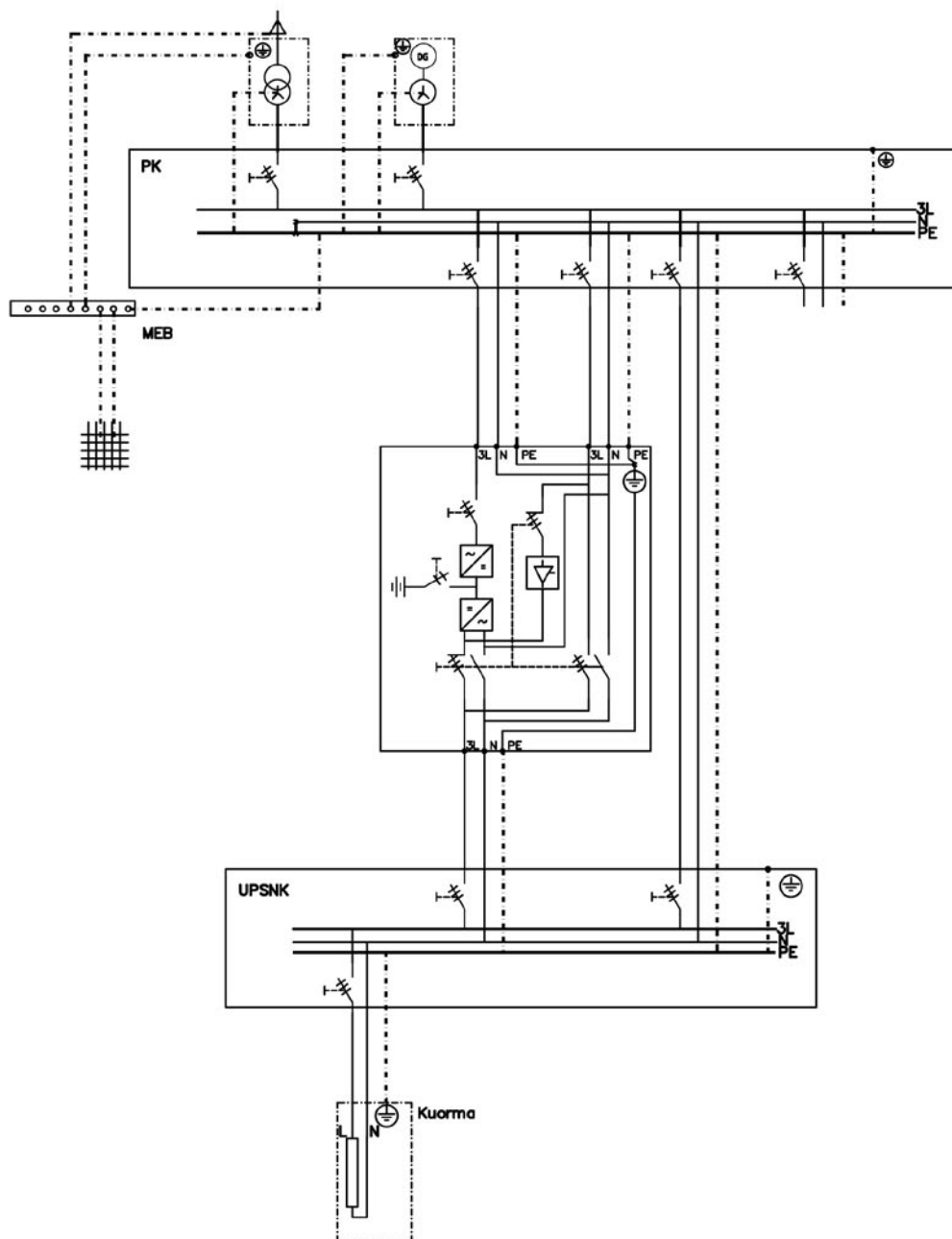
Varutoidet kasutatakse nt andmeside tagamiseks, andmesidesüsteemide elektritoite tagamiseks ning tootmistegevuse plaaniväliste katkestuste välistamiseks.

Andmesidesüsteemide serveriruumides tagatakse varutoite abil protsessi pidev toimimine ka pikkade avaliku elektrivõrgu katkestuste ajal. Varutoitesüsteemi abil tagatakse toide lisaks UPS-süsteemidele ruumi teenindavatele ventilatsiooni- ja jahutus-seadmetele.

Sageli soovitakse vältida varutoitel olevate seadmete toite katkestust, kui varutoitelt siirdutakse tagasi võrgutoitele. Selleks rajatakse varutoidet tagava seadme ja toitevõrgu vahele paralleelne hetkelise talitluse võimalus. Vahel on ka seadmete võrgutoite katkestuseta testimisel vaja paralleeltoidet. Kui varutoidet tagav seade on kasutusel elektrienergia maksimaalse tarbimisvõimsuse ühtlustamiseks, on võrguga paralleelse talitluse tagamine möödapääsmatu.

Tagatud elektritoidet on lähemalt kirjeldatud ST-käsiraamatus 20, „Varmennetut sähköjakoelujärjestelmät“.

Joonisel 2.15 on toodud näide varutoitesüsteemiga liitumise kohta.



Joonis 2.15 TN-S-süsteemis võrk, kus on 20 kV liitumiskaabel ja 3 voolluallikat (jaotusvõrk, diisलगенераатор ja UPS-seade)

2.2.2.5 Reaktiivvõimsuse kompenseerimine

Elektrivõrku saab kompenseerida võrgu erinevates osades vastavalt sellele, mis tunnistatakse tehniliselt ja majanduslikult vajalikuks.

Reeglina korraldavad jaotusvõrguettevõtted oma tehnilis-majanduslikele huvidele vastavalt enda hallata olevate kõrgepinge-, keskpinge- ja madalpingevõrkude kompenseerimise, mille põhjuseks on elektriülekanedes tekkivad reaktiivvõimsused. Elektritarbijate põhjustatud reaktiivvõimsuse kompenseerimiseks kehtestavad nad tarbijatele reaktiivenergia tasu.

Elektritarbijal tasub olukorrale vastavalt kasutada lisaks peakilbile ka toite-, rühma- või seadmekilpide kompenseerimist. Nii toimides vähendatakse ühtlasi pea- või toitekaablite voolukoormust.

Kompenseerimine tarbija juures

Tarbijavõrgus võib teostusviis olla seadme- või rühmapõhine või ühine kompenseerimine. Realiseerida võib selle paralleelse kondensaator-, tõkkepool- või filtripatarei või aktiivfiltrite abil.

Reaktiivvõimsuse kompenseerimise abil saab teatud juhtudel vähendada ka peakaitsme suurust. Kuna liitumis- ja põhitasu olenevad peakaitsme suurusest, tekib kasutajal võimalus liitumistasusid ja iga-aastaseid elektrikulusid kokku hoida. Kompenseerimise abil saab sageli saavutada märkimisväärset kokkuhoidu ka kasutaja oma võrgu dimensionimisel. Kui kompenseerimislahenduseks on ainuüksi ühine kompenseerimine, võib tarbijal tekkida risk toite katkemiseks kompenseerimisseadmete võimalike rikete ajal. Seadmega ja/või -rühmaga ühendatud kompenseerimise korral saab tarbija lisaks kadude kokkuhoiule ka investeeringute säästu oma elektrivõrgu dimensionimisest.

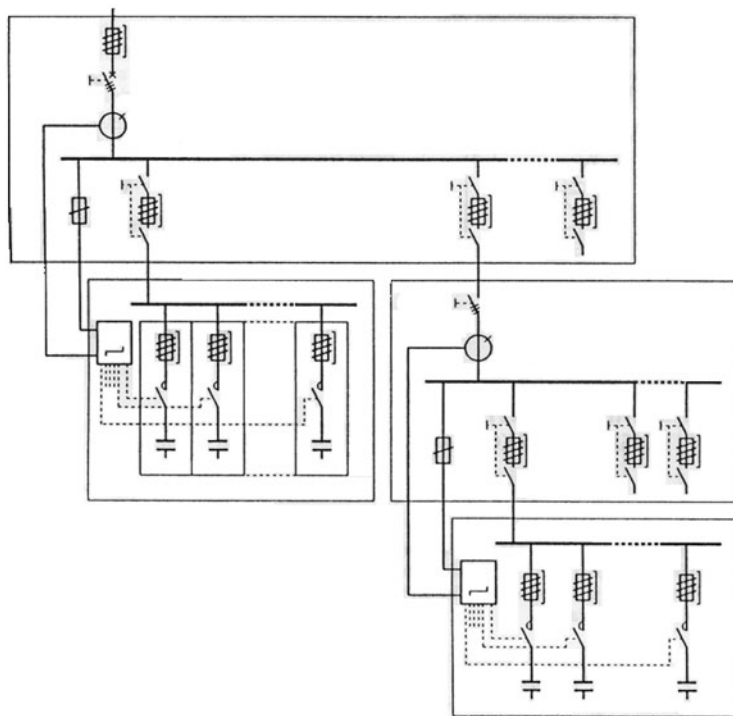
Ühine kompenseerimine

Ühine kompenseerimisseade paigutatakse kinnistu või tööstushoone pea- või rühmakilpi või mõlemasse. Kompenseerimist teostatakse kas reaktiivvõimsuse reguleeritoritega varustatud tõkkepoolipatareidega või kõrgemate harmoonikute filtritega. Kui võrgus kõrgemaid harmoonikuid ei esine, võib kompenseerimist korraldada ka paralleelsete kondensaatorpatareidega, mille kasutamine on tõkkepoolipatareide kõrval vähenemas. Ühised kompenseerimisseadmed on tavaliselt kolmefaasilised ja reguleeritoriga juhitavad.

Paralleelne kondensaatorpatarei ja võrk võivad resonantsi minna ja siis võivad kõrgemad harmoonikud võimenduda kuni 20-kordseks, kui tekib resonantssagedus ja kõrgemate harmoonikute sagedus võrgus osutuvad võrdseks. Tõkkepoolipatarei ja kõrgemate harmoonikute filtritega ei ole harmoonikute võimendumine võimalik.

Ühisel kompenseerimisel on kondensaatorpatarei suurus arvestatud enamasti umbes 1/2 maksimaalsele aktiivvõimsusele ja kui valgustus on kompenseeritud, on patarei suurus väiksemgi, umbes 35-45 % maksimaalsest aktiivvõimsusest.

Reaktiivvõimsuse regulaator hoiab võimsusteguri soovitud tasemel, lülitades kompenseerimisastmeid vajalikul määral koormuse järgi sisse. Eriti kiire kompenseerimisvajaduse puhul võib kasutada nt türistoridega teostatud kompenseerimisseadmeid, mille tulemusel saab kompenseerimisastmed võrgusageduse ühe perioodi jooksul sisse lülitada. Sobivad koormused on näiteks keevitusseadmed. Joonisel 2.16 on kujutatud ühise kompenseerimisseadme põhimõtteline lahendus.



Joonis 2.16 Ühise kompenseerimise põhimõtteline lahendus.

Individaalne kompenseerimine

Valgustite ja mootorite kompenseerimist võib teostada ka individuaalse paralleelse kondensaatorpatareiga. Mootoriga seotud kompenseerimist teostatakse kondensaatoritega, mis on ühendatud otse mootori klemmidele või kontaktori vahendusel, mis paigaldatakse mootorite toitega paralleelselt mootorite kõrvale. Sellisel juhul tuleb hoolitseda, et võimsustegur ei tõuseks üle 0,98-0,99, see väldib eneseergutust. Eneseergutuse puhul muutub pumba- või ventilaatori mootor, mis jätkab peale välja lülitamist inertsil pöörlemist, generaatoriks ja põhjustab liigpingeid.

Valgustirühmade kaabelduse ja kaitsmete dimensioonimisel tuleb arvestada, et valgustiahelates olev kondensaator kaotab vananedes mahtuvust või lausa puruneb. Sellisel juhul peab rühmajuhistike ristlõige olema ka kompenseerimata voolu jaoks piisav.

Kompenseerimist on lähemalt käsitletud käesoleva raamatuseeria 3. osa 20. peatükis ning Soome elektri- ja telekommunikatsioonisüsteemide ettevõtjate välja antud raamatus „Yliaallot ja kompensointi“.

2.3 NÄITEID ERI TÜÜPI KINNISTUTE ELEKTRIVÕRKUDEST

Soome standardiseerias SFS 6000 sätestatu põhjal peab elektripaigaldises olema piisavalt lahutusseadmeid, et eri vooluahelad või üksikud seadmed saaks hoolduse, testimise, veaotsingu või remondi tarvis võrgust lahti ühendada. Paigaldis tuleb lisaks rühmitada selliselt, et seda saaks turvaliselt kasutada, kontrollida, testida ja hooldada.

Elektritööde ohutust käsitleva Soome standardi SFS 6002 alusel tuleb pingestamata piirkonna usaldusväärseks lahutamiseks kasutada kaitselahutuslülitit, lahkülütit, kaitsmete eemaldamist või muud turvalist viisi. Turvaline viis ühe lõppahela juhi lahutamiseks on ka kaitselahutuseks sobiva liinikaitselüliti kasutamine, kui lahutatud ahela pingetus on kontrollitud ja lüliti juhtimist on turvaliseks takistatud.

Jaotuskilbistandard ja elektripaigaldiste Soome standard SFS 6000 võimaldavad teatud juhtudel ka pealülitita jaotuskilbi kasutamist. Ka nendel juhtudel tuleb enne sulavkaitsme eemaldamist pinge välja lülitada ning see eeldab, et selle seadmeosa haldajal on olemas takistamatu juurdepääs vajalike lahutuslülitite juurde. Kui samale korterile tagab toite mitu toiteliini, tuleb ühe pealüliti asemel iga liin varustada eraldi lülitiga. Pealüliti asemel võib mõjuval põhjusel lahutada hoone või korteri elektripaigaldise ka mitme samasse kilpi paigutatud lülitiga. Korteri vooluvõrgust eraldamiseks vajalikud lülitid peavad olema korteri omanikule ligipääsetavad.

Kinnistu suurusest ja tarvitite liigist olenevalt ehitatakse ehitisesisene juhistikusüsteem ühefaasilisena (230 V) või kolmefaasilisena (400/230 V). Kinnistu liik ja suurus mõjutavad ka oluliselt kinnistu elektrivõrgu ehitust.

Alljärgnevatel punktides on kirjeldatud erinevate kinnistute elektrivõrke, nende erinevaid liitumisviise ning peajaotla ja maanduste teostusviise.

2.3.1 ERAMU ELEKTRIVÕRK

Joonistel 2.17, 2.18 ja 2.19 on kujutatud neid erinevaid võimalusi, mis enamasti tulevad kõne alla suvila või eramu liitumisel avaliku jaotusvõrguga.

Pildil 2.17 toodud juhtumil on liitumiskaabliks maakaabel ja peakilbina kasutatakse krundi liitumiskilpi. Peakilbi ja rühmakilbi vaheline maakaabel on kinnistu paigaldisse kuuluv toitekaabel. Krundikilpi võidakse kasutada ka ehitusaegseks elektritoiteks.



Joonis 2.17 Peakilbi ülesannet täidab krundi liitumiskilp

Joonisel 2.18 kirjeldatud variandis on liitumiskaabliks maakaabel ja peakilp paikneb hoone välisseinal. Joonisel 2.19 paikneb peakilp hoone tehnilises ruumis. Kaasajal ei saa paljude uute liitujate puhul arvestikilpi enamasti jaotusvõrguettevõtte masti külge kinnitada. Varem oli täiesti tavaline, et näiteks suvila kilp paiknes masti küljes.

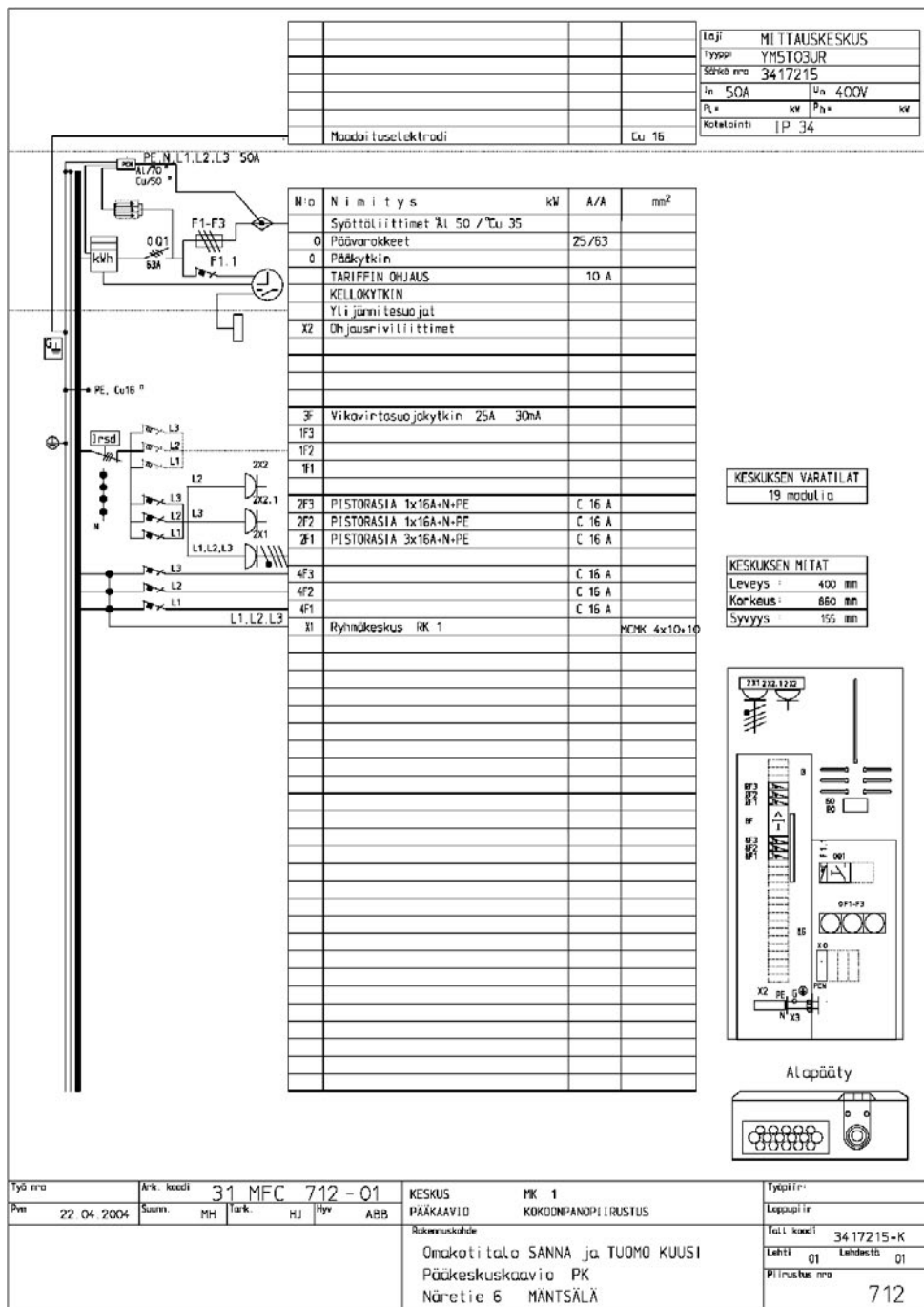


Joonis 2.18 Peakilp hoone välisseinal



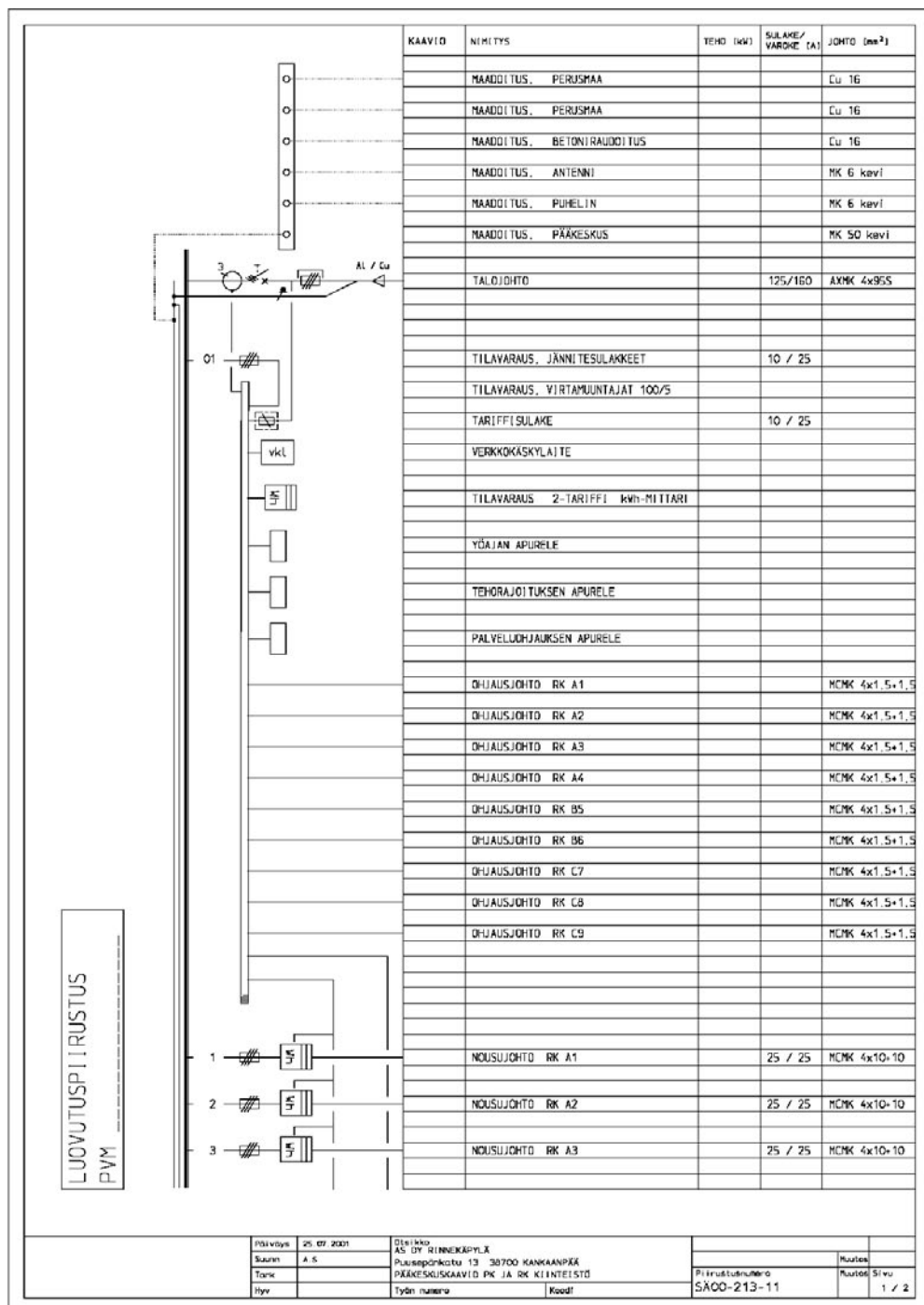
Joonis 2.19 Peakilp tehnilises ruumis

Joonisel 2.20 on kujutatud tüüpiline eramu elektrivõrk. Peakaitse paikneb peakilbis. Pealüli lähedal asub jaotusvõrguettevõtte energiaarvesti. Energia arvestuses toimub praegu üleminek näitude kauglugemisele. Peakilbi juurde on paigutatud kõik liigvoolukaitsmed, mis antud juhul on liinikaitselülitid.



Joonis 2.20 Väikemaja elektrivõrk

Peamaanduslatt paigutatakse peakilbist väljapoole ja sellega ühendatakse maanduri maandusjuhid, juhtivate torustike potentsiaaliühtlustusjuhid, antenni maandusjuht ja kilbi kaitsejuhilati kaudu liitumiskaabli kaitsejuht.



Joonis 2.21 Ridamaja elektrivõrk

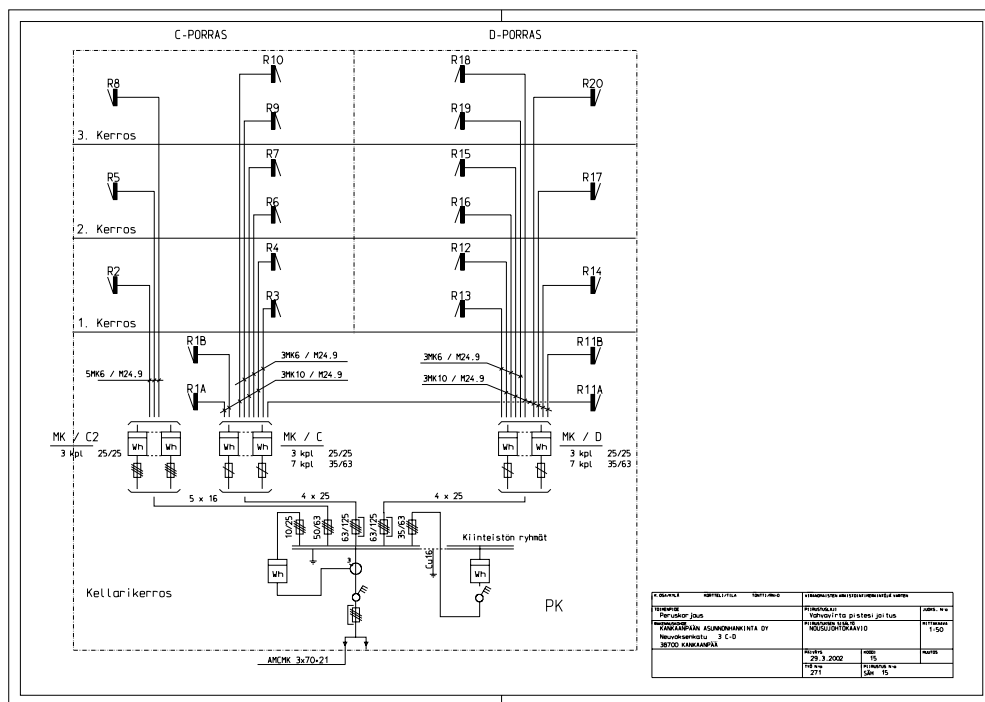
Kui hoone on suur või selles on rohkesti elektritarviteid nt elektriküte, võib hoone elektrivõrku kuuluda mitu rühmakilpi, mis tuleb eraldi toitejuhtide abil ühendada peakilbiga.

2.3.2 RIDAMAJA ELEKTRIVÕRK

Ridamaja kinnistu elektrivõrk koosneb peakilbist, peajuhistikust ja arvestikilbist, millest väljuvad toitekaablid korterite rühmakilpidesse. Joonisel 2.21 on kujutatud ridamaja piirkonna peajaotuse ja maanduse teostusviisid.

2.3.3 KORRUSMAJA ELEKTRIVÕRK

Korrumaja elektrivõrk koosneb põhimõtteliselt samal viisil nagu ka ridamaja elektrivõrgu peakilbist, mitme arvestiga kilbist, korterite elektripaigaldistest ja ühiskasutuses olevate ruumide elektriseadmetest. Joonisel 2.22 on kujutatud korrumaja toitejuhistiku skeem.



Joonis 2.22 Korrumaja elektrivõrk

2.3.4 ÄRI- JA BÜROOHOONED NING AVALIKUS KASUTUSES HOONED

Kinnistud võivad olenevalt suurusest ja võimsusvajadusest olla kas kõrge- või madalpingeliitujad. Energia tarbimist saab mõõta kõrge- ja madalpingepoolel. Rendikinnistute rentnike ruumide elektrienergia arvestid püütakse võimalust mööda koondada peakilpi.

Pea- ja teised toitejuhid võivad olenevalt hoone korruste arvust ja ruumide hulgast olla kas suure voolu- või jaotuslatisüsteemid või üksikuid toitejuhid.

Kinnistu paigaldistes on enamasti vaja korraldada reaktiivvoolu kompenseerimine. Olenevalt hoone kasutusotstarbest võib hoones elektritoite tagamiseks olla isegi mitu elektritoite varu- ja turvasüsteemi ja nende võrku..

Hoonete töötajate turvalisuse tagamiseks võivad näiteks hotellides, kaubamajades, teatrites vms. üldkasutatavates ruumides olla turva- ja evakuatsioonivalgustite süsteemid, mis saavad toite akutoitega turvalalgustuse kilpidest.

Suurte kinnistute, näiteks pankade ja kindlustusfirmade jms suurte ettevõtete peakontorite elektrivõrkude toide tagatakse avalikust toitevõrgust veel varutoiteahelatega ja varutoiteseadmetega. Kinnistu hoonete arvutiruumide elektritoiteahelate talitus tagatakse sageli UPS-seadmetega, mille abil saadakse katkematu elektrienergia toide.

Suured kinnistud vajavad sageli elektrisüsteemide ja KVV-seadmete (küte, vesi, ventilatsioon) juhtimist ja järelevalvet ning häireolukordade tarvis eraldi juhtimis- ja häiresüsteeme.

2.3.5 TÖÖSTUSHOONED

Tööstuskinnistute elektrivõrgud võivad tööstusettevõttest ja tootmisliigist olenevalt üksteisest väga palju erineda. Väikesed kinnistud ja kergetööstuse tootmisettevõtted liituvad sageli elektritootja madalpingevõrguga. Raske metallitööstus ja paberitööstus on enamasti kõrgepingeliitujad ja võivad vajamineva elektrienergia ka osaliselt või täielikult ise toota. Kõrgepingeliitumine võib toimuda isegi 110 kV võrguga, kui tööstusettevõttel on oma 20 kV sisemine jaotusvõrk koos alajaamaga.

Tööstushoone elektrivõrk ei erine madalpinge osas oluliselt nt ärihoone või avalikus kasutuses olevate hoonete elektrivõrgust.

Rasketööstuse kinnistud võivad vajada 400/230 V jaotusvõrgu kõrval ka 500 V või 660 V madalpinge jaotusvõrke.

Tööstuslikud alalisvoolumootorid saavad toite enamasti kolmefaasiliste võrkudega ühendatud türistormuunditest ja vahelduvvoolumootorite sujuv pöörete arvu reguleerimine toimub sagedusmuundurite abil.

Valgustusenergia võetakse suurde tööstushoonesse enamasti oma kõrgepingetoitega alajaamast. Enamasti saab sellesse võrku ühendada ka ventilatsiooniseadmed, töökohakilbid ja muud nendega võrreldavad elektritarvitid. Tootmiseseadmed eraldatakse hoone muust elektritarbimisest sageli ka väiketööstushoonetes.

2.4 LIITUMISVÕIMSUSE DIMENSIOONIMINE

Soome standardiseeria SFS 6000 punkti 311.1 alusel on suurima koormuse määratlemine oluline, et paigaldise saaks projekteerida ökonoomseks ja töökindlaks lubatava soojenemise ja pinge alanemise piires. Paigaldise või selle osade suurima koormuse määratlemisel võib arvestada koormuste eriaegsust ehk ühtlustamist.

Koormuse määratlemisel võib kasutada juhisenä ST-kaarti 13.31 “Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen” (“Ehitise elektrivõrgu ja liitumise dimensioonimine”), millel põhinevad alljärgnevad juhised.

2.4.1 ERINEVATE HOONETÜÜPIDE TEGELIKUD KOORMUSED KOGEMUSE ALUSEL

Elektriliitumise dimensioonimine on tehnilis-majanduslik optimeerimisülesanne. Ühest küljest tuleb tagada elektrienergia varustamiskindlus, arvestades tulevase elektrienergia tarbimis- ja muutumisvajadusi, aga teisalt ei ole majanduslikult mõistlik ka liitumisahelaid tarbetult üledimensioonida.

Liitumise dimensioonimist mõjutavad lisaks hoone kasutusotstarbele ja kasutamisele süsteemi- ja seadmevalikud. Neil on suur tähtsus ka kogu eluea kuludes ja keskkonnamõjudes.

2.4.2 ELUMAJA MAKSIMUMVÕIMSUSE P_{hmax} HINDAMINE

Elumajade ruutmeetrivõimsuse määratlemine laias laastus arvatud näitajatega on enamasti võimalik teostada üsna tõelähedaselt, sest elumajade elektriseadmed ja nende tekitatud võimsusvajadused on juba eelnevalt üsna täpselt teada. Tegelikku ruutmeetrivõimsust mõjutab mõningal määral ka varustustase.

2.4.2.1 Üldist

Soome organisatsiooni Suomen sähkölaitosyhdistys ry (praegune Energiatieteollisuus) väljaandes SA 4:92 “Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen” (“Madalpingevõrgu ja alajaama elektriline dimensioonimine”) toodud elumaja maksimumvõimsuse arvutusmudelid põhinevad erinevate hoonete elektritarbimise 1983. aastal alustatud koormusmõõtmiste tulemustel. Nende alusel tehtud statistiliste analüüside alusel on koostatud arvutusmudelid korrus- ja ridamajade ning eramute

maksimumvõimsuse arvutamiseks. Mudelid on koostatud selliselt, et tulemuseks saadud maksimumvõimsust ületatakse mitte rohkem kui 1% juhtudest.

Tabel 2.2 Suomen sähkölaitosyhdistys ry (praegu Energiateollisuus ry) poolt välja antud arvutusmudelid elumaja maksimumvõimsuse määratlemiseks.

Elumajad			Märkused
Korrus- ja ridamajad:		Maksimumvõimsus [kW]	A_{krs} = korruse pindala [m ²]
1	Ilma keristeta	$P_{max} = P_{va} + 17 \times A_{krs}/1000$ $P_{va} = 65 \text{ kW}$	On kasutatav, kui A_{krs} on vähemalt 2500 m ² . Väiksemates asendatakse P_{va} väärtusega: $P_v = A_{krs} / 2500 \times P_{va}$; P_v minimaalselt 30 kW
2	Korterisisesed kerised	$P_{max} = P_{va} + 24 \times A_{krs}/1000$ $P_{va} = 90 \text{ kW}$	
Väikesed ridamajad:		Maksimumvõimsus [kW]	Ridamajad, kus on 5-15 korterit, $A_{lām}$ = köetud pindala [m ²]
1	Elektrikütet ei ole, keris on	$P_{max} = 30 + 26 \times A_{lām}/1000$	
2	Vahetu elektriküte, keris	$P_{max} = 30 + 64 \times A_{lām}/1000$	Tarbevee soojendamine pidevalt või öösel
3	Vahetu elektriküte, keris või kerise paigaldamise võimalus	$P_{max} = 30 + 49 \times A_{lām}/1000$	Tarbevee soojendamine öösel
Eramud ja väga väikesed ridamajad		Maksimumvõimsus [kW]	Maksimaalselt 4 ridamaja-korterit või eramud, $A_{lām}$ = köetud pindala [m ²]
1	Elektrikütet ei ole, keris on	$P_{max} = 7,5 + 26 \times A_{lām}/1000$	
2	Vahetu elektriküte, keris	$P_{max} = 7,5 + 64 \times A_{lām}/1000$	Tarbevee soojendamine pidevalt või öösel
3	Vahetu elektriküte, keris või kerise paigaldamise võimalus	$P_{max} = 7,5 + 49 \times A_{lām}/1000$	Tarbevee soojendamine öösel
Parkimisplatsid:		Maksimumvõimsus [kW]	N_{auto} = soojendatud auto-kohtade arv P_{pys} = parkimisplatsi maksimumvõimsus [kW]
1	Parkla	$P_{pys} = 10 + 0,5 \times N_{auto}$	

Märkused: Liitumiskaabli voolu määramisel tuleb arvestada koormuse võimsustegurit $\cos \varphi$. Kui reaktiivenergia osakaal on vähene, võib hinnanguliselt lähtuda sellest, et $\cos \varphi = 0.96$.

Maksimumvõimsuse P_{hmax} hindamisviisid ehk maksimumvõimsuse arvutusmudelid põhinevad baaskoormuse ja pindalast oleneva koormuse ehk pindalavõimsuse ning elektriseadmete samaaegse kasutuse tõenäosuse hindamisel.

Elumajas on suhtelist püsiv baasvõimsus, mis hõlmab järgmiste elektritarvitirühmade elektrienergia vajadust sel määral, mida korteris kasutatakse või milleks on loodud valmisolek:

– köögi soojust tootvad seadmed	“seadmevõimsus” kW/korter
– kodu külmaseadmed	“seadmevõimsus” kW/korter
– rõivahoolduse elektriseadmed	“seadmevõimsus” kW/korter
– kodu elektroonikaseadmed	“seadmevõimsus” kW/korter
– elektrikeris	“elektrisoojusvõimsus” kW/korter
– elektriline soojaveeboiler	“elektrisoojusvõimsus” kW/korter
– auto elektrilised kütteseadmed	“elektrisoojusvõimsus” kW/korter
– muud kodu elektriseadmed	“seadmevõimsus”

Baasvõimsuse suurus sõltub teataval määral korteri suuruselt, kuid mitte nii otseselt kui pindalapõhiste tarbijagruppide võimsus. Pindala mõju baasvõimsuse muutumisele põhineb tõsiasi, et suurtes korterites elab rohkem inimesi kui väiksemates. Ka elektritarbimise üldine tase võib suurtes korterites olla väikestest korteritest suurem.

Korteris on koormusi, mis sõltuvad peaaegu ainuüksi korteri suuruselt. Sellised pindalavõimsuse tarbijagrupid on eeskätt

– valgustus	“valgustusvõimsus” W/m ²
– elektriküte	“elektrisoojusvõimsus” W/m ²
– KVV-seadmed	“seadmevõimsus” W/m ²

2.4.2.2 Dimensioonimishetke valik ja samaaegse kasutamise tõenäosuslik hindamine

Maksimumvõimsuse määratlemisel tuleb elektri ostutariifi, elektriseadmete varustaseme, kasutus- ja juhtimisviiside alusel otsustada dimensioonimishetk ehk see moment – aasta-aeg, nädalapäev ja ööpäeva hetk – millal tõenäoliselt saavutatakse maksimumkoormus. Dimensioonimishetke tarvis hinnatakse, kui suure tõenäosusega erinevad elektriseadmete grupid on üheaegselt sisse lülitatud.

Samaaegsust hinnates tuleb arvestada muuhulgas elektriseadmete kasutuse suhet ehk kui pika suhtelise ajavahemiku ööpäevast, nädalast, kuust või aastast seade on kasutusel. Kui seadet kasutatakse vähe ja liitumiskaabel soojeneb ajateguri suhtes lühikeste perioodide kaupa, on selle mõju maksimumvõimsusele (st. liitumiskaabli soojuskoormusele) minimaalne.

Järgnevalt toodud korteri maksimumvõimsuse dimensioonimisskeemidel on hinnatud korteri baaselektrivarustust ja erinevate elektrikütteseadmete – elektrikütte, auto elektriseadmete, elektrilise soojaveeboileri ja elektrikerise – põhjustatud võimsusvajadust. Lisaks on skeemidele lisatud erinevate koormuste vaheldumise ning muude samaaegselt mõjutavate tegurite kohta kogutud andmed.

2.4.2.3 Eri tüüpi korterite maksimumvõimsuse P_{hmax} arvutamisjuhud

a) Korterite baaselektrivarustus + elektriokeris

Korteri maksimumvõimsus arvutatakse järgmiselt:

$$P_{hmax} = P_{val} \times A_h / 1000 + P_{kk} + P_{kev} \quad (2.1)$$

kus

P_{val}	on valgustuskoormus, 10 W/m ²
A_h	on korteri pindala, m ²
P_{kk}	on seadmekoormus, kW
P_{kev}	on kerise mittemuutuv võimsusosa, kW

Seadmekoormus P_{kk} väärtus määratletakse järgmiselt:

$$P_{kk} = 6,0 \text{ kW, kui } A_h \leq 75 \text{ m}^2$$

$$P_{kk} = 7,5 \text{ kW, kus } A_h > 75 \text{ m}^2$$

või alternatiivina järgmise valemi abil

$$P_{kk} = 20 \times A_h / 1000 \quad (2.2)$$

Näide 1:

$$\begin{aligned} P_{val} &= 10 \text{ W/m}^2, \text{ valgustuskoormus,} \\ A_h &= 120 \text{ m}^2, \text{ korteri pindala,} \\ P_{kev} &= 3,0 \text{ kW kerise mittemuutuv võimsusosa} \\ P_{hmax} &= [(10 \times 120/1000) + (6 + 20 \times 120/1000) + 3] \text{ kW} = 12,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

b) Korterite baaselektrivarustus + elektriokeris + vahetu elektriküte + LVV

Täielikult elektrifitseeritud, vahetu elektriküttega varustatud korteri maksimumkoormus arvutatakse järgmiselt:

$$P_{hmax} = P_{hläm} + P_{aläm} + P_{LVV} + P_{kev} + (P_{kk} + P_{val} \times A_h / 1000) \quad (2.3)$$

kus

$P_{hläm}$	on elektrikütte võimsus, kW
$P_{aläm}$	on autokütte võimsus, kW
P_{LVV}	on soojaveeboileri võimsus, kW
A_h	on korteri pindala, m ²
P_{kev}	on kerise mittemuutuv võimsusosa, kW
P_{kk}	on seadmekoormus, 3 kW
P_{val}	on valgustuskoormus, 10 W/m ²

Antud juhul on eelduseks, et kerise termostaadiga juhitud küttekeha võimsus lülitatakse sisse muutuvalt, teise koormusega vaheldumisi. Näiteks kerise muutuv võimsuse osa lülitatakse sisse, kui keris lülitub täisvõimsusele.

C) Korteribaaselektrivarustus + elektrikeris + salvestav elektriküte + LVV

$$P_{hmax} = P_{hläm} + P_{aläm} + P_{LVV} + P_{kev} + (P_{kk} + p_{val} \times A_h / 1000) \quad (2.4)$$

kus

$P_{hläm}$	on elektriküte võimsus, kW
$P_{aläm}$	on autoküte võimsus, kW
P_{LVV}	on soojaveeboileri võimsus, kW
A_h	on korteri pindala, m ²
P_{kev}	on kerise mittemuutuv võimsusosa, kW
P_{kk}	on seadmekoormus, 5 kW
p_{val}	on valgustuskoormus, 10 W/m ²

Ka sel juhul eeldatakse, et kerise osa võimsusest toimib muutuvalt, vaheldumisi mingi muu koormusrühmaga.

2.4.2.4 Elumaja maksimumvõimsuse P_{max} hindamine

Maksimumvõimsuse P_{max} hindamisvõimalused ehk maksimumvõimsuse arvutusmudelid põhinevad baaskoormusel ja pindalast oleneval koormusel ehk pindalavõimsusel ning elektriseadmete samaaegse kasutamise tõenäosuse hindamisel.

Nagu kirjeldatud üksikute korterite puhul, on ka elumaja maksimumvõimsuse dimensioonimise valemite arvestatud korteri baaselektrivarustust ja erinevate elektrikütteseadmete – elektriküte, auto elektriküte, elektriline soojaveeboiler ja elektrikeris – põhjustatud võimsusevajadust. Lisaks on valemite arvestatud erinevate koormuste vaheldumist ning muude samaaegsust mõjutavate tegurite kohta kogutud andmeid.

2.4.2.5 Hoone maksimumvõimsuse P_{max} arvutamine ühe korteri maksimumvõimsuse P_{hmax} ja ühtlustusteguri $C(N_h)$ abil

Maksimumvõimsuse P_{max} hindamine võib toimuda selliselt, et esmalt määratakse ühe “keskmise” korteri maksimumvõimsus P_{hmax} . Seejärel korrutatakse arvutatud korteri maksimumvõimsus hoone korterite arvuga N_h ja lõpuks lisatakse erineval ajal kasutamisest tulenev ühtlustustegur $C(N_h)$ ehk korrutatakse samaaegsusteguriga.

$$P_{max} = C(N_h) \times N_h \times P_{hmax} \quad (2.5)$$

kus

P_{max}	on hoone maksimumvõimsus, kW
$C(N_h)$	on korterite vaheline ühtlustustegur
N_h	on korterite arv
P_{hmax}	on ühe korteri maksimumvõimsus, kW

Ühtlustustegurit võib hinnata kogemuse põhjal või arvutada järgmiselt:

$$C(N_h) = C_{\min} + (1 - C_{\min}) \times \{1 / [1 + \log(N_h) / \log(A_h)]\}^{3,5} \quad (2.6)$$

kus

$C(N_h)$ on ühtlustustegur, kui korterite arv on N_h ja korteri keskmine pindala on A_h (vt joonis 2.23)

$C_{\min}$ on minimaalne ühtlustustegur, millest väiksemaks ühtlustamine ei lange, kuigi korterite arv võib olla kuitahes suur (siin on valitud 0,20)

$P_{h\max}$ on ühe korteri maksimumvõimsus, kW

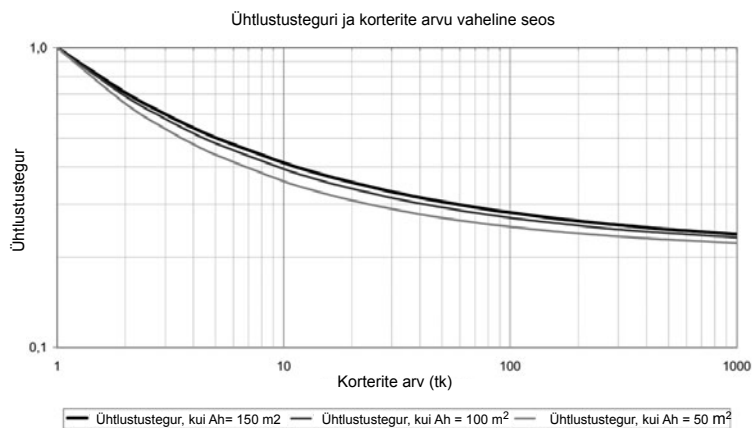
Korterite pindala A_h on arvutatud järgmiselt:

$$A_h = A_{krs} / N_h \quad (2.7)$$

kus

A_{krs} on hoone korrusepindala, m²

Ühe korteri maksimumvõimsus $P_{h\max}$ arvutatakse valemite 2.4, 2.5, 2.6 ja 2.7 abil või seda hinnatakse hoone teadaolevate elektritarbimisandmete alusel.



Joonis 2.23

Korterite arvust (N_h) sõltuva ühtlustusteguri $C(N_h)$ väärtused arvutatuna valemi 2.6 abil erinevate keskmiste korterite pindalade (A_h) puhul. Pane tähele logaritmilisi skaalasid mõlemal teljel.

2.4.3 VÕIMSUSVAJADUSE HINDAMINE MUUDES HOONETES SÜSTEEMIDE /SEADMEGRUPPIDE KAUPA

Kasutusel olevate objektide ehitatud maksimumvõimsuste hindamisel selgus, et võimsuse varieerumine (W/m^2) oli paljudel kooli- ja büroohoonetel suhteliselt suur. Võib oletada, et rahvarohketes ja tööstushoonetes tekkivad maksimumvõimsused erinevad üksteisest veelgi enam. Sellest tulenevalt peaks PJ-liitumisvõimsuse arvutamisel alati, välja arvatud elumajade puhul, lähtuma konkreetsest liitujast, võttes arvesse hoone kasutusotstarvet ning võimalust mööda ka hoonesse projekteeritud elektriseadmete kogumit ning elektriseadmete juhtimist ja kasutust. Sellist dimensioonimisviisi on põhjalikult käsitletud ST-kaardil 13.31.

KIRJANDUS:

- | | |
|--|---|
| – ST-käsikirja 20 Varmennetut
sähkonjakelujärjestelmät | ST-käsiraamat 20 Tagatud elektrijaotus-
süsteemid |
| – ST-esimerkki 4 Esimerkkipiirustukset,
asuintalo | ST-näidis 4 Näidisjoonised, elumaja |
| – ST-esimerkki 5 Esimerkkipiirustukset,
ja toimisto- ja liikerakennus | ST-näidis 5 Näidisjoonised, büroo- ja
ärihoone |
| – ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon
ja liittymän mitoittaminen | ST 13.31 Ehitise elektrivõrgu ja liitumi-
se dimensioonimine |
| – ST 53.11 Kaapeliliitännäiset
elektritarbija sähkonkäyttäjän
uuntamot | ST 53.11 Kaabelühendustega elektritar-
bija alajaamad |
| – Maadoituskirja | Maandusraamat |
| – Yliaallot ja kompensointi -kirja | Kõrgemate harmoonikute ja kompen-
seerimise raamat |

EHITISTE KAITSEGA SEONDUVAD NÕUDED

Elektripaigaldiste kaitstesüsteemide eesmärgiks on tagada, et elektripaigaldise kasutamisel ei tekiks elektrilöögi- ega tuleohtu. See kehtib nii tavakasutuse kui ka elektriseadmete või paigaldiste rikete korral. Nõude teostamiseks tuleb paigaldis projekteerida selliselt, et kaitsega seonduvad nõuded on täidetud. Elektripaigaldistes on kaitseseadmete abil teostatavad kaitsed tavaliselt

- kaitse elektrilöögi eest
- liigvoolukaitse
- liigpingekaitse
- alapingekaitse

Lisaks elektriohutusunõuetele tuleb kaitsenõuetes arvestada EMC-direktiivist tulenevaid häirekaitsenõudeid. Need on kirjeldatud peatükis 3.5.

Kõiki paigaldise kaitsega seotud nõudeid ei saa siiski spetsiaalsete kaitseseadmete abil teostada. Kaitse tagamiseks peab arvestama seadmete valikut ja ümbruse seisukohalt õiget paigaldamist. Näiteks tuleohu vältimiseks on oluline tagada, et seadmete pinnatemperatuur ei oleks liiga kõrge ja et seade ei ole süttivatele materjalidele liiga lähedale paigutatud. Elektripaigaldiste kaitse juurde kuulub veendumine, et seade sobib konkreetse ruumi tingimustes kasutada.

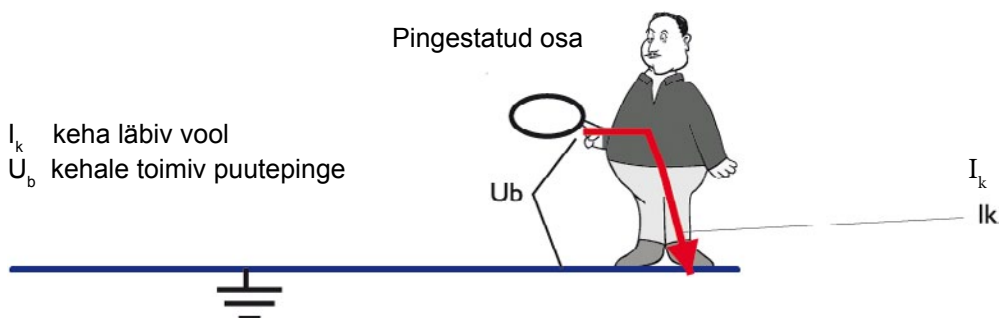
Kokkuvõttes võib väita, et elektripaigaldise kaitse on tagatud, kui paigaldis on õigesti projekteeritud, dimensioonitud ja ehitatud ning paigaldis hoitakse korras ja seda kasutatakse õigesti.

3.1 KAITSE ELEKTRILÖÖGI EEST

3.1.1 ELEKTRIVOOLU TOIME

Elektrivoolu eest kaitsmisel arvestatakse hetketeadmisi elektri füsioloogilisest toimest.

Vool läbib inimest, kui inimene samaaegselt puudutab kahte erineva potentsiaaliga osa. Joonisel 3.1 kujutatud seadme üks osa on hooldamatuse või muul põhjusel kaitseta jäänud pingestatud osa ja teine osa on elektrit juhtiv alus või kaitsemaandatud seadme korpus. Rikete tekkimisel saadakse elektrilöök tavaliselt rikkis seadme korpusse ja elektrit juhtiva lähiümbruse vahelt. Inimest ei taba tavaliselt kogu toitepinge või nullpotentsiaaliala ja rikkekoha vaheline rikkepinge. Keha näivtakistusega satuvad enamasti jadaühendusse vähemalt rõivaste ja jalgealusenäivtakistused, mis piiravad voolu suurust ja vähendavad keha näivtakistusele jäävat puutepingeks nimetatud osa pingelangust.



Joonis 3.1 Elektrivoolu liikumine läbi inimese keha. I_k on keha kaudu liikuv vool, U_b on kehale toimiv puutepinge.

Keha näivtakistus

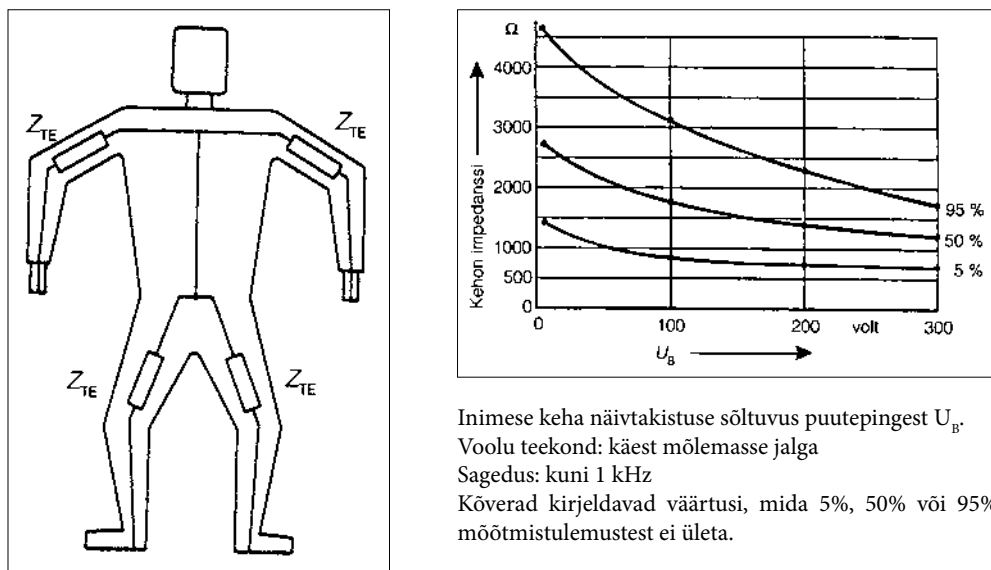
Inimese keha võib kujutada näivtakistustest koosneva ekvivalentse lülitusena. Mõõtmised on näidanud, et keha keskosa osakaal terviknäivtakistuses on minimaalne ja piisav täpsus saavutatakse ainuüksi jäsemete ja eriti liigeste näivtakistuste arvestamisega. Joonisel 3.2 on kujutatud jäsemete näivtakistustest koosnev ekvivalentlülitus. Joonise kõrval olev graafik näitab, et keha näivtakistus ei ole lineaarne, vaid oleneb seda mõjutavast puutepingest. Kõver näitab ka suurt indiviidide vahelist erinevust mõõtmistulemustes.

Väikeste puutepingete puhul moodustab olulise osa keha näivtakistusest naha näivtakistus. Alalispinge puhul toimib ainult naha aktiivtakistus, vahelduvpinge puhul kaasneb ka mahtuvusvoolu osa. Näivtakistust mõjutavad ka puutepinna suurus ja naha niiskus. 50 Hz sagedusel pinge kasvades nahas tekkivate läbilöökidest tõttu keha näiv-

takistus väheneb. Kui pinge ületab 500 V, jääb järele vaid keha sisemine näivtakistus, mida võib pidada stabiilseks.

Meie jaotusahelates on rikkeolukordades puutepinge maksimaalselt 220 – 240 V. Joonisel 3.2 kujutatud 5 % kõvera korral on keha kogunäivtakistus umbes 750 W. Ekvivalentlülituses vastab see umbes 500 W näivtakistuse väärtusele.

Praktikas on täheldatud, et tegelikud näivtakistuse väärtused erinevad veidi paremast käest või vasakust käest jalgadesse mõõdetuna. Nendel arvude erinevusel ei ole otsest mõju praktilistele kaitsemeetmetele.



Inimese keha näivtakistuse sõltuvus puutepingest U_B .

Voolu teekond: käest mõlemasse jalga

Sagedus: kuni 1 kHz

Kõverad kirjeldavad väärtusi, mida 5%, 50% või 95% mõõtmistulemustest ei ületa.

Joonis 3.2 Inimese keha osanäivtakistuste põhimõtteline lülituskeem.

Z_{TE} on jäsemete osanäivtakistus.

Elektrivoolu mõju keha närvisüsteemile

Keha tundlikkus voolu suhtes tuleneb inimese hästi arenenud närvisüsteemist. Elektrivoolu füsioloogilist mõju kirjeldab voolu suurus, millele kude või organ reageerib, põhjustades valu või kokkutõmbet. Keha erinevad osad (silm, keel) reageerivad juba üsna väikeste voolusuurustele - 0,02-0,05 mA. Tajumispiiri lähedal olevate voolusuuruste mõju kogetakse peamiselt ärritavana. Need ei ole otseselt ohtlikud. Hirmu-šoki mõju või ootamatud liigutused võivad põhjustada ootamatuid olusituatsioone nt pingealustel töödel või käidutoimingutel osalise puutekaitsega aladel, kus tõenäosus ohtliku elektrilöögi saamiseks on oluliselt suurem.

Tajumispiirile lähedaste voolude puhul tekib valu, 4-5 mA suuremate voolude puhul aga lihaskrambid. Õnnetuse tagajärgi mõjutab otseselt inimese võimalus pingestatud osadest vabaneda. See voolu suurus, mille puhul inimene on veel suuteline oma lihaskrampide kontrollima ja ennast pingestatud osast lahti tõmbama, on individuaalselt erinev ning veel meestel ja naistel erinev. Ühe uuringu järgi suutis 99,5% meestest, kellest enamik oli 21-25-aastased, ennast veel 8,8 mA suuruse voolu toimest vabastada.

Tajumispiiri ületavate voolutugevuste vahemik A1 (tabel 3.1) sisaldab piiri, mille ületanud voolu suuruse puhul ei ole enam võimalik ennast pingestatud osast vabastada. Kui vool kasvab, kasvab ka krambi tugevus ja vererõhk tõuseb. Õnnetusohvri seisukohalt on kriitiline ka 30 mA vool, sest sellest suuremad voolusuured võivad põhjustada teadvusekaotuse.

Keha kaudu liikuvad üle 30 mA voolud põhjustavad ka muid kahjulikke mõjusid: südametegevuse häireid (fibrillatsiooni) ja hingamisteede halvatust. Südamelihase tekitab ise oma talitluseks vajaliku pinge, mida reguleerivad kaks närvikeskust. Süda on seega iseseisvalt ja automaatselt töötav elund.

Südame vatsakeste fibrillatsioon tähendab häiret südame töös, mis ilmneb selles, et tavaliselt 70-80 minutis toimuv rütmiline südamelihaste kokkutõmmete ja lõdvenemiste rütmiline tegevus läheb sassi ja lihaste töörytm kiireneb oluliselt, südames tekib värin. Selle tagajärjel südame pumpamise võime väheneb drastiliselt. Vereringe lakkab või nõrgeneb selliselt, et kudede hapnikusaamine on häiritud sellest hoolimata, et hingamine võib esialgu veel normaalselt jätkuda. Aju kõige tundlikumad piirkonnad kahjustuvad juba 3-4 minuti möödudes ja kiirelt järgneb surm, kui südame tegevust ei õnnestu taastada. Et esmaabist kasu oleks, tuleb esmalt südame töös selgusele jõuda ning alustada seejärel võimalikult kiiresti elustamist.

Hingamiskeskuste kaudu kulgev üle 30 mA vool põhjustab hingamisteede talitlust juhtivate närvide ajutise halvatuse. Selle tulemusel tekivad hingamisraskused või hingamine lakkab. Väikeste voolude korral võib hingamine iseenesest taastuda, kui vool õigel ajal katkeb. Suurte voolude korral on hingamistegevuse taastamiseks vajalik väline elustamine.

Tabeli 3.1 põhjal ei teki riskipiirkondades 0-A3 elektrivoolu mõjul püsivaid tagajärgi. Seevastu piirkondades B1 ja B2 on südamevatsakeste fibrillatsioon võimalik, kui voolu kestusaeg on pikem kui südame rütmiperiood või B2 piirkonnas südame perioodist lühem kestusaeg langeb pumpamisfaasile järgnevale häiretundlikule taastumisperiodile.

Tabelis 3.1 on kirjeldatud elektri mõju inimese kehale erinevates voolupiirkondades.

Tabel 3.1 Elektrivoolu mõju inimese kehale (Biegelmeier ja Rotter)

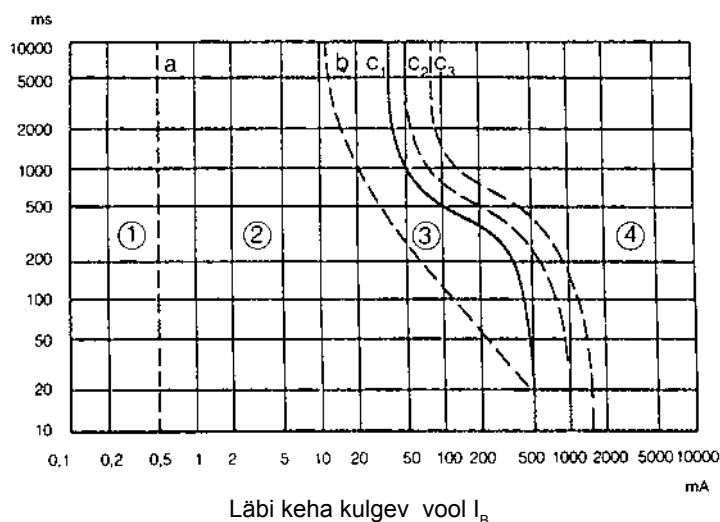
Riski-piirkond	Voolutugevus sagedusel 50...60 Hz efektiiv-väärtus mA	Kestusaeg	Füsioloogiline mõju inimese kehale
0	0...1	Ei oma tähtsust	Piirkond ulatub tajumispiirini. Voolu mõju ei ole märkimisväärne.
A1	1...15	Ei oma tähtsust	Piirkond ületab krampide tekkekünnise. Krampide tekkekünnise ülempiiril ei ole käes olevatest elektroodidest ise võimalik vabaneda. Tugevad valud lihastes, sõrmedes ja käsivartes.
A2	15...30	Minutites	Tugevad kokkutõmbed käsivarre lihastes. Hingamisraskused. Kõrgenenud vererõhk. Taluvuspiir.
A3	30...50	Sekunditest minutiteni	Ebaregulaarne südame töö. Kõrgenenud vererõhk. Tugevad krampid. Teadvusekaotus. Voolu pikema toimeajaga võib voolupiirkonna suuremate numbrite juures tekkida südame fibrillatsioon.
B1	50-st mõnesajani	Lühem kui südame periood	Südame fibrillatsiooni ei teki. Tugev šokk.
		Pikem kui südame periood	Südame fibrillatsioon. Pingesse lülitumise hetk südame tegevuse perioodi suhtes ei ole oluline. Teadvusekaotus. Nahal voolumärgid .
B2	Rohkem kui mõnisada	Lühem kui südame periood	Südame fibrillatsioon. Pingesse lülitumise hetk südame tegevuse perioodi suhtes on olulise tähtsusega. Tundlikumas perioodis tekib südame fibrillatsioon (südamelihase lõdvenedes peale pumpamisperioodi). Teadvusekaotus. Nahal voolumärgid .
		Pikem kui südame periood	Pöörduv südameseiskumine. Piirkond, kus toimub fibrillatsiooni taandumine (defibrillatsioon) elektrivoolu mõjul. Teadvusekadu. Nahal voolumärgid. Põletushaavad.

Kui keha kaudu kulgev vool tõuseb mõnest amprist kõrgemale, võib õnnetuse tagajärgedena prognoosida ka kuumenemisest tulenevaid kudede vigastusi. Kudedes soojuseks muutuv energiakogus on võrdeline aja ja voolu suuruse ruuduga. Madalpinge õnnetusjuhtumites, kus naha näivtakistus on alguses tähtsus, on lühikese toimeaja puhul iseloomulikuks vigastuseks naha kahjustumine neis kokkupuutekohtades, kus keha on olnud ühenduses vooluahelaga. Kõrgepinge õnnetusjuhtumites on voolud

tavaliselt väga suured. Sellisel puhul tekib sageli ka sisemisi põletushaavu, kuigi neid ei ole välisel vaatlusel alati võimalik tuvastada. Sisemisi põletushaavu võib esineda ka madalpinge õnnetusjuhtumites, kui kokkupuude pingega on olnud suhteliselt pikaajaline. Kahjustus on tihti suurem, kui otsesest kokkupuuteajast võiks järeldada. See tuleneb asjaolust, et naha põletus vähendab alguses keha kogunäivtakistust, ja seetõttu võib vool veel algsest suuremaks kasvada. Sisemised vigastused võivad olla tõsiste tagajärgedega, isegi kui õnnetuse ohver taluks õnnetuse otseseid mõjusid.

IEC on määratlenud (IEC raport 479) piirkõverad südame vatsakeste fibrillatsiooni tekkele. Kõverad on toodud joonisel 3.3. Kõverad kirjeldavad samu nähtusi nagu tabel 3.1. Kuna kõverad kirjeldavad erinevate ohupiirkondade piiril samast puutepingest tulenevaid voolu suuruse ja kestusaja vahelisi seoseid, sobib kõver väga hästi ka elektrilöögi eest kaitsmise meetmete kavandamise aluseks.

Voolu mõju kestus t



- | | |
|-------------|---|
| Piirkond 1: | Tavaliselt mingit toimet ei ole. |
| Piirkond 2: | Tavaliselt mingit patoloogilist toimet ei ole. |
| Piirkond 3: | Üleminekupiirkond ilma kindlate piirideta. Enamasti mingeid orgaanilisi kahjustusi ei teki, südame fibrillatsiooni ohtu ei ole. Kui voolu suurus kasvab, tekivad selle mõjupiirkonnas hingamisraskused. |
| Piirkond 4: | Südame vatsakeste fibrillatsiooni suurenev tõenäosus. |

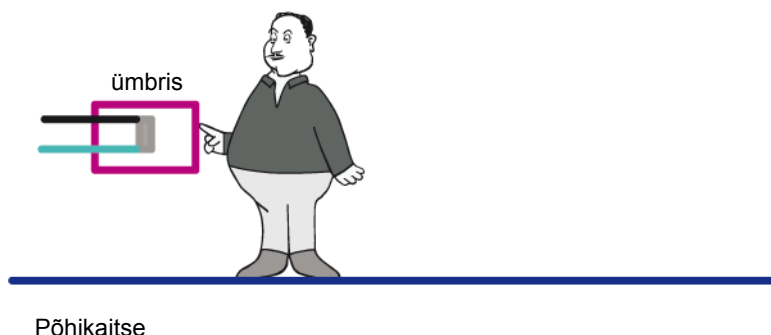
Joonis 3.3 50/60 Hz vahelduvvoolu mõjupiirkonnad IEC raporti 479 põhjal

3.1.2 PÕHIKAITSE

Põhikaitse all mõeldakse kaitset, mille abil hoitakse ära inimese kokkupuude pingestatud osadega, kui elektriseade on tavakasutusoludes (mitte rikkis). Enamasti saab põhikaitse abil ära hoida mistahes kokkupuute pingestatud osadega. Põhikaitse kohta on kasutatud ka nimetust otsepuutekaitse.

Pingestatud osade isoleerimine ning kaitse ümbriste või kaitsekatete abil moodustavad täielikku kaitse. Seetõttu võib neid meetodeid kasutada kõikides tingimustes.

Kaitse tõkete abil või pingestatud osade väljapoole puuteküündivust paigutamisega tagatakse ainult osaline puutekaitse ning seetõttu tulevad need meetodid kõne alla ainult erandjuhtudel, ja enamasti vaid ruumides, kuhu on ligipääs ainult elektriala töötajatel.

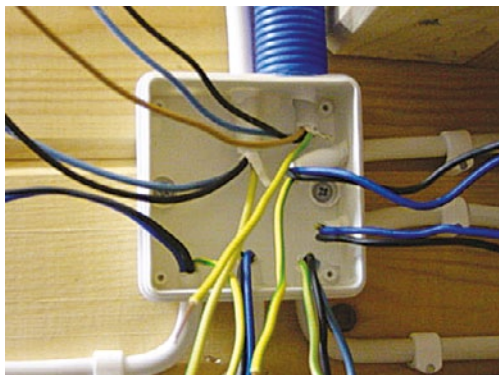


Joonis 3.4 Põhikaitse kaitseb tavakasutuses pingestatud osa puudutamise eest

Isoleerimine

Kõige tavalisem näide selle kaitseviisi kasutamise kohta on juhtide isoleerimine. Elektri-seadme isolatsioonitase peab vastama paigaldise suurimale nimipingele.

Enamasti teostatakse kaitse standardite nõuetele vastavate tarvikute kasutamisega. Isoleerimist võib teha ka paigaldustööde ajal, kuid sellisel juhul tuleb seda testida, et isolatsioonitase vastaks tehases toodetud, standardile vastava seadme isolatsiooni tasemele. Isolatsioon peab olema kahjustamata ja seda peab olema võimalik eemaldada vaid purustamise teel. Isolatsioon peab taluma kasutusviisist ja kasutuskeskkonnast tulenevaid koormusi.



Joonis 3.5 Isolatsiooni kasutamine põhikaitstes

Ümbrised ja kaitsekatted

Ümbrise all mõeldakse toodete osaks olevat mehhaanilist kaitsekonstruktsiooni, mis hoiab ära vee ja tahkete kehade sattumise toote sisse ja ühtlasi kaitseb ohtlike osadega kokkupuute eest. Kui kasutatakse ümbrist, peab kesta kaitseaste pingestatud osade eest olema vähemalt IP2X või IPXXB. Sageli seavad kasutustingimused siiski suuremaid nõudeid.

Kui on ette nähtud avatav kest, peab seejuures olema tagatud üks järgmistest variantidest:

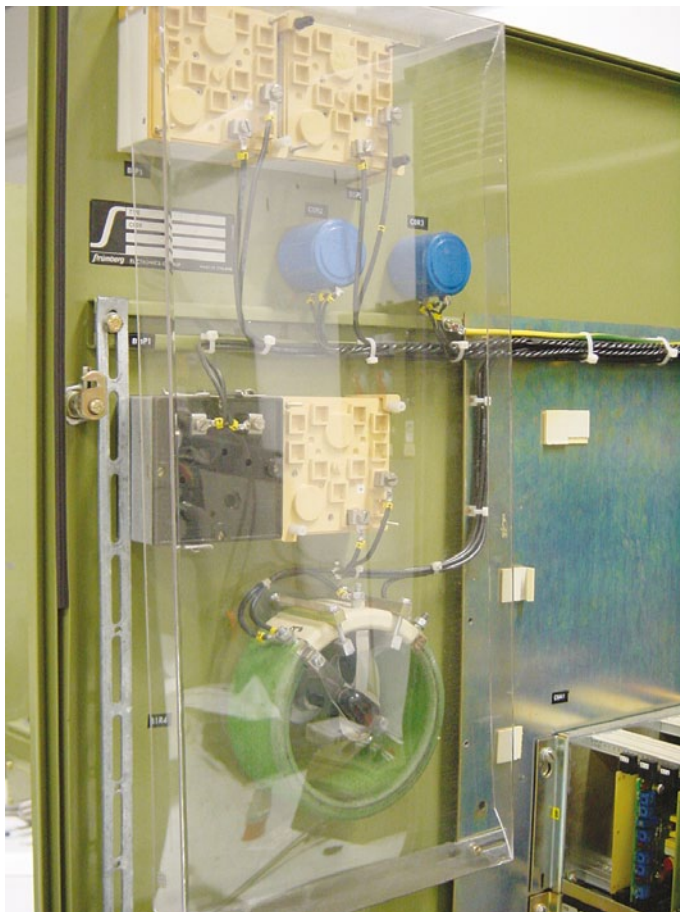
- avamine on võimalik ainult võtme või tööriista abil;
- avamine on võimalik peale seda, kui karbis olevate pingestatud osade toide on katkestatud ja pinge saab sisse lülitada alles peale ümbrise sulgemist,
- ümbrise sees on eraldi IP2X nõuetele vastav vahekate, mis hoiab ära pingestatud osade puudutamise. Vahekatteid saab avada ainult võtme või tööriista abil.

Kaitsekatted on enamasti paigalduskohal eraldi kinnitatavad kaitsekonstruktsioonid, mida kasutatakse ümbrisesse paigutamisega sarnaseks otstarbeks.

Kasutusviiside tõttu ei saa mõnedel seadmetel täieliku puutekaitset tagada. Näiteks sulavkaitsme puhul ei ole kõik osad käidutoimingute ajal puutekaitstud. Sellistel juhtudel peab pingestatud osa tahtmatu puudutamise võimalus olema miinimumi viidud.

Lasteaedades ja teistes sellistes ruumides, kus viibivad ja mängivad lapsed, peavad pistikupesad olema turvapistikupesad, kui neid ei ole just paigutatud nii, et lapsed ei saa neid puudutada. See tähendab praktikas, et

- pistikupesa on paigutatud vähemalt 1,7 m kaugusele põrandast vms. aluspinnast
- pistikupesa paigutatakse lukustatud ümbrisesse, kappi vms. ruumi
- pliidi või ahju või muu sellise elektriseadme ühendamiseks mõeldud pistikupesa paigaldatakse ahju või pliidi taha või mööbliesemete sisse selliselt, et selle puudutamine tavaoludes on välistatud.



Joonis 3.6 Ümbrise kasutamine põhikaitstes

Kaitsetõkked

Kaitsetõkked on mõeldud pingestatud osade kaitsmiseks tahtmatu puudutamise eest. Nende ehitus on puutekaitse seisukohalt puudulik. Kaitsetõkke alt võib läbi roomata, sellest saab üle upitada või selle ilma abivahenditeta eemaldada. Kaitsetõketena kasutati meil aastakümneid tagasi avatud (IP00) lülitusseadmetes nt. tõkkepuid.

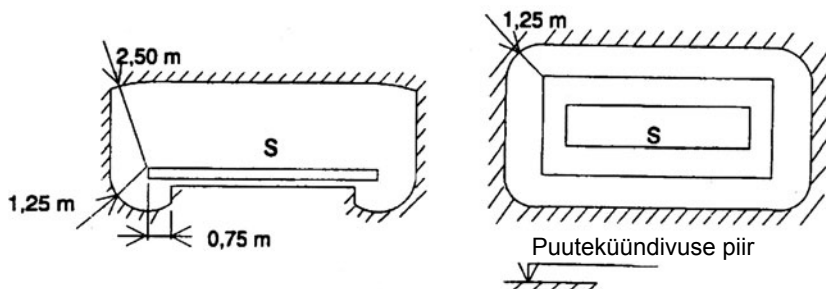
Kaitsetõketega on võrreldavad osalise puutekaitsevahendid, millega hoitakse ära tahtmatu pingestatud osade puudutamine jaotuskilbi sees teostatud käidutoimingute ajal.

Selle kaitsevahendi kasutamine ei ole kaasajal tavaliselt vastuvõetav. Kõne alla tulevad siiski nt teatud protsessitööstuse seadmed, nt elektrolüüsiseadmed, mida on raske ümbrisse paigutada. Samuti näiteks elektriseadmete remonditöökodades ja elektrilaborites ning katsetusolukordades kui ümbrisse paigutamine või isolatsiooni kasutamine on võimatu ning kaitse tõkke abil on sellistel juhtudel lubatud. Sellistesse ruumidesse võib olla ligipääs ainult elektriala töötajatel, kes on saanud tööks vajalikud lisajuhised.

Piisav puuteküündivus

Piisava puuteküündivuse tagamine kaitsemeetodina ei ole tavaliselt vastuvõetav, kuid teatud eritingimuste täitmisel on seda võimalik näiteks elektriruumides kasutada. Puuteküündivuse piirid on toodud joonisel 3.7.

Kaitsemeetod arvestab inimese normaalseks loetavat küündimisulatust. Siin ei ole tööriistade abil saavutatavat küündimisulatuse suurendamist või keskmisest näitajast erinevat inimese küündimisulatust arvesse võetud.



Joonis 3.7 Puuteküündivuse ulatus (joonisel viirutatud ala), milleni inimene ulatub ilma abivahenditeta. Pind S on ala, kus inimene eeldatavasti viibib.

Väikepingete SELV ja PELV kasutamine põhikaitstes

Põhikaitse saab tagada ka piisavalt väikeste pingete kasutamisega (SELV ja PELV). Kaitse põhineb asjaolul, et palja pingestatud osa puudutamisel jääb keha läbi vool ohutult väikeseks. Põhikaitse seisukohalt lubatud pinged on toodud tabelis 3.2. Suuremate väikepingete puhul tuleb põhikaitkena kasutada isoleerimist, ümbrisesse paigutamist või kaitsekatteid. Kaitseaste peab olema vähemalt IP2X või IPXXB. Isolatsioon on piisav, kui see talub 1 minuti jooksul 500 V vahelduvpinget.

Tabel 3.2 Nõuded SELV- ja PELV-pingete kasutamisel põhikaitkena

Pinge	SELV	PELV kuivades ruumides, milles ei ole suuri juhtivaid puutepindu	PELV üldiselt
$U \leq 6 \text{ V AC või}$ $U \leq 15 \text{ V DC}$	Jah	Jah	Jah
$6 \text{ V} < U \leq 25 \text{ V AC või}$ $15 \text{ V} < U \leq 60 \text{ V DC}$	Jah	Jah	Ei
$25 \text{ V} < U \leq 50 \text{ V AC või}$ $60 \text{ V} < U \leq 120 \text{ V DC}$	Ei	Ei	Ei

SELV-ahelad on maast eraldatud ja nendega ei tohi kasutada kaitsemaandust. Paigaldamisel tuleb vaadata, et ahel ei satuks kokkupuutesse teiste ahelate kaitsejuhtide ega muude juhtivate osadega. Raviastutuste kaitsevääkepinge trafod ja nendega ühendatud raviseadmed on üks näide SELV-süsteemi rakendamisest.

PELV-ahelas on lubatud sekundaarahela maandamine ning kaitsejuhtide kasutamine ja seadmete kaitsemaandamine. Teatava ohu põhjustavad kaitsejuhi kaudu liikuvad rikkepinged. Kaitsemaanduse võimalus teeb PELV-ahelad sobivaks süsteemidesse, milles tuleb pöörata tähelepanu häirekaitsele.

Soome SFS 6000 tunneb ka FELV-süsteemi. Seda ei saa pidada põhikaitseviiside alla kuuluvaks. Põhikaitse tuleb sel puhul korraldada vahetrafo primaarahela nõuetest lähtudes. Kui ümbrisesse paigutamisel jääb välja põhiisolatsiooniga juhte, tuleb isolatsiooni vajadusel tugevdada selliselt, et see taluks 1 min jooksul 500 V vahelduvpinget.

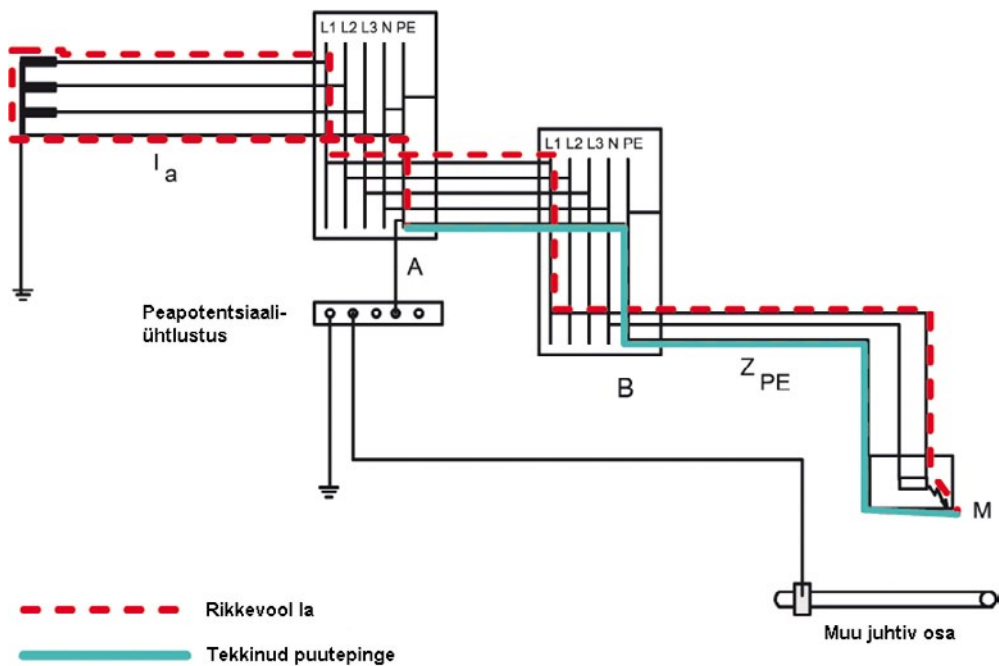
3.1.3 RIKKEKAITSE

Rikkekaitse all mõeldakse kaitset, millega hoitakse inimesi või koduloomi rikke tagajärjel pingestunud osi selliselt puudutamast, et puude võiks ohtlik olla. Rikkekaitse kohta on kasutatud ka nimetust kaudpuutekaitse.

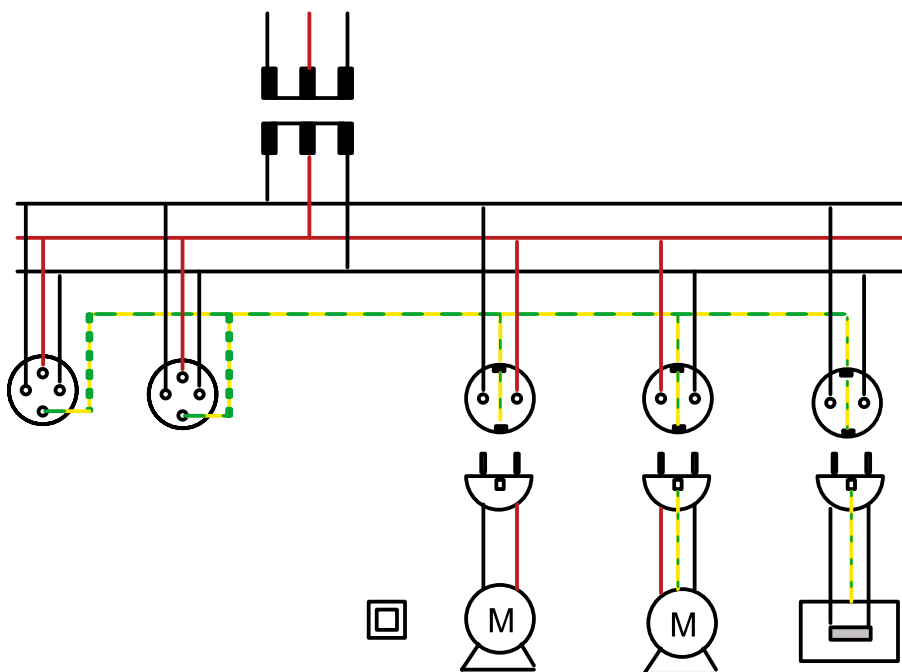
Rikkekaitse tagamist mõjutavad mitmed tegurid. Elektriseadmed on jagatud kaitseklassidesse, mille kasutusomadused olenevad seadmete ehitusest ja ümbruse tingimustest. Seadmete ehitus sisaldab erinevate toitesüsteemide erineva tasemega rikkekaitse lahendusi, millest osa on muutmata kujul kasutatavad rikkekaitsemeetoditena, osa aga nõuab kaitseseadmete kasutamist ja nende talitlustingimuste tagamist. Kõige sagedamini kasutatav rikkekaitsemeetod on toite automaatne väljalülitamine.

Rikkekaitseks võib kasutada järgmisi meetodeid:

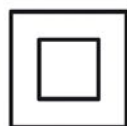
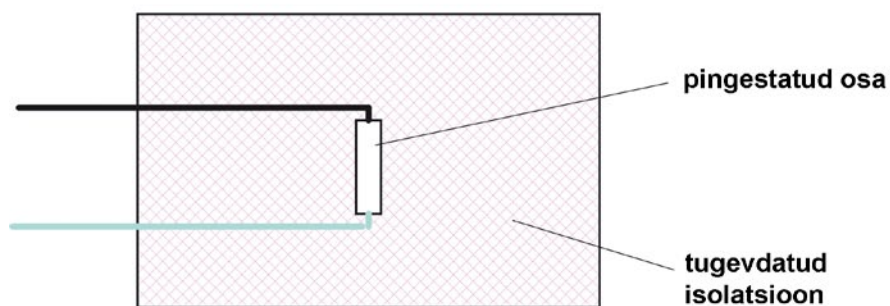
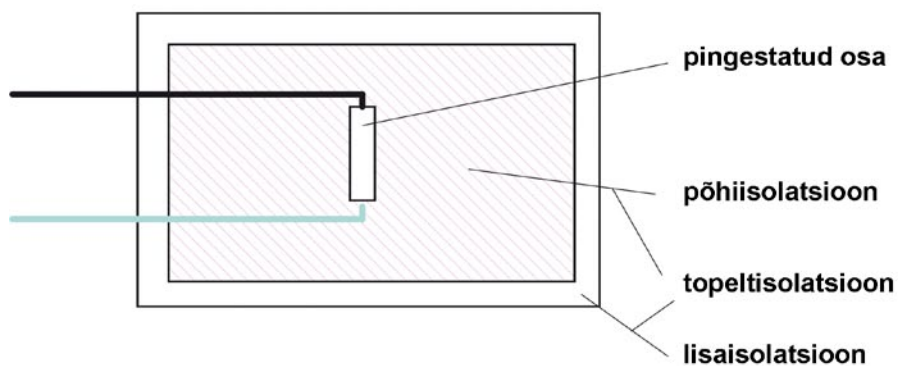
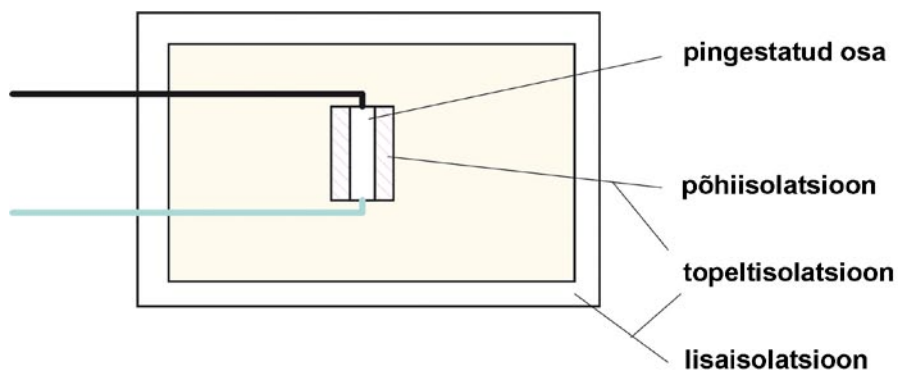
- toite automaatne väljalülitamine
- elektriline kaitseeraldus
- kaitseisolatsioon.



Joonis 3.8 Rikkekaitse toite automaatse väljalülitamise abil



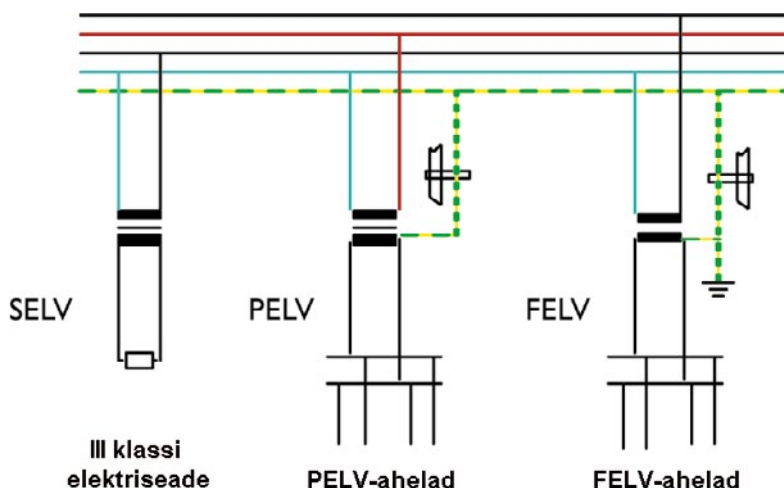
Joonis 3.9 Elektriline kaitseeraldus mitme elektriseadme toites



Elektriseadme II klassi sümbol

Joonis 3.10. Kaitseisolatsioon

Ühtlasi on SELV- ja PELV-süsteemide kasutamisel tagatud ka rikkekaitse kohta keh-
testatud nõuded.



Joonis 3.11 SELV-, PELV- ja FELV-süsteemid.

Toite automaatne väljalülitamine

Kõige tähtsam rikkekaitsemeetod on toite automaatne väljalülitamine. Kaitsemeetodi alla kuulub

- projekteeritud rikkevooluahel
- kaitseade, mis toimib ettenähtud aja jooksul.

Kaitseade peab toite ahelast või seadmest automaatselt välja lülitama, kaitsmaks ohtliku puutepinge eest. Väljalülitamine peab toimuma selliselt, et pingestatud osa ja pingelt juhtiva osa või kaitsejuhi või PEN-juhi vahelise rikke ajal ei esineks puutepinget vahelduvpingel üle 50 V (efektiivväärtus) või pulsatsioonivabal alalispingel üle 120 V nii kaua, et see tekitaks kahjulikke füsioloogilisi toimeid inimesele, kes puudutab samaaegselt puudutavaid juhtivaid osi.

Kaitseviisi oluline osa on potentsiaaliühtlustus, millega vähendatakse rikkeaegset puutepinget. Peapotentsiaaliühtlustus tekitab oma toimealal sellise kontrollitud olukorra, kus välised häired või rikked ei suuda väljastpoolt alale tulevate juhtivate torude vms. kaudu põhjustada elektrivõrgu ja teiste juhtivate osade vahele ohtlikke pingeerinevusi.

Maandus

Pingealtid juhtivad osad tuleb ühendada kaitsejuhiga või PEN-juhiga vastavalt maandussüsteemi tingimustele.

Peapotentsiaaliühtlustus

Igas hoones tuleb järgmised juhtivad osad ühendada peapotentsiaaliühtlustusega:

- peatoitejuhi kaitsejuht või PEN-juht
- maandusjuht või peamaanduskontakt (-latt)
- torud ja vastavad metallkonstruktsioonid, kust tuleb hoonesse nt gaas või vesi
- metallist konstruktsioonid ning keskkütte ja ventilatsiooniseadmete valitud juhtivad osad.

Juhtivad osad, mis tulevad väljastpoolt hoonet, ühendatakse võimalikult selle koha lähedal, kust need hoonesse sisenevad.

Peapotentsiaaliühtlustusega ühendatakse ka telekommunikatsioonikaablite metallvarjed.

Kaitse TN-süsteemis

Kõik pingealtid juhtivad osad tuleb ühendada jaotussüsteemi maandatud punkti kaitsejuhtide või PEN-juhtidega, mis tuleb maandada iga muunduri või generaatori juures või nende läheduses.

Enamasti on toitesüsteem vahetult maandatud punkt süsteemi tähtühenduse neutraalpunkt.

Kui elektrivõrguga liitunud elektripaigaldis saab toite võrgust, milles on kasutusel PEN-juht, tuleb liitumisel teha paigaldisele ka maandus. Hoonetest väljaspool olevas võrgus, milles kasutatakse PEN-juhti, tuleb maandus teha iga, vähemalt 200 m pikkuse, harundi lõppu või sellest maksimaalselt 200 m kaugusel.

Jaotussüsteemi kaitseadmete omadused ja ahela näivtakistused peavad olema sellised, et toite väljalülitamine toimuks etteantud aja jooksul. See peab olema tagatud ahela mistahes punktis toimuva lühise korral, mis tekib faasijuhi ja kaitsejuhi või pingealti juhtiva osa vahel, väikese näivtakistuse kaudu (nn metallilise lühise korral). Samaaegselt peab olema täidetud järgmine tingimus:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

kus

Z_s on rikkeseilmuse näivtakistus, mis koosneb pingeallikast, faasijuhist kuni rikkekohani ning kaitse- või PEN-juhist rikkekoha ja vooluallika vahel

I_a on vool, millega kaitseseade rakendub automaatselt tabelis 3.3 sõltuvalt nimipingest U_o ettenähtud aja jooksul või enamalt 5 sekundi jooksul

U_o on nimipinge maa suhtes.

Valem tähendab tegelikkuses seda, et kõige väiksem esineda võiv lühisvool peab põhjustama toite välja lülitumise enimalt tabelis 3.3 ettenähtud aja jooksul või 5,0 sekundi jooksul. Nõutavad lühisvoolude suurused olenevad lisaks ettenähtud väljalülitumisaiale veel kaitseseadme nimivoolust ja tüübist.

Enimalt 32 A kaitseseadmega kaitstud lõppahela juhtidele lubatavad suurimad väljalülitumisajad on toodud tabelis 3.3.

Tabel 3.3 TN-süsteemi pikimad lubatud väljalülitumisajad.

Nimipinge U_0 V	Väljalülitumisaeg s
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Jaotusahelates on lubatud maksimaalselt 5 sekundiline väljalülitumisaeg.

Väljalülitumisaeg, mis ületab tabelis 3.3 antud aja, kuid ei ületa samas 5 sekundit, on lubatavad lõppahela juhtidele, mis tagavad toite üle 32 A seadmetele.

Tavalises projekteerimispraktikas valitakse hoone sisevõrgu liigvoolukaitsed arvutatud koormuse järgi juhtide liigkoormuskaitseteks. Peale seda tuleb eraldi kontrollida, kas nõutud rakendumisajad on lühisekaitse ja rikkekaitse osas tagatud.

TN-S-süsteemi peapotentsiaaliühtlustusel on tähtsust ka elektromagnetilise ühilduvuse seisukohalt. See on tingitud asjaolust, et neutraaljuhi pingelangud ei saa põhjustada kilpide erinevate astmete tasemetel kaitsejuhistikus selliseid pingeerinevusi nagu PEN-juhi pingelangud. Uitvoolude osakaal on seetõttu väiksem kui TN-C-S-süsteemis.

Lisapotentsiaaliühtlus

Peapotentsiaaliühtlustust tuleb mõnedes eriruumides täiendada lisapotentsiaali-ühtlustusega. Lisapotentsiaaliühtlustust kasutatakse, kui vaadeldava süsteemi kaitsenõuded ei ole muul viisil täidetud. Lisapotentsiaaliühtlustuse eesmärgiks ei ole lühendada kaitseseadme rakendusaega, vaid vähendada puutepinget sellise tasemeni, mis ei ole enam ohtlik.

Lisapotentsiaaliühtlustus on vajalik ja võimalik kohtades, kus puutepinge tase samaaegselt puudutatavate pingealtide juhtivate osade või nende ja kõrvaliste juhtivate osade vahel tuleb võimalikult väikeseks saada. Põhjus võib olla nt. sädemeohu vähendamine, keskkonnast või kasutusviisist tulenev erandlikust puutepingest tingitud eluohtliku riski vähendamine või rikkevoolukaitse kasutamise vältimine.

Lisapotentsiaaliühtlustust kasutatakse praktikas raviautustute protseduuriruumide elektripaigaldistes, loomapidamishoonete elektripaigaldistes ning plahvatusohtlike ruumide elektripaigaldistes.

Elektriliselt eraldatud vooluahelad

Elektriline eraldus (nt eraldustrafo) võib hõlmata üht seadet või ühisesse ahelasse ühendatud mitut seadet.

Elektriliselt eraldatud vooluahela pingeliste juhtivaid osi ei tohi ühendada kaitsejuhi või muude vooluahelate pingeliste osadega.

Mitme seadme ühendamine samasse vooluahelasse eeldab erimeetmete rakendamist ahela kahjustumise ja isolatsioonirikete ärahoidmiseks.

Seadmerikete puhul peab teine riik põhjustama kaitse kiire rakendumise puutepinge vältimiseks. Selleks kasutatakse I kaitseklassi kuuluvat seadet, mille pingelised osad ühendatakse üksteisega isoleeritud juhtidega ja maast eraldatud potentsiaaliühtlustusega. Maast eraldamine tähendab seda, et potentsiaaliühtlustust ei ühendata teiste vooluahelate kaitsejuhtidega, pingeliste osadega ega muude juhtivate osadega.

Kaksikrikke automaatne väljalülitamine peab toimuma TN-süsteemi tabelis 3.3 toodud aja jooksul.

II kaitseklassi seadmed

II kaitseklassi seadmeid võib kasutada kõikides süsteemides, sest neis ei saa esineda isolatsiooni vigastusest tulenevat puutepinge ohtu.

Vastava isolatsioonitaseme võib luua ka seadmetele, mille kohta ei ole välja antud II kaitseklassile vastavat tootestandardit.

3.1.4 RIKKEVOOLUKAITSE LISAKAITSENA

Enimalt 30 mA nimivooluga rikkevoolukaitse on lubatud ainult põhikaitse lisakaitse. See on põhjendatud, sest eespool toodud tabeli 3.1 alusel võivad ampritesse ulatuvate suurusjärgudega voolud olla ohtlikud ka rikkevoolukaitse talitlusaial, kui vooluimpulss tekib südame tundlikul talitlushetkel.

Pistikupesade rikkevoolukaitse

Tavasisikute üldkasutuses olevad, kuni 20 A pistikupesad, tuleb kaitsta enimalt 30 mA nimivooluga rikkevoolukaitsega. Nõue kehtib korterite, äri- ja büroohoonete, tööstushoonete ja muude hoonete siseruumides paiknevate pistikupesade kohta.

Välistingimustes tuleb enamalt 30 mA rikkevoolukaitset kasutada enamalt 32 A pistikupesa või teisaldatava seadme kaitseks.

Kõrvalekalle nõudest on lubatud, kui tegemist on

- eriseadme ühendamiseks mõeldud pistikupesaga, või
- pistikupesaga, mida kasutatakse elektrialaisikute või ohuteadlike isikute järelvalve all tööstuslikes või ärihoonetes.

Neid tingimusi on võimalik täita nii elumajades kui ka muudes hoonetes. Alljärgnevalt on kirjeldatud juhtumeid, kus rikkevoolukaitse võib elumajades ja vastavates ruumides paigaldamata jätta.

Rikkevoolukaitse võib jätta paigaldamata püsipaigaldusega seadmetele, mis saavad toite oma pistikupesa kaudu. Sellised seadmed on näiteks

- külmikud ja sügavkülmikud
- pliidid ja ahjud
- nõudepesumasinad
- pesumasinad ja kuivatustrumlid
- soojaveeboilerid
- pistiku abil ühendatavad püsipaigaldusega pumbad, puhurid, elektriliselt reguleeritavad veekraanid, õhufiltrid jms.

Kui seade paikneb välisruumis või ruumis, millele on Soome standardiga SFS 6000 osades 7 ja 8 kehtestatud erinõuded, tuleb seadmele toite tagav pistikupesa siiski kaitsta rikkevoolukaitsega. Tüüpiline näide selle kohta on duširuumi paigutatud pistikupesa, mis tagab pesumasina toite.

Selliste seadmete ühendamiseks mõeldud pistikupesad tuleb paigutada nii, et nendega ei saa tavaolukorras ühendada ühtki üldkasutatavat seadet. Pistikupesa tuleb paigutada sellisesse kohta, et sellele ei oleks võimalik hõlpsasti ligi pääseda, kui sellest pistikupesast toidet saav seade on oma asukohal. Kui pistikupesa kasutusotstarve ei ole selgesti arusaadav, tuleb kasutada vastavat silti, nt "Ainult külmiku ühendamiseks". Kindlasti peab samas ruumis olema rikkevoolukaitsega kaitstud pistikupesi.

Erandid tööstuslikes ja äriruumides

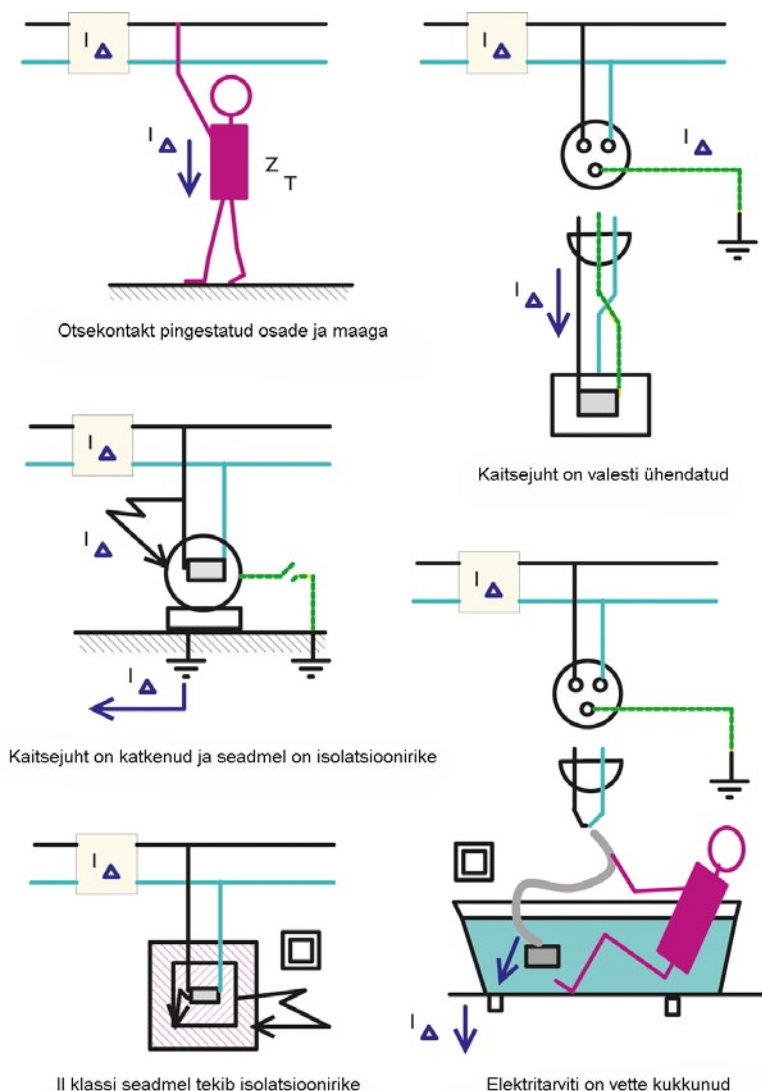
Rikkevoolukaitse võib neis hoonetes jätta samade põhimõtete alusel ära nagu ka elumajades. Ka ruumides, kus elektripaigaldisi kasutatakse elektriala isikute või ohuteadlike isikute järelvalve all või pistikupesade kasutamist on piiratud vastavate juhiste abil, võib rikkevoolukaitse jätta paigaldamata pistikupesadesse, mis tagavad toite järgmist tüüpi seadmetele:

- püsivalt paigaldatud tööstusmasinad jms
- valgustus, kui pistikupesi kasutatakse püsivalt paigaldatud valgusti võrguühenduseks
- elektrimootor, kui pistikupesa kasutatakse püsivalt paigaldatud mootori võrguühenduseks

- elektrikatkestuste suhtes tundlikud seadmed nagu näiteks andmesideseadmed jms
- seadmed, mille lekkevool on nii suur, et võib põhjustada probleeme, nt. keevitusseadmed.

Kui pistikupesa kasutusotstarve ei ole selgesti arusaadav, tuleb kasutada vastavat silti, nt. "Ainult keevitusseadmete ühendamiseks". Samuti peab samas ruumis olema rikkevoolukaitsega kaitstud pistikupesi.

Tööstus-, äri- ja avalikus kasutuses olevate hoonete ruumides, kus inimesed võivad ise elektriseadmeid vooluvõrku ühendada, nt. üldkasutatavates ruumides, büroodes, koolides jne. järgitakse samu põhimõtteid nagu korterites jms ruumides.



Joonis 3.12 Lisakaitse rikkevoolukaitse abil

3.2 LIIGVOOLUKAITSE

Liigvoolukaitse all mõeldakse nii liigkoormuskaitset kui ka lühisvoolukaitset.

Liigkoormuskaitse

Liigkoormusvoolu all mõeldakse vooluahelas muul ajal kui rikke ajal esinevat liigvoolu. Liigvool tähendab mistahes dimensioonimisvoolust suuremat voolu. Juhtide puhul määrab dimensioonimisvool koormustaluvuse.

Iga vooluahel tuleb varustada liigkoormuskaitsega selliselt, et liigkoormusvool lülitatakse välja enne, kui temperatuur tõuseb nii kõrgele, et isolatsioon, ühenduskohad, pikendused või juhtide ümbrus kahjustuvad. Liigvoolukaitkena kasutatakse enamasti sulavkaitsmeid, juhistikute kaitselüliteid või lüliteid, mis lülitavad liigkoormatud juhi toitevõrgust lahti. Mõnedel juhtudel, näiteks raviruumides, võib rakenduva liigkoormuskaitse asemel kasutada liigkoormuse seireseadmeid, signaliseerivat kaitset. Mõnikord võib liigkoormuskaitse ka paigaldamata jätta. Seadmed võivad nõuda ka eraldi liigkoormuskaitse paigaldamist.

Juhti liigkoormuse eest kaitsva kaitseseadme omadused peavad Soome SFS 6000 alusel vastama järgmistele tingimustele:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (3.2)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (3.3)$$

kus

I_B	on vooluahela dimensioonimisvool
I_z	on juhi kestvalt lubatav vool
I_n	on kaitseaparaadi nimivool
I_2	on vool aparaadi tõhusaks rakendumiseks ettenähtud aja jooksul. Voolu I_2 väärtus, millega kaitseaparaat tõhusalt rakendub, on sätestatud tootestandardites või selle määrab tootja.

Vooluahela dimensioonimisvoolu võib määrata teadaoleva või hinnangulise koormuse alusel. Kui tegemist on üksiku seadmega, mille võimsus on teada, saab dimensioonimisvoolu üsna täpselt määrata. Seevastu näiteks hoone liitumisvõimsuse määramine põhineb kogemuslikel andmetel ja nende alusel koostatud arvutusmodelite kasutamisel.

Juhtide liigkoormuskaitsete valik

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

I_B vooluahela dimensionimisvool

I_z juhi kestvalt lubatav vool

I_n kaitseaparaadi nimivool

I_2 vool, millega kaitseaparaat tõhusalt ra-
kendub



Joonis 3.13 Liigkoormuskaitse valik

Lühisvoolukaitse

Lühise all mõeldakse väga väikese näivtakistusega riket tavatalitluses erinevate potentsiaalidega pingestatud osade vahel. Lühisvool on oluliselt suurem kui liigkoormusvool ning lühise tekkimisel tuleb toimida oluliselt kiiremini kui liigkoormuse tekkimisel. Sama kaitseaparaat võib toimida nii liigkoormuskaitseks kui ka lühisvoolukaitseks, kuid need kaitseaparaadid võivad olla ka eraldi seadmed. Lühisvoolukaitse peab olema alati toitekaabli alguses, kuid liigkoormuskaitse võib teatud tingimustel paigutada kaitstava juhi koormuspoolele. Lühisvoolukaitse nimiväärtus võib olla suurem kui juhi kestvalt lubatav vool.

Iga vooluahel tuleb varustada lühisekaitsega, mis katkestab ahela lühisvoolu enne, kui see põhjustab juhtides ja ühenduskohtades termilistest ja mehhaanilistest mõjudest tulenevaid ohte. Lubatav temperatuur ja selle kestus oleneb peamiselt kasutatud juhi isolatsioonist. Sageli on kaabli lühisetaluvus antud 1 sekundi kestusele vastava lühisvoolu suurusena.

Lühisekaitse peab vastama järgmistele nõuetele:

- Kaitseaparaadi lahutusvõime ei või olla väiksem kui selle paigalduskohal esinev suurim lühisvool, välja arvatud alljärgneval juhul.
- Väiksem lahutusvõime on lubatud, kui kaitseaparaadi toitepoolel on teine kaitseaparaat, mis on piisava lahutusvõimega. Sellisel juhul tuleb mõlema kaitseaparaadi omadused selliselt kokku sobitada, et kaitseseadmete kaudu kulgev energia (I^2t) ei ületa koormuspoole kaitseaparaadi ja kaitstavate juhtide kahjustumist põhjustavat väärtust.

- Kõik lühisvoolud vooluahela mistahes kohas tuleb välja lülitada hiljemalt siis, kui juhid saavutavad suurima lubatava temperatuuri.

Enimalt 5 sekundit kestvate lühiste puhul võib alljärgneva valemi alusel arvutada aja t , mille möödudes juhi temperatuur tõuseb lubatud piirtemperatuurini. Juht on enne lühist oletuslikult suurimal lubataval kasutustemperatuuril.

$$t = (k \times A/I)^2 \quad (3.4)$$

kus

- t on lühise kestus sekundites
- A on juhi ristlõike pindala (mm^2)
- I on tegelik lühisvool (A) efektiivväärtusena ning
- k on koefitsient, mis arvestab juhimaterjali eritakistust, temperatuuri-
tegurit ja erisoojust ning arvutuslikku alg- ja lõpptemperatuuri. Faa-
sijuhtide k -väärtused on toodud tabelis 3.4.

Tabel 3.4 Koefitsendi k -väärtused faasijuhtidele

	Juhi isolatsioon					
	PVC ≤ 300 mm^2	PVC > 300 mm^2	EPR/ PEX	Kummi 60°C	Mineraal	
					PVC-ga kaetud	Paljas
Algtemperatuur °C	70	70	90	60	70	105
Lõpptemperatuur °C	160	140	250	200	160	250
Juhtide materjal						
Vask						
Alumiinium	115					
Tinaga joodetud	76	103	143	141	115*	135
vaskjuhtide	115	68	94	93		
ühenduskohad						
* Väärtust kasutatakse kaablite puhul, mida saab puudutada						

Kui lühise kestusaeg on väga lühike ($< 0,1$ s), on oma mõju voolu ebasümmeetril ning voolu piiravate aparaatide korral peab korrutis $k^2 A^2$ olema suurem kui läbilastav energia ($I^2 t$), mille tootja on kaitseaparaadile määranud.

Liigvoolukaitse seostub otseselt juhi lubatava vooluga ja dimensioonimisega, mida käsitletakse detailsemalt käesoleva raamatu 5. peatükis.

3.3 LIIGPINGEKAITSE

Ehitiste elektrivõrgus esinevate lühiajaliste liigpingete põhjuseks võivad olla äike või lülitustoimingud. Välgu põhjustatud liigpinged võivad kanduda hoone elektrivõrku toitevõrgu kaudu. Äikese liigpingeid võivad hoonete elektrivõrkudes põhjustada ka otsesed pikselöögid. Lülitusliigpinged tekivad elektrivõrku ühendatud seadmete lülitustest. Lülitusliigpinged on oluliselt väiksemad kui äikese liigpinged.

Elektriseadmete liigpingetaluvus

Elektriseadmete liigpingekaitse tagatakse seadmete õige dimensionimisega ja vajadusel liigpinge kaitseaparaatide kasutamisega. Elektrivõrk ja sellesse paigaldatavad seadmed jagatakse liigpingetaluvuse osas 1 – 4 liigpingekategooriasse.

Tabel 3.5 Elektriseadmete liigpingetaluvus

Liigpinge- kategooria	U = 120-240 V	U = 230/400 V U = 270/480 V	U = 400/690 V	
	ühefaasiline	kolmefaasiline	kolmefaasiline	
4	4 kV	6 kV	6 kV	Näitajad valib süsteemi projekteerija
3	2,5 kV	4 kV	6 kV	
2	1,5 kV	2,5 kV	4 kV	
1	0,8 kV	1,5 kV	2,5 kV	

Liigpingekaitse vajadus

Liigpingekaitse põhineb suures osas seadmete liigpingetaluvusel. Kui elektrivõrgus esineb oletatavasti elektriseadmete liigpingetaluvusest suuremaid liigpingeid, võib spetsiaalsete liigpinge kaitseaparaatidega piirata liigpinged sellisele tasemele, mida seadmed taluvad. Samas peab rõhutama, et liigpingekaitse ja liigpingete piiramine liigpingekategooriate näitajatest allapoole ei aita, kui seade ei vasta tema kohta kehtivatele liigpinge taluvuse nõuetele.

Üldiselt peaks seadme enda liigpingetaluvus tagama seadmele piisava kaitse, kui paigaldisega ei ole ühendatud madalpinge õhuliine. Eraldi liigpingekaitset ei peeta vajalikuks ka siis, kui hoone saab toite õhuliinidega, kuid äikeseliste ilmade arv on väike.

Soome standardi SFS 6000 alusel nõutakse hoonete elektrivõrkudes liigpingekaitse kasutamist siis, kui asukoha iga-aastane äikesepäevade arv on > 25 päevast ja paigaldise toitenähtena või paigaldises endas on kasutatud madalpinge õhuliini.

Soomes on keskmiselt 12 äikesepäeva aastas. Äikesepäevade arv on piirkonniti erinev, kuid Soomes ületatakse aasta 25 äikesepäeva piir väga harva.

Soomes on äikese esinemissagedus niivõrd väike, et liigpingekaitse paigaldamine ei ole kohustuslik. Kui paigaldisse kuulub väärtuslikke või tundlikke seadmeid, on soovitatav siiski liigpingekaitse paigaldada.

Liigpingekaitse teostus võib põhineda ka riskide hindamisel ja standard SFS 6000-4-443 toob ära riskide hindamisel põhineva kaitsevajaduse hindamismeetodi, mille kasutamine ei ole samas kohustuslik.

Kaitsevajadust mõjutavad muuhulgas ka liigpingest põhjustatud

- a) ohtlikud tagajärjed inimestele, nt turvasüsteemid, haiglate meditsiinilised elektriseadmed
- b) avalike teenuste pakkumist mõjutavad tagajärjed, nt avalike teenuste pakkimise katkemine, arvutikeskused, muuseumid
- c) tagajärjed ärilistele ja tööstuslikele toimingutele, nt hotellid, pangad, tööstus, ärikeskused, maamajapidamised
- d) tagajärjed inimgruppidele, nt suured korruselamud, kirikud, bürood, koolid
- e) tagajärjed üksikindiviididele nt väikesed ja keskmise suurusega elumajad, väikesed bürood.

Tagajärgedeks a) – c) vajalike kaitsetasemete tagamiseks on vaja liigpingekaitsest. Tagajärgede d) – e) kaitsenõue sõltub hindamistulemustest.

Samas tuleb arvestada, et eespool nimetatud kaitsevajadus ei arvesta otseseid pikselööke, millest tekkivad liigpinged on liigpinge kategooriate näitajatest suuremad.

Liigpingekaitse praktikas

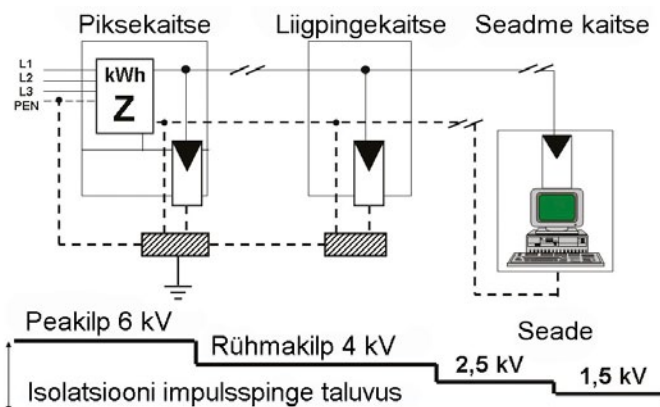
Liigpingekaitse teostatakse praktikas selliselt, et liigpingekaitsete kaitsetasemed on madalamad kui erinevate liigpinge kategooriate nõuded ja kaitsete impulssvoolud vastavad paigalduskoha tõenäolistele impulssvooludele.

Täielik liigpingekaitse teostatakse kahe- või kolmeastmelisena. Suurem osa impulssvoolust põhjustatud energiast püütakse lahendada toite sisenemispunktis. Ühtlasi piiratakse impulssvool kinnistu paigaldisele sobivale tasemele.

Järgmiste astmete kaitsetega piiratakse vajadusel liigpinge taset veelgi. Edasiste astmete kaitsetega ei saa enamasti kogu impulssvoolu energiat lahendada, seetõttu tuleb kindlasti paigaldada kaitse ka peakilpi.

Kaasajal on saadaval nn kompleksseid kaitseseadmeid, mille abil saab üheaegselt tagada kahe- või kolmeastmelise kaitse.

Joonisel 3.14 on kujutatud elektrivõrgu kolmeastmeline liigpingekaitse.



Joonis 3.14 Elektrivõrgu kolmeastmeline kaitse.

3.4 ALAPINGEKAITSE

Kui pinge alanemine või pinge katkemine ning sellele järgnev pinge taaslülitamine võivad põhjustada ohte inimestele, koduloomadele või varale, tuleb rakendada vajalikke ettevaatusabinõusid. Ettevaatusabinõusid tuleb rakendada ka siis, kui osa paigaldisest või elektritarvititest võib pinge alanemise tõttu kahjustuda.

Alapingekaitset ei nõuta juhul, kui inimestele või koduloomadele ohtu ei tekitata ja kui paigaldise või elektritarviti kahjustumist võib aktsepteerida.

Alapingekaitse võib toimida hilistumisega, kui kaitstava paigaldise osa talub lühiajalist alapinget või pinge katkestust. Kui kasutatakse kontaktoreid, ei tohi nende avanemisel või taaslülitumisel tekkiv hilistumine juhtimis- ja kaitseseadmete vahetut pingetoidet katkestada.

Kui kaitseseadme uuesti lülitumine võib ohtu põhjustada, ei tohi see toimuda automaatselt.

3.5 ELEKTROMAGNETILINE ÜHILDUVUS (EMÜ)

3.5.1 ELEKTROMAGNETILISE ÜHILDUVUSE DIREKTIIV ELEKTRIPAIGALDISTE OSAS

Elektriseadmete häireemissioon ja häiretaluvus on sätestatud elektromagnetilise ühilduvuse (eesti k elektromagnetiline ühilduvus - EMÜ; ingl k electromagnetic compatibility - EMC) direktiivis juba alates 1990- aastate algusest. Direktiivi on uuendatud ja uue direktiivi rakendusallas on lisaks elektriseadmetele lisatud ka elektripaigaldised. Direktiivi alusel kehtestatud riiklikku seadusandlust tuli jõustada hiljemalt alates 20. juulist 2009. Soomes on direktiiv võetud kasutusele elektriohutusseaduse muudatuste ja seadust täiendanud valitsuse määrusega.

3.5.2 ELEKTROMAGNETILISE ÜHILDUVUSE NÕUDED ELEKTRIPAIGALDISTELE

Elektripaigaldistelt ei nõuta samasugust nõuetekohasuse hindamist ega CE-märgise paigaldamist nagu elektriseadmetelt, sest kohakindlat elektripaigaldist saab pidevalt muuta ning elektripaigaldist ei viida ühest kohast teise. Seevastu elektripaigaldiste puhul tuleb järgida elektriseadme tootja poolt antud paigaldus-, kasutus- ja hooldusjuhiseid ning häid projekteerimis- ja paigaldustavasid. Lisaks sellele tuleb kasutatud lahendused dokumenteerida ning edastada dokumendid seadmestiku haldajale, kes peab säilitama dokumente kogu elektriseadmestiku kasutusaja jooksul.

3.5.3 KOMPONENTIDE OTSTARBEKOHANE KASUTAMINE

Elektriseadmete tootja peab andma vajalikud juhised elektromagnetilise ühilduvuse nõuete arvestamiseks ja paigaldustööde puhul tuleb neid tootja antud juhiseid järgida. See puudutab kõiki seadmeid, olgu tegemist suurte masinate, seadmete või komponentidega, mida elektromagnetilise ühilduvuse direktiiv ei hõlma või teatud kohtkindlalt paigaldatud seadmetega.

Kuna paigaldis rajatakse eelnevalt plaanitud kohta, tuleb seadmete kasutusjuhendites määratlada kasutuskoha kohta kehtivad nõuded. Need nõuded võivad sisaldada näiteks

- teatud keskkonnatingimusi (eriti EMC keskkond)
- vajalike lisaseadmete kohta kehtivaid nõudeid (kaitseseadmed, filtrid)
- ühendamiseks vajalike kaablite ja nende pikkuste kohta kehtivaid nõudeid
- kasutustingimusi
- EMC eri-kaitsemeetmeid, näiteks potentsiaaliühtlustused.

3.5.4 HEA PROJEKTEERIMIS- JA PAIGALDUSTAVA

Hea projekteerimis- ja paigaldustava ("good engineering practice") all mõeldakse muuhulgas kohaldatavate standardite järgimist. EMC-nõuete osas tähendab see eeskätt standardi SFS 6000-4-444 sätete arvestamist. See standard sisaldab juhiseid kohtkindlates elektripaigaldistes EMC-häirete vältimiseks. Standardi rakendamise teeb mõnevõrra problemaatiliseks asjaolu, et kõiki nimetatud meetodeid ei pea alati rakendama. See toob väljakutseid eriti projekteerimisse. Projekteerija peab määratlema vajalikud toimingud EMC-nõuete arvestamiseks. Samas ei saa standardid katta kõiki võimalikke eritingimusi. Heale inseneritavale vastava paigaldise ehitamine eeldab teadmisi häirete tekke- ja ülekandemehhanismide kohta.

Häirete tekke ja edasikandumise osas tuleb arvestada järgmisi küsimusi:

- **Häireemissioonid:** häireallikad summutatakse sobivate meetmete rakendamisega, näiteks filtreid kasutades.
- **Juhtivus ja kiirgus:** kasutatakse piisavaid vahekaugusi, potentsiaaliühtlustust, sobivaid kaableid ja kaitseid.
- **Häiretaluvus:** tagatakse häirete suhtes tundlike seadmete kaitse võimalike erinevate häiringute eest.

Kui kaitsemeetmeid valitakse paigaldistele, on oluline määratleda paigaldiseosised. Selleks tuleb täpselt määrata

- liidesed, mille kaudu võivad häired (madal- ja kõrgsageduslikud) paigaldisse või paigaldisest välja kanduda (elektritoiteliinid, juhtimisahelad, infotehnikakaablid)
- ühendusmehhanism väliskeskkonda
- kiirgus väliskeskkonda või väliskeskkonnast.

Tuleb meeles pidada, et EMC-direktiivi eesmärk ei ole tagada elektromagnetilist ühilduvust teatud samasse paigaldisse kuuluvate seadmete vahel.

3.5.5 DOKUMENTEERIMINE

Dokumenteerimise ulatus võib varieeruda väga lihtsast väga keerulise ja detailse dokumenteerimiseni, milles on ära toodud elektromagnetilise ühilduvuse nõuete seisukohalt olulised asjaolud. Kui tegemist on ainuüksi EMC nõuetele vastava seadme paigaldamisega, koosneb vajalik dokumentatsioon seadme paigaldus-, kasutus- ja hooldusjuhistest, mis tuleb edastada seadme haldajale.

3.5.6 STANDARD SISALDAB HÄIREKAITSE JUHISEID

IEC-standardi IEC 60364-4-444 uusim versioon sisaldab juhiseid elektripaigaldistes EMC-nõuete arvestamiseks. Kõige olulisem nõue on kasutada EMC-kaitstes TN-S-süsteemi kogu paigaldise ulatuses. Häirekaitset võib täiendavalt parendada

- kasutades piisavaid vahekaugusi häireallikate ja häirete suhtes tundlike seadmete vahel
- filtrite kasutamisega
- kasutades piisavaid vahekaugusi erinevate süsteemide kaablite vahel. Vajadusel paigutatakse kaablid erinevatele kaabliriiulitele. Teatud tingimustes tuleb kasutada häirekaitstud kaableid.
- kasutades potentsiaaliühtlustust.

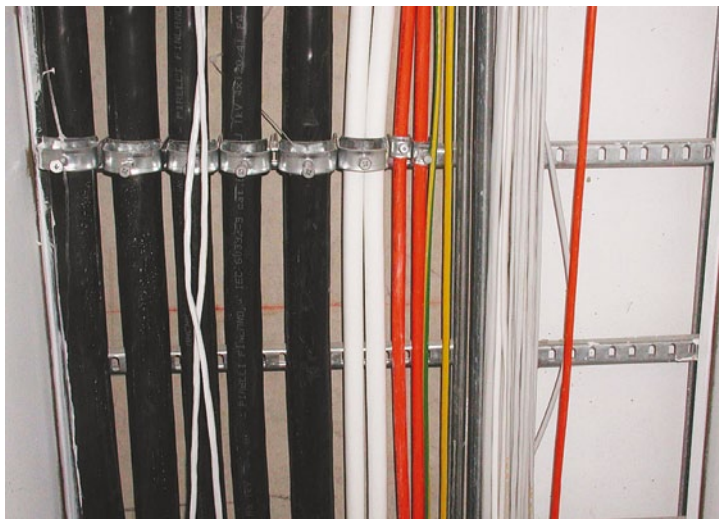
Elektripaigaldise projekteerija peab vastavalt objektile otsustama, millised vajalikest võtetest on konkreetsel juhul rakendatavad.

EMC-direktiiv eeldab elektripaigaldiste häireküsimumste arvestamist.

Uuendatud direktiiv eeldab nii projekteerijatelt kui ka töövõtjatelt praegusest paremaid teadmisi elektripaigaldiste põhjustatud häiretest. Elektripaigaldistes tuleb kasutada EMC-nõuete seisukohalt häid paigaldustavasid. Kasutuselevõtueelse tehnilise kontrolli aruannetes peab olema märge EMC-nõuetele vastavuse kohta. Seadmete haldaja peab säilitama dokumente kogu seadme kasutusaja.



Joonis 3.15 Sagedusmuundamisega rakenduste häirekaitsenõuded mõjutavad ka näiteks kaabeldust



Joonis 3.16 Standard IEC 60364-4-444 sisaldab juhiseid elektripaigaldiste häirekaitseks. Üks võimalus on paigutada erinevate süsteemide kaablid üksteisest piisavalt kaugelt.

KIRJANDUS:

- | | |
|---|--|
| – SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007 | Madalpingeelektripaigaldised ja elektriohutus 2007 |
| – Rakennusten ukkos- ja ylijännitesuojaus | Hoonete pikse- ja liigpingekaitse |
| – D1-2006 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista | D1-2006 Hoonete elektripaigaldiste käsiraamat |
| – EMC ja rakennusten sähkötekniikka | EMÜ ja ehitiste elektrotehnika |

MAANDUSED JA POTENTIAALIÜHTLUSTUS

4.1 MAANDAMISE PÕHIMÕTTED JA MÄÄRATLUSED

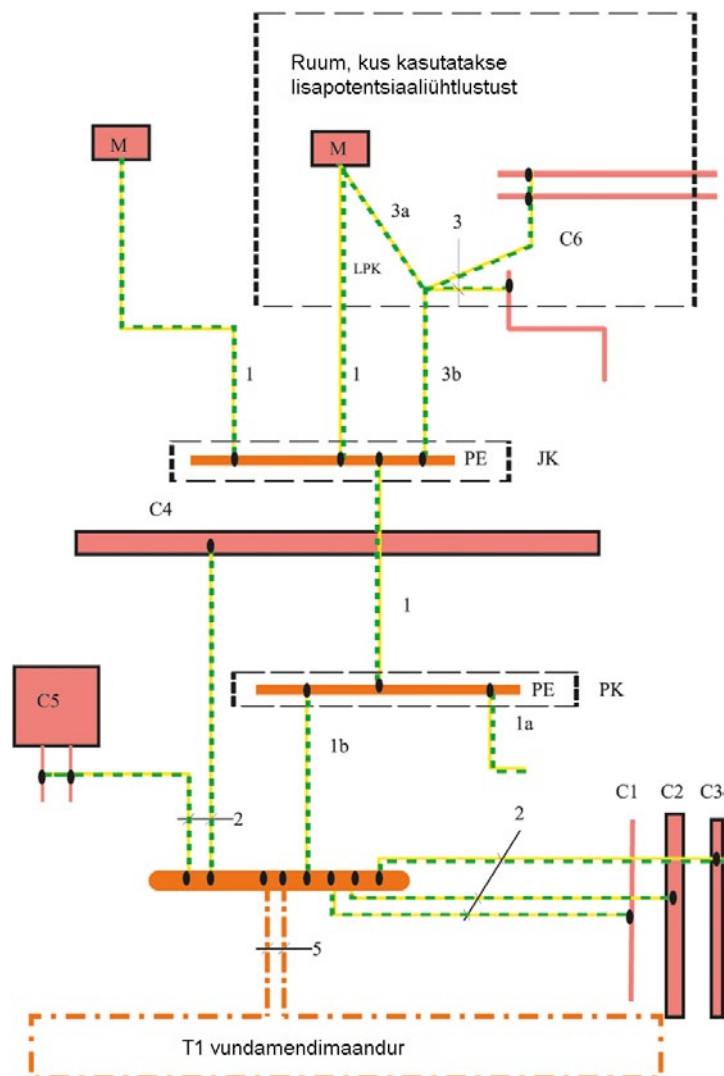
Maandused ja potentsiaaliühtlustused on elektriseadmestiku oluline osa. Elektrihohtuse seisukohalt on maanduste esmaseks ülesandeks piirata rikete puhul esinevaid puute- ja sammupingeid.

Rike võib tekkida ehitise elektripaigaldistes või neid toitvas elektrisüsteemis, kaasaarvatud kõrgepingevõrk. Rike võib olla seotud ka välgu poolt tekitatud liigpingetega. Lisaks maandurile kuulub ehitiste maandussüsteemi juurde ka potentsiaaliühtlustus.

Elektrihohtuse seisukohalt on maandamise eesmärgiks ka:

- ohtlike pingete ühest süsteemist teise kandumise takistamine,
- ohtlike lekkevoolude, sädeluse ja elektrikaare tekkimise takistamine,
- eelduse loomine maalühiskaitse ja rikkekaitse toimimisele.
-

Maandused ja potentsiaaliühtlustus on tähtis veel häirekindluse seisukohalt. Häirekindluse põhiosaks on TN-S-juhistiku kasutamine ning häirekindlust saab parandada lisamaanduste ja –potentsiaaliühtlustustega.



Joonisel kasutatud tähised:

- 1 kaitsejuht
- 1a sisenev kaitse- või PEN-juht
- 1b peakilbi PE-lati ja peamaanduslatti vaheline kaitsejuht
- 2 kaitse-potentsiaaliühtlustusjuht
- 3 lisa-potentsiaaliühtlustusjuht
- 5 maandusjuht
- M pingealtid juhtivad osad
- C kõrvalised juhtivad osad
- PK peakilp
- JK jaotuskilp
- PMK peamaanduslatti
- T1 vundamendimaandur

Joonis 4.1 Ehitise elektriseadmetiku maandus- ja potentsiaaliühtlustussüsteemi põhimõtteskeem ja juhtide nimetused

Maandustega seotud määratlusi ja tähistusviise

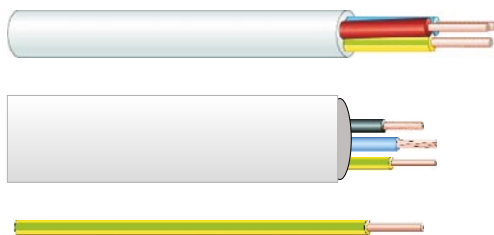
Maandustega seotud terminid on sageli põhjustanud segadust. Osaliselt on selle põhjuseks see, et terminid on muutunud koos standardite muutumisega, teiselt poolt aga seetõttu, et erinevate maandussüsteemide juhtidel on erinevad eesmärgid ja erinevad dimensioonimisnõuded, ehkki juhid tunduvad samasugustena. Juhtide nimetuste tundmine on väga oluline seetõttu, et osata õigesti valida juhtide ristlõikepindalad. Järgnevas on kirjeldatud olulisemaid maandamisega seotud termineid.

Kaitse(maandus)juht

Juht, mida kasutatakse kaitse eesmärgil, näiteks kaitseks elektrilöögi eest. Kaitsejuhti võidakse kasutada pingeltide osade kaitsemaandamiseks.

Kaitsejuht on tavatalitluses pingetu, aga ta võib sattuda pinge alla isolatsioonirikke tõttu. Samuti puudub kaitsejuhis tavatalitluses vool, kuid rikkeolukorras võivad kaitsejuhis voolata isegi väga suured voolud. Ka tavaolukorras võib kaitsejuhis voolata elektriseadmete lekkevooludest põhjustatud väikene vool.

Kaitsejuhil on elektripaigaldise kaitse juures väga oluline roll, seetõttu tuleb tema usaldusväärsusele pöörata erilist tähelepanu. Kaitsejuht peab olema teiste juhtide hulgast selgesti eristatav. Kaitsejuhi kohta kasutatakse ka nimetust kaitsemaandusjuht, eriti siis, kui kõne all on lõppahela kaitsejuht.



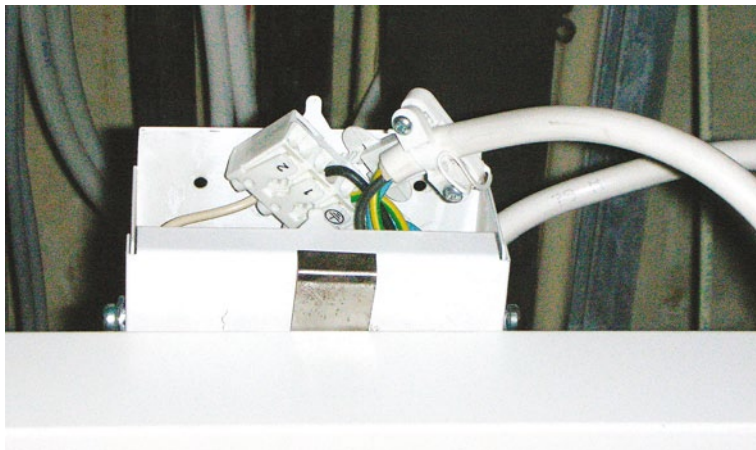
Joonis 4.2 Kaitsejuht võib olla kaabli või mitmesoonelise juhtme osa, aga selleks võib olla ka iseseisev juht

Pingealdis juhtiv osa

Elektriseadme elektrit juhtiv osa, mida saab puudutada ja mis on tavaliselt pingevaba, kuid mis võib põhiisolatsiooni rikke tõttu sattuda pinge alla. Pingealdis osa on näiteks elektriseadme metallkere.

Üldiselt ühendatakse pingeltid juhtivad osad kaitsejuhi abil ehitise maandussüsteemiga. Kõigil elektriseadmetel ei ole pingelteid osi, mida tuleks ühendada maandussüsteemiga. II elektriohutusklassi seadmete kesta ei maandata. Sellegi poolest

nõutakse kaitsejuhi kasutamist ka sellistes seadmegruppides, kuhu kuuluvad ainult kaitseisolatsiooniga seadmed. See teeb võimalikuks seadme hilisema asendamise kaitsemaandatavaga.



Joonis 4.3 Seadme pingeltid juhtivad osad ühendatakse kaitsejuhi abil maandussüsteemiga

Maandusjuht

Juht, mis moodustab paigaldise, süsteemi või seadme teatud osa ja maa vahele juhtiva ühenduse või on osa sellest ühendusest.

Ehitiste elektripaigaldistes on selleks teatud punktiks tavaliselt maanduslatt või -klemm ning maandusjuhi abil ühendatakse see punkt maanduselektroodi või maanduselektroodide süsteemi ehk maanduriga.

Maasse süvistatud maandusjuhi isoleerimata osad moodustavad osa maanduselektroodist. Kuna maandusjuht kulgeb sageli, vähemalt osaliselt, maa sees, siis temale on kehtestatud mehaanilise tugevuse ja korrosioonikindluse nõuded.

Lisaks ehitiste seadmestikele kasutatakse maandusjuhte muuhulgas ka jaotusvõrgus. Tavaolukorras ei ole maandusjuhis voolu ja rikke puhulgi on maandusjuhis kulgev vool sageli väga väike, kui just maandus-aktiivtakistus ei ole väga väike. Maandusjuhi dimensioneerimise juures on voolutaluvusest tähtsamaks kriteeriumiks mehaaniline tugevus ja korrosioonikindlus. Mõningatel juhtudel (näiteks kahekordne maaühendus keskpinge võrgus) on ka voolutaluvus tähtis.



Joonis 4.4 Maandusjuhti tuleb kaitsta juhul, kui seda on võimalik mehaaniliselt vigastada

Peamaanduslatt, peamaandusklemm

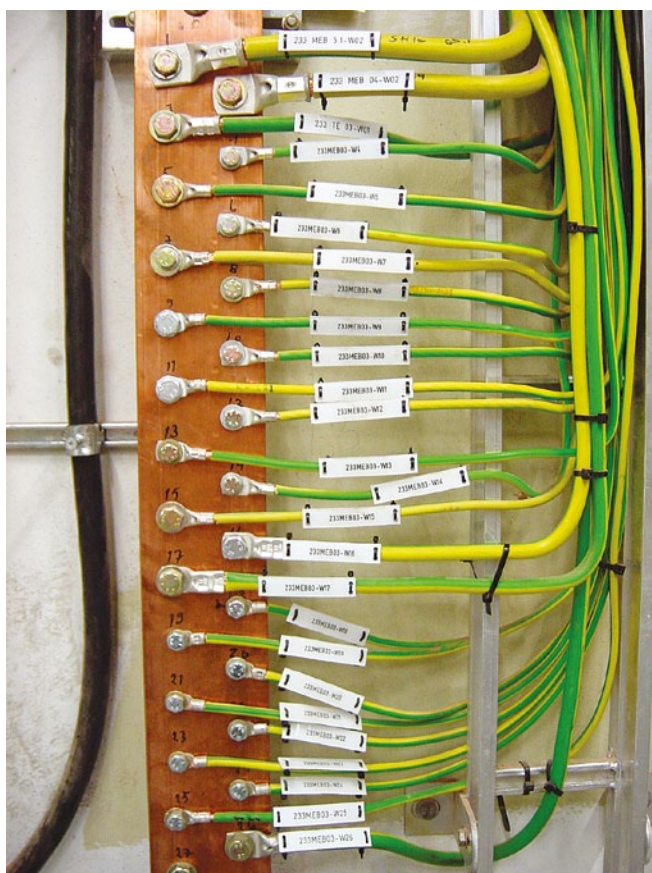
Latt või klemm, mis on maandussüsteemi osa ja mille külge võidakse maandamiseks ühendada palju juhte. Peamaanduslatt toimib maanduste ja potentsiaaliühtlustuste kogumispunktina. Kõiki maanduslati külge ühendatavaid juhte peab olema võimalik üksikhaaval lahti ühendada. Seepärast kasutatakse maanduslatina enamasti klemmidega varustatud latti ehk klemmliistu.

Peamaanduslatti võidakse pikendada selliselt, et ta katab kogu ehitise. Sel juhul räägitakse maanduse klemm-kontuurlatist. See võimaldab infotehnoloogia seadmete maanduse ühendamise peamaanduslatiga võimalikult lühikese ühendusjuhtmega.

Paljudes uutes ehitistes või näiteks puhkeruumides on väga vähe maanduslatiga ühendatavaid juhtivaid osi. Sel juhul võib lati asemel kasutada maandusklemmi. Tihti on aga ka neil juhtudel võimalike lisaühenduste hõlbustamiseks otstarbekas kasutada klemmlatti.

Peamaanduslatt paigaldatakse tavaliselt ehitise suurima jaotuskilbi lähedale. Latile peab olema tagatud juurdepääs.

Lati paigaldamine jaotuskilbi sisse ei ole põhjendatud, kuna ühendusi tehes võidakse sattuda pingestatud osade lähedale.



Joonis 4.5 Kõiki peamaanduslatiga ühendatud juhte peab olema võimalik ükshaaval lahti ühendada. Juhid peavad olema äratuntavad.

Maandur, maanduselektrood

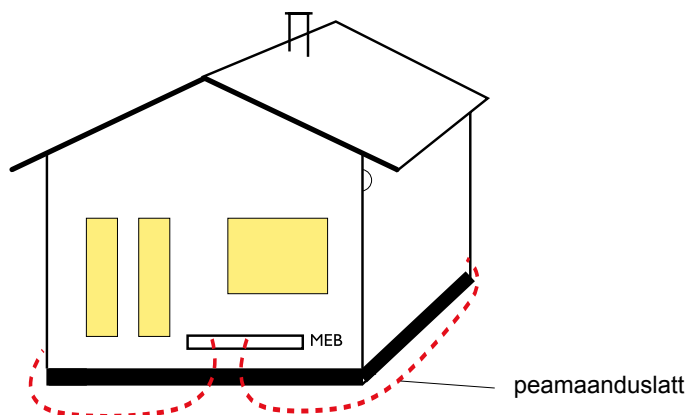
Juhtiv osa, mis on elektrilises ühenduses maaga ja võib olla süüvitatud spetsiaalsesse juhtivasse vahematerjali, näiteks betooni. Maanduri abil saavutatakse ühendus maaga, kas otse või juhtiva vahematerjali, näiteks betooni, kaudu. Maanduri maanduselektroodi materjal ja konstruktsioon peavad olema elektrilise ja mehaanilise vastupidavuse suhtes piisavalt dimensioonitud ja piisavalt korrosioonikindlad. Maanduselektroodi mõõtmete ja kuju abil saab mõjutada moodustuvat maandustakistust.

Maanduselektroodis ei ole tavaolukorras voolu, seega tuleneb selle ristlõige mehaanilisest taluvusest ja korrosioonikindlusest. Maanduspaigaldise kuju ja mõõtmed mõjutavad maanduse potentsiaali tasandavat toimet ja maandus-aktiivtakistuse väärtust. Pinnase juhtivus mõjutab oluliselt saavutatava maandus-aktiivtakistuse väärtust.

Ehitise elektriseadmete maandamise esmaseks eesmärgiks on hea potentsiaaliühtlustus. Seetõttu on maanduri peamiseks konstruktsiooniks vundamendimaandur, mille moodustab kinnise kontuuriga maanduselektrood.

Trafo maanduse juures on tähtis väike maandustakistuse väärtus. Sõltuvalt pinnase juhtivusest võib väikese maandustakistuse saavutamine nõuda suuri maanduselektroodi mõõtmeid. Alajaamades kasutatakse sageli potentsiaalitasanduselektroode, mis on ühendatud muude maanduritega. Potentsiaalitasanduselektroodide kasutamisel võidakse rahulduda maandustakistuse suuremate väärtustega, kui ilma nendeta.

Maanduse erijuhuks on lai maandussüsteem. Viimane moodustub paljude alajaamade üksteisega ühendatud maandustest.



Joonis 4.6 Ehitiste puhul peab eelistatult kasutama vundamendimaandurit

Potentsiaaliühtlustus

Juhtivate osade vaheline elektriline ühendus, mille eesmärgiks on ekvipotentsiaalsuse saavutamine.

Potentsiaaliühtlustuse võib jagada

- peapotentsiaaliühtlustuseks,
- lisapotentsiaaliühtlustuseks ja
- maandamata potentsiaaliühtlustuseks.

Lisapotentsiaaliühtlustust nimetatakse ka kohalikuks potentsiaaliühtlustuseks. Maandused ühendatakse ehitise potentsiaaliühtlustusega. Potentsiaaliühtlustuses ühendatakse elektriliselt omavahel pingealtid juhtivad osad, praktiliselt ühendatakse omavahel pingealtide juhtivate osade kaitsejuhid ja kõrvalised juhtivad osad.

Potentsiaaliühtlustusjuhid on tavakäidus pingetud ja ilma vooluta. Pingestatud osa ja kõrvalise juhtiva osa vahelise isolatsiooni rikke korral võib potentsiaaliühtlustusjuhtides voolata vool.

Ruumides, kus nõutakse paremat kaitset võidakse kasutada lisapotentsiaaliühtlustust, sel juhul ühendatakse sisenevad liinid lisa-potentsiaaliühtlustuslatiga ja viimasega ühendatakse elektriseadmete kaitsejuhid. Sellisteks objektideks on näiteks ravipaigad ja põllumajandusehitised.

Potentsiaaliühtlustus on nõutav kõikides ehitistes ja see on elektriseadmete kaitse keskne osa. Kui potentsiaaliühtlustus on maandatud, siis on ta maandussüsteemi osa. Potentsiaaliühtlustus võib olla ka maandamata. Maandamata potentsiaaliühtlustust võidakse kasutada näiteks elektriliselt eraldatud seadmetikes erinevate seadmete pingealtide juhtivate osade omavaheliseks ühendamiseks.



Joonis 4.7 Potentsiaaliühtlustuses ühendatakse kõrvalised juhtivad osad pingealtide juhtivate osadega

Kõrvaline juhtiv osa

Elektripaigaldisse mitte kuuluv osa, millel võib esineda teatud potentsiaal, tavaliselt paigalduskoha maapotentsiaal.

Kõrvalised juhtivad osad on osad, mis ei kuulu elektripaigaldisse, aga kus võib esineda teatud potentsiaal, näiteks maa potentsiaal. Potentsiaaliühtlustuse eesmärgiks on ühendada pingealtid juhtivad osad ja kõrvalised juhtivad osad potentsiaaliühtlustusjuhtide abil üksteisega nii, et nende vahel ei oleks potentsiaali erinevusi.

Hindamisel, kas mingi konstruktsiooni osa on kõrvaline juhtiv osa, on olulised selle osa suurus ja kas kõnealune osa võib sattuda maa potentsiaali alla.

Kõrvalisteks juhtivateks osadeks on näiteks juhtivad torustikud ja -kanalid ja ulatuslikud metallkonstruktsioonid.

Kõrvalised juhtivad osad on tavatalitluses pingetud. Kui juhtiv osa ei ole ühendatud potentsiaaliühtlustusega, võib selle kõrvalise juhtiva osa ja pingealti juhtiva osa vahel rikke olukorras olla puutepinge.

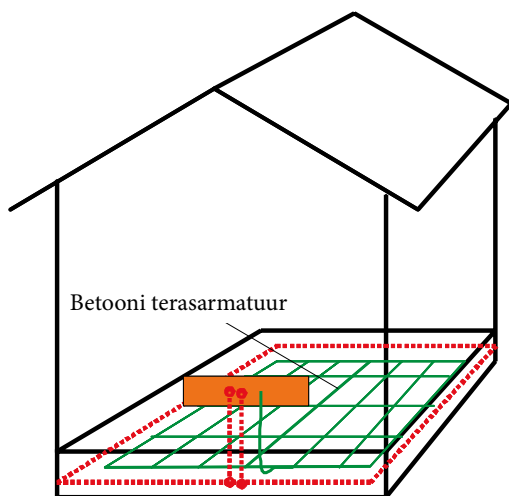


Joonis 4.8 Kõrvalisteks juhtivateks osadeks on näiteks metalltorud ja kanalid

Vundamendimaandur

Üldiselt kinnise kontuuri kujuline juhtiv osa, mis on süvistatud maasse ehitise vundamendi alla või paigaldatud ehitise vundamendi betooni.

Mõlemad variandid on võrdväärselt nõuetele vastavad. Juhul, kui kasutatakse betooni paigaldatud konstruktsiooni, peab tagama, et juhtivate elementide vahelised ühendused oleksid usaldusväärsed.



Joonis 4.9 Vundamendimaanduriks võib olla ka betoonvundamenti paigaldatud konstruktsioon

Kaitsemaandus

Süsteemi või paigaldise mingi punkti maandamine elektriohutuse eesmärgil. Kaitsemaandust kasutatakse kaitseks elektrilöögi eest. Kaitsemaandus võib olla iseseisev maandus või ühitatud talitusmaandusega. Maandussüsteeme klassifitseeritakse selle järgi kuidas neis on ühendatud kaitsejuht. Soomes kasutatakse üldiselt TN-juhistikku, kus kaitsemaandus ja juhistiku maandus talitlevad ühitatult.

Talitusmaandus

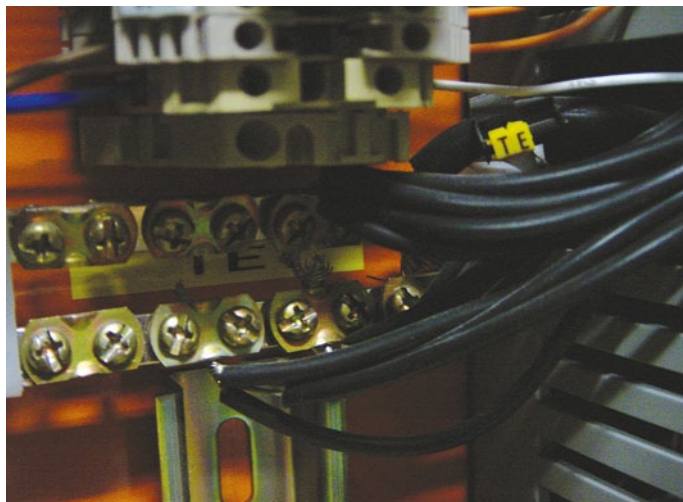
Süsteemi, paigaldise või seadme mingi punkti maandamine muul, kui elektriohutuse eesmärgil. Üldiselt on see muu põhjus elektriseadmete kaitse häirete vastu. Maandustele esitavad nõuded kaitse puhul elektrilöögi vastu ja kaitse puhul häirete vastu võivad olla omavahel vastuolus. Häirete vastaseks kaitseks ettenähtud maandamise puhul tuleb tihti vaadelda iga konkreetset paigaldist eraldi, seevastu elektrilöögi vastaseks kaitseks ettenähtud maandamisel on kindlad nõuded.

Kaitse-potentsiaaliühtlustus

Elektriohutuse eesmärgil kasutatav potentsiaaliühtlustus. Kui soovitakse rõhutada või selgitada potentsiaaliühtlustuse eesmärki, võidakse kasutada täpsemat määratlust kui ainult potentsiaaliühtlustus.

Talitus-potentsiaaliühtlustus

Potentsiaaliühtlustus muul eesmärgil, kui elektriohutus.



Joonis 4.10 Talitusmaandus on tihti seotud kaitsega häirete vastu

(Kaitse-) potentsiaaliühtlustusjuht

Kaitsejuht, mille abil tehakse kaitsev potentsiaaliühtlustus. See on potentsiaaliühtlustuse peamine põhjus.



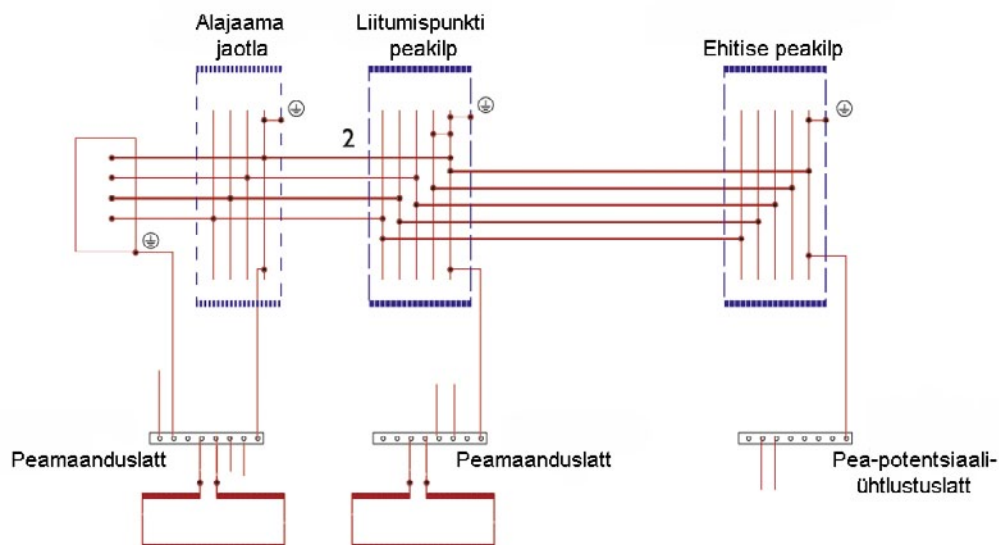
Joonis 4.11 Erinevail põhjustel tehtud potentsiaaliühtlustusi

PEN-juht

Juht, mis talitleb samaaegselt kaitsemaandus- ja neutraaljuhina. PEN-juht tuleb dimensioonida nii kaitsemaandusjuhi kui ka neutraaljuhi dimensioonimisnõuetele vastavalt. Üldiselt ei tohi PEN-juhti kasutada uusehitiste elektripaigaldistes. Seevastu kasutatakse PEN-juhti jaotusvõrgus. PEN-juhi vähim ristlõige on vase puhul 10 mm² ja alumiiniumi puhul 16 mm². PEN-juhis voolab ka tavaolukorras koormuse tagasivool.

Potentsiaaliühtlustuslatt

Latt, mis on osa potentsiaaliühtlustussüsteemist ja kuhu võidakse ühendada potentsiaaliühtlustuseks kasutatavaid juhte. Kui latiga on ühendatud maandusjuht, siis nimetatakse seda latti peamaanduslatiks.



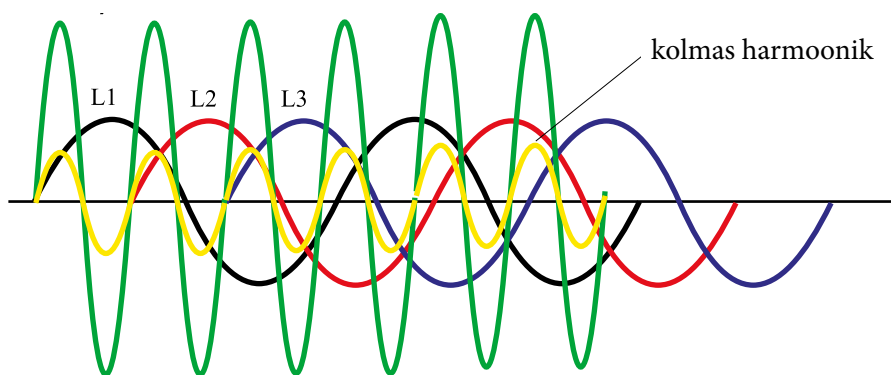
Joonis 4.12 Joonisel on nii peamaanduslatt kui ka pea-potentsiaaliühtlustuslatt

Neutraaljuht

Süsteemi neutraalpunktiga elektriliselt ühendatud juht, mis on võimeline osalema elektriülekanDES. Teatud juhtudel ja teatud tingimustel võib neutraaljuhi ja kaitsejuhi talitlused ühitada üheks juhiks (PEN-juht).

Neutraaljuht on pingestatud juht ja seal voolab tavatalitluses vool. Väiksemate ristlõigete puhul peab neutraaljuhi ristlõige olema samasugune kui äärejuhil. Suuremate ristlõigete puhul võib neutraaljuhil kasutada väiksemat ristlõiget, juhul, kui neutraaljuhisis ei voola mingil põhjusel, näiteks kõrgemate harmoonikute tõttu, ebatavaliselt suur vool.

3 x kolmas harmoonik



Eri faaside kolmandad harmoonikud ei kompenseeri üksteist vaid liituvad

Joonis 4.13 Harmoonikute voolud võivad põhjustada neutraaljuhisis suuri tagasivoole

4.2 JUHTIDE JA KLEMMIDE TÄHISTAMINE

Maandussüsteemi tähistamiseks kasutatakse järgmisi tunnuseid: värve, kirjatähti, numbreid ja piltkoode. Värve kasutatakse peamiselt juhtmete, piltkoode klemmide ning kirjatähti ja numbreid nende mõlemate tähistamisel.

Kaitsejuhid

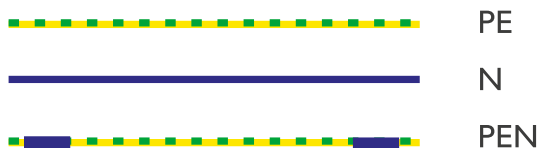
Kaitsejuht on kogu pikkuses tuntav kahevärvilisest kollarohelisest tähistusest ning sellist värvikombinatsiooni ei tohi kasutada mingil muul eesmärgil

Neutraaljuhid

Neutraaljuht on kogu pikkuses tuntav sinisest tähistusest.

PEN-juhid

Isoleeritud PEN-juht peab kogu pikkuses olema kollaroheline ja sellele lisaks peavad juhtme otsad olema tähistatud sinise lisatähistusega.



Joonis 4.14 Kaitse-, neutraal- ja PEN-juhi tähistamine

Kaablites, kus on üle 5 soone, peab iga soon olema vastavalt standardile EN 60446 tähistatud värvide või numbritega. Numbriga tähistatud soon, mida kasutatakse kaitsejuhina või neutraaljuhina, peab igas ühenduskohas olema varustatud vastavalt kollarohelise või sinise lisatähistusega.

Ühesooneliste kaablite ja isoleeritud juhtmete tähistamine

Asjakohastele standardeile vastavaid mantliga ühesoonelisi kaableid ja isoleeritud juhtmeid, mida ei ole saada kollarohelise või sinise isolatsiooniga (näiteks suurte, üle 16 mm² ristlõikepindalade puhul), võidakse kasutada:

- kaitsejuhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse kollarohelist lisatähistust,
- PEN-juhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse kollarohelist ja sinist lisatähistust,
- neutraaljuhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse sinist lisatähistust.

Sinise juhtme kasutamine teatud rakendustes

Teatud rakendustes võib sinist juhet kasutada äärejuhina ja ka muudel eesmärkidel, väljaarvatud kaitsejuhina, eeldades, et ei teki segiajamise võimalust ja neutraaljuht ei ole kasutuses. Tüüpiliseks näiteks on siin valgusti lülitiachelates kasutatav sinine juhe.

Tähistamisest loobumine

Värvuste ja tähistuste kasutamist ei nõuta

- kaablite kontsentrilistel juhtidel
- kaablite metallkestal või armeeringul, mida kasutatakse kaitsejuhina,
- paljasjuhtmetel, juhul, kui pidevat tähistust ei saa välistingimuste (näiteks ilmastiku mõjuvõi määrumise) tõttu kasutada,
- konstruktsiooni metallosadel ja muudel juhtivatel osadel, mida kasutatakse kaitsejuhina,
- õhuliini paljasjuhtmetel.

Värvustega tähistamist ei nõuta teisaldatavate mantlita lapikute kaablite soontel ega kaableil, mille isoleermaterjali ei saa värviliselt tähistada, näiteks mineraalisolatsiooniga kaablid. Nende kaablite need sooned, mida kasutatakse kaitse-, PEN- või neutraaljuhina, tuleb ühenduskohtades tähistada vastava värvusega,

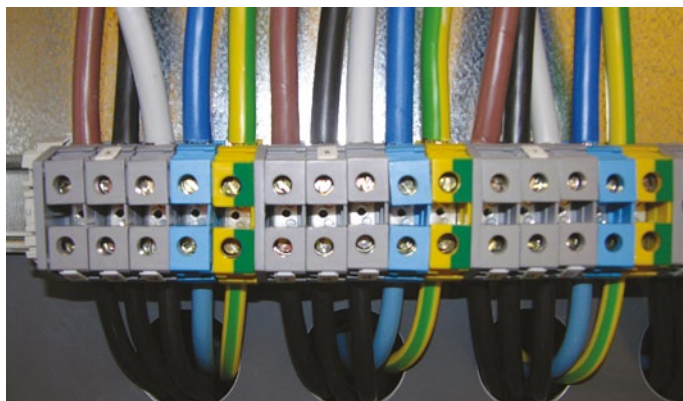
Talitusmaandusjuht

Talitusmaandusjuhi tähistamiseks ei ole sätestatud tunnusvärvust. Kaitsejuhile sätestatud kollarohelist tunnusvärvust ei tohi kasutada. Soovitatakse, et kogu paigaldises kasutatakse sama tunnusvärvust ja talitusmaandusjuhid tähistatakse juhi otstes.

Klemmide tähistamine

Kaitsejuhid (kaasaarvatud maandus- ja potentsiaaliühtlustusjuhid) tähistatakse peamaanduslati ühenduspunktis üheselt mõistetava tähistusega. Tähistust ei ole tingimata tarvis, kui peamaanduslatiga ühendatavate juhtmete arv on väike ja nende kasutuseesmärk on muul viisil lihtsalt kindlaks tehtav (näiteks pereelamu või mastalajaama peamaanduslati puhul).

Jaotuskapis peab iga siseneva ja väljuva liini kaitsejuhil ja neutraaljuhil olema eraldi klemm. Liinide äratundmise kergendamiseks soovitatakse ka kaitse- ja neutraaljuhid varustada tähistustega, näiteks gruppitähistusega, kui nad ei ole oma paiknemise tõttu kergesti äratuntavad.



Joonis 4.15 Kaitse- ja neutraaljuhtide ühendamine jaotuskilbis

4.3 KAITSEJUHTIDE DIMENSIOONIMINE JA VALIK

Kaitsejuhid

Kaitsejuhtide ristlõikepindalad määratakse kas arvutades valemi 4.1 järgi või valitakse tabeli 4.1 alusel. Suurte ristlõigete puhul annab arvutamine sageli majanduslikult vastuvõetavama tulemuse.

$$A = \sqrt{(I^2 t / k)} \quad (4.1)$$

Ristlõiget arvutades peab silmas pidama, et valem 4.1 annab vähima ristlõike (valemit võib kasutada ainult siis, kui väljalülitamisaeg ei ole üle 5s).

kus

- A on kaitsejuhi ristlõikepindala (mm²),
 - I on kaitseseadmeid läbiva lühisvoolu efektiivväärtus (A), maalühise puhul üle väga väikese induktiivtakistuse,
 - t kaitseseadmete väljalülitamisaeg (s),
- Väikese näivtakistuse voolu piirava toime ning kaitseseadmete võime voolu piirata ($I^2 t$) tuleb võtta arvesse.
- k on konstant, mille suurus sõltub kaitsejuhi materjalist, isolatsioonist ja muudest konstruktsiooni elementidest ning juhtmele lubatud alg- ja lõpptemperatuurist.

Tabel 4.1 Kaitsejuhi ja äärejuhi ristlõikepindalade suhe

Äärejuhi ristlõikepindala A, mm ²	Vastava kaitsejuhi ristlõikepindala, mm ²
	Kaitse- ja äärejuht on samast materjalist
$A \leq 16$	A
$16 < A \leq 35$	16
$A > 35$	A/2

Tabelis 4.1 toodud suurused kehtivad ainult kaitsejuhtidele, mis on valmistatud samast metallist, kui äärejuhid. Kui see nii ei ole, tuleb kaitsejuhi ristlõikepindala määrata nii, et selle juhtivus oleks sama, nagu saadakse tabelit 4.1 kasutades.

Eraldi paikneva kaitsejuhi, mis ei ole kaabli kesta sees või äärejuhiga samas paigaldustorus, vähim ristlõikepindala peab olema:

- 2,5 mm², kui kaitsejuht on mehaaniliselt kaitstud ja
- 4 mm², kui mehaaniline kaitse puudub.

Kui kaitsejuht on mitme vooluahela jaoks ühine, peab kaitsejuht olema dimensioonitud suurima ristlõikepinnaga faasijuhtme järgi.

Kui kaitsejuhi ristlõikepindala määratakse arvutuste teel, võetakse väga väikese näivtakistusega maalühise puhul arvesse kaitsejuhis voolava lühisvoolu efektiivväärtus amprites. Ahela näivtakistuse voolu piiravtoime ning kaitseseadmete võime voolu piirata (I^2t) tuleb võtta arvesse.

Jaoturi kaitsejuhilati ja peamaanduslati vaheline juht on kaitsejuht ja see dimensionitakse kaitsejuhi reeglite järgi. TN-juhistiku korral ei ole selles juhtmes tavaliselt voolu ja seda võib dimensionida nagu pea-potentsiaaliühtlustusjuhti, seega on 6 mm^2 vask enamasti voolutaluvuse seisukohalt piisav ristlõige. Mõningatel juhtudel võib see juhe juhtiva torustiku vms kaudu sattuda kaitsejuhiga või PEN-juhiga rööbiti lülitatuks. Selle ja mehaanilise vastupidavuse tõttu on aga soovitatav dimensionida see kaitsejuht kasutades tabelit 4.1 (väikeste ristlõigete puhul sama ristlõige kui äärejuhil). Toitepunktis piisab 50 mm^2 vasele vastav ristlõige ja muus võrgu osas 16 mm^2 vasele vastav ristlõige.

Kaitsejuhiks võib olla:

- mitmesoonelise kaabli üks soon,
- isoleeritud või paljasjuhe äärejuhtidega samas kestras,
- kohtkindlalt paigaldatud isoleeritud või paljasjuhe,
- teatud kaablite metallkest, armeering või kontsentriline juht, jaotuslattide või kontaktlattide ümbris,
- mingi muu sobiv juhtiv osa.

Kaitsejuhiks võib teatud tingimustel olla ka tehases valmistatud jaoturi ja kontaktlati kere või ümbris. Ka kõrvalised juhtivad osad võivad talitleda kaitsejuhina, kui teatud tingimused on täidetud. Kõrvalisi juhtivaid osi ei ole aga üldiselt otstarbekohane kasutada kaitsejuhina, kui nad just ei ole sellel eesmärgil kasutamiseks spetsiaalselt valmistatud.

Kaitsejuhi katkematuse tagamine

Kaitsejuhi katkematuse tagamiseks peab teda sobival viisil kaitsma mehaaniliste ja keemiliste mõjutuste ning elektromehaaniliste jõudude eest. Kui kaitsejuht paikneb kaabli kestra sees, siis on nii äärejuht kui ka kaitsejuht samal viisil kaitstud. Eraldi paigaldatud kaitsejuhte peab vajaduse korral kaitsma samal viisil kui maandusjuhte. Kaitsejuhi katkematust kontrollitakse kasutuselevõtu kontrolli käigus. Selleks peavad kaitsejuhi ühendused olema ligipääsetavad, väljaarvatud mastiksisse valatud või muul taolisel viisil kaetud ühendused.

Kaitsejuhis ei tohi olla lülitusseadmeid. Ühendused võivad olla mõõtmiseks avatavad vastava tööriista abil.

Kaitsejuhi katkematust pidevalt jälgides ei tohi jälgimisseadet paigaldada osaks kaitsejuhist. Jälgimisseadmena võib kasutada voolutrafit, mis paigaldatakse ümber kaitsejuhi.

4.4 MAANDUSJUHID

Maandusjuhi all mõeldakse peamaanduslati ja maanduri vahelist juhti. Maanduselektroodina kasutatav kõisjuhe jätkub tavaliselt maandusjuhina ja on sama ristlõikepindalaga. TN-süsteemis ei ole ühe rikke korral maandusjuhis voolu ja maandusjuhi võib dimensioneerida analoogselt kaitsejuhivoolu järgi. Maasse paigaldatud maandusjuhi ristlõikepindala peab olema vähemalt 16 mm^2 ja seda ristlõikepindala on sobiv kasutada vähima ristlõikepinnana ka mujal, kui juhis voolava voolu suurus ei ole teada.

Maandusjuhi dimensionimisel peab arvestama tabeli 4.2 nõudeid.

Tabel 4.2 Maasse paigaldatud maandusjuhi ristlõikepindala.

Maandusjuht	Vähim ristlõige mm^2 , kui juht on kaitstud mehaaniliste vigastuste eest		Vähim ristlõige mm^2 , kui juht ei ole kaitstud mehaaniliste vigastuste eest	
	Vask	Teras	Vask	Teras
Kaitstud korrosiooni eest	2,5	10	16	16
Ei ole kaitstud korrosiooni eest	16	50	16	50

Korrosioonikaitse on saavutatav isoleeritud juhtme abil.

Kui maandusjuht ühendatakse pinnases oleva elektroodi ja maapinna lähedal (maksimaalselt 0,5 m kõrgusel) paikneva maanduslati vahele, võib maandusjuhi dimensioneerida sarnaselt maanduselektroodiga (vase puhul vähemalt 16 mm^2). Kui maandusjuhi ristlõige ei vasta maanduslatile ühendatavale peamaandusjuhile või pea-potentsiaaliühtlustusjuhile esitatud nõudmistele, peab maandusjuhi paigaldama selliselt, et ta ei puutuks kokku tuleohtlike materjalidega.

Kui kaitsejuhid, maandusjuhid või potentsiaaliühtlustusjuhid on alati mehaanilistele vigastustele, tuleb neid kaitsta. Kaitseks võib kasutada profilterasest, vähemalt 4. tugevusklassiga paigaldustoru või muud vastava tugevusega toru, tugevat puidukaitselahendiga immutatud puitkaitset või muud samaväärset. Kaitse peab ulatuma vähemalt 1,5 m kõrgusele põrandast või maapinnast ja vähemalt 0,2 m pinnasesse. Mehaanilist kaitset pole tarvis, kui juhtmed asetsevad hoone või muu sellise sees ja nad on paigaldatud selliselt, et nad on võimalikult vähe alati mehaanilisele vigastumisele.

Peamaanduslatid ja -klemmid

Igas paigaldises peab olema peamaandusklemm või –latt ja sellega tuleb ühendada järgmised juhid:

- maandusjuhid,
- jaotuskilbi kaitsejuhilatilt või PEN-latilt tulevad kaitsejuhid,
- pea-potentsiaaliühtlustusjuhid ja
- võimalikud talitusmaandusjuhid.

Peamaandusklemm või –latt peab olema igas paigaldises, kus on maandus. Maandus on nõutav igas sisestuspunktis, mida toidetakse PEN-juhiga varustatud liiniga. Sisestuspunkti maandus tehakse üldiselt peakilbi (möötekilbi) lähedal. Kui peakilp ei paikne ehitises võib maanduse teha selles ehitises, kus paikneb selle liituja suurima vooluga kilp. Maanduri paigalduskoha määramisel krundi ulatuses võib võtta arvesse ka maanduse vajaduse piksekaitse seisukohalt ja paigaldada maanduri selle ehitise juurde, kuhu tuleb paigaldada piksekaitse.

Maandus tuleb teha ka väljapool ehitisi paiknevas võrgus, kui on kasutusel PEN-juht ja toiteliini pikkus on vähemalt 200 m. Sellisteks võrkudeks võivad olla eraldiseisvate ehitiste toiteliinid ja ulatuslikud tänavavalgustusliinid.

Peamaanduslatiga ühendatakse ka peapotentsiaaliühtlustusega ühendatavad juhid.

Maanduslatt paigaldatakse juurdepääsetavasse kohta, kus ühendusi oleks hõlbus kontrollida ja vajadusel maandustakistust mõõta. Ühendused peavad olema avatavad ainult tööriista abil.

4.5 PEN-JUHID

TN-juhistiku süsteemis võib kohtkindlalt paigaldatud liinides, mille ristlõikepindala on vase puhul vähemalt 10 mm² ja alumiiniumi puhul vähemalt 16 mm², kasutada kaabli ühte soont, kui ühitatud juhti (PEN-juhti) nii kaitse- kui ka neutraaljuhina eeldades, et seda paigaldise osa ei ole kaitstud rikkevoolukaitsega. Häirekindlusega ehitiste elektripaigaldistes (vt osa 3) ei ole aga PEN-juhti, sõltumata ristlõikepindalast, soovitatav kasutada.

Üldiselt on tõdetud, et kui PEN-juhi ristlõikepindala on piisavalt suur, siis ei ole oht suur, et PEN-juht katkeb ja sellesse ahelasse lülitatud seadmete korpused satuvad seetõttu pinge alla. Joonisel 2.5 on näidatud PEN-juhi katkemisest tingitud ohtlik olukord.

Ristlõikepindala vase puhul vähemalt 10 mm² ja alumiiniumi puhul vähemalt 16 mm² on tingimusteta nõue. Seetõttu on lõppahelaid paigaldades alati vaja kasutada eraldi neutraaljuhti ja kaitsejuhti ehk TN-S-juhistikku. Kogu ehitise elektrisüsteemis võib kasutada TN-S- või TN-C-S-juhistikku.

PEN-juht tuleb tähistada niisamuti nagu ka ahela faasijuhid. Erandi moodustavad õhuliini PEN-juhid ning plastikisolatsiooniga ja plastikmantliga kaablid, kus PEN-juht on kontsentriiline juht. Jaotuskilbi siseühenduste PEN-juhte ei ole vaja tähistada.

Kui paigaldise teatud punktist alates kasutatakse eraldi neutraaljuhti ja kaitsejuhti, siis tagapool seda punkti ei tohi neid kokku ühendada. Kohas, kus need juhid lähevad lahku, peavad olema eri klemmid või latid kaitsejuhtidele ja neutraaljuhtidele. PEN-juht tuleb ühendada kaitsejuhtidele mõeldud klemmi või latiga.

4.6 POTENTIAALIÜHTLUSTUS

4.6.1 Üldist

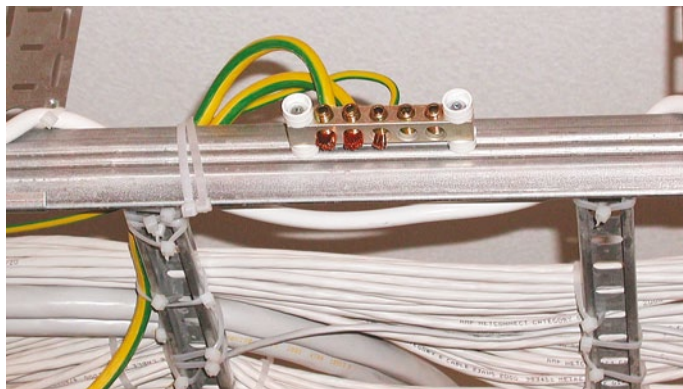
Potentsiaaliühtlustuse eesmärgiks on ühendada voolu juhtivad osad (pingealtid juhtivad osad ja kõrvalised juhtivad osad) kokku nii, et neil oleks sama potentsiaal. Pingealtid juhtivad osad on sellised elektriseadmete vms osad, mis satuvad pinge alla, kui põhiisolatsioon rikneb. Need osad ühendatakse kaitsejuhtide abil jaotuskilbi PE-lati kaudu potentsiaaliühtlustussüsteemiga kokku.

Kõrvalisteks juhtivateks osadeks on elektripaigaldisse mitte kuuluvad osad, millel võib esineda teatud potentsiaal, enamasti maa potentsiaal. Muudeks juhtivateks osadeks on näiteks torud, kanalid ja ehitise karkassi osad, millel võib olla maa potentsiaal, mis erineb ehitise maandussüsteemi (kaitsejuhtide) potentsiaalist.

Kaitsemaandus ja potentsiaaliühtlustus peavad olema üksteisest eraldatud. Näiteks metallist veetorusid ei kaitsemaandata vaid ühendatakse potentsiaaliühtlustusega. Seevastu, kui metallist paigaldustorus paiknevad isoleeritud juhtmed, peab toru ühendama kaitsemaandusega.

Potentsiaaliühtlustus jagatakse kaitsepotentsiaaliühtlustuseks ja talitluspotentsiaaliühtlustuseks. Kaitsepotentsiaaliühtlustuse võib omakorda jagada peapotentsiaaliühtlustuseks ja lisapotentsiaaliühtlustuseks. Lisapotentsiaaliühtlustust kasutatakse peamiselt eriruumides, nagu haiglapalatid, ahtad juhtivad paigad ja loomapidamis-
hooned, kus soovitakse parandada turvalisust.

Potentsiaaliühtlustust kasutatakse ka häirekindluse tagamiseks, mil see talitleb talitluspotentsiaaliühtlustusena.



Joonis 4.16 Kaablirennid võib häirekindluse tagamiseks ühendada potentsiaaliühtlustusega

4.6.2 Peapotentsiaaliühtlustus

Kõigis ehitistes tuleb teha peapotentsiaaliühtlustus. Peapotentsiaaliühtlustuse eesmärgiks on hoida ära ohtlike pingeerinevuste esinemine samaaegselt puudutavate juhtivate osade vahel. Kui samaaegselt puudutatakse erinevaid juhtivaid osi, siis ei ole nende vahel potentsiaalierinevusi. Tehes potentsiaaliühtlustust, ei ole keelatud nn jadamaandamine, mis kaitsemaandamise puhul on keelatud.

Kaitsejuhisüsteemist ühendatakse pea-potentsiaaliühtlustussüsteemiga

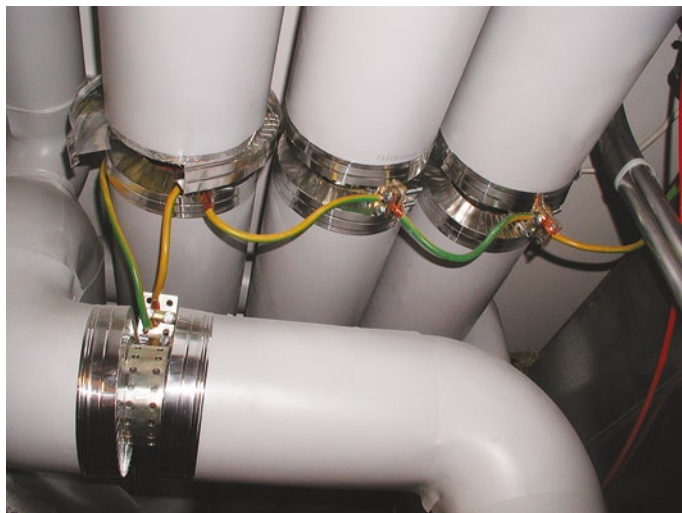
- paigaldist toitva liini kaitsemaandusjuht või PEN-juht,
- maandur, mida võib ühendada kas maandurini mineva maandusjuhi või peamaandusklemmi kaudu.

Peapotentsiaaliühtlustusega ühendatakse järgmised kõrvalised juhtivad osad:

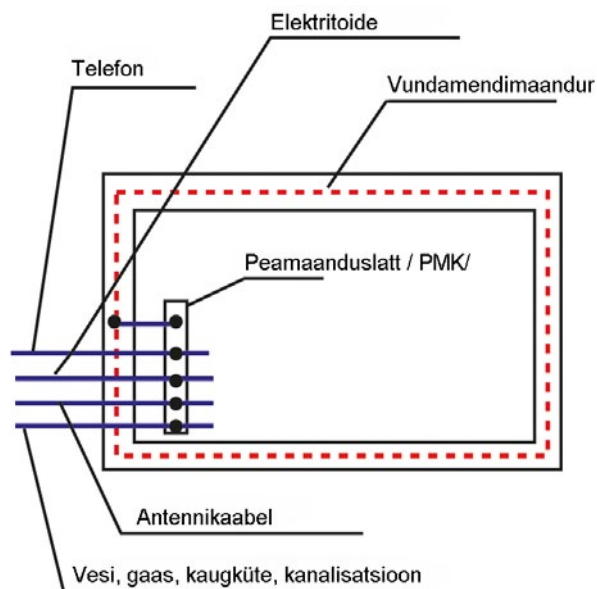
- metalltorud, mille abil varustatakse ehitist näiteks gaasi, vee, kaugküttega,
- ehitise metallosad, keskkütte ja ventilatsiooniseadmed,
- raudbetoonkonstruktsiooni terasarmatuuri sobivad osad, kui neid saab ühendada konstruktsiooni rikkumata.

Peapotentsiaaliühtlustusega ühendatakse ka telekaablite metallvarjed.

Kavandades kõrvaliste juhtivate osade ühendamist peapotentsiaaliühtlustusega, on otstarbekohane selgitada, mida kõrvaliste juhtivate osade all mõeldakse. Määratluse järgi on kõrvaline juhtiv osa selline osa, mis ei kuulu elektripaigaldisse ja millel võib olla teatud potentsiaal, tavaliselt kohalik maa potentsiaal. Ükskõik milline juhtiv osa ei ole standardi mõttes “kõrvaline juhtiv osa”, vaid tähtis on temaga seonduv erineva potentsiaali omamise võimalus. Standardi mõttes on kõrvalisteks juhtivateks osadeks osad, mis ulatuvad paigaldisest väljapoole või on ühenduses konstruktsioonidega, mis ulatuvad paigaldisest väljapoole. Paigaldisest väljapoole tähendab ka kohalikku maad. Kui paigaldisel on hea maandur, näiteks vundamendimaandur, siis kohaliku maa potentsiaal on lähedane elektripaigaldise maapotentsiaalile.



Joonis 4.17 Potentsiaaliühtlustuses võib kasutada jadaühendust



Joonis 4.18 Juhtivad torustikud peavad sisenema ehitisse samas kohas

Peapotentsiaaliühtlustus parandab ohutust ka siis, kui toimub isolatsiooni rike ja seetõttu võiks olla üldiseks põhimõtteks, et kõik suuremad juhtivad osad tasub ühendada peapotentsiaaliühtlustusega, kui see pole liialt keerukas teostada.

Potentsiaaliühtlustusega ühendatakse ehitisse väljastpoolt tulevad tehnovõrgud, vee, gaasi ja kaugküttetorud. Need tehnovõrgud ühendatakse potentsiaaliühtlustusega võimalikult selle koha lähedal, kus nad hoonesse sisenevad. Tehnovõrgud peaks kor-

raldama nii, et nad siseneksid ehitisse ühes kohas, kus tõenäoliselt ehitisse sisenevad pinged, näiteks pikse liigpinged, ei saa levida ehitise konstruktsioonidesse.

Kui ehitisse siseneval tehnovõrgul, näiteks veetorul, on ainult ehitisse sisenemise kohas lühike metallist juhtiv osa ja ehitisest väljaspool paiknev torustik on plastikust, ühendatakse potentsiaaliühtlustusega kogu torustikust ainult see metalltoru, kui see paikneb puuteulatuses potentsiaaliühtlustuslatist või ehitise sisendkilbist. Kui metallist torustiku osad on nii lühikesed, et sinna võõra potentsiaali sattumine on ebatõenäoline, siis võib sellise torustiku osa jätta potentsiaaliühtlustusega ühendamata.

Metallist konstruktsiooniosadeks, mida võib ühendada potentsiaaliühtlustusega on näiteks betooni terasarmatuur ja ulatuslikud metallist kandekonstruktsioonid. Betooni sees paikneva terasarmatuuri ühendamine potentsiaaliühtlustusega ei ole kohustuslik, kuid nende ja ulatuslike konstruktsiooniosade ühendamisel potentsiaaliühtlustusega saavutatakse sageli häid tulemusi ja seda tasub alati teha, kui see on võimalik.

Potentsiaaliühtlustusega ühendatakse metallist vee-, keskkütte-, jahutus-, suruõhujm torustikud.

Kui torustikud on peamiselt plastikust, siis ei ole vaja neid potentsiaaliühtlustusega ühendada. Muidugi, kui torustikus on pikem juhtiv osa, mis paikneb puuteulatuses pea-potentsiaaliühtlustuslatist või ehitise sisendkilbist, tuleb torustiku see osa ühendada potentsiaaliühtlustusega.

Kui ehitises on ulatuslikke, kogu ehitist läbivaid katkematud ventilatsioonikanaleid ühendatakse need peapotentsiaaliühtlustusega. Ventilatsiooni kanalid võib jätta potentsiaaliühtlustusega ühendamata, kui ventilatsioonisüsteem on piiratud ulatusega, näiteks võimas katuseventilaator oma kanalitega või ulatuslikud kanalid pole katkematud (näiteks on kanalite jätkukohtades kasutatud kummitihendeid). Isegi sel juhul peab need ulatuslikumad kanali osad, mis paiknevad puuteulatuses pea-potentsiaaliühtlustuslatist või ehitise sisendkilbist, ühendama pea-potentsiaaliühtlustusega.

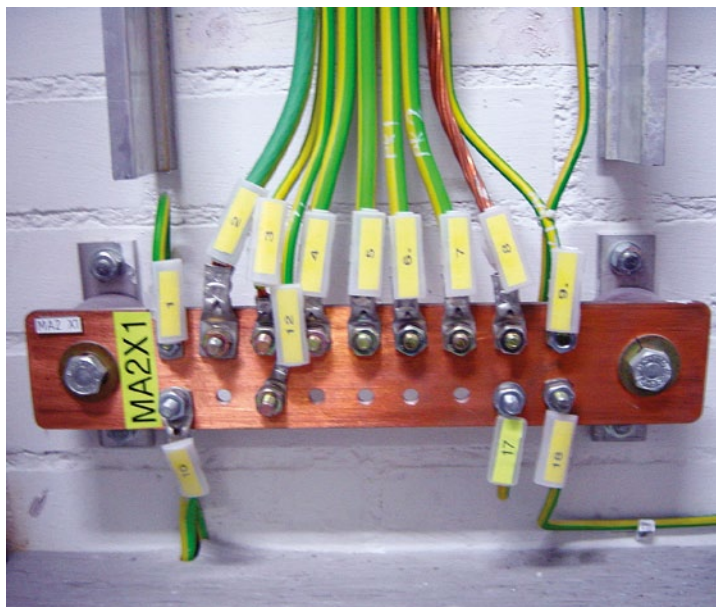
Ka muude tüüpiliste juhtivate osade ühendamist potentsiaaliühtlustusega on kasulik kaaluda. Näiteks kaablirennide ühendamine peapotentsiaaliühtlustusega ei ole kohustuslik, kuid on olnud juhuseid, kus kaabliriivid on sattunud pinge alla liiga kõvasti pingutatud kinnituspelli tõttu. Seetõttu on ka kaablirennide ühendamine potentsiaaliühtlustusega väga soovitatav. Ka häirekindluse seisukohalt on kaablirennid ja muud juhtmete kandesüsteemid kasulik ühendada potentsiaaliühtlustusega.

Kõik potentsiaaliühtlustuse ühendused tuleb teha töökindlad kasutades keevitamist, jootmist või sobivaid klemme. Poltühendusi ei soovitata paigutada pinnasesse või valada betooni. Betooni terasarmatuuri ühendamiseks kasutatakse võimalust mööda keevitamist, millisel juhul ühendatud terasarmatuur võib talitleda ka vundamendi maandurina. Kui betooni terasarmatuuri vardad ei ole kokku keevitatud, vaid ainult kokku seotud, siis tuleks need vardad häirekindluse seisukohalt ühendada peapotentsiaaliühtlustusega.

Torude ja kanalite ühendamiseks kasutatakse sobivaid klemme või bandaaže. Kui saadaval on piisavas elektrilises kontaktis olevaid kandekonstruktsioone, võib potentsiaaliühtlustuse ühenduse teha nende kaudu.

Eelpool kirjeldatuga sarnane potentsiaaliühtlustus tuleb teha igas elektrivõrku ühendatud ehitises. Erinevates ehitistes võib olla erinev hulk kõrvalisi juhtivaid osi, mis ühendatakse peapotentsiaaliühtlustusega. Mõnedes väiksemates ehitistes pole neid üldse.

Pea-potentsiaaliühtlustusjuhi ristlõikepindala peab vase puhul olema vähemalt 6 mm^2 . Otstarbekas on siiski välja selgitada võimaliku rikke korral esinevate voolude suurus.



Joonis 4.19 Ehitise peapotentsiaaliühtlustus

Peapotentsiaaliühtlustust rakendatakse igas ehitises ja ühendused tehakse tavaliselt ehitise sisestuskilbi (peakilbi) lähedal paikneval peamaanduslatil. Peapotentsiaaliühtlustusega ühendatakse kõikide hoone kilpide kaitselatid. Kui ehitist toidetakse mitme toitekilbi kaudu, milledest ükski ei ole peakilp, tehakse potentsiaaliühtlustus ükskõik millise kilbi juures. Üldiselt peavad sel juhul kõik ehitisse sisenevad liinid olema TN-S-juhistikuga.

Peapotentsiaaliühtlustuse taolise potentsiaaliühtlustuse võib, eriti suurtes ehitistes, teha ka mujal ehitise sees. Peakilbile lisaks võib näiteks ka ehitise katusel paiknevas ventilatsiooniruumis teha potentsiaaliühtlustuse, mis ühendatakse mainitud ruumis oleva kaitse- või PEN-latiga. Kui ehitises kasutatakse PEN-juhte, peab pöörama tähelepanu selle potentsiaaliühtlustuse poolt tekitatavatele häirevooludele.

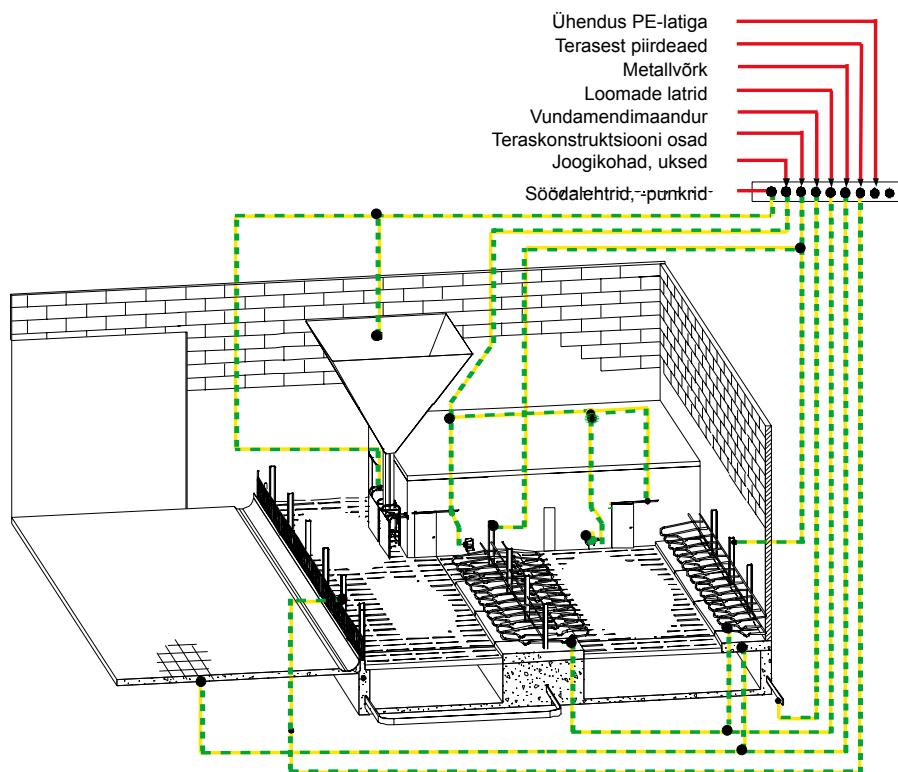
4.6.3 Lisapotentsiaaliühtlustus

Lisapotentsiaaliühtlustus tehakse siis, kui soovitakse eriti vältida kahjulikke potentsiaalierinevusi või kui toite kiire väljalülitamisega ei suudeta tagada kaitset puutepingete vastu.

Lisapotentsiaaliühtlustusega peab ühendama kõik kohtkindlate elektriseadmete pingeltid juhtivad osad ja kõrvalised juhtivad osad, mida on võimalik samaaegselt puudutada. Väga soovitatav on lisapotentsiaaliühtlustusega ühendada ka betooni armatuur. Lisa-potentsiaaliühtlustussüsteem tuleb ühendada kaitsejuhisüsteemiga. Lisa-potentsiaaliühtlustussüsteemiga ühendatakse ka pistikupesade kaitsejuhid. Pingeltid juhtivad osad ühendatakse tavaliselt kilbi kaitsejuhi lati kaudu, viimane ühendatakse lisa-potentsiaaliühtlustuslatiga, kuhu vahetult liidetakse ka kõrvalised juhtivad osad.

Pingeltid juhtivaid osi omavahel ühendava lisa-potentsiaaliühtlustusjuhi ristlõikepindala peab olema vähemalt niisama suur, kui pingeltide osadega ühendatud kaitse- või PEN-juhi vähim ristlõige.

Seadmete pingeltid juhtivaid osi muude juhtivate osadega ühendava lisapotentsiaaliühtlustusjuhi ristlõikepindala peab olema vähemalt pool vastavast maandusjuhi ristlõikepindalast.

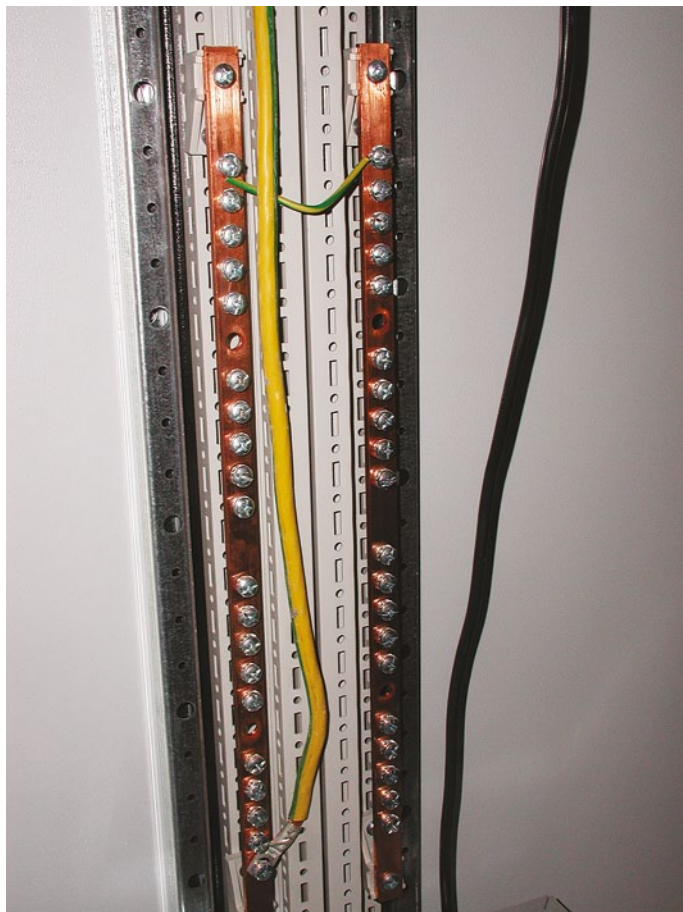


Joonis 4.20 Lisapotentsiaaliühtlustus loomapidamishoones

4.6.4 Häirekaitsega seotud maandused ja potentsiaaliühtlustused

Keskseks häirekindlusega seotud nõudeks on TN-juhistiku kasutamine. Sel juhul ei ole infotehnika seadmete vahel pingeerinevustest tekkivaid häirevoole. TN-S-juhistiku kasutamine võimalikult sisendi lähedal on hästi toimiva elektripaigaldise aluseks.

TN-S-juhistikku täiendatakse mitmesuguste talitlus-potentsiaaliühtlustus süsteemidega. Põhimeetodiks on tavapärane tähtühendus, kus iga kaitsemaandatava seadme juurde tuuakse eraldi kaitsejuht ja neid ei ühendata omavahel. Seda võib täiendada eriliste võrk-potentsiaaliühtlustus süsteemidega.



Joonis 4.21 Häirekindluse eesmärgil tehtud potentsiaaliühtlustus

Varasemal ajal on näiteks protsessijuhtimisseadmetikus kasutatud nn häirevaba maandust, mida tavaliselt tähistati tunnusega TE. Häirevaba maanduse abil püüti korvata üldise jaotusvõrgu puudustest, nagu PEN-juhi kasutamine, tekkinud häirete mõju. Sellist süsteemi võib endiselt kasutada vanade paigaldiste muutmisel ja laiendamisel, kus ei õnnestu täielikult kasutada TN-S-juhistikku. Kaasaegsed standardid

ei tunne häirevaba maa mõistet, selle asemel kasutatakse talitusmaanduse mõistet, mida tähistatakse FE.

4.7 MAANDUR

Maanduri kasutamisel võib olla mitu eesmärki. Maandur paigaldatakse eelkõige elektriseadmestiku kaitsenõuete tõttu, aga sama maandur võib olla ka näiteks piksekaitse-süsteemi osaks. Maanduri konstruktsioon ja nõutav maandustakistuse suurus sõltuvad maanduri kasutamise eesmärgist. Maanduri abil luuakse juhtiv ühendus maaga, aga ta on tähtis ka potentsiaaliühtlustuse seisukohalt.

Maandur peab olema korrosioonikindel, konstruktsioonilt töökindel ja piisavate mõõtmetega. Maanduri efektiivsus sõltub kohaliku pinnase omadustest. Sõltuvalt kohaliku pinnase omadustest ja nõutavast maandustakistuse suuruselt tuleb valida kas üks või mitu maanduselektroodi.

Maanduselektrood dimensioonitakse selliselt, et ta taluks elektrilisi, mehaanilisi ja keemilisi mõjutusi. Dimensioonimisel osutub üldiselt määravaks korrosioonikindlus. Maanduselektroodi vähim ristlõikepindala peab olema 16 mm² vase puhul ja 10 mm² roostevaba terase puhul.

Soomes kasutatav vaskjuhi vähim ristlõikepindala 16 mm² on väiksem, kui rahvusvaheliste standarditega üldiselt nõutud 25 mm². Soome pinnases on 16 mm² vastu pidanud, kuid tähtsates kohtades ja piksekaitsega seotud maanduselektroodides on kasulik kasutada suuremat ristlõikepindala – vähemalt 25 mm².

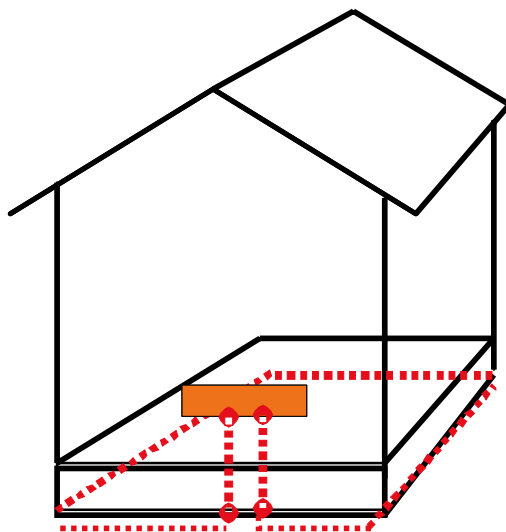
Madalpinge tarbijapaigaldise maandur

Igal tarbijapaigaldisel peab olema maandur. Nii ehitisesiseses tarbijapaigaldises, kui ehitistest väljaspool paiknevas elektrivõrgus, kus leiab kasutamist PEN-juht, peab maandur olema iga vähemalt 200 m pikkuse haruliini lõpus või sellest mitte enam kui 200 m kaugusel. Tarbijapaigaldise maandur paigaldatakse eelkõige tarbija elektripaigaldise turvalisuse kindlustamiseks, aga see maandur talitleb ka osana jaotusvõrgu maandussüsteemist, kuna madalpinge- ja keskpinge võrgu maandused on teineteisega trafo juures ühendatud.

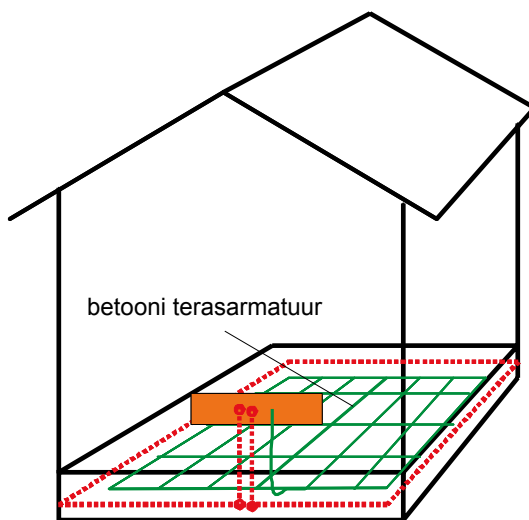
Madalpinge tarbijapaigaldise maanduri suurima lubatud maandustakistuse väärtuse kohta ei ole nõudeid. Maanduri paigaldusnõuetega püütakse eelkõige saavutada hea potentsiaaliühtlustus. Väike maandustakistuse väärtus parandab seadmestiku käidu ohutust PEN-juhi katkemisel jaotusvõrgus. Kui elektripaigaldises on nullitud elektri-seadmeid, jäävad elektriseadme pingealtid juhtivad osad PEN-juhi katkemisel faasi-pinge alla.

Vundamendimaandur

Soome standard SFS 6000 eeldab, et maandurina kasutatakse eelkõige vundamendi-
maandurit. Vundamendimaanduri all mõeldakse üldiselt kinnise kontuuri kujulist
juhtivat osa, mis on paigutatud pinnasesse vundamendi alla või eelkõige ehitise vun-
damendi betooni. Maanduselektroodi vähim ristlõikepindala on vase puhul 16 mm^2 ja
kuumtsingitud või roostevaba terase puhul 90 mm^2 . Juhul, kui vundamendimaandurina
kasutatakse vundamendi sisse paigutatud terast, peab teraselemendid omavahel ühen-
dama keevituse teel või mõnel muul taolisel viisil, et saavutada kindel ühendus.



Joonis 4.22 Vundamendimaanduri paigaldamine vundamendi alla



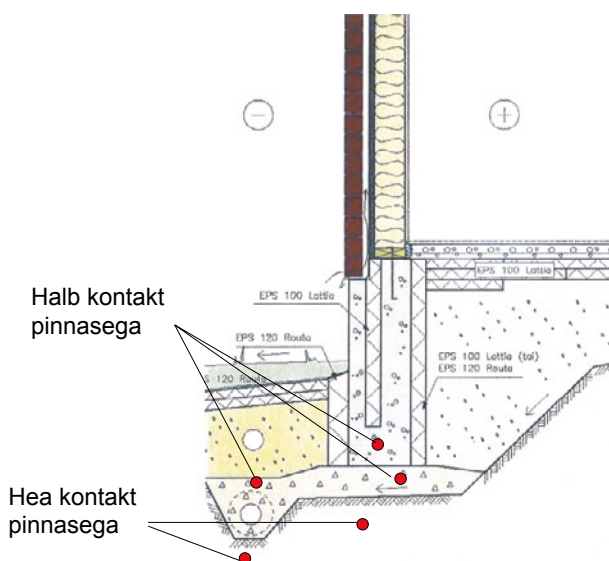
Joonis 4.23 Vundamendimaanduri paigaldamine vundamendi sisse

Et vundamendimaandurit võidakse hakata paigaldama, peab elektritööde ettevõtja olema piisavalt varajases staadiumis ehitusplatsil. Eriti väiksemate objektide juures võib vundamendimaanduri tegemine olla raskendatud senikaua, kui ehitajateni on jõudnud piisavalt teadmisi maanduselektroodi nõudest. Soome standard SFS 6000 lubab ka muude maanduri konstruktsioonide kasutamist, kui vundamendimaandurit ei saa mingil põhjusel paigaldada.

Vundamendimaanduri potentsiaalitasandav mõju ei ulatu ehisest väljapoole ja saavutatav maandustakistuse väärtus ei pruugi olla väike, eriti siis, kui vundament on maast isoleeritud soojusisolatsiooni või killustikuga. Kui sel juhul soovitakse saavutada väiksest maandustakistuse väärtust, võib maandust täiendada lisaelektroodi paigaldamisega hea juhtivusega pinnasesse.

Maanduri nõue kehtib sisestuspunktile, kuid on soovitatav, et vundamendimaandur paigaldataks tarbimiskoha igale ehitisele, kuna vundamendimaanduri potentsiaaliühtlustav mõju toimib ainult selles ehitises, kuhu see on paigaldatud. Elektriprojekti ja ehituslepingut koostades peab otsustama, kas maandur paigaldatakse igale ehitisele.

Vundamendimaandur võib olla vundamendi sees, sel juhul võib materjalina kasutada terast. Maanduselektroodina võib kasutada erilist, elektroodiks mõeldud tsingitud latt-terast või tavalist betooni armatuurterast. Elektroodi ühendused peavad olema usaldusväärselt kestvad, armatuurterase vardad peab kokku keevitama või peab kasutama spetsiaalseid ühendusi. Tavaline sidumine ei ole armatuuri maanduselektroodina kasutamiseks piisav. Betooni sees paiknev teras on kaitstud korrosiooni eest, kuid betoonist väljuvaid terasosi võib vajaduse korral kaitsta korrosiooni eest. Piisava juhtivuse tagamiseks peab betoonis, kuhu elektrood paigaldatakse, olema vähemalt 240 kg tsementi kuupmeetri betooni kohta.



Joonis 4.24 Väikehoone vundamendi konstruktsioon

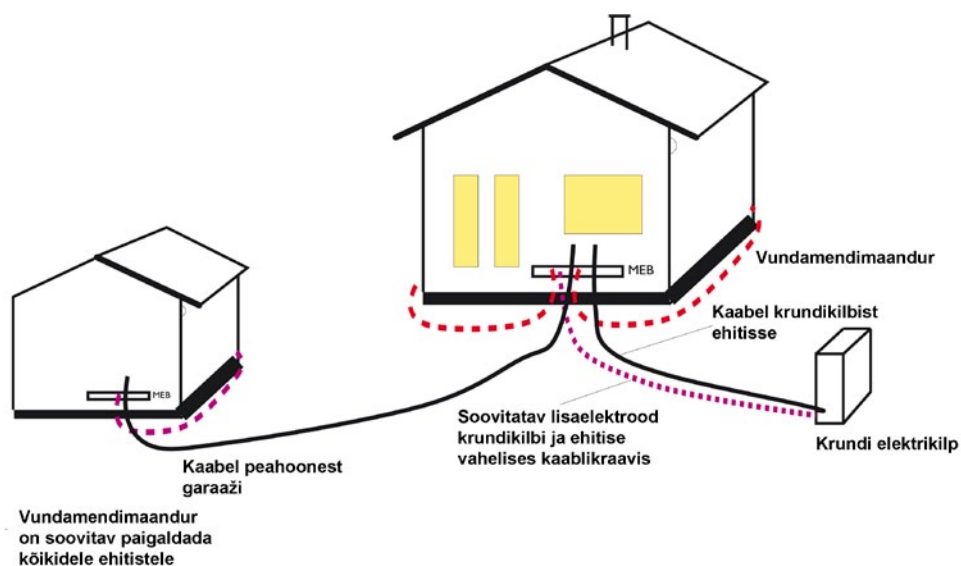
Vundamendimaanduriga püütakse eelkõige parandada potentsiaaliühtlustust. Tavaliselt ei ole TN-juhistiku puhul maandustakistus tähtis, mistõttu võib vundamendimaanduri paigaldada ka sellisesse vundamenti, mis paikneb halvasti juhtival alusel, näiteks kalju peal, või kui vundamenti ja pinnase vahel on soojusisolatsioon või mõni muu halvasti juhtiv kiht. Kui sellise elektripaigaldise juures on nõutav ka hea kontakt pinnasega, näiteks piksekaitse tõttu, võib maandurit täiendada lisades maandussüsteemile hea juhtivusega pinnasesse süvistatud radiaalseid elektroode.

Vundamendimaandur või mõni muu suletud kontuurina paigaldatud elektrood soovitatakse paigaldada nii, et elektroodile läheb kaks juhti ja kontuur sulgub peamaanduslatil. Kui elektroodile minevad maandusjuhid on paigaldatud üksteisest elektriliselt isoleerituna, näiteks kasutades ühe juhina isoleeritud juhti, on elektroodi katkematust lihtne mõõta.

Muud elektroodi konstruktsioonid

Alternatiivina võib vundamendimaanduri paigutada vundamenti alla või vahetult vundamenti väliskülje kõrvale. Materjaliks peab sel juhul olema vähemalt 16 mm^2 vasest massiiv- või köisjuhe.

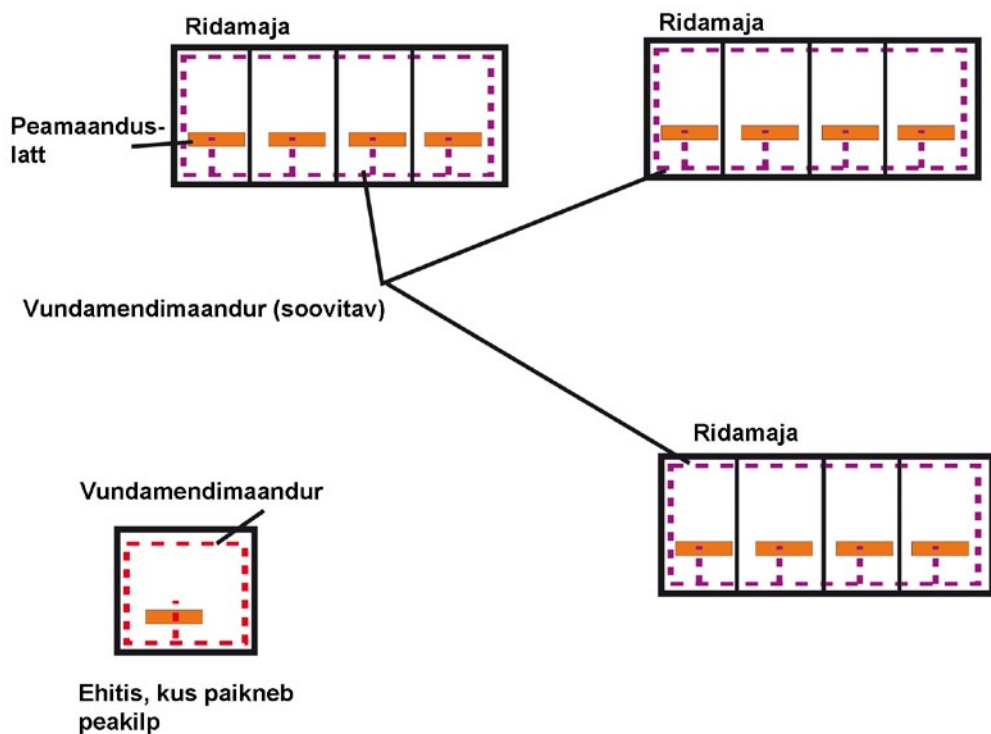
Kui vundamendimaanduri ehitamine ei ole mingil põhjusel võimalik, näiteks paigaldades maandurit olemasolevasse ehitisse, võib kasutada maanduri elektroodi muid konstruktsioone. Elektroodina võib kasutada vähemalt 20 m pikkust vask elektroodi, mis paigaldatakse selliselt, et elektrood ei ole hõlpsasti vigastatav kaevetööde käigus. Elektroodi võib paigutada ehitist toitva kaabliga samasse kraavi, või vundamenti lähedale nii, et ta oleks kaitstud juhulike vigastamiste eest.



Joonis 4.25 Pereelamu, kus on eraldi paiknev garaaž

Kui maanduselektroodi ei saa paigutada selliselt, et ta oleks kaitstud vigastamiste eest, tuleb kasutada kahte erinevatesse suundadesse paigaldatud vähemalt 20 m pikkusi rõhtelektroode või veelgi parem – üht vähemalt 40 m pikkust kontuurelektroodi.

Joonistel 4.25 ja 4.26 on näidatud maanduselektroodi paigutust eritüübiliste tarbimis-kohtade juures.



Joonis 4.26 Ridamajadega kinnistu maandurid

4.8 MAANDUSE JA POTENTIAALIÜHTLUSTUSE NÄITEID

Järgnevas on toodud näiteid ehitiste tüüpilistest maanduspaigaldistest. Kui paigaldised on keerukad, näiteks kasutatakse mitmeid toiteliine, on kasulik selgitada, kuidas paigaldises käituvad rikkevoolud ja ühefaasilise koormuse neutraaljuhi voolud. Vajaduse korral võib kasutada neljapooluselisi lülitusseadmeid neutraaljuhi voolude eraldamiseks. Kasutades neljapooluselisi lülitusseadet, peab jälgima, et mingil juhul ei katkestataks ega lülitataks PEN-juhti ega katkestata neutraaliahela ühendust maa potentsiaaliga. Kasutades neljapooluselisi lülitusseadet peakilbi suurevoolulistest toiteahelates, tuleb (avatud lüliti) neutraalahel samal viisil töömaandada kui äärejuhid.

4.8.1 Madalpinge tarbijapaigaldise maandus

Tüüpiline madalpinge tarbijapaigaldise maandus tuleb üldisest neljajuhilisest jaotusvõrgust, kuna jaotusvõrgus tavaliselt kasutatakse PEN-juhti. Sisenev PEN-juht ühendatakse kilbi PE-lati või –klemmiga ja sealt tehakse ühendus neutraaliahelasse. Võib kasutada ka kaksikklemmi, kuhu saab ühendada nii kaitse- kui ka neutraaljuhi. Kaitsejuhi ja PEN-juhi ühendus peab olema isolatsioonitakistuse mõõtmise ja kaitsejuhi katkematuse kontrolli jaoks lahti võetav. Näide on joonisel 4.27.

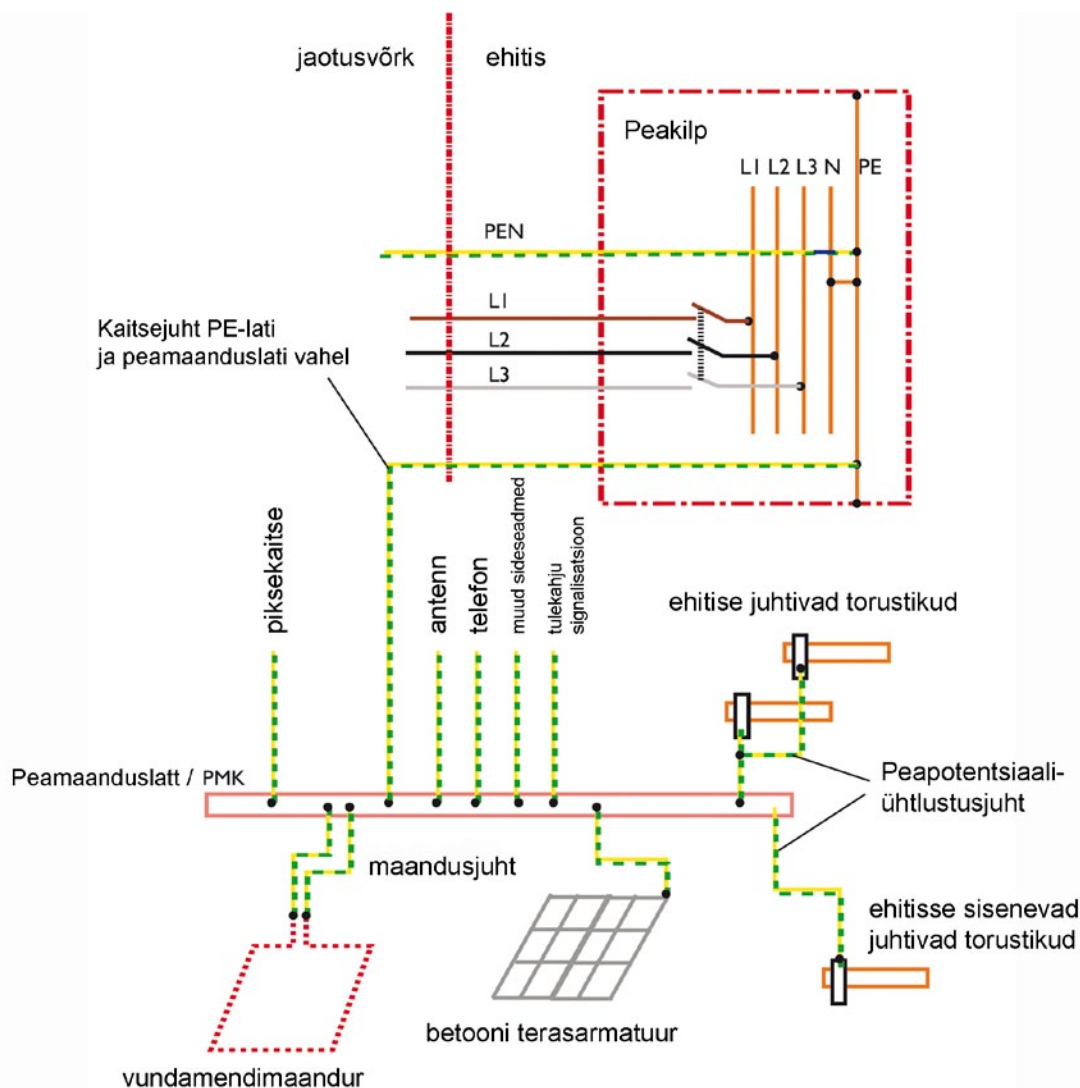
Kui madalpinge paigaldist toidetakse viiejuhilise liini kaudu, on olukord veelgi lihtsam. Sisenevad neutraal- ja kaitsejuhid ühendatakse nende jaoks ettenähtud klemmidega ja kõik kaitse- ja potentsiaaliühtlustusjuhid ühendatakse kaitsejuhilati või –klemmidega. Neutraal- ja kaitsejuhte omavahel kilbis ei ühendata. Kilbi pealüliti võib olla neljapooluseline, siis on kasutuselevõtu mõõtmised lihtsalt sooritatavad. Näide on joonisel 4.28.

4.8.2 Maandus tarbimiskohas, kus on trafoalajaam

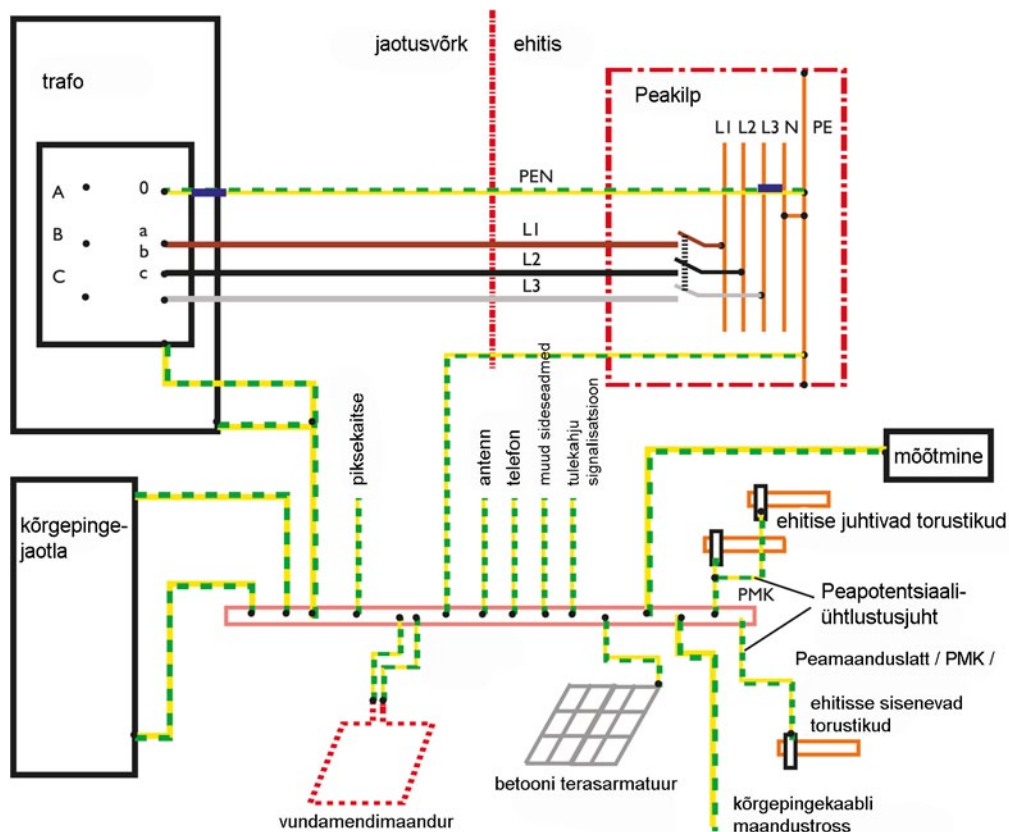
Kui tarbimiskohas on trafoalajaam, lisandub kõrgepingesüsteemi maandus. Kõrgepingelises tarbimiskohas kasutatakse ühismaandust ja põhimõtteliselt võib kasutada sama maandurit. Alajaama maandustakistuse nõuete tõttu tuleb maandus tavaliselt teha koosnevana mitmest elektroodist, näiteks ehitise maandurist ja koos kõrgepingekaabliga sisenev maandustrossist. Erinevad maanduselektroodid ühendatakse kokku kas otseselt peamaanduslatil või ühendades nende peamaanduslatid kaitsejuhi kaudu üksteisega.

Madalpingepoole maandus tehakse põhimõtteliselt samal viisil, kui madalpinge tarbijapaigaldises. Joonisel 4.29 on toodud juhtum, kus ühendus trafolt peakilpi tehakse neljajuhilisena (kaabli või lattsilla abil). Juhti, mis tuleb trafo n-klemmilt kilpi, nimetatakse PEN-juhiks ja see paigaldatakse samal viisil isoleerituna kui äärejuhi ahelad. Kilbis ühendatakse PEN-juht põhimõtteliselt kaitselatiga, kuid kilbi sees võivad ühendused varieeruda. Kilbis peab olema võimalik kaitse- ja neutraaliahelaid mõõtmisteks üksteisest eraldada ning kogu ahela dimensioneerimine peab rahuldama neutraalju-

hile esitatavaid nõudmisi. Maandus tuuakse peakilbi kaitaselatti. Maandusega ei ühenda trafo neutraalpunkti.



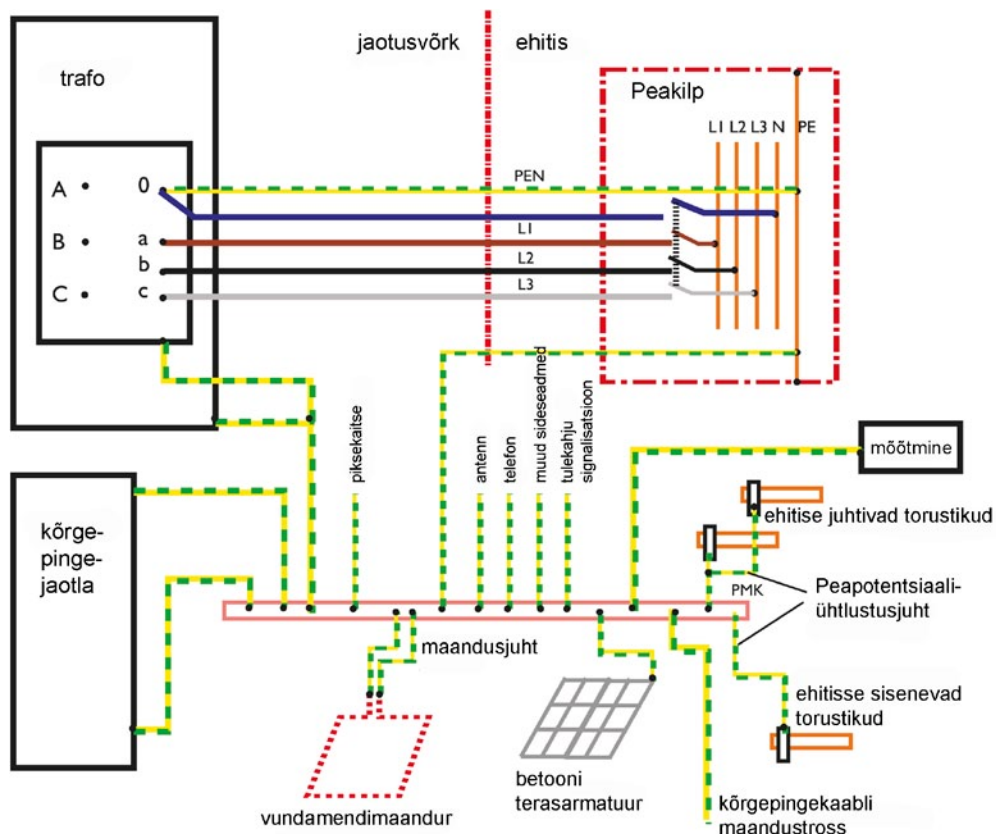
Joonis 4.27 Maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja toiteliini ühendamine tarbija-paigaldises, mida toidetakse PEN-juhti sisaldava liini kaudu



Joonis 4.29 Maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja toiteliini ühendamine tarbimiskohas, kus on trafoalajaam ja peakilpi toidetakse PEN-juhti sisaldava liini kaudu

Põhimõtteliselt on võimalik toide realiseerida ka nii, et ühendus maandusega tehakse trafo neutraalpunkti ja sealt tuuakse eraldi neutraal- ja kaitsejuht peakilpi vastavalt joonisele 4.30. Sel juhul on soovitatav kasutada neljapooluselise pealülitit, kuna kaitse- ja neutraaljuhi ahela eraldamine trafo neutraalpunkti on praktikas tülikas.

Joonisel on näidatud ka kõrgepingesüsteemi seadmete kaitsemaandused.



Joonis 4.30 Maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja toiteliini ühendamine tarbimiskohas, kus on trafoalajaam ja peakilpi toidetakse PE-juhti sisaldava liini kaudu

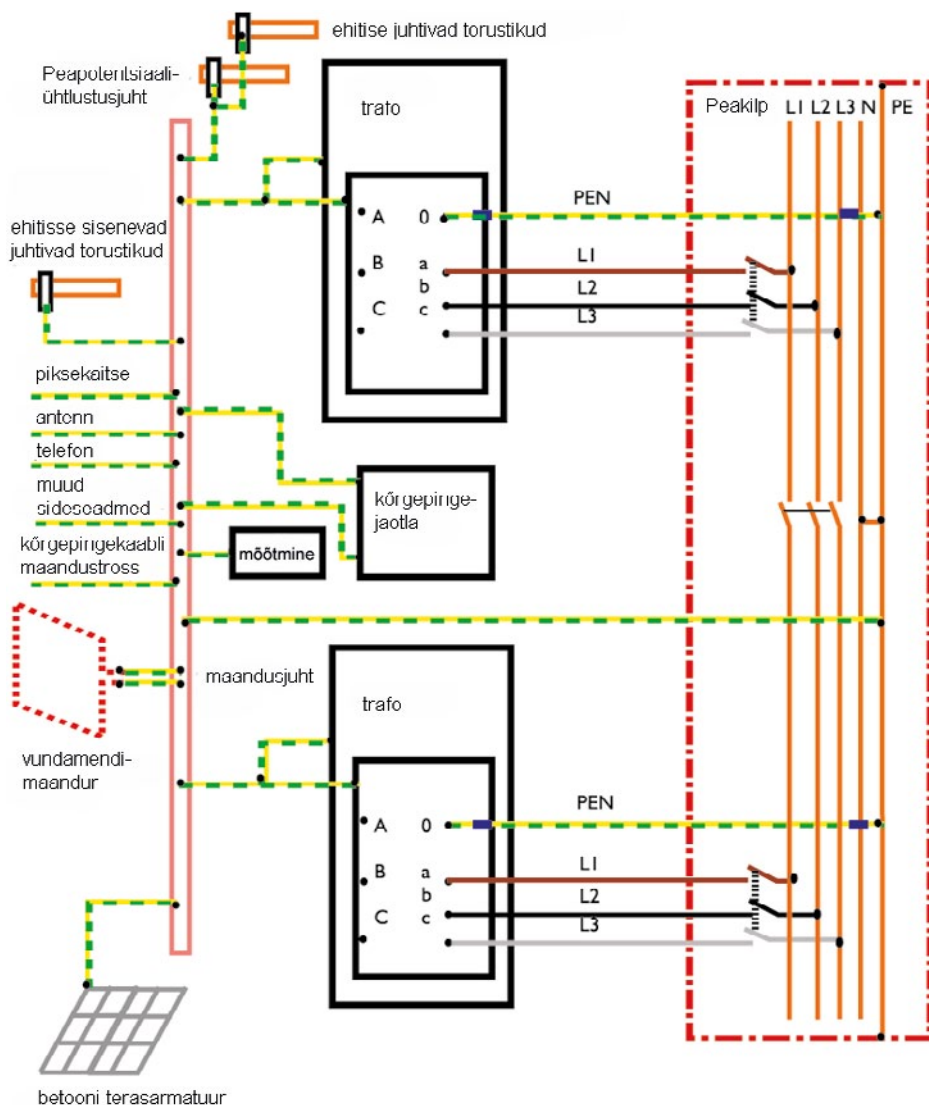
4.8.3 Maandused tarbimiskohas, mida toidavad mitmed liinid

Kui samasse peakilpi sisenevad mitu toiteliini, näiteks toide kahest või rohkemast alajaama trafost või reservgeneraatorilt, peetakse kinni järgmistest põhimõtetest.

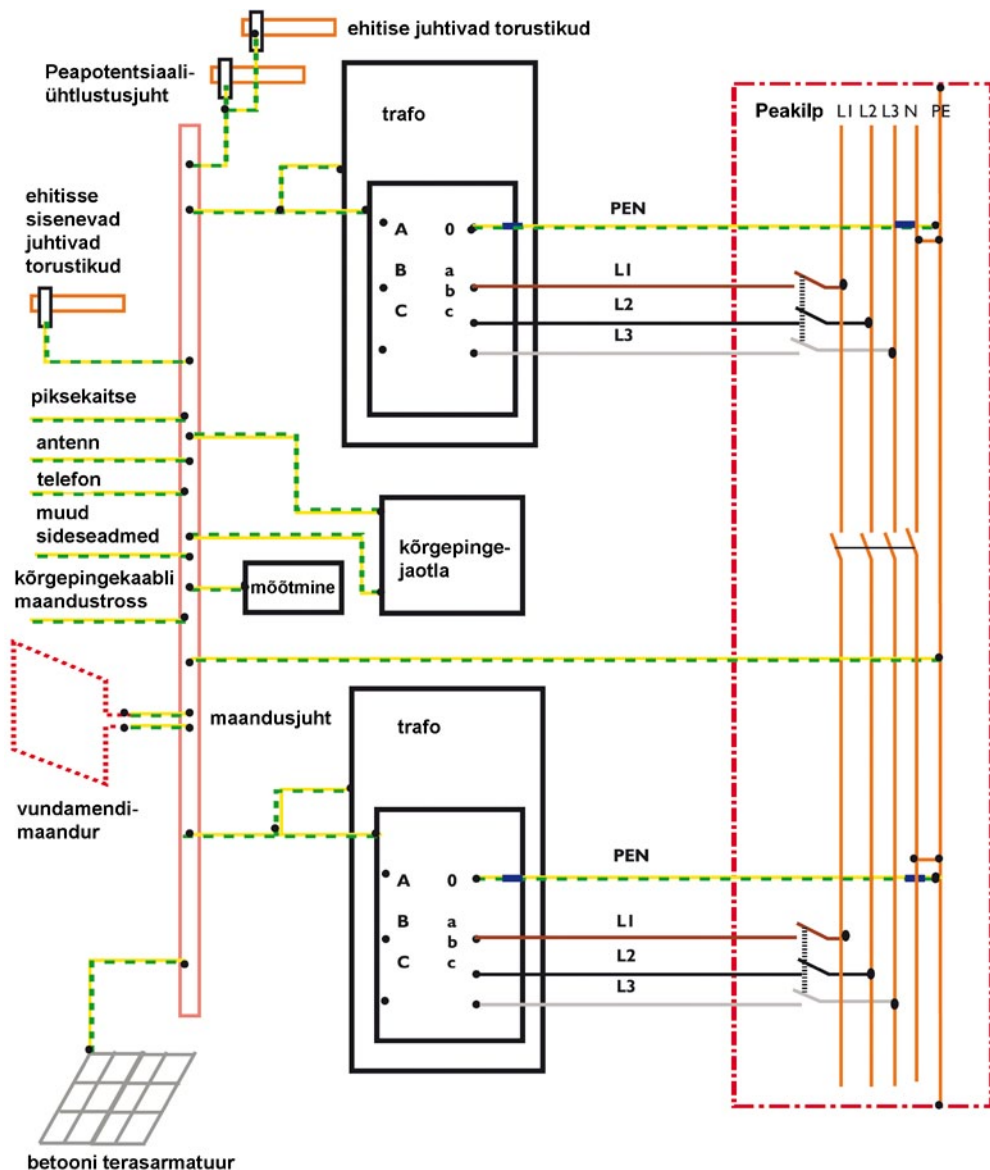
- Trafo neutraalklemmi ega generaatori tähtühenduse neutraalpunkti ei ühendata vahetult maaga.
- Energiaallikate ühitatud neutraalpunktide ja PE-ahela vahel on ainult üks ühendus peakilbi sees.
- Trafode ja generaatorite neutraalpunktide ühendus peab olema tehtud isoleerjuhiga. Tema talitus vastab PEN-juhile ja selle võib ka nii tähistada.
- Paigaldises võib olla PE-ahela lisamaandusi.

Joonisel 4.31 on toodud sellise paigaldise näide.

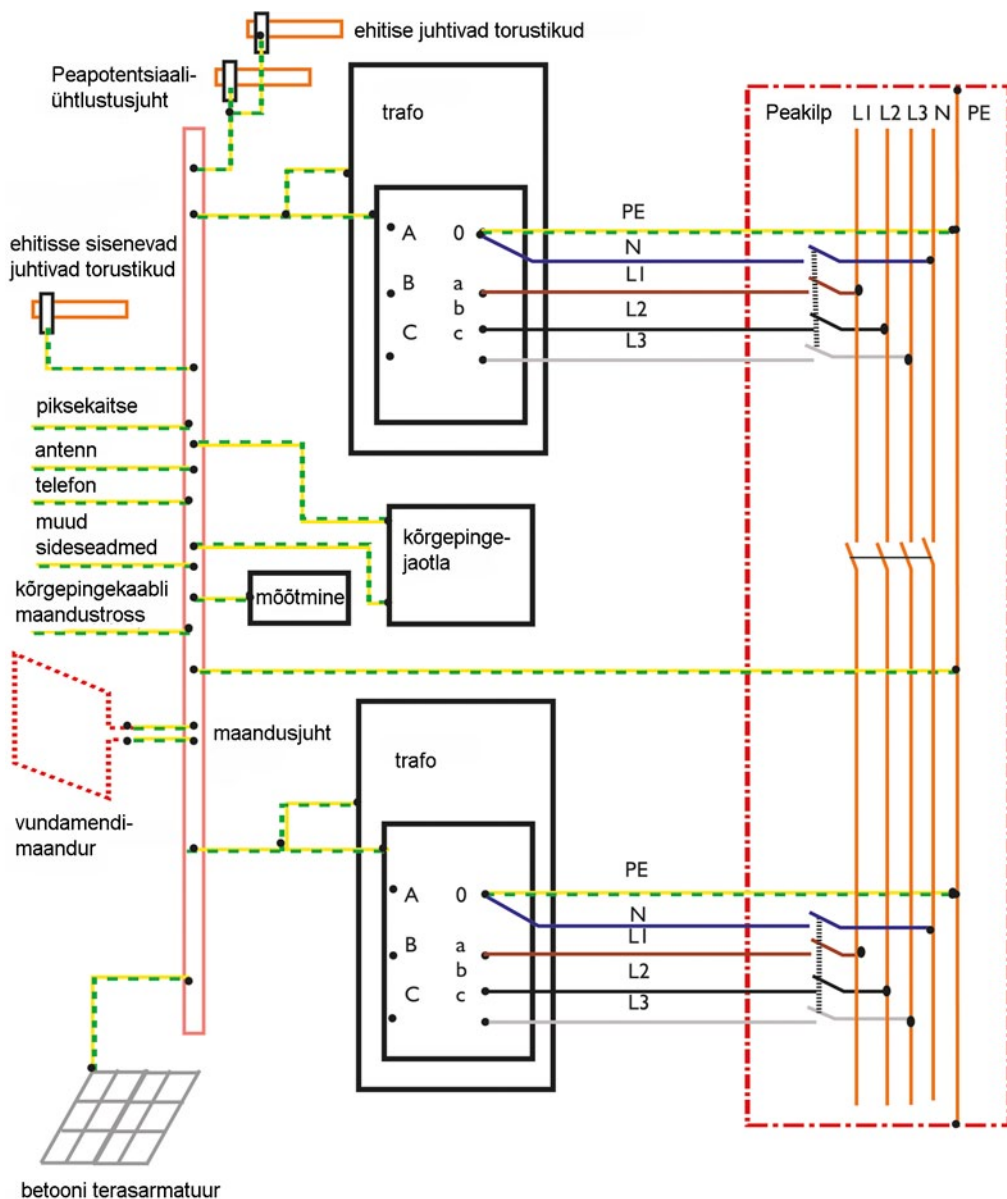
Kui toiteliine ei kasutata pidevalt paralleelselt, vaid kõne all on ainult võimalus kasutada teist trafot peakilbi reservtoitena, võib järgida ühe toiteliini põhimõtteid. Neutraal- ja kaitsejuhi lattide vahel tehakse ühendus igas peakilbis eraldi ja kilbid ühendatakse omavahel neljapooluselise lülitusseadmega. Näide selle kohta on joonisel 4.32. Võimalik on teha ka maaühendus kõikidel toiteallikatel ja tulla sealt eraldi neutraal- ja kaitsejuhtidega peakilpi. Kilbid ühendatakse üksteisega neljapooluselise lülitusseadmega ja ka toiteliinidel soovitatakse kasutada neljapooluselisi lülitusseadmeid. Näide selle kohta on joonisel 4.33.



Joonis 4.31 Maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja toiteliinide ühendamise tarbimiskohas, kus on kaks trafot ja peakilpi toidetakse PEN-juhti sisaldava liini kaudu. Neutraal- ja PE-ahelad on omavahel ühendatud ainult ühes punktis



Joonis 4.32 Maanduse, potentsiaaliühklustuse ja toiteliini ühendamine tarbimiskohas, kus on kaks trafot ja peakilpi toidetakse PEN-juhti sisaldava liini kaudu. Neutraal- ja PE-ahelad on omavahel ühendatud kahes punktis ja kilbi erinevate osade vahel on neljapooluseline lülitusseade



Joonis 4.33 Maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja toiteliini ühendamine tarbimiskohas, kus on kaks trafot ja peakilpi toidetakse eraldi neutraal- ja kaitsejuhti sisaldava liini kaudu. Neutraal- ja PE-ahelad on omavahel ühendatud ainult trafode tähtühenduse neutraalpunktides.

JUHISTIKU DIMENSIOONIMINE JA KAITSE

Juhistiku dimensioonimine ja kaitse valik on elektriprojekteerimise olulisemateks osadeks. Juhistiku dimensioonimise all mõeldakse traditsiooniliselt elektrijuhtide projekteerimist lubatud koormuse järgi (kestvalt lubatav vool) ja elektrijuhtide kaitse all mõeldakse kaitset liigvoolude ehk liigliigkoormuste ja lühiste toime eest. Dimensioonimise alla kuulub ka juhtide ja liigvoolukaitsete valik nii, et rikkekaitset puudutavad nõuded oleks täidetud. Projekteerimisel tuleb lahendada järgmised küsimused:

- 1) tunnussuuruste arvutamine
- 2) liigliigkoormuskaitse valik
- 3) juhtide ristlõikepindalade valik
 - äärejuhid
 - neutraaljuht
 - kaitsejuht
 - potentsiaaliühtlustusjuhid
- 4) lühisekaitse talitlemine
- 5) toite automaatse väljalülitamise tingimused
- 6) kaitseadmete selektiivsus
- 7) pingekaod

Eelpool toodud seigad mõjutavad liini dimensioonimist tehniliselt. Juhtide valimisel on väga tähtis, et tehnilisi vähimnõudeid täitev dimensioonimine oleks ka majanduslikus mõttes tervikuna võimalikult optimaalne. Tervikmajanduslikkusele avaldavad

lisaks hanke ja paigalduskuludele mõju ka hoolduskulud ja kadude maksumus. Juhistiku valikul tuleb võtta arvesse ka see, kas valitav juht kuulub soovitatavate tavakorras valmistatavate juhitüüpide hulka ja kas see tüüp on enamkasutatavana ladude põhinimekirjades. Sellisel viisil saavutatakse lisaeelisenä lühikesed tarneajad ning sääst ladustamiskuludes ja kasutatavate tööriistade kogustes.

5.1 DIMENSIOONIMISNÕUETE MÄÄRATLEMINE

Vastavalt Soome standardisarja SFS 6000 jaotisele 311.1 on suurima lubatava voolu kindlaks määramine tähtis selleks, et kavandatav paigaldis oleks ökonoomne ja töökindel arvestades seejuures lubavat kuumenemist ja lubavat pingekadu. Paigaldise või selle osade suurima koormusemääramisel võib arvesse võtta ka koormuste esinemise eri- või üheaegsust.

Koormuse kindlaks määramisel võib juhendina kasutada ST-kortti 13.31 “Rakennusten sähköverkon ja liittymän mitottaminen” /so Sähkötieto ry poolt väljaantud juhend (ST-kaart) nr 13.31 “Ehitiste elektrivõrgu ja tarbija paigaldise dimensioonimine”/, mille olulised osad on esitatud selle raamatu osas 2.

Tarbija elektripaigaldise dimensioonimine on tehnilis-majandusliku optimeerimisiisanne. Ühest küljest tuleb tagada elektrienergia varustamaiskindlus, arvestades tulevase elektrienergia tarbimis- ja muutmisvajadusi, teisest küljest ei ole majanduslikult mõistlik elektripaigaldise tarbetu liigdimensioonimine.

Lisaks ehitise kasutusotstarbele ja elektriseadmete käidule mõjutavad elektripaigaldise dimensioonimist juhistikusüsteemi ja seadmete valikud. Viimased on seotud ka kogukuludega terve eluea jooksul ning keskkonnamõjudega.

5.2 LIIGKOORMUSKAITSE

5.2.1 Liigkoormuskaitse põhimõtted

Liigkoormusvoolu all mõeldakse vooluahelas muul, kui rikke ajal esinevat liigvoolu. Liigvool omakorda on ükskõik milline lubatavast voolust suurem vool. Juhtide kestvalt lubatava voolu all mõeldakse nende suurimat lubavat koormatavust.

Kõik vooluahelad tuleb varustada liigkoormuskaitsega nii, et liigkoormusvool katkestatakse enne, kui temperatuur tõuseb sedavõrd, et kahjustuvad isolatsioon, liited, klemmid või ümbrus. Liigkoormuskaitseks kasutatakse tavaliselt sulavkaitsmeid, liinikaitselüliteid või muid lüliteid, mis lülitavad välja liigkoormatud juhtide toite. Mõningates paigaldistes, näiteks ravipaikades, võidakse rakenduva liigkoormuskaitse asemel kasutada liigkoormuse seireseadmeid, teatavat signaliseerivat kaitset. Mõnikord võidakse liigkoormuskaitse ka üldse ära jätta. Käesolevas peatükis käsitletakse juhistiku liigkoormuskaitset. Seadmetel eeldatakse omaette liigkoormuskaitset.

Juhistiku liigkoormuse eest kaitsva kaitseseadme omadused peavad, vastavalt standardile SFS 6000, vastama järgmistele tingimustele:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (5.1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (5.2)$$

kus:

- I_B on vooluahela projekteeritud (arvutuslik) vool,
- I_z on juhi kestvalt lubatav vool,
- I_n on kaitseseapaadi nimivool,
- I_2 on vool aparaadi tõhusaks rakendumiseks ettenähtud aja jooksul. Voolu I_2 väärtus, millega kaitseseaparaat tõhusalt rakendub, on sätestatud tootestandardites või selle määrab tootja.

Vooluahela projekteeritud (arvutusliku) voolu võib määrata kas teadaoleva või hinnangulise koormuse järgi. Kui vaatluse all on üksik seade, mille võimsus on teada, saab arvutusliku voolu määrata üsna täpselt. Seevastu näiteks ehitise liitumisvõimsuse määratlemine põhineb kogemuslikel andmetel ja nende alusel koostatud arvutusmudelite kasutamisel. Arvutusliku voolu määramisel on tihti vajalik võtta arvesse ka koormuse võimalik kasv tulevikus.

Võrratuse 5.1 esimene (vasak) pool tähendab, et liigkoormuskaitse nimivool peab olema vähemalt niisama suur, kui arvutuslik koormusvool. Praktiliselt valitakse liigkoormuskaitseks kaitse, mille nimivooluks on kaitse nimivoolude standardväärtuste jadas arvutuslikule voolule lähim, arvutuslikust voolust suurem väärtus.

Kaitseaparaadi nimivoolu all mõeldakse voolu, mis võib teatud tingimustel kaitseseadet kestvalt läbida ilma teda kahjustamata. Kaitseseapaadi rakendumisvoolud on nii liigkoormuse kui ka lühise korral suuremad, kui tema nimivool. Seega võib läbi kaitseseapaadi üsnagi kaua voolata tema nimivooludest suuremad voolud, ilma et kaitseseaparaat rakenduks. Kaitseseadme rakendumisvoolu suurusele avaldavad mõju ka keskkonnatingimused, näiteks temperatuur. Erinevate tootjate poolt valmistatud kaitseseadmed on mõnevõrra erinevad, aga ka sama tootja ühesugustes kaitseseadmetes on tootmistolerantse.

Juhi kestvalt lubatava voolu all mõeldakse suurimat voolu, millega võib juhti etteantud tingimustel koormata ilma, et juhi temperatuur ületaks pidevas kasutuses lubatava temperatuuri väärtust. Juhte võib lühiajaliselt ka liigkoormata, kuid pikemaajaline liigkoormus kiirendab juhtmeisolatsiooni vananemist ja lühendab seega juhtme eluiga.

Võrratuse 5.1 teine (parem) pool tähendab, et juhile kestvalt lubatud koormusvool peab olema vähemalt sama suur, kui kaitseseapaadi nimivool. Kui kaitseseapaadi nimivoolu väärtus on teada, valitakse juhi ristlõikepindala selle järgi nii, et juhi kestvalt lubatud vool oleks sama suur, kui kaitseseapaadi nimivool. Kestvalt lubatud koormusvool on

ristlõikepindala määramisel tähtsaim kriteerium, aga ristlõikepindala määramist mõjutavad teiste hulgas ka võimsuskaod, pingelangud ja vähim lubatav lühisvool.

Võrratus 5.2 annab seose kaitseseadme tõhusa rakendumise voolu ja juhtme kestva lubatava koormusvoolu vahel. Kaitseseade peab rakenduma teatud aja jooksul, üldjuhul hiljemalt 1 tunni jooksul, kui liigkoormusvool on 1,45 kordne juhile kestva lubatud vooluga võrreldes. Teisest küljest selgub sellest võrratusest, et juhti võib liigkoormata üsnagi pika aja jooksul ilma, et liigkoormuskaitse rakenduks. Erinevate kaitseaparatuuride rakendumisvoolude suurused erinevad üksteisest ja seetõttu on ka liigkoormuskaitse valimine, näiteks sulavkaitsmete ja liinikaitselülitite puhul, erinev.

5.2.2 Liigkoormuskaitse liinikaitselülititega

Liinikaitselülitite omadused on määratletud standardis Soome SFS-EN 60 898. Standard käsitleb kolme erinevat kaitselüliti tüüpi, ehk B-, C- ja D-tüüpi rakendumistunusjoonega liinikaitselüliteid. Nende erinevat tüüpi kaitselülitite tunnusjooned üksteisest liigkoormuskaitse seisukohalt ei erine, kuid lühisekaitse omadustelt on need erinevad. B-, C- ja D-tüüpi liinikaitselülitite termovabasti rakendumisvool on 1,45 kordne kaitselüliti nimivool. See tähendab, et kaitseseade toimib 1,45 korda nimivoolust suurema voolu juures hiljemalt ühe tunni möödudes liigkoormuse alghetkest arvates. Liinikaitselülititele on kindlaks määratud ka termovabasti vähim rakendumisvool, millest väiksema voolu puhul kaitselüliti ei tohi rakenduda.



Joonis 5.1 Liinikaitselülitid on lõppvooluahelate kaitsest sulavkaitsmed välja tõrjunud

Vanemad liinikaitselülitid erinevad oma talitusomaduste poolest standardile SFS-EN 60 898 vastavatest kaitselülititest. On olemas ka teist tüüpi liinikaitselüliteid, mille liigkoormuskaitse dimensioonimine on eeltoodust erinev.

5.2.2.1 Liinikaitselüliti tunnusjooned

Standard SFS-EN 60 898 käsitleb kodumajapidamises ja muus sarnases kasutamises ettenähtud liinikaitselüliteid, mille nimivool on enamalt 125 A.

Tähtsaimad liinikaitselüliti valiku juures arvesse võetavad näitajad on lahutusvõime, nimivool ja –pinge ning rakendumistunnusjoon.

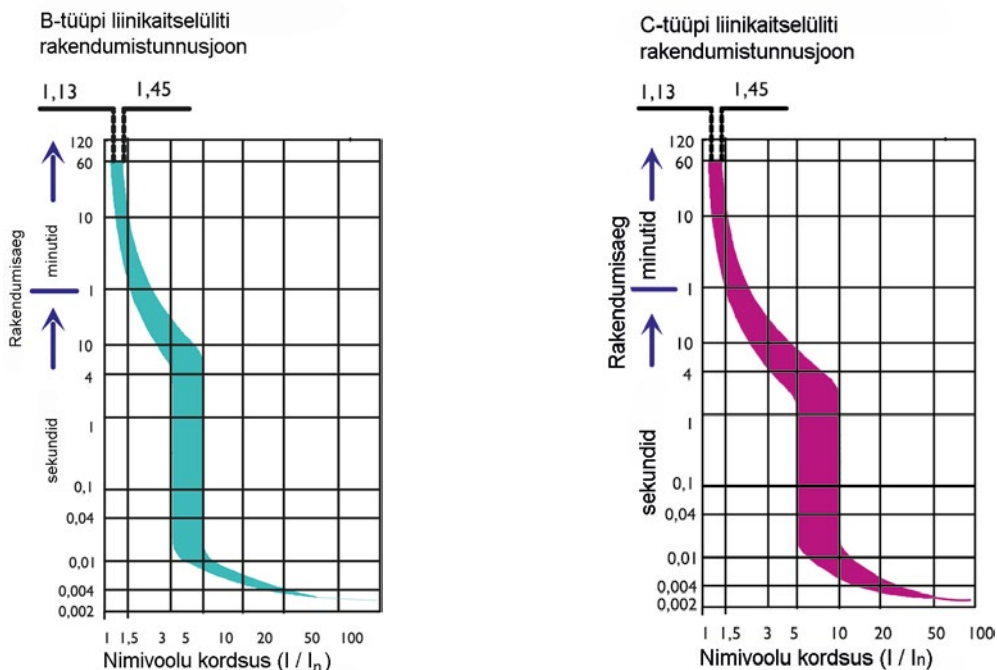
Liinikaitselüliti soovitatavad nimivoolud on 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 ja 125 A.

Praktikas enim kasutatavad on liinikaitselülitid lahutusvõimega 6 kA pingel 400 V. Lahutusvõime valitakse suurem, kui on selles ahelas esinev lühisvool. Liinikaitselüliteid käsitlevas standardis SFS-EN 60898 on toodud järgmised lahutusvõime standardiseeritud väärtused: 3000 A, 4500 A, 6000 A, 10000 A, 15000 A, 20000 A, 25000 A.

Tabelis 5.1 on toodud liinikaitselülitite tähtsamaid tunnussuursusi standardi SFS-EN 60 898 järgi:

Tabel 5.1 Liinikaitselülitite tunnussuursusi

Rakendumis-tunnusjoon ja nimivoolud	Termo-vabastus	Rakendumis-aeg	Elektro-magnetiline vabastus	Rakendumis-aeg
B ≤ 63 A	1,13 I_n 1,45 I_n	> 1 h < 1 h	3 I_n 5 I_n	≥ 0,1 s < 0,1 s
C ≤ 63 A	1,13 I_n 1,45 I_n	> 1 h < 1 h	5 I_n 10 I_n	≥ 0,1 s < 0,1 s
D ≤ 63 A	1,13 I_n 1,45 I_n	> 1 h < 1 h	10 I_n 20 I_n	≥ 0,1 s < 0,1 s



Joonis 5.2 B- ja C-tüüpi liinikaitselülite rakendumistunnusjooned

Tabel 5.2 Mõnede vanemat tüüpi liinikaitselülite tunnussuurused

Rakendumis-tunnusjoon ja nimivoolud		Termo-vabastus	Rakendumis-aeg	Elektro-magnetiline vabastus	Rakendumis-aeg
L	6 ja 10 A	$1,5 I_n$	$> 1 \text{ h}$	$3,6 I_n$	$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,9 I_n$	$< 1 \text{ h}$	$5,25 I_n$	$< 0,1 \text{ s}$
	16, 20 ja 25 A	$1,4 I_n$	$> 1 \text{ h}$	$3,36 I_n$	$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,75 I_n$	$< 1 \text{ h}$	$4,9 I_n$	$< 0,1 \text{ s}$
	32 A	$1,3 I_n$	$> 1 \text{ h}$	$3,12 I_n$	$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,6 I_n$	$< 1 \text{ h}$	$4,55 I_n$	$< 0,1 \text{ s}$
U		$1,4 I_n$	$> 1 \text{ h}$	$6,7 I_n$	$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,75 I_n$	$< 1 \text{ h}$	$9,8 I_n$	$< 0,1 \text{ s}$

Võimsuskaod liinikaitselülitis on suuremad, kui vastavas sulavkaitsmes. Liinikaitselülite konstruktsioon on aga kompaktsem ja nad võtavad paigalduskohas vähem ruumi. Seetõttu võib temperatuur kaitselülitega rühmakilbis, kus paiknevad mitmed tugevalt koormatud ahelad, olla tunduvalt kõrgem kui vastavate sulavkaitsmetega kilbis. Temperatuur avaldab mõju liinikaitselülite rakendussuurustele ja liinidele lubatavatele vooludele. Nimivoolule lähedaste vooludega koormatud ahelaid ei tohiks paigaldada vahetult teineteise kõrvale.

Järgnevas tabelis 5.3 antakse juhiseid õige rakendumistunnusjoone valikuks.

Tabel 5.3 Liinikaitselülite valik

Rakendumistunnusjoon	Kasutuskoht
B (kiire)	Aktiivtakistusega koormused, liinikaitse, küte, valgustus
C (aeglane)	Samad kui B, lisaks nõrgalt induktiivsed ja mahtuvuslikud koormused
D, K (eriti aeglane)	Tugevalt induktiivsed ja mahtuvuslikud koormused, millel on suured käivitusvoolud. Trafod, mootorid, kondensaatorid, vooluallikad, keevitusaparaadid, tööriistad, mõõteseadmed jms
Z, A (eriti kiire)	Pikad kaablid, kus lühisvool on väga väike. Lisaks türistorid, diodid ja mõõtetrafod.

5.2.3 Liigkoormuskaitse sulavkaitsmetega

Sulavkaitse on traditsiooniline liigkoormuskaitse, mida on enimlevinud kaitseseadmena kasutatud ehitiste elektripaigaldiste kaitseks kuni 1990ndate aastateni. Paljudes kohtades on liinikaitselüliti sulavkaitsme kõrvale tõrjunud, kuid oma paljude heade omaduste tõttu on sulavkaitse ikka veel kasutuskõlblik ja kasutatav kaitseseade. Sulavkaitsmete hulgas on nii üldiseks kasutamiseks ettenähtud sulavkaitsmeid, kus sulavkaitse toimib nii liigkoormus- kui ka lühisekaitsena, kui ka sulavkaitsmeid, mille kasutuseesmärgiks on ainult lühisekaitsena toimimine. Tavalisemad sulavkaitsme konstruktsioonid on nn padrunkaitsmed (ka keere- või korkkaitsmed) ja torukaitsmed (pidemega paigaldatavad).



Joonis 5.3 Üldjuhul kasutatakse sulavkaitsmeid endiselt peakaitsmetena

5.2.3.1 Sulavkaitsmete karakteristikud

Sulavkaitsme suurim rakendumisvool (vool, mille juures sulavkaitse kindlalt toimib, üldiselt ühe tunni jooksul) on suurem, kui 1,45kordne sulavkaitsme nimivool. Seega ei või liigkoormuskaitset valida vahetult juhile lubatava voolu järgi, vaid dimensioonimisel peab kasutama valemit:

$$K \times I_n \leq 1,45 \times I_z \quad (5.3)$$

kus:

- I_n on kaitseaparaadi nimivool,
- I_z on juhi kestvalt lubatav vool,
- k on sulavkaitsme suurima rakendumisvoolu ja sulavkaitsme nimi voolu suhe.

Rakendumisvoolud ja -ajad, mille juures voolud on määratletud, on gG-tüüpi sulavkaitsmetel, vastavalt standardile SFS-EN 269-2-1, järgmised:

Tabel 5.4 gG-tüüpi sulavkaitsmete rakendustunnussuurused

Nimivool	Vähim rakendumisvool (sellest väiksemat voolu peab kaitse taluma)	Suurim rakendumisvool (kaitse peab rakenduma)	Rakendumisaeg
$I_n \leq 4 \text{ A}$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$	1 h
$4 \text{ A} < I_n < 16 \text{ A}$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$	1 h
$16 \text{ A} \leq I_n \leq 63 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	1 h
$63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	2 h
$160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	3 h
$400 \text{ A} < I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	4 h

Praktikas ei ole valemit 5.3 tingimata vaja kasutada, kuna selle alusel on võimalik koostada sulavkaitsmete valiku jaoks valmis tabelid.

Tabelis 5.5 on liigkoormuskaitseena talitleva gG-tüüpi sulavkaitsme jaoks arvutatud juhtide kestvalt lubatavad voolud.

Tabel 5.5 Juhtide kestvalt lubatavad voolud, kui liigkoormuskaitseks on gG-tüüpi sulavkaitse

gG-tüüpi sulavkaitse nimivool	Juhi kestvalt lubatavad voolud
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

5.2.4 Kompakt- ja õhklülitid

Lülitusseadmete üldised karakteristikud on määratletud Soome standardis SFS-EN 60947-1. Standard SFS-EN 60947-2 käsitleb alla 1000 V vahelduvvoolu ja alla 1500 V alalisvoolu rakendusi.

Kompaktlüliti on lüliti, millel on tahkest isoleermaterjalist valatud korpus, mis moodustab osa lüliti konstruktsioonist. Üldiselt juhitakse kompaktlüliti peakontakte mehaaniliselt vahetult lülitushoova abil.

Õhklüliti on lüliti, mille peakontaktid paiknevad atmosfääri rõhul olevas vabas õhus. Üldiselt on õhklülitid metallkarkassiga ja sisse-välja lülitamine toimub vedru jõul. Väljalülitamisvedru võidakse vinnastada käsitsi või mootoriga. Välja- ja sisse lülitamine toimub surunuppude abil lüliti esiplaadilt või toimub lülitamine kaugjuhtimise teel elektromagneti abil.

Õhk- ja kompaktlüliteile ei anta taolisi rakendumistunnusjooni, kui liinikaitselülititele.

5.2.5 Liigkoormuskaitsetest loobumine

Teatud tingimustel võib liigkoormuskaitse ära jätta. Sellisteks juhtudeks võivad olla olukorrad, kus liinis tõenäoselt ei teki liigkoormust, liinis ei ole hargnemisi ega pistikupesi. Lühisekaitset aga ei tohi ära jätta. Ka side, juhtimise, signalisatsiooni ja muudes taolistes paigaldistes võib teatud juhtudel loobuda liigkoormuskaitsest. Liigkoormuskaitse võib ära jätta ka jaotusvõrkude ja suurte tööstusvõrkude piirkondades, mis koosnevad maakaablitest või tulekindlatest õhuliinidest. Sel juhtumil tuleb tagada, et kaablite maapinnale ulatuvad otsad ei kujutaks endast ohtu.

Liigkoormuskaitsest soovitatakse loobuda sellistes ahelates, mis toidavad seadmeid, kus voolu ootamatu katkemine võib olla ohtlik.

Näiteks on sellisteks ahelateks:

- pöörlevate masinate ergutusahelad,
- tõsteseadmete elektromagnetite toiteahelad,
- voolutrafoide sekundaarahelad,
- tulekustutusseadmeid toitvad vooluahelad.

Neil juhtudel soovitatakse kasutada signaliseerivaid liigkoormuse seireseadmeid.

5.2.6 Rööbitiste juhtide liigkoormuskaitse

Rööbiti ühendatud juhte soovitatakse kasutada ainult suurte ristlõikepindaladega juhtide korral, aga mitte kodutarbija paigaldistes.

Juhul, kui ühe kaitseaparaadiga kaitstakse mitut rööpset juhti, ei tohi need liinid hargneda ja neis ei tohi olla katkestus- ega lülitusseadmeid.

Kui vaadeldakse rööpsete juhtide liigkoormuskaitset, tuleb eristada kahte juhtumit:

a) Liigkoormuskaitse juhul, kui vool jaguneb juhtide vahel võrdselt.

Kui rööbiti on mitu ühesugust juhti, kus vool jaguneb juhtide vahel võrdselt, on summaarne lubatav vool üksikute liinide lubatavate voolude summa ja kasutada võib ühte liigkoormuskaitset. Voolujagunemise võrdsust tuleb kontrollida.

b) Liigkoormuskaitse juhul, kui vool ei jagune liinide vahel võrdselt.

Kui rööpsed juhid ei ole ühesugused ja üksikute juhtide voolud erinevad üksteisest üle 10%, tuleb iga juhi lubatavaid voole ja liigkoormuskaitseid käsitleda eraldi.

5.3 JUHTIDE LUBATAV VOOL

5.3.1 Juhi lubatava voolu määramise põhimõtted

Vooluahela pingestatud juhtide ristlõikepindala suuruse määrab ära eelkõige koormusvool ja selle poolt põhjustatud juhi kuumenemine.

Juhi lubatav vool määratakse põhiliselt juhile suurima lubatava temperatuuri alusel. Juhile püsivalt lubatavat temperatuuri ei tohi ületada, kuna

- liigtemperatuur võib põhjustada tulekahju,
- liigtemperatuur vähendab juhi eluiga, kuna kiirendab isolatsiooni vananemist.

Juhile lubatavale temperatuurile avaldab mõju juhi materjal, isolatsioonimaterjal, ümbritseva temperatuur, paigaldusviis ja muude vooluahelate lähedus. Juhi lubatava voolu määrab ära juhi võime voolu poolt tekitatud soojust ümbritsevasse keskkonda üle kanda.

Juhtidele kestvalt lubatavad suurimad temperatuurid on tabelis 5.6.

Tabel 5.6 Isoleermaterjalidele suurimad kestvalt lubatud temperatuurid
(SFS 6000, tabel 52-4)

Isolatsiooni liik	Suurim lubatav temperatuur, °C
Polüvinüülkloriid (PVC)	70 (juhi metallile)
Võrkstruktuuriga polüetüleen (PEX) etüleenpropüleen (EPR)	90 (juhi metallile)
Mineraalisolatsioon (PVC kestaga või paljas ja puudutatav)	70 (kesta)
Mineraalisolatsioon (paljas, mittepöõlevõimeline, ega ole kokkupuutes põlevate materjalidega)	105 (kesta)

Praktikas ei saa juhile lubatavat voolu määrata ainult neile lubatava suurima temperatuuri järgi, vaid vaja läheb veel teavet lubatavate koormusvoolude kohta.

Soomes kasutatakse väliskeskkonna ja pinnase temperatuuri ning pinnase erisoojustakistuse jaoks järgmisi väärtusi:

Väliskeskkonna temperatuur	+25 °C
Pinnase temperatuur	+15 °C
Pinnase erisoojustakistus	1,0 K m / W

Juhi dimensioonimisel tuleb arvesse võtta ka majanduslik külg, pingekaod ja vooluahela suurimale näivtakistusele kehtestatud piirangud. Suurima lubatava voolu tabelite kasutamist võib lihtsustada, kasutades näiteks ühefaasiliste ahelate jaoks kolmefaasilistele ahelatele lubatavaid väärtusi.

5.3.2 Juhtidele kestvalt lubatavate voolude tabelid

Kuna täpne dimensioonimine ei ole paljudel juhtudel põhjendatud, piisab dimensioonimisel sageli tabelis 5.7 toodud kestvalt lubatavate voolude väärtuste kasutamisest. Tabelis on kestvalt lubatavate voolude väärtused erinevate paigaldusviiside jaoks: süvistatud (paigaldusviis A), pinnal (paigaldusviis C), pinnases (paigaldusviis D) ja vabalt õhus rippuv (paigaldusviis E). Väärtused on toodud PVC-isolatsiooniga kolmefaasilistele ahelatele, mistõttu võib neid kasutada ka ühefaasilistele ahelatele ja PEX-isolatsiooniga kaablitele. Täpsema dimensioonimise korral võib ühefaasiliste kaablite puhul kasutada veidi suuremaid voolu väärtusi ja PEX-isolatsiooniga kaablite puhul arvesse võtta suuremat lubatavat temperatuuri. Siiski mõned kaablitootjad soovivad, et PEX-isolatsiooniga kaablite puhul ei kasutataks 70 °C kõrgemat temperatuuri

Tabel 5.7 Juhtidele kestvalt lubatavad voolud (A) erinevate paigaldusviiside korral

Juhtme ristlõikepindala (mm ²)	Paigaldusviisid vastavalt standardile SFS 6000			
	A	C	D	E
Vask				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiinium				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	224
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	259	372	430	404

Paigaldusviis A:

Isoleeritud juhid seinä süvistatud torus või mitmesooneline kaabel soojusisolatsiooniga seinä süvistatud torus.

Sein koosneb ilmastikukindlast välispinnast, soojusisolatsioonist ja sisepinnast, mille materjaliks on puu või mõni muu vastav materjal, mille soojusjuhtivus on vähemalt $10 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$. Toru on paigaldatud võimalikult sisepinna lähedale, kuid ei puutu sellega kokku. Oletatakse, et kaablis tekkiv soojus eraldub ainult seinä sisepinna kaudu. Toru võib olla metallist või plastikust.

Paigaldusviis C:

Ühe- või mitmesooneline kaabel puuseinal. Kaabel on paigaldatud puuseinale nii, et kaabli ja seinä pinna vaheline kaugus on väiksem, kui 0,3 kordne kaabli diameeter. Samu kestvalt lubatavate voolude väärtusi võib kasutada ka juhul, kui kaabel on kinnitatud kiviseinale või paigaldatud selle sisse.

Kiviseina all mõeldakse seinä, mille materjaliks võivad olla telliseid, betoon, kips või mingi muu mitteisoleermaterjal.

Kaabel katusel on samuti paigaldusviis C, lubatavate voolude väärtused on siin mõnevõrra väiksemad, kui vabalt õhus rippuval kaablil.

Kaabel põrandal või avadeta riiulil vastab paigaldusviisile C.

Paigaldusviis D:

Mitmesooneline kaabel pinnases. Kaabel on paigaldatud pinnasesse 0,7 m sügavusele, kas vahetult või plastik-, keraamilises- või metalltorus, mis on vahetus kokkupuutes erisoojustakistusega $1,0 \text{ K m} / \text{W}$ pinnasega.

Paigaldusviisid E:**Ühe- või mitmesooneline kaabel ripub vabalt õhus**

Kaabel on toetatud selliselt, et soojuse eraldumine ei ole takistatud. Päikesekiirgus ja muude allikate poolt põhjustatud kiirgus tuleb arvesse võtta. Tuleb kanda hoolt, et soojusülekanne ei oleks takistatud. Praktikas võib kasutada vabalt õhus rippuva paigaldusviisi lubatavate voolude väärtusi, kui kaabli ja ükskõik millise pinna vaheline kaugus on mitmesoonelise kaabli puhul 0,3 kordne diameeter või ühesoonelise kaabli puhul kogu diameeter. Paigaldusviisil E kasutatakse mitmesoonelisi kaableid ning paigaldusviisidel F ja G kasutatakse erinevatel viisidel paiknevaid ühesoonelisi kaableid.

Järgmiste paigaldusviiside puhul kasutatakse paigaldusviisi E kestvalt lubatavate voolude tabeleid.

Kaablirenn: Augustatud rennis on reeglipäraste vahemaade tagant avad, mida kasutatakse ka kaablite kinnituskohadena. Augustatud renni paigutatud kaabli lubatavate voolude väärtused on saadud katsetustel, kus kasutati renni, mille põhja pindalast moodustasid avad 30 %. Kui avasid on vähem, käsitletakse renni monoliitsena.

Kaabliredel: See on konstruktsioon, kus takistus kaabli ümber liikuvale õhule on väike, kuna toena toimiva metallosa pindala on alla 10 % riiuli põhja pindalast.

Riputustarvikud: Kaabli riputid, mis toetavad kaablit teatud vahemaade tagant kogu kaabli pikkusel ja võimaldavad suuremal osal kaabli pikkusest õhu vaba liikumist kaabli ümber.

5.3.3 Parandustegurid

Kestvalt lubatavate voolude tabelid on koostatud teatud temperatuuri jaoks ning pinnasesse paigaldatud kaablite puhul mõjutab kestvalt lubatavat voolu ka pinnase soojusjuhtivus. Lisaks kui kaabli kõrval on teisi kaableid, siis need vähendavad kestvalt lubatavaid voole. Kõik need asjaolud tuleb tegelike kestvalt lubatavate voolude hindamisel arvesse võtta. Seda võib teha kasutades abivahendina parandustegureid, mis võtavad arvesse ülalnimetatud tegurite mõju kestvalt lubatavatele vooludele. Tegelik kestvalt lubatav vool saadakse korrutades kestvalt lubatavate voolude tabelist saadud voolu väärtuse parandusteguriga või parandusteguritega.

Tabel 5.8 Õhus rippuvate kaablite puhul kasutatavad parandustegurid, kui temperatuur ei ole 25 °C.

Keskonna temperatuur, °C	Parandustegur vastavalt juhtme isolatsioonile	
	PVC	PEX ja EPR
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,68
65	-	0,62
70	-	0,56
75	-	0,48
80	-	0,39

Tabel 5.9 Parandustegurid vastavalt ümbritseva pinnase temperatuurile

Pinnase temperatuur, °C	Parandustegur vastavalt juhtme isolatsioonile	
	PVC	PEX ja EPR
0	1,13	1,10
5	1,19	1,06
10	1,05	1,03
15	1,00	1,00
20	0,95	0,96
25	0,90	0,93
30	0,85	0,89

Tabel 5.10 Parandustegurid vastavalt pinnase erisoojustakistusele

Pinnase erisoojustakistus, (K m)/W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Parandustegur	1,1	1,0	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63

Tabel 5.11 Pinnase erisoojustakistuse väärtusi

Pinnase tüüp	Erisoojustakistus, (Km)/W
Kuiv liiv (niiskusesisaldus 0 %)	3,0
Kuiv kruus või savi	1,5
Poolkuiv kruus, soomuld ja liiv (niiskusesisaldus 10 %)	1,2
Poolkuiv savi ja niiske kruus	1,0
Niiske savi ja liiv (niiskusesisaldus 25 %)	0,7

Tabel 5.12 Parandustegurid kaabliühmadele, kus on mitmeid kaableid või vooluahelaid

Paigutus (kaablid puudutavad üksteist)	Vooluahelate või kaablite arv											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Juhtmekimp õhus, pinnal, süvistatud või karbikus	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
Ühe kihina seinal, põrandal või monoliitsel kaablirennil	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71			
Ühe kihina kinni- tatuna vahetult puulae alla	0,95	0,85	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
Ühe kihina augustatud kaablirennil, horisontaalselt või vertikaalselt	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
Ühe kihina kaabli- redelil, tuge del või klambritega kinnitatud	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Märkused ülaltoodud tabeli kohta

- Parandustegurid on kasutatavad samasuguste ja ühesuguselt koormatud kaablite puhul.
- Kui teineteise lähedal paiknevate kaablite vahekaugus on suurem, kui nende kahekordne välisdiameeter, võib parandustegurit mitte arvestada.
- Parandustegureid on kasutatavad nii mitmesooneliste kaablite kui ka kahest või kolmest ühesoonelisest kaablist koostatud kimpude puhul.

5.3.4 Näiteid juhtide dimensionimise kohta

Juhi ristlõikepindala määramisel toimitakse järgmiselt:

- a. Valitakse sulavkaitsme nimivool, mis on võrdne või suurem kui eeldatav koormusvool
- b. Leitakse tabeli 5.5 teisest veerust valitud sulavkaitsmele vastav kestvalt lubatav vool, mida juht peab taluma.
- c. Leitakse paigaldustingimustele vastavad parandustegurid ja jagatakse eelmises punktis b. saadud koormusvool parandustegurite korrutisega.
- d. Leitakse juhtmele lubatavate voolude tabelist (tabel 5.7) punktis c. leitud voolule vastav ristlõikepindala.

Teatud ristlõikepindalale vastava sulavkaitsme leidmisel toimitakse järgmiselt:

- e. Leitakse paigaldustingimustele vastavad parandustegurid.
- f. Leitakse juhtidele kestvalt lubatavate voolude tabelist (tabel 5.7) juhi kestvalt lubatav vool ja korrutatakse see parandusteguriga.
- g. Leitakse tabeli 5.5 teisest veerust voolu väärtus, mis on lähim eelmises punktis leitud voolu väärtusele ja sellest väiksem.
- h. Antud juhiga liini saab kaitsta tabeli 5.5 esimesest veerust saadud nimivoolule vastava sulavkaitsmega.
- i. Sulavkaitsme nimivool on samaaegselt ka suurim kestvalt lubatav vool.

Näide 5.1 Ülesandeks on leida 75 A vastav juhi ristlõikepindala paigaldusviiside A ja C jaoks. Lubatava voolu parandustegurid on 1 ja 0,70.

(Paigaldusviis A, $k = 1$)

- a. 75 A lähim suurem sulavkaitse on 80 A.
- b. Tabelist 5.5 leitakse 80 A sulavkaitsmele vastav kestvalt lubatava voolu väärtuseks 88 A.
- c. Kuna juht peab taluma 88 A, tuleb tabeli 5.7 veerust 2 leida lähim sama suur või suurem vool. See vool on 88 A ja sellele vastav vaskjuhtme ristlõikepindala on 35 mm².

(Paigaldusviis A, $k = 0,7$)

- d. Jagatakse 88 A teguriga 0,7. Voolu väärtuseks saadakse 126 A.

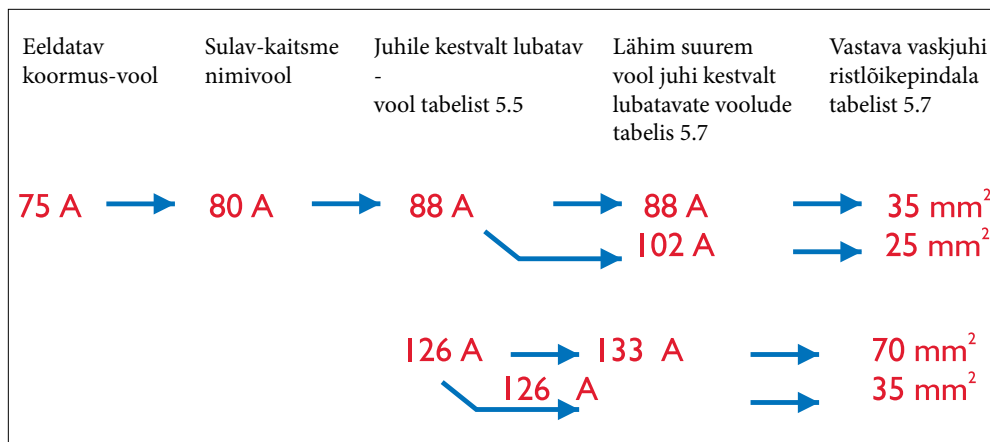
Tabeli 5.7 veerust 2 leitavaks voolule 126 A lähimaks sama suureks või suuremaks vooluks on 133 A, sellele vastav vaskjuhi ristlõikepindala on 70 mm².

Paigaldusviis A:

80 A sulavkaitsmele vastav vähim ristlõikepindala parandusteguri $k = 1$ puhul on 35 mm². Analoogselt parandusteguri $k = 0.7$ puhul on ristlõikepindala 70 mm².

Paigaldusviis C:

80 A sulavkaitsmele vastav vähim ristlõikepindala parandusteguri $k = 1$ puhul on 25 mm². Analoogselt parandusteguri $k = 0.7$ puhul on ristlõikepindala 35 mm².



Joonis 5.4 Liigkoormuskaitse ja juhi ristlõikepindala leidmine

Näide 5.2: Juhi ristlõikepindala ja liigkoormuskaitse valimine, kui koormus ja paigaldusolud on teada. Koormusvool on 117 A, kaablid paigaldatakse kaabliredelitele. Samadele redelitele paigaldatakse üksteise kõrvale veel 8 muud kaablit. Keskkonna temperatuur on 35 °C.

Lahendus:

Liigkoormuskaitse nimivool peab olema vähemalt koormusvooluga võrdne või suurem. Valime liigkoormuskaitseks 125 A gG-tüüpi sulavkaitsme.

Kaabli lubatav vool peab tabeli 5.5 järgi olema sel juhul vähemalt 138 A.

Leiame parandustegurid:

Temperatuuri parandustegur:	tabel 5.8,
temperatuuri parandusteguriks saame	0,88
Muude kaablite mõju:	tabel 5.12,
parandustegur	0,78
Kogu parandustegur	$0,88 \times 0,78 = 0,686$

Kaabli kestvalt lubatavaks vooluks, arvestades parandustegureid, tuleb arvestada vähemalt

$$138 \text{ A} / 0,686 = 201 \text{ A}$$

Tabelist 5.7 leiame, et kolmesooneliseks kaabliks võib valida kaabli, mille vasksoonte ristlõikepindala on 70 mm^2 . Sellise kaabli kestvalt lubatavaks vooluks on 208 A.

5.3.5 Neutraaljuhi dimensioonimine

Kestvalt lubatud voolud on üldiselt teada juhtudel, kus on kaks või kolm koormatud juhti. Vooluahelas võib olla ka neli koormatud juhti, kui kolmefaasilises ahelas ka neutraaljuhis voolab vool. See neutraaljuhi vool vähendab ka faasijuhtide lubatavaid voole.

Selliseid voole kolmefaasiliste vooluahelate neutraaljuhtides võivad põhjustada kõrgemate harmoonikute voolud. Neutraaljuhi vool võib olla isegi suurem, kui faasijuhtide vool ja sellel on tugev mõju vooluahela lubatavatele vooludele. Kui neutraaljuhi vool on faasijuhi voolust suurem, tuleb vooluahela dimensioonimise aluseks võtta neutraaljuhi vool.

Märkimisväärseid harmoonikute voole põhjustavad näiteks gaaslahenduslampidega valgustid ja mitmesugused jõuelektroonika ja infotehnoloogia seadmed.

Kõrgemate harmoonikute voole peaks eelkõige püüdma filtreerida, muuhulgas ka nende poolt põhjustatavate häirete tõttu. Praktikas see ei ole alati võimalik. Kõrgemate harmoonikute osakaalu hindamine projekteerimisstaadiumis on sageli üsna keerukas. Mõningatel juhtudel on aga eeldatav koormuse iseloom nii täpselt teada, et osutub võimalikuks hinnata kõrgemate harmoonikute osakaalu ja võtta see juhtide dimensioonimisel arvesse.

5.3.6 Kaablite rööpühendus

Kaablite rööpühenduses kasutatakse kaablitena üldiselt samasuguseid, võrdse pikkusega ja samades jahutustingimustes paiknevaid kaableid, siis on ka juhtide näivtakistused võrdsed ja vool jaguneb kaablite vahel ühtlaselt.

Ühesooneliste kaablite puhul saavutatakse ühtlasele väga lähedane voolude jagunemine, kui samasugused ja võrdse pikkusega kaablid paigaldatakse näiteks järgmistele skeemidele vastavas faasijärjestuses:

- | | | |
|------------------------|----------|----------|
| – horisontaalpaigaldus | L1 L2 L3 | L3 L2 L1 |
| | L3 | L3 |
| – kolmnurkpaigaldus | L1 L2 | L2 L1 |

Ühendades erinevate ristlõikepindaladega kaableid rööbiti, tuleb arvutatud vooluja-gunemist enne lõplikku käikulaskmist mõõtmiste teel kontrollida. Ainult väikseima näivtakistusega kaablit võib koormata kogu, keskkonnaolusid arvestades, kindlaks määratud koormusvooluga, samal ajal, arvestades voolude jagunemist, jäävad ülejäänud kaablite koormusvoolud väiksemaks. Liigvoolukaitse kavandamisel tuleb tähelepanu pöörata iga kaabli lühis- ja liigkoormuskaitsele eraldi.

Rööbitiste kaablite koguvool leitakse kõikide kaablite arvutatud või mõõdetud voolude summana.

Kaablite rööpühenduse asemel võidakse sageli kasutada suure vooluga süsteeme.

Kui ühe faasi kaablina on kasutatud mitmesoonelisi kaableid, peab vajaminevad kaitse-, PEN- ja neutraaljuhid paigaldama eraldi kaablitena. Sel juhul saab võimalikud kaablite endi kaitsejuhid ühendada üksteisega ja maandada ainult liini ühes otsas.

5.3.7 Paigaldusolude muutused paigaldustrassil

Kui jahutustingimused on trassi erinevates osades erinevad, tuleb lubatav vool määrata kogu trassi kõige raskemate oludega osa järgi, kuna temperatuuri võrdsustumine soojuse liikumisel piki juhti on väike.

See tähendab praktikas seda, et projekteerimisstaadiumis peab olema teada kogu paigaldustrass. Tegelik paigaldamine plaanitud viisil ei ole alati võimalik, sellise olukorra korrigeerimiseks tuleb kasutada piisavaid parandustegureid.

Soojusisolatsiooni läbimisel, näiteks seina sees, võib juhi temperatuur, isegi kui juhi lõik seina sees on lühike, kestva suurima koormuse puhul tõusta kümneid kraade kõrgemaks kui trassi muus osas. Seetõttu ei tohi juhti paigaldada soojusisolatsiooni sisse, väljaarvatud vältimatud lühikesed läbiviigud soojusisolatsioonist.

Temperatuuri tõus sõltub juhti ümbritseva soojusisolatsiooni materjalist ja läbiviigu pikkusest.

Maksimaalselt 200 mm paksuse betoonseina puhul, kui soojusisolatsiooniks on tihendamisel kasutatav kergbetoon, on temperatuuri tõus nii vähene, et seda ei tarvitse arvesse võtta.

Kui läbiviigu tihendamiseks kasutatakse näiteks mineraalvilla või on läbiviik tehtud läbi muu taolise soojusisolatsiooni, tuleb juhi lubatavat voolu vähendada. Kui mineraalvillaga ümbritsetud juhi lõigu pikkus on 100 mm tuleb juhi kestavalt lubatavat voolu vähendada 5 – 15 % ja kui sellise juhi lõigu pikkus on 200 mm tuleb vähendada 15 – 25 %. Kui see juhi lõik on eelpool toodust pikem, tuleb valida veelgi suurem juhi ristlõikepindala ning lubatavaid voole tuleb kontrollida, näiteks mõõtmiste teel.

5.4 LÜHISEKAITSE

5.4.1 Lühisekaitse põhimõtted

Lühis on tavatalitluses erinevate potentsiaalidega pingestatud osade vahel rikke tagajärjel tekkinud väga väikese näivtakistusega ühendus. Lühisvool on liigkoormusvoolust tunduvalt suurem ning lühise puhul peavad kaitseseadmed toimima palju kiiremini, kui liigkoormuse puhul. Sama kaitseseaparaat võib toimida nii lühisekaitsena kui ka liigkoormuskaitseks, aga need võivad olla ka erinevad. Lühisekaitse peab alati paiknema toitekaabli toitepoolses otsas, kuna liigkoormuskaitse võib teatud tingimustel paikneda ka kaitstava ühenduse koormuse poolel. Lühisekaitse nimivoolu väärtus võib olla suurem, kui liini kestvalt lubatav vool.

Kõikidel vooluahelatel peab olema lühisekaitse, mis katkestab ahelas voolu enne, kui lühisvool jõuab oma termilise ja mehaanilise mõju tõttu saada juhtmetele ja kontaktidele ohtlikuks. Lubatav temperatuur ja selle kestus sõltub peamiselt kasutatavast juhi isolatsioonist. Sageli on kaabli lühisetaluvus antud 1 sekundilise kestusega rikke lühisvooluna.

Lühisekaitse peab vastama järgnevatele nõuetele:

- Kaitseseaparaadi lahutusvõime ei tohi olla väiksem, kui tema paigalduskohas esinev suurim lühisvool, välja arvatud järgmisel juhul.
- Väiksem lahutusvõime on lubatav, kui kaitseseaparaadist toite pool on teine kaitseseaparaat millel on piisav lahutusvõime. Sellisel juhul peavad mõlema kaitseseaparaadi omadused olema omavahel kohandatud nii, et kaitseseaparate läbiv energia (I^2t) ei ületaks koormusepoolse kaitseseadme ja kaitstava liini taluvust.
- Kõik lühisvoolud, sõltumata lühisekohast vooluahelas, tuleb katkestada enne, kui juhid saavutavad suurima lubatava temperatuuri.

Enimalt 5 s kestusega lühiste puhul võib järgmise valemi abil arvutada aja t , mille jooksul juhtme temperatuur tõuseb suurima lubatava väärtuseni. Oletatakse, et enne lühist oli juhtme temperatuur võrdne tavakäidus lubatava suurima temperatuuriga.

$$t = (k \times A/I)^2 \quad (5.4)$$

kus

- | | |
|-----|---|
| t | on aeg sekundites, |
| A | on juhi ristlõikepindala (mm^2), |
| I | on tegeliku lühisvoolu efektiivväärtus (A), |
| k | on konstant, mis võtab arvesse juhi materjali eritakistuse, temperatuurikoefitsiendi ja soojusmahtuvuse ning sobivad alg- ja lõpptemperatuurid. Konstandi k väärtused faasijuhtide jaoks on tabelis 5.13. |

Tabel 5.13 Konstandi k väärtused faasijuhtidele

	Juhi isoleermaterjal					
	PVC ≤ 300 mm ²	PVC > 300 mm ²	EPR/PEX	Kummi 60 °C	Mineraalisolatsioon	
					PVC kattega	Paljas
Algtemperatuur, °C	70	70	90	60	70	105
Lõpptemperatuur, °C	160	140	250	200	160	250
Juhtme materjal						
Vask	115	103	143	141	115*	135
Alumiinium	76	68	94	93		
Tinaga joodetud vaskjuhi ühendused	115					
* Seda väärtust kasutatakse kaablite puhul, mida on saab puudutada						

Väga väikese kestusega ($< 0,1$ s) lühise puhul avaldub voolude ebasümmeetria mõju ning voolu piiravate seadmete puhul peab korrutise $k^2 A^2$ väärtus olema suurem, kui kaitseaparaati läbiva energia ($I^2 t$) väärtus, mille seadme tootja sellele kaitseaparaadile on andnud.

5.4.2 Sulavkaitsmete omadusi

Lahutusvõime (piirlahutusvool) ja kasutusala

Sulavkaitsmetel olevad kirjed annavad teavet sulavkaitsmete lahutusvõimest ja kasutusala.

Esimene täht iseloomustab lahutusvõimet. Lahutusvõime ulatust näitavad tähed g või a:

- g-sulavkaitsme lahutusvõime katab kogu sulavkaitse voolupiirkonna (rakendub nii liigkoormuse kui lühise korral).
- a-sulavkaitsme lahutusvõime katab osa sulavkaitse voolupiirkonnast (ainult lühisvoolu lahutamiseks).

Teine täht iseloomustab kasutusala. See määratleb täpselt aeg-voolu tunnusjoone.

- gG tähistab üldiseks kasutamiseks ettenähtud sulavkaitset, mille lahutusvõime katab kogu sulavkaitse voolupiirkonna.
- gM tähistab mootori kaitseks kasutatavat sulavkaitset, mille lahutusvõime katab kogu sulavkaitse voolupiirkonna.
- aM tähistab mootori kaitseks kasutatavat sulavkaitset, mille lahutusvõime katab osa sulavkaitse voolupiirkonnast.

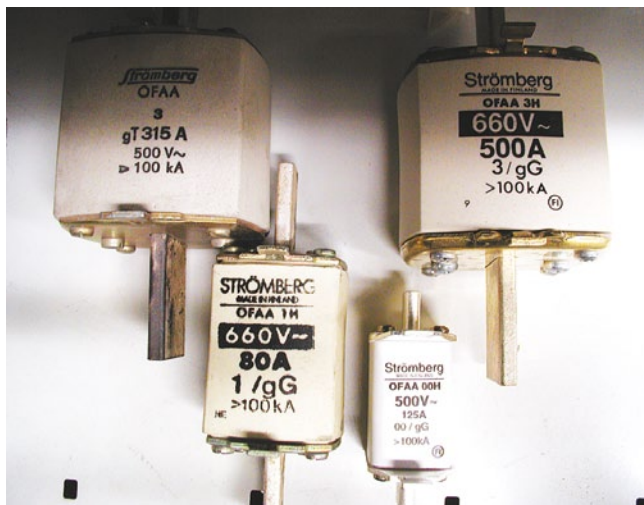
Padrunsulavkaitsmed

Padrunsulavkaitsmed sobivad kasutamiseks nii liigkoormuskaitseks kui ka lühisekaitseks. Padrunsulavkaitsme kasutamist lühisekaitseks piirab tema lahtusvõime. Vastavalt standardile on 500 V nimipingega padrunsulavkaitsmete lahtusvõime 20 kA.

Torusulavkaitsmed

Torusulavkaitsmed sobivad oma lahtusvõime tõttu eriti hästi lühisekaitseks. Torusulavkaitsmete lahtusvõime on vähemalt 50 kA, kui tootja ei ole deklareerinud suuremat nimilahutusvõimet. Mõnede torusulavkaitsmete lahtusvõime on 100 kA.

Kui sama sulavkaitset kasutatakse nii liigkoormus- kui ka lühisekaitseks ning kaitseseade vastab liigkoormuskaitsele esitatud nõuetele, ei ole üldiselt vajadust lühisekaitse toimimist muul viisil tagada. Sel juhul piisab, kui kaitseseadme lahtusvõime on piisav. Selline olukord esineb sageli elamute elektripaigaldistes. Kui aga lühisekaitseks kasutatakse mingit muud kaitseseadet, mille nimivool on liigkoormuskaitse nimivoolust suurem, peab lühisekaitse sobivust eraldi kontrollima.



Joonis 5.5 Torusulavkaitsme lahtusvõime võib olla 100 kA

Tabel 5.14 Liini lühisekaitsena toimiva sulavkaitsme suurim lubatav nimivool. Jätku- ja klemmühenduste lühisetaluvust peab eraldi kontrollima.

Juhtme ristlõikepindala mm ²	Sulavkaitsme suurim lubatav nimivool, A	
	gG sulavkaitse	aM sulavkaitse
Vaskjuht, PVC isolatsioon (nt MMJ, MK) ¹⁾		
0,75	10	-
1,0	16	-
1,5	25	10
2,5	32	16
4	40	25
6	63	40
10	80	63
16	125	100
25	200	160
35	250	200
50	315	315
70	400	400
95	500	500
120	630	630
150	800	800
185	1000	1000
240	1000	1250
300	1250	1250
Vaskjuhid, PVC isolatsioon, kontsentriiline kiht vaskjuhte (nt MCMK)		
n x 1,5 + 1,5	25	10
n x 2,5 + 2,5	32	16
n x 4 + 4	40	25
n x 6 + 6	63	40
n x 10 + 10	80	63
n x 16 + 16	125	100
n x 25 + 16	160	125
n x 35 + 16	160	125
n x 50 + 25	250	200
n x 70 + 35	315	250
n x 95 + 50	400	315
n x 120 + 70	500	500
n x 150 + 70	500	500
n x 185 + 95	630	630
n x 240 + 120	800	800

Juhi ristlõikepindala mm ²	Sulavkaitsme suurim lubatav nimivool, A	
	gG sulavkaitse	aM sulavkaitse
Alumiiniumjuhid, PVC isolatsioon (nt AMMK) ¹⁾		
16	100	63
25	125	100
35	200	125
50	250	200
70	315	250
95	400	315
120	500	400
150	630	500
185	630	630
240	800	800
300	1000	1000
400	1000	1250
500	1250	1250
630	1250	1250
800	1250	1250
Alumiiniumjuhid, PEX isolatsioon, (nt AXMK) ¹⁾		
16	125	80
25	160	125
35	250	200
50	315	250
70	400	315
95	500	500
120	630	630
150	630	630
185	800	800
240	1000	1000
300	1250	1250
400	1250	1250
500	1250	1250
630	1250	1250
800	1250	1250
Alumiiniumjuhid, PVC isolatsioon, kontsentriiline kiht vaskjuhte (nt AMCMK)		
3 x 16 Al + 10 Cu	100	63
3 x 25 Al + 10 Cu	125	80
3 x 35 Al + 10 Cu	125	80
3 x 50 Al + 15 Cu	160	125
3 x 70 Al + 21 Cu	250	160
3 x 95 Al + 29 Cu	250	200
3 x 120 Al + 41 Cu	400	315
3 x 150 Al + 41 Cu	400	315
3 x 185 Al + 57 Cu	500	400
3 x 240 Al + 72 Cu	630	500
3 x 35 Al + 16 Al + 10 Cu	100	63
3 x 70 Al + 35 Al + 21 Cu	200	125
3 x 120 Al + 70 Al + 41 Cu	315	250
3 x 185 Al + 96 Al + 57 Cu	400	315

Juhi ristlõikepindala mm ²	Sulavkaitsme suurim lubatav nimivool, A	
	gG sulavkaitse	aM sulavkaitse
Alumiiniumjuhid, PEX isolatsioon, kontsentiline kiht vaskjuhte (nt AXCMK)		
3 x 16 Al + 10 Cu	125	80
3 x 35 Al + 10 Cu	160	125
3 x 70Al + 21 Cu	315	250
3 x 120 Al + 41 Cu	500	400
3 x 185 Al + 57 Cu	630	500
3 x 300 Al + 88 Cu	800	800

1) Sulavkaitsme valiku määrab vähima ristlõikepindalaga juht.

5.4.3 Rööbitiste juhtide lühisekaitse

Juhtide rööpühenduse puhul peab pöörama tähelepanu võimalikule lühisele ahela rööplülituses olevas osas.

Üks lühisekaitse võib lühise korral kaitsta mitmeid rööbitisi juhte, kui see ühine lühisekaitseaparaat rakendub ka siis, kui lühis tekib ühe rööpjuhi kõige ebasoodsamas kohas. Erilise hoolega tuleb välja selgitada lühisvoolu jagunemine erinevate juhtide vahel, võttes arvesse, et lühisekohta võidakse toita rööbitiste juhtide mõlemast otsast. Kui üks lühisekaitse ei toimi efektiivselt mitme juhi kaitsena, tuleb kasutada mõnda järgmistest meetoditest:

- 1) Üht lühisekaitseaparaati võib kasutada, kui juhid on paigaldatud selliselt, et lühiseoht kõigis rööbitistes juhtides on vähendatud miinimumini, näiteks mehaaniliste kaitsekatete abil. Juhte ei tohi paigaldada tuleohtliku materjali lähedale.
- 2) Kui rööbitisi juhte on kaks, paigaldatakse lühisekaitse mõlema rööpjuhi algusesse.
- 3) Kui rööbitisi juhte on vähemalt kolm, paigaldatakse lühisekaitse iga rööpjuhi algusesse ja lõppu.

Praktikas võib lühisvoolu arvutamisel teha mõningaid lihtsustusi.

Kaitsetingimuste täidetust võib kontrollida lühisvoolude mõõtmise teel. Mõõtmisel saadud lühisvoolud peavad olema 25 % suuremad, kui kaitseseadmete rakendusvoolud. Kaitseseadmete rakendusvoolud ja nõutavad mõõdetud lühisvoolud selguvad tabelitest 5.15 ja 5.16.

Tabel 5.15 Nõutavad mõõdetud lühisvoolude väärtused, kui kasutatakse liinikaitselüliteid

Liinikaitselülite vähimad rakendusvoolud ja nõutavad mõõdetud lühisvoolude väärtused				
Nimivool, A	B-tüüp (0,4 s ja 5,0 s) rakendusvool, A	Nõutav mõõdetud väärtus, A	C-tüüp (0,4 s ja 5,0 s) rakendusvool, A	Nõutav mõõdetud väärtus, A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Tabel 5.16 Nõutavad mõõdetud lühisvoolude väärtused gG-tüüpi sulavkaitsmete kasutamisel

Liinikaitselülite vähimad rakendusvoolud ja nõutavad mõõdetud lühisvoolude väärtused				
Nimivool, A	gG-sulavkaitse (0,4 s) rakendusvool A	Nõutav mõõdetud väärtus A	gG-sulavkaitse (5,0 s) rakendusvool A	Nõutav mõõdetud väärtus A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	315	393,8	165	206,3
40	470	587,5	190	237,5
50	550	687,5	250	312,5
63	840	1050	320	400
80	1000	1250	425	531,3
100	1450	1812,5	580	725
125	1600	2000	715	893,8
160	2100	2625	950	1187,5
200	2800	3500	1250	1562,5
250	3700	4625	1650	2062,5
315	4800	6000	2200	2750
400	6400	8000	2840	3550
500	8500	10625	3800	4750
630			5100	6375

5.6 SELEKTIIVSUS

5.6.1 Üldist

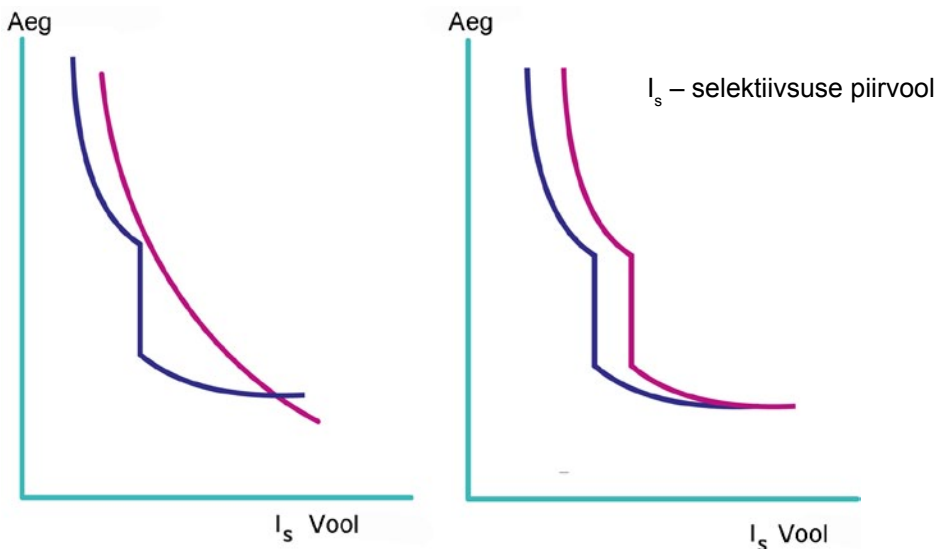
Kaitseseadmete selektiivsus tähendab, et kaitseseaparaat toimib ainult tema kaitsepiirkonnas esinevate liigkoormuste ja lühiste korral. Täieliku selektiivsuse saavutamine ei ole alati vajalik ja selle tagamine võib viia üledimensioonimisele.

Liigvoolukaitse aparaatide vaheline selektiivsus

Kaitseseadmete selektiivsus tähendab, et kaitseseaparaat toimib ainult tema kaitsepiirkonnas esinevate liigkoormuste ja lühiste korral.

Selektiivsust saab kontrollida võrreldes omavahel kaitseseadmete tunnusjooni. Selektiivsus saavutatakse, kui tagapool (so tarvitile lähemal) paikneva kaitseseaparaadi rakendumistunnusjoon on eespool paikneva kaitseseadme tunnusjoonest allpool ja tunnusjooned ei lõiku eeldatavate liigvoolu väärtuste juures. Rakendumistunnusjooni võrreldes peab kasutama tagapool paikneva kaitseseadme ülemist tunnusjoont ja eespool paikneva kaitseseadme alumist tunnusjoont. Kaitseseadmete standarditest ei pruugi alati leida piisavat teavet täpseks dimensioonimiseks, mispuhul tuleb küsida lisainfot kaitseseadmete tootjatelt.

Täieliku selektiivsuse saavutamine ei ole alati vajalik ja selle tagamine võib viia üledimensioonimisele. Joonisel 5.7 on näidatud selektiivsuse kontroll erinevate kaitseseaparatuuride kasutamisel.



a) Sulavkaitse ja liikikaitse ühenduses

b) Kaks liikikaitset ühenduses

Joonis 5.7 Selektiivsuse kontroll erinevate kaitseseadmete kasutamisel

Tihti kasutatakse liinikaitselüliti ees sulavkaitset. Selektiivsus saavutatakse, kui liinikaitselüliti rakendub kõikide eeldatavate rikkevoolude puhul enne sulavkaitset. Selle kontrollimiseks peab kaitseseadmete aeg-vool tunnusjoonte abil leidma kaitseaparaatide vahelise selektiivsuse piirvoolu (lõikumispunktis). Aeg-vool tunnusjoontele lisaks võib kasutada I^2t väärtusi.

Kaitseseadmete tootjad annavad sageli teavet kaitseaparaatide vahelise astme vajaliku suuruse kohta.

Selektiivsuse saavutamine arvutuste abil eeldab kaitseseadmete talitusomaduste täpset tundmist. Praktikas ei tasu neid arvutusi "põlve otsas" teha, vaid häid juhtnööre selektiivsuse saavutamiseks saab tootjate juhendmaterjalidest.

5.7 PINGEKADU

5.7.1 Pingekadu jaotusvõrgus

Elektrijaotusvõrkude pinge tunnussuuruste määratlused on Soome standardis SFS-EN 50160 „Elektrijaotusvõrkude pinge tunnussuurused“. Standard sätestab, et normaaltalitlustingimustel, arvestamata rikkeid ja toitekatkestusi, peab madalpingevõrgus igas nädalases ajavahemikus toitepinge efektiivväärtuse 10-minutilisest keskvaärtusest 95 % olema piirides $U_n \pm 10 \%$.

5.7.2 Pingekadu ehitise elektrivõrgus

Soome standardis SFS 6000 soovitatakse, et pingekadu elektripaigaldise liitumispunkti ja elektriseadme vahel ei oleks suurem, kui 4 % nimipingest.

Pingekadu võib arvutada vastavalt alltoodud valemitele:

Alalispingel:

$$\Delta U = I \times 2 \times r \times l \quad (5.5)$$

Ühefaasilisel vahelduvpingel:

$$\Delta U = I \times 2 \times l \times (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (5.6)$$

Kolmefaasilisel vahelduvpingel:

$$\Delta U = I \times l \times \sqrt{3} \times (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (5.7)$$

Induktiivse koormuse puhul kasutatakse valemities plussmärki, mahtuvusliku koormuse puhul miinusmärki.

Neile vastav suhteline pingekadu leitakse valemist:

$$\Delta U = \Delta U / U_n \times 100\% \quad (5.8)$$

kus

- ΔU on pingelang voltides (V),
 I on koormusvool (A),
 l on juhi pikkus (m),
 r on juhi eriaktiivtakistus (Ω / m),
 x on juhi eriinduktiivtakistus (Ω / m),
 U_n on nimipinge,
 φ on pinge- ja vooluvektorite vaheline nurk,
 Δu on suhteline pingekadu.

ELEKTRIPAIGALDISTE KAABLID JA JUHTMED

6.1 KAABLITE VALIMISEST ÜLDISELT

Kaablid ja juhtmed peavad vastama järgmistele nõuetele:

- Kaabli konstruktsioon peab olema kooskõlas standarditega või kaabli konstruktsioon peab ohutuse seisukohalt vastama standardites esitatud nõuetele.
- Kaablite ja juhtmete nimipinged peavad sobima elektripaigaldisega, kuhu need paigaldatakse.
- Juhtmete (ja kaablisoonte) värvuste osas tuleb järgida standardis SFS 6000 kehtestatud nõudeid.
- Juhtide ristlõiked (juhtivused) peavad olema piisavalt suured.
- Kaablid peavad taluma paigalduskohas esinevate välistegurite mõju. Olulisemad välistegurid on ümbruse temperatuur, vesi ja tahked võõrkehad, korrosiooni või määrdumist põhjustavad ained ja mehaanilised mõjutused.

Juhtide ristlõike minimaalse pindala kohta kehtivad nõuded on toodud tabelis 6.1. Ehitisse või pinnasesse (vette) püsivalt paigaldatud jõu- ja valgustusahela kaabli või isoleeritud juhtme ristlõige peab olema vase puhul vähemalt $1,5 \text{ mm}^2$ ja alumiiniumi puhul 16 mm^2 . Signalisatsiooni- ja juhtimisahelates on lubatud $0,5 \text{ mm}^2$ ristlõikeid ning elektroonikaseadmete signalisatsiooni- ja juhtimisahelates on lubatud ristlõikepindala $0,1 \text{ mm}^2$.

Tabel 6.1 Juhtide vähimad lubatud ristlõiked.

Juhistik		Kasutusotstarve	Juhe	
			Materjal	Ristlõikepindala, mm ²
Kohtkindlad paigaldised	Kaablid ja isoleeritud juhtmed	jõu ja valgustusahelad	vask alumiinium	1,5 16 (vt. märkus 1)
		signalisatsiooni- ja juhtimisahelad	vask	0,5 (vt. märkus 2)
	Paljasjuhtmed	jõuahelad	vask alumiinium	10 16
		signalisatsiooni- ja juhtimisahelad	vask	4
Isoleeritud paindjuhtmete ja -kaablitega teostatud painduvad ühendused		teatud seadme jaoks	vask	vastavalt selle seadme standardile
		muuks otstarbeks		0,75 ^a
		väikepingetel erikasutuses		0,75

MÄRKUS 1: Alumiiniumjuhistikus kasutatud ühendused peavad olema spetsiaalselt selleks otstarbeks valmistatud ja testitud

MÄRKUS 2: Elektroonikaseadmete signalisatsiooni- ja juhtimisahelates on lubatud ristlõige 0,1 mm².

a Mitmesoonelistes kaablites, milles on vähemalt 7 soont, kehtib ka märkus 2.

Juhi ristlõike pindala määramisel peab arvestama järgmisi momente:

- kõrgeim lubatav temperatuur (kestvalt lubatav vool),
- lühisetaluvus,
- vooluahela suurim näivtakistus rikkekaitsenõuete seisukohalt,
- pingekadu,
- juhtidele mõjuvad mehaanilised koormused.

Kaablite ja juhtmete käitlemine ja paigaldustingimused

Kaableid ja juhtmeid võib paigaldada ja käidelda ainult neil temperatuuridel, mis vastavale tootele standardis on sätestatud või tootja poolt deklareeritud. Kaabli käitlemisel madalatel või kõrgetel temperatuuridel tuleb järgida kaabli tootja poolt antud paigaldusjuhiseid. Tootja peab paigaldusjuhisesse märkima kaabli paigalduse ja kasutamise seisukohalt olulised andmed. Lisaks käitlustemperatuurile on sellisteks andmeteks vähemalt

- lubatavad paigaldusviisid,
- väikseim lubatav painderaadius paigaldamise käigus,
- väikseim lubatav painderaadius lõplikul paigaldamisel.

6.2 ISOLEERITUD JÕUKAABLID

6.2.1 Paigaldus- ja jõukaablid

Jõukaabliteks nimetatakse kaableid, mille nimipinge on vähemalt 0,6/1,0 kV, kus 0,6 kV on pinge faasi ja maa vahel ja 1 kV on liinipinge kolmefaasilises süsteemis. 1 kV kaableid nimetatakse madalpingekaabliteks, 10-20 kV kaableid nimetakse keskpingekaabliteks ning suurema pingega kaableid kõrgepingekaabliteks.

Paigalduskaablite all mõeldakse kaableid, mille nimipinge on 450/750 V või väiksem. Ilma erilise väliskestata kaableid nimetatakse ka paigaldusjuhtmeteks.

Kaabli all mõeldakse konstruktsiooni, milles on väliskestaga ümbritsetud üks või mitu isolatsiooniga kaetud soont. Isolatsiooniga kaetud soonte ja väliskesta vahel võib olla erinevaid kihte, näiteks lindid, vahekest või metallikiht.

Kaablite ehituse nõuded on Soome SFS-standardites, mis on enamasti koostatud rahvusvaheliste standardite põhjal ning ümbrusest tulenevaid erinõudeid arvestades (külmataluvus jne). Euroopas toimub kaablite ehituse pidev ühtlustamine ehk harmoneerimine ja lihtsama ehitusega tüübid on juba harmoneeritud. Harmoneeritud tüübid on toodud nn HD-dokumentides (HD-standardites).

Kaablisoon on kas vasest või alumiiniumist. Väikeste ristlõigete puhul on sooneks enamasti üks traat ja suuremate ristlõigete puhul koosneb soon mitmest keerutatud traadist. Keerutatud traadist sooned on sageli tihendatud ja nad võivad olla ristlõikelt ümarad või sektorikujulised. Painduvad juhtmed on sageli valmistatud väga peentest traadikiududest ja neid ei ole tihendatud. Alumiiniumsooni kasutatakse peamiselt jõukaablites alates 16 mm² ristlõikepindalast. Vaske kasutatakse mistahes ristlõigete puhul.

Enamkasutatud isolatsioonimaterjalid on PVC-, PE- ja PEX-plastikud ning kummi. Varem kasutati isolatsioonimaterjalina ka paberit ja selliseid kaableid on endiselt laialdaselt kasutusel.

Isolatsioonimaterjali valik oleneb kaabli kasutusotstarbest ja kasutuskeskkonnast. Isolatsioonimaterjali paksust mõjutavad pingetaluvus ja mehaanilisest vastupidavusest tulenevad nõuded.

Kõrgematel kui 10 kV pingetel ei ole tavaline isolatsioonimaterjal enam piisav, mistõttu isolatsiooni sise- ja pealispinnal peab olema ka pooljuhtiv kiht. Sisepinnal olev pooljuhtiv kiht vähendab juhi ebatasase pinna poolt põhjustatud väljatugevuse kontsentratsioone. Välispinnal oleva nn. osalahenduskaitse ülesanne on hoida ära kahjulikud elektrilahendused isolatsiooni ja kaabli maandatud väliskihtide vahel.

Enamikul kaablitel on mehaanilise kaitsekihina kasutatud plastist või kummist väliskattet ehk mantlit. Lisaks väliskattele on kaablitel tavaliselt ka elektriline kaitsekiht (kontsentriiline juhe), mille moodustab vasktraadikiht või –palmik või terviklik alumii-

nium-, vask- või pliikest. Elektriline kaitsekiht toimib puutekaitsena ning neutraal- ja rikkevoolude juhina. Terviklik metallkest hoiab ära vee tungimise kaablis, milline omadus on vajalik kesk- ja kõrgepingekaablites. Kui on vaja suurt mehaanilist vastupidavust, võib kaablile paigaldada terastraatidest või –lintidest soomuse.

6.2.2 Tüübitähistest

Rahvuslikud tüübitähised

Siseriiklikeks tüübitähisteks on kujunenud algselt tootjate poolt kasutusele võetud tüübid. Tüübitähise igal tähel on teatud ehituslikke omadusi väljendav tähendus. Näide: **AMCMK 3 x 70 Al + 21 Cu**, kus: **A** – alumiiniumjuht, **M** – PVC-isolatsioon, **C** – kontsentiline juht, **M** – PVC-mantel ja **K** – kaabel. Tähistussüsteem ei ole päris üheselt mõistetav ja kõikehõlmav, mistõttu tähe kombinatsioonide tähenduste kohta ei saa põhjalikku tabelit esitada.

CENELEC-tüübitähised

CENELECI süsteemis on välja töötatud üle-euroopaline tüübitähiste süsteem. Tähistesüsteemi kasutatakse harmoneeritud ja riiklikult heaks kiidetud kaablite kohta. CENELEC-tüübitähise abil saab mistahes kaabli ehitust üheselt mõistatavalt kirjeldada. Tüübitähise moodustamist on kirjeldatud Soome standardis SFS 4680. Alljärgnevalt on toodud väljavõte standardist, milles on toodud kaks tähiste näidet.

CENELEC-tüübitähis moodustatakse kolmest osast:

1. osa sisaldab viidet kasutatud standardile ning väljendab kaabli nimipinget.

Seos standarditega:

H	tähendab harmoneeritud standarditele vastavat kaablit
A	tähendab siseriiklikku kaablitüüpi, mis on sisse viidud harmoneeritud standardite vastavatesse täiendustesse
CC-N	tähendab siseriiklikku kaablitüüpi (nt. FI-N)

Nimipinge:

00	$(U_0/U) < 100/100 \text{ V}$
01	$(100/100 \text{ V} \leq 300/300 \text{ V})$
03	300/300 V
05	300/500 V
07	450/750 V
1	(0,6/1 kV)
3	(1,7/3 kV)
6	(3,5/6 kV)
10	(6/10 kV)

2. osa kirjeldab kaabli konstruktsiooni, kirjelduse järjekord on enamasti isolatsioonist väljapoole. Teises osas sidekriipsu järel märgitakse soone materjal ja -kuju.

Isoleermaterjalid

Tuntumad isolatsioonimaterjalid on

B	etüleenpropüleenkummi, EPR,
R	tavaline etüleenpropüleenkummi, looduslik kummi või vastav sünteetiline elastomeer kestva kasutustemperatuuriga kuni 60°C,
S	silikoonkummi,
V	tavaline polüvinüülkloriid,
X	võrkstruktuuriga polüetüleen, PEX.

Soone materjal ja kuju

Kui soone materjal on vask, seda eraldi ei märgita. Kui soone materjal on alumiinium, kasutatakse sümbolit A.

Soone *kuju* väljendatakse järgmiste sümbolitega:

F	painduva kaabli painduvad (peenekiulised) sooned,
H	painduva kaabli painduvad (väga peenekiulised) sooned,
K	kohtkindla kaabli painduvad (peenekiulised) sooned,
R	mõnest traadist koosneva ümara ristlõikega soon,
U	sooneks on ühetraadiline ümara ristlõikega massiivjuht.

3. osa väljendab juhtide arvu ja ristlõikepindala.

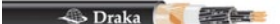
Näide painduvate kaablite tüübitähistuse vastavuse kohta

Mõnede painduvate kaablite puhul kasutatakse lisaks CENELEC-tüübitähistele ka järgmisi siseriiklikke tüübitähiseid:

H03VH-Y	= MSTE
H03VH-H	= MST
H03VV-F	= MSOY
H03VVH2-H	= MSO
H05VV-F	= MSK
H05RR-F	= VSK
H05RN-F	= VSKN dekoratiivjuhe
H05RNH2-F	= VSKNL dekoratiivkaabel
H05VVH2-FY	= MSK
H05V-F	= MSK dekoratiivkaabel
H03RT-F	= VST
H07RN-F	= VSN
A05BB-F	= VSKB
A07BB-F	= VSB

Tabel 6.2 Näiteid ehitiste elektripaigaldistes kasutusel olevatest tavalisematest juhtme- ja kaablitüüpidest

Isoleeritud ühetraadiline juhe 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	ML 450/750 V (H07V-U) Kohtkindlaks paigalduseks paigaldustorus ning seadmete ja kilpide sisejuhtideks, mille faasipinge on maksimaalselt 1000 V (a.c.) või 750 V (d.c.). Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C
Kuumakindel mõnetraadiline juhe 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MK 90 450/750 V (H07V2-R, H07V-R) Kohtkindlaks paigalduseks paigaldustorus ning seadmete ja kilpide sisejuhtideks (nt SFS-EN 60439-1, jaotis 7.5.5), mille faasipinge on maksimaalselt 1000 V (a.c.) või 750 V (d.c.). Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C
Kuumakindel peenekiuline juhe 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MKEM 90 450/750 V (H07V2-K, H07V-K) Kohtkindlaks paigalduseks paigaldustorus ning seadmete ja kilpide sisejuhtideks (nt SFS-EN 60439-1, jaotis 7.5.5), mille faasipinge on maksimaalselt 1000 V (a.c.) või 750 V (d.c.). Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C
Plastikisolatsiooniga paigalduskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MMJ 300/500 V Kohtkindlaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas. Võib paigaldada kivimaterjali raiutud soonde, vt. käsiraamatu D1 (2002) jaotis 522.11. Ei sobi paigaldamiseks otse valatud betoonikihti ilma kaitsetoruta ega otse pinnasesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Plastikisolatsiooniga paigalduskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MMJ 450/750 V Kohtkindlaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas. Võib paigaldada kivimaterjali raiutud soonde, vt. käsiraamatu D1 (2002) jaotis 522.11. Ei sobi paigaldamiseks otse valatud betoonikihti ilma kaitsetoruta ega otse pinnasesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Halogeenivaba paigalduskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MMJ-LSZH 300/500 V Kohtkindlaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas. Võib paigaldada kivimaterjali raiutud soonde, vt. käsiraamatu D1 (2002) jaotis 522.11. Ei sobi paigaldamiseks otse valatud betoonikihti ilma kaitsetoruta ega otse pinnasesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Plastikisolatsiooniga paigalduskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MKMJ 450/750 V Kohtkindlaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas, eriti sellistes kasutuskohades, kus kaablit mõjutab vibratsioon. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Tulekindel paigalduskaabel, WARMA™ 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	FRHF-MMJWARMA™ 300/500 V Häire-, juhtimis-, signalisatsiooni- ja jõukaablina paigaldistes, kus inimeste ja seadmete ohutuse tagamine eeldab kaabli toimivust teatud aja jooksul ka tulekahju ajal. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Pindpaigalduskaabel, NOTKA™ 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MPLM 300/500 V Kohtkindlaks pindmiseks paigalduseks siseruumides; ka korterite ja suvilate duši- ja pesemisruumides. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -5°C

Metallkestaga kaabel, MJAM™ 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MJAM™ 450/750 V Elektriseadmete juhtimis-, mõõte- ja signalisatsiooni ahelate ning elektrooniliste seadmete toitevõrkude kaablina kohtkindlaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas, kui nõutakse paremat kaitset elektrivälja eest (nt. EMC). Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Plastikisolatsiooniga juhtimiskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MMO 450/750 V Elektriseadmete juhtimis-, mõõte- ja signalisatsiooni ahelate kaablina püsivaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks, sees ja väljas. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Puutekaitstud juhtimiskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCMO 450/750 V Elektriseadmete juhtimis-, mõõte- ja signalisatsiooni ahelate kaablina püsivaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks, sees ja väljas, ka pinnasesse paigaldatuna. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
EMC-häirekindel ja puutekaitstud juhtimiskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCCMO 450/750 V Elektriseadmete juhtimis-, mõõte- ja signalisatsiooni ahelate kaablina püsivaks pindmiseks ja süvistatud paigalduseks sees ja väljas, ka pinnasesse paigaldatuna, kus nõutakse EMC-häirekindlat kaablit. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Tulekindel juhtimiskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	FRHF-XXCMO WARMAO 300/500 V Häire-, juhtimis-, signalisatsiooni- ja jõukaablina paigaldistes, kus inimeste ja seadmete ohutuse tagamine eeldab kaabli toimivust teatud aja jooksul ka tulekahju ajal. Ka selliste seadmete kaabeldamisel, mille käidus tekkivatest häiretest põhjustatud katkestus põhjustab suuri kulutusi. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Halogeenivaba kummikaabel, TARMO® 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	VSB TARMO® 450/750 V Õlikindel, isekustuv ühenduskaabel kuivades, niisketes, märgades ja tuleohtlikes sise- ja välisruumides ning plahvatusohtlikes ruumides keskmise mehaanilise koormuse puhul. Eriksutuses juhtide maksimaalne töötemperatuur +90°C. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -50°C
Kerge, halogeenivaba kummikaabel TARMO® 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	VSKB TARMO® 300/500 V Õlikindel, isekustuv ühenduskaabel kuivades, niisketes, märgades ja tuleohtlikes sise- ja välisruumides kergete kasutustingimustel kasutamiseks mõeldud kergete teiseldatavate seadmete juures. Ei sobi plahvatusohtlikesse ruumidesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -50°C
Õlikindel kummikaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	VSN (H07RN-F) 450/750 V Ühenduskaabel kuivades, niisketes, märgades või tuleohtlikes sise- ja välisruumides ning plahvatusohtlikes ruumides keskmise raskusega mehaaniliste koormuste puhul. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C
Kerge, õlikindel kummikaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	VSKN (H05RN-F) 300/500 V Ühenduskaabel kuivades, niisketes, märgades või tuleohtlikes sise- ja välisruumides kergetel kasutustingimustel kasutamiseks mõeldud kergete teiseldatavate seadmete jaoks. Ei sobi plahvatusohtlikesse ruumidesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C

Kerge, õlikindel kummikaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	VSKN (A05RN-F) 300/500 V Ühenduskaabel kuivades, niisketes, märgades või tuleohtlikes sise- ja välisruumides kergetel kasutus-tingimustel kasutamiseks mõeldud kergete teisaldavate seadmete jaoks. Ei sobi plahvatusohtlikesse ruumidesse. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -25°C
Puutekaitstud 1 kV jõukaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCMK 0,6/1 kV Kohtkindlaks paigalduseks sees, väljas, ka pinnases. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Puutekaitstud 1 kV jõukaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCMK 0,6/1 kV (sektorikujuliste soontega) Kohtkindlaks paigalduseks sees, väljas, ka pinnases. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
1 kV jõu- ja juhtimiskaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCMK-0 0,6/1 kV Kohtkindlaks paigalduseks sees, väljas, ka pinnases. Samas kaablis sooned elektriseadmete juhtimis-, mõõte- ja signalisatsiooniahelate juhtimiseks. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Halogeenivaba 1 kV remondikaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	KOISTINEN-HF 0,6/1 kV (XCMK-HF) Remonditavatel objektidel vertikaalkaablina, millega täidetakse SFS 6000 jaotises 482.4 toodud väljapääsude kohta kehtivad nõuded ilma, et kaableid tuleks eraldi kaitsta tulekindlusklassile EI 30 vastava ehitusega. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
Halogeenivaba 1 kV jõukaabel 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCMK-LSZH 0,6/1 kV (sektorikujuliste soontega) Kohtkindlaks paigalduseks sees, väljas, ka pinnases. Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C
EMC-häirekindel 1 kV jõukaabel, MCCMK™ 	Tüüp Otstarve Paigaldamine	MCCMK™ 0,6/1 kV Kohtkindlaks paigalduseks sees, väljas, ka pinnases, kus nõutakse EMC- häirekindlat kaablit Madalaim soovitatav paigaldustemperatuur: -15°C

Tabeli tekst ja pildid: Draka NK Cables

6.2.3 Juhistike tähistamine

Neutraal-, kaitse- ja PEN-juhi tähistamine

Neutraaljuht või keskjuht on kogu ulatuses ära tuntav sinise värvuse alusel.

Kaitsejuht

Kaitsejuht on äratuntav kahe värvi, kollase ja roheline kombinatsiooni alusel ning seda kollarohelist värvikombinatsiooni ei ole lubatud kasutada ühekski muuks otstarbeks.

PEN- juht

Isolatsiooniga PEN-juhid peavad olema kogu pikkuses kollarohelised ning lisaks tuleb juhtmete otsad tähistada siniste lisatähistega.

Talitusmaandusjuhi (tähis FE), mida ei kasutata samaaegselt kaitsejuhina rikkekaitse, tunnusvärvina ei tohi kasutada kollarohelisi triipe. Ühtse rahvusvahelise soovitusel puudumisel soovitatakse talitusmaanduse tähistamiseks kasutada kogu paigaldise ulatuses sama värvust. Juht tähistatakse otstest talitusmaandusjuhi kirjega.

Kilbi kaitsejuhilati ja neutraallati vahelise ühendussilla värvus on helesinine või see võib olla ka paljasjuht. Kaitsejuhid (kaasa arvatud maandus- ja potentsiaaliühtlusjuhid) tähistatakse peamaanduslati ühenduspunktides üheselt mõistetava kirjega. Tähiseid ei ole alati vaja, kui peamaanduslatiga ühendatud juhtide arv on väike ja nende kasutusotstarve on kergesti arusaadav (nt. pereelamu või mastalajaama peamaanduslatt).

Äärejuhtide tähistamine

Soome standardi SFS 6000 alusel rakendatakse äärejuhtide (liinijuhtide) tähistamisel alljärgnevaid põhimõtteid.

Mitmesoonelistes kaablites kasutatakse erinevate juhtide tähistamiseks tabelites 6.3 ja 6.4 toodud värvuskoode.

Tabelites on toodud juhtide värvused sõltuvalt juhtide arvust kaablis ning nelja ja viie soonega kaablite puhul sõltavana ka keerutussuunast. Värvuste abil tähistamist ei nõuta kontsentriliste juhtide, mantlita teisaldatavate kaablite ega ka kaablite puhul, milles on kasutatud sellist isolatsioonimaterjali, mida ei saa tähistada värvuskoodidega.

Ühesooneliste kaablite ja isoleeritud juhtmete värvuskoodidena soovitatakse kasutada pruuni, musta ja halli. Sama ahela kõikide äärejuhtide tähistamiseks on lubatud kasutada sama värvust. Asjakohastele standarditele vastavad mantliga ühesoonelisi kaableid ja isoleeritud juhtmeid, mida ei ole saada kollarohelise või sinise isolatsiooniga (näiteks suurte, üle 16 mm² ristlõikepindalade puhul), võidakse kasutada:

- kaitsejuhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse kollarohelist lisatähistust,
- PEN-juhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse kollarohelist ja sinist lisatähistust,
- neutraaljuhina, kui kõigis ühenduskohtades kasutatakse sinist lisatähistust.

Sinise juhi kasutamine teatud rakendustes

Teatud rakendustes võib sinist juhti kasutada äärejuhina ja muuks otstarbeks eeldusel, et segimineku võimalust ei ole ning neutraaljuhti ei kasutata. Sinist juhti ei kasutata kaitsejuhina.

Selline olukord võib tekkida näiteks lüliti ja toidetava seadme vahelises ahelas.

Tabel 6.3 Juhtide värvused kaablites, milles on kollaroheline juht

Juhtide arv	Juhtide värvused				
	Kaitsejuht	Pingestatud juhid			
3	kollaroheline	sinine	pruun		
4	kollaroheline	-	pruun	must	hall
4*	kollaroheline	sinine	pruun	must	
5	kollaroheline	sinine	pruun	must	hall

* ainult teatud otstarbeks

Tabel 6.4 Juhtide värvused kaablites, milles ei ole kollarohelist juhti

Juhtide arv	Juhtide värvused**				
2	sinine	pruun			
3	-	pruun	must	hall	
3*	sinine	pruun	must		
4	sinine	pruun	must	hall	
5	sinine	pruun	must	hall	must

* ainult teatud otstarbeks

** Kentsentriline juht on identifitseeritav oma asukoha järgi ning seetõttu ei peeta seda värvuste alusel tähistamist vajavaks juhiks

Kaablites, milles on vähemal 6 juhti (nt juhtimiskaablid), võib juhtide (soonte) tähistamiseks kasutada numbreid.

Kaablites, mille juhtide ristlõike pindala on üle 6 mm² (nt 0,6/1 kV jõukaablid) võib juhtide tähistamiseks, va kaitsejuhid, kasutada numbreid või tähti.

Harmoneeritud kaablite kohta kehtivate standardite alusel toodetud kaablites võidakse juhtide tähistamiseks kasutada nendes standardites määratletud tähiseid.

Juhtide tähistamise hõlbustamiseks võib lisaks juhtide värvustele kasutada ka vajalikke täht-, number- ja pilttähiseid.

6.2.4 Kaablite ja juhtmete nimipinge

Kaablite nimipinge on see pinge, mille jaoks kaabel on projekteeritud ja mida kasutatakse kaabli elektriliste katsete määratlemisel.

Kaablite nimipinge esitatakse pinge efektiivväärtusena mistahes isoleeritud juhi ja “maa” (kaabli metallkesta või kaablit ümbritseva materjali) vahel.

Kaabli või juhtme nimipinge peab olema piisav ja vastama paigaldise suurimale lubatavale pingele. Kui kaabli nimipinge vastab küll paigaldise suurimale lubatavale pingele, ei ole see siiski piisav garantii, et kaabli konstruktsioon talub kõiki kasutuskohas tekkivaid muid mõjutusi.

Kohtkindlaks paigalduseks mõeldud kaablite enamikasutatud nimipinged on 300/500 V, 450/750 V ja 0,6/1,0 kV.

Standardipõhistest isoleeritud juhtmetest on nimipingega 460/750 V juhtmed mõeldud kohtkindlaks paigaldamiseks ja juhtmed nimipingega 300/500 V kasutamiseks seadmesiseste ühendusjuhtmetena. Teatud 300/500 V nimipingega juhtmeid kasutatakse ka kohtkindlates paigaldistes.

Painduvate kaablite enamikasutatud nimipinged on 300/300 V, 300/500 V ja 450/750 V. Standardipõhine 300/300 V painduv kaabel on mõeldud kasutamiseks ainult seadme ühendusjuhtmena vastavalt konkreetse seadme kohta kehtivas standardis toodud nõuetele.

Kaablite nimipinge on $U_0/U \leq 0,6/1$ kV.

Vahelduvvoolu elektripaigaldises peab kaabli nimipinge olema vähemalt sama suur kui süsteemi nimipinge väärtused U_0 ja U .

Alalisvoolu elektripaigaldises ei tohi süsteemi nimipinge olla suurem kui 1,5 kordne kaabli nimipinge.

Paigaldise lubatav talitluspinge võib püsivalt ületada nimipinget 10% võrra.

6.2.5 Kaabliliigid

Jõukaablid võib jagada kohtkindla paigaldusega kaabliteks ja painduvateks ühenduskaabliteks.

Kohtkindla paigaldusega kaablite kõige peenemad sooned on tavaliselt ühetraadilised ja jämedamad sooned on keerutatud mitmest traadist. Kohtkindlaks paigalduseks mõeldud kaablit ei ole lubatud kasutada teisaldatava kaablina, st teisaldatava või püüratud teisaldamisega seadme ühendusjuhina.

Teisaldatava juhtme soon on keerutatud vasktraatidest. Mida rohkem juhis on traate, seda painduvam juhe on. Teisaldataval juhtmel on alati ka isolatsiooni kulumise eest kaitsev väliskate. Kuna väliskate on plastikust või kummist, võib seda ka praktiliselt veekindlaks lugeda.

Kohtkindla paigaldusega kaablitel võib veekindel kate olla metallist, mis kaetakse korrosioonikaitseks ka plastikust väliskesta e mantliga. Alumiiniumkate moodustab kaablile ühtlasi ka mehaanilise kaitsekatte. Sama omadus ei laiene pliikattele, mida tuleb mehaanilise mõjutuse eest kaitsta teraslindist soomusega.

Elektromehaanilise kaitsekihi all mõeldakse vask- või pronkstraatidest või –ribadest valmistatud kontsentrilist juhti ja selle peal olevat vastupidavat plastik- või kummi-kesta.

Kontsentrilist vaskjuhti nagu ka alumiiniumkatet võib kasutada neutraal-, PEN- või kaitsejuhina. Järgida tuleb paigaldusstandardites kehtestatud ristlõikepindalade piiranguid.

Kaabel peab oma ehituselt sobima kasutuskohal esinevate mõjutustetalumiseks.

Kaableid võib kasutada kõikides sellistes paikades (ka pinnasesse või vette paigaldatuna), kuhu see oma ehituse poolest ja kasutuskohas esinevaid mõjutusi arvesse võttes sobib. Kasutuskohas esinevateks mõjutusteks on näiteks niiskus, kaablile suunatud mehaanilised jõud (löögid, tõmme, surve jms.), sööbivaid ained ja kasutuskoha temperatuur. Kaablitootja määratleb oma paigaldusjuhistes, kuhu kaabel on paigaldamiseks mõeldud.

Soome ilmastikutingimused seavad kaablite külmataluvusele suhteliselt karmid nõuded, et kaableid saaks turvaliselt paigaldada ja kasutada. Kaabli valimisel ja paigaldamisel tuleb järgida kaablitootja antud madalamaid lubatavaid paigaldus- ja käitlustemperatuure. Mõnede müügil olevate plastikkaablite madalaim lubatav käitlustemperatuur on +5°C.

Pinnasesse või vette paigaldatavatel kaablitel peab enamasti olema metallist mehaaniline või elektromehaaniline kaitsekiht. Ilma metallkestata AXMK-tüüpi kaabli pinnasesse paigaldamist on käsitletud Soome standardisarja SFS 6000 jaotises 822.

Kaitsekiht peab enamasti olema ka sellisel kaablil, mis paigaldatakse ilma kaitsetoruta (paigaldustoruta) vahetult betoonikihti, või kokkusurutavasse või tuleohtlikust (süttivast) materjalist seina-, lae- vms. soojustuse sisse või mujale, kus kaabel võib kokku puutuda tõsise mehaanilise koormusega.

Betoonkonstruktsiooni tehtud soonde, krohvikihhi alla, võib kaablitootjate antud juhi-seid järgides paigaldada ka metallkestata paigalduskaableid, nt MMJ tüüpi.

Kaablite isolatsiooni- ja kestakonstruktsioonidele rakendub märkimisväärne tõmbekoormus, kui kaabel paigaldatakse nt vertikaalsesse kanalisse või sügavasse vette või kui kaabel riputatakse horisontaalselt ülipikkade kinnitusvahedega. Sellisel juhul tuleb kasutada sellist kaabliliiki, mis talub väga hästi tõmbekoormusi või tuleb tõmbekoormuse vähendamiseks kaabel sobival viisil toetada.

Paigaldustorudesse ja kaablirennidesse paigaldatavate kaablite hea libisevuse saavutamiseks on kaablitootjad töötanud välja väiksema hõõrdeteguriga isolatsioon- ja kattematerjale.

6.2.6 Kasutustingimuste mõju kaabli valikule

6.2.6.1 Ümbruse temperatuur

Kaablid tuleb valida ja paigaldada arvestades ümbruse võimalikku kõrgeimat temperatuuri. Juhistikule kõrgemaid lubatavaid temperatuure ei tohi ületada.

Juhistikku ja nende juurde kuuluvaid tarvikuid võib paigaldada ja käidelda ainult sellisel temperatuuril, mis tootele on lubatud või tootja poolt määratud..



Joonis 6.1. Ümbruse temperatuur mõjutab kaablit

6.2.6.2 Välised soojusallikad

Välise soojusallika tekitatud soojus võib kanduda edasi kiirguse, konvektiooni või soojusjuhtivuse kaudu näiteks kütteseadmetelt, elektriseadmetelt või mingilt protsessilt. Soojust võib kanduda juurde soojust juhtiva materjali vahendusel ka siis, kui juhid või seda ümbritsevad tarvikud jäävad päikese kätte.

Tihti võib üleliigse soojuskiirguse mõju juhistikule vähendada juhtide paigutamisega soojusallikast võimalikult kaugale või kasutades ehitiste mehaanilist varjavat kaitset.

Kui juhistikku ei ole võimalik soojusallikast piisavalt kaugele paigutada või kui ei saa kasutada ka loomulikku kaitset ehituskonstruksioonide poolt, võib juhte kiirguse eest kaitsta spetsiaalsete kaitserajatiste abil. Kaitserajatised tehakse mittesüttivast materjalist. Kui kaitserajatise materjal on hea soojusjuhtivusega, tuleb kaitserajatise ja juhi vahele jätta piisav õhuvahe.

Tundlikke seadmetega ruumis tuleb arvestada, et PVC-plast laguneb tulekahju või muul põhjusel tekkinud väga kõrge temperatuuri mõjul ning selle tulemusena tekivad vesinikkloriidid põhjustab korrosiooni.



Joonis 6.2 Keriste ühendamiseks tuleb kasutada kummikaablit. Üle 1 m kõrgusele paigaldatav kaabel peab olema parema kuumustaluvusega.

6.2.6.3 Vesi

Juhtmestik valitakse selliselt, et selle kaitseaste oleks IP-klassifikatsiooni alusel piisav. Kaablite puhul annab hermeetilise kattega varustatud kaabli kasutamine tavaliselt piisava tiheduse niiskuse sissetungimise vastu eeldusel, et kaabli väliskate (ümbris) on vigastamata ja tihe. Kui kaabli ümbris on paigaldamise käigus viga saanud, tuleb kaabel enamasti uuega asendada. Kui kaabli väliskate on vigastatud, võib pinnasesse või vette paigaldatud kaablis olev kaitse- või PEN-juhina kasutatud kontsentrilise juhi materjal sööbida või katkeda.

Kuivas ruumis võib kaabli lõpetada ilma spetsiaalse otsamuhvi või muu tarvikuta, kasutades vajadusel isoleerimiseks elektriteipi. Ehitises on hoolduse (mõõtmiste,

remondi vms.) tõttu otstarbekas kasutada kaabli jätkamiseks, hargnemiseks või lõpetamiseks sellist harukarpi, mille kontaktidele on vaba ligipääs. Kaablit saab jätkata ka kaablitüübile sobivat jätkumuhvi kasutades.

Pinnasesse paigaldatava kaabli jätkamiseks tuleb alati kasutada hermeetilist jätkumuhvi. Pinnasesse paigaldatud kaabli jätkamiseks ei tohi harukarpi kasutada.

Niiskes, märjas või sööbivaid aineid sisaldavas ruumis (ka pinnases ja vees) tuleb plastikkaabel varustada kaitsva otsamuhviga, ning see ja teised tarvikud, nagu harukarbid, peavad olema nii tihedad, et vesi ja sööbivad ained ei saaks sisse tungida. Paberisolatsiooniga kaabli otsamuhv peab olema sellele kaablitüübile sobiv.

6.2.6.4 Tahked võörkehad

Kaabli pinnale kogunev tolmu mõjutab kaabli jahtumist ja võib suurendada tuleohtu. Kaabel tuleb selliselt paigutada, et kaablile ei koguneks kergesti tolmu ja kogunenud tolmu oleks hõlbus kaabli pinnalt ära pühkida.



Joonis 6.3 Kaabli pinnale kogunev tolmu tuleb vajadusel eemaldada

6.2.6.5 Korrosiooni või määrdumist põhjustavad ained

Elektriseadmetel erinevate ainete mõjul tekkivat korrosiooni võetakse arvesse eelkõige sellega, et paigutatakse suuremad elektriseadmed, näiteks jaotuskilbid, eraldi ruumidesse, kuhu õhk juhitakse puhtast keskkonnast. Kui elektriseadmed tuleb paigutada ruumidesse, kus esineb korrosioonioht, tuleb kasutada sobivast materjalist valmistatud elektriseadmeid.

Kui erinevatest metallidest valmistatud detaile paigutatakse selliselt, et need puutuvad üksteisega kokku, tuleb arvestada ka elektrolüütilist korrosiooni. Näiteks teatud tingimustes sööbivad alumiinium ja vask omavahelises kokkupuutes olles.

6.2.6.6 Mehaanilised mõjutused

Juhistik valitakse ja paigaldatakse selliselt, et see taluks neile mõjuvaid mehaanilisi koormusi. Piisava vastupidavuse saavutamiseks võib kasutada mehaaniliselt tugevat, nt armeeritud kaablit või paigaldada kaabel selliselt, et mehaanilised vigastused seda ei ohustaks või kasutada mehaaniliselt tugevat lisakaitset.

Kui kaablit võivad paigalduspinnal tabada löögid vms. koormused, peab kaablil olema metallist mehaaniline või elektromehaaniline kaitsekiht või tuleb kaablit muul viisil piisavalt kaitsta. Kaitsmisviis oleneb sellest, millised mehaanilised koormused, nt transpordivahendid, võivad kaablit mõjutada. Enamasti on sobivateks kaitsmisviisideks profiilterased, muu sobiv mehaaniline kaitse või vähemalt tugevusklassi 4 nõuetele vastav paigaldustoru. Ilma metallist mehaanilise või elektromehaanilise kaitsekihita olev kaabel kaitstakse põranda läbiviikude juures põrandast kuni 50 mm kõrguseni.



Joonis 6.4. Vajadusel tuleb kaablid kaitsta mehaaniliste vigastuste eest

6.2.6.7 Vibratsioon

Juhistik, mis on toestatud või kinnitatud vibratsioonile altide seadmete või ehitise detailide külge, peab olema selliste oludele sobiv. Eriti hoolikalt tuleb veenduda kaablite ja liidete sobivuses.

Painduvate kaablite kasutamine

Teisaldatavate ja piiratud teisaldatavusega seadmete toiteks tuleb enamasti kasutada painduvaid kaableid. Painduva kaabli abil teostatud piiratud teisaldatavusega paigaldusviisi kasutatakse seadmetel, näiteks puhuritel, mis peavad taluma vibratsiooni, võnkumisi vms. Piiratud teisaldatavusega paigaldusviisi kasutatakse ka seadmetel, näiteks pliitidel, mida tuleb kasutuse ajal ainult lühikese vahemaa võrra liigutada.

Painduvad kaablid tuleb paigaldada selliselt, et juhtidele või kontaktidele ei raken-duks tõmbekoormust. Kaablimantel tuleb äralibisemise vältimiseks mõlemas kaab-liotsas hoolikalt kinnitada. Painduvat kaablit ei tohi mõjutada üleliigne tõmbepinge, surve, hõõrdumine, väändumine ega keerdumine, eriti seadmesse sisenemise kohal, ega kaabli kohtkindla paigaldisega kinnitumise kohal. Tõmbetakisti või muu kinni-tusvahend ei tohi kaablit vigastada.

Sellised painduvad kaablid peavad mehaaniliste vigastuste vältimiseks olema võima-likult lühikesed.

Kohtkindlalt paigaldatud seadmestiku ühendamiseks tuleb enamasti kasutada koht-kindlaks paigalduseks mõeldud juhtmeid või kaableid. Mehaaniliselt ja elektriliselt piisavalt dimensioonitud painduvat kaablit võib kasutada kohtkindlalt paigaldatud seadmestikule, kui selle kasutamine on põhjendatud, näiteks kui kohtkindlalt on pai-galdatud ainult kaabli lühike lõik.

450/750 V kaablid

Kohtkindlalt paigaldatava painduva kaablina võib kasutada kaableid nimipingega 450/750 V, näiteks kaablitüüpe VSN (H07RN-F) või VSB (A07BB-F). Kaablid tuleb paigaldada nagu kohtkindla paigaldusega kaablid selliselt, et need ei oleks mehaanili-selt kergesti vigastatavad. Vajadusel tuleb kaableid mehaaniliselt kaitsta.

300/500 V kaablid

Teisaldatavaid kaableid nimipingega 300/500 V, näiteks kaablitüüp MSK (H05VV-F), VSKB (A05BB-F), VSKN (H05RN-F) ja VSK (H05RR-F) võib kasutada juhtudel, kui kasutustingimused ei ole keerulised ja kaablid on mehaaniliselt kaitstud. Ühendus-kohtades seadmetega ei ole mehaaniline kaitse vajalik. Sellised kasutuskohad on näi-teks mööbli, autosuvilate ja paatide paigaldised.

300/300 V kaablid

Kergeid painduvaid kaableid nimipingega 300/300 V, näiteks kaablitüübid MST (H03VV-F) või MSO (H03VVH2-F) ei ole lubatud kohtkindlalt paigaldada.

Kinnitamine ja ühenduskohad

Painduvate kaablite kohtkindlal kasutamisel tuleb eriti hoolikalt jälgida, et kinnitustarvikud ei vigastaks kaabli kesta. Juhtmete ühendused tuleb teha sobivate liidete abil. Teisaldavate kaablite sooned on väga peente kiududega ning nende kokku ühendamiseks ei tohi kasutada keeratavat kübarotsikut. Kui kohtkindla paigaldusega pistikupesadesse ühendatakse väga peenekiulisi juhte, tuleb tavaliselt kasutada sobivaid hülse. Töökindla ühenduse tagamiseks tuleb kõikide sama pistikupesa klemmiga ühendatavate soonte puhul kasutada hülse.

6.2.6.8 Muud mehaanilised mõjutused

Kogu elektripaigaldis tuleb ja valida paigaldada selliselt, et kaablitel ja ühendusdetailidel ei tekiks paigaldamise, kasutuse ja hoolduse ajal mehaanilisi vigastusi.

Muude mehaaniliste mõjutuste arvestamisest on lähemalt juttu erinevate paigaldusviiside juures.

6.2.8.9 Taimestik ja hallitus

Kui paigalduskohas esineb või võib esineda kahjulikke taimi või hallitust, tuleb juhistikku valides seda arvestada või kasutada spetsiaalset kaitset.

6.2.8.10 Loomad

Eeskätt põllumajandusettevõtetes tuleb arvestada loomade tegevuse mõju elektri-seadmetele. Samas võivad lisaks koduloomadele ka kahjurid, närilised, hiired ja rotid elektriseadmeid kahjustada.

Närilisi esineb peamiselt neis hoonetes, kus hoitakse vilja ja loomasööta. Sellised hooned on näiteks laudad, laod, kuivatid jms. Loomade põhjustatud kahjusid saab ennetada valides paigaldamiseks mehaaniliselt tugevad kaablid ja paigaldustarvikud, näiteks armeeritud või elektromehaanilise kaitsekihiga varustatud kaablid ning metallist harukarbid ja aparate.

Kui kasutatakse tavalisi kaableid ja paigaldustarvikuid, siis kasutatakse pinnapealset paigaldamist selliselt, et nende seisukorda on hõlbus jälgida. Pinnale paigaldatud juhte võib kaitsta täiendava kaitsega, näiteks metallist paigaldustorudega.

Süvistatud paigaldus tehakse nii vastupidav ja tihe, et närilised ei pääseks juhtmete ja elektriseadmete juurde. Puitkonstruktsioonidesse tehtavas süvistatud paigaldises kasutatakse metalltorusid, kivikonstruktsioonides võib kasutada ka plastikpaigaldustorusid. Ilma toruta süvistatud paigaldusviisi ei ole soovitatav kasutada.



Joonis 6.5. Maamajandusehitistes tuleb kaablite mehaaniline kaitse kinnitada eriti hoolikalt

6.2.7 Kaablite tulekaitseomadused

Tavakasutuses võib enamasti kasutada kaableid, mis üksikult võetuna on isekustuvad ja tuld mitte edasikandvad, ning vastavad tulekatsestandardi EN 50265-2-1 “Kaablite ühtsed tulekatsetusmeetodid. Vastupidavuse katse leegi vertikaalsele levikule üksiku isoleerjuhtme või kaabli korral” nõuetele. Kui kaabel on tervikuna paigaldatud mittesüttivasse materjali, on kaabli põlemisomadused minimaalse tähtsusega.

Ruumides, kus käideldakse tuleohtlikke materjale ja tulekahju levimise oht on kimpu ühendatud kaablite tõttu eriti suur, soovib Soome standard SFS 6000 kasutada standardi EN 50266-2-3 “Kaablite ühtsed tulekatsetusmeetodid. Leegi vertikaalse leviku katse vertikaalselt paigaldatud kimpjuhtmete või -kaablite korral”, kohase katse läbinud kaableid. Sama soovitus kehtib ka ruumide puhul, kus hoitakse tuleohtlikke väärtuslikke või isegi hindamatu väärtusega esemeid.

Evakuatsiooniteede kaudu veetud kaablite puhul soovib standard SFS 6000 kasutada halogeenivabasid kimpkaabli põlemistesti F4B läbinud kaableid, kui kaableid ei ole kaitstud vähemalt tulekindlusklassile EI 30 vastaval viisil.

Need kaablid peavad vastama katsestandardites EN 50266-2-3, EN 50267 ning EN 50268 kehtestatud nõuetele.

Mõnedes kohtades (näiteks evakuatsioonitee valgustus) tuleb tagada elektritoide ka tulekahju korral. Selleks otstarbeks on saada tulekindlaid kaableid. Need kaablid on enamasti halogeenivabad ja läbinud kimpkaablite põlemistesti (F4B). Kaablite materjalid põlevad, kuid tänu mittesüttivale isoleerivale lintkattele kaablid jätkavad toimimist.

Kaabel suudab põlengu käigus säilitada oma toimevõime mitmeks tunniks. Kuna isolatsioon on tagatud ainult õhukese lintkattega, tuleb kaablite paigaldustee valikut ja kaablite paigaldust hoolikalt kaaluda. Kaabel ei tohi põlengu käigus alla kukkuda ning kaabli peale ei tohi kukkuda midagi väga rasket, et kaablit lintkate jääks terveks. Vaskjuhid sulavad umbes 1100°C temperatuuri juures, kuid vilgukivist lint talub umbes 1000°C temperatuuri. Alumiiniumist kaablirenn sulab 650°C juures. Alumiiniumi kasutamine kaabliteedel halvendab seega töökindlust. On enesestmõistetav, et plastikkinnitusi ei tasu kasutada. Kõige parem oleks, kui tulekindlad kaablid paigaldatakse eraldi kaabliteedele ja kinnitatakse teras- või vaskkinnitustega ja terasest kaablirennidele.

Kaablite tulekoormused

Kaablid põhjustavad ehitusobjektile tulekoormust. Tuleb arvestada, et mõnede halogeenivabade kaablite tulekoormus on isegi suurem kui samaks kasutusotstarbeks mõeldud PVC-kaablitel. Tulekoormust ei ole kaablistandardites käsitletud ja testide tegemist ei nõuta. Tootjal võib siiski paluda arvutada kaabli teoreetilise tulekoormuse nimimaterjalikoguste ja materjalidele teadaolevate tulekoormuste alusel.



Joonis 6.6. Kasutuseta kaablid põhjustavad asjatut tulekoormust ja tuleks eemaldada.

KIRJANDUS:

- | | |
|---|---|
| – D1-2006 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista | D1-2006 Ehitiste elektripaigaldiste käsiraamat |
| – SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus | SFS 6000 Madalpinge elektripaigaldised ja elektriohutus |
| – ST-kortti 51.17 Kaapelit ja paloturvallisuus | ST-kaart 51.17 Kaablid ja tuleohutus |

KAABLITEED

7.1 KAABLIRENNID

7.1.1 Üldist

Kaablirenned kasutatakse kaablite paigaldusaluste ja paigaldusteedena.

Enne kaablirennide (-redelite) kasutusele võtmist kinnitati kaablid spetsiaalsete, enamasti kohapeal valmistatud, kinnitusdetailidega seina külge. Kaablirennid võimaldavad kaableid selgelt ja arusaadavalt paigaldada. Kaablid on kaitstud väliste mõjutuste eest. Rennidele on kaableid hõlbus paigaldada ja kinnitada. Kaablirennisüsteemide tarnijad pakuvad ka paigaldamist hõlbustavaid paigaldustarvikuid, mis võimaldavad teha ka keerulisi paigaldustöid.

7.1.2 Alumiiniumist kaablirennid

Kaablirenned valmistatakse alumiiniumprofiilidest, alumiiniumplaatidest, kuumtsingitud terasest, eel- ja järeltsingitud terasplaatidest, roostevabast terasest, erinevat tüüpi plastikutest ja mitmesuguste komposiitkonstruktsioonidena. Alumiiniumrenni materjalina on kerge ja kergesti käsitsetav. Alumiiniumi ei ohusta sööbimine ka keerulistes kasutustingimustes. Ka paigaldamise käigus parajaks lõigatavad, töödeldavad või kahjustatud pinnad ei sööbi.

Alumiiniumist kaablirenn sobib väga hästi tehniliselt keerulistesse paigalduskohtadesse, kus nõutakse korrosioonikindlust, koormustaluvust, pikki kinnitusvahesid, toodete hõlpsat kasutatavust ning kiire paigaldamise võimalust. Sellised objektid on näiteks paberi- ja tselluloositööstus, keemia- ja petrokeemiatööstus ning toiduainetetööstus. Elektri jaamad, telekommunikatsioonipaigaldised, sillad, tunnelid, veepuhastusjaamad ning muud infrastruktuuri objektid on samuti alumiiniumist kaablirennidele sobivad kasutuskohad.

Alumiiniumist kaablirennid on pika kasutuseaga ja vastupidavad. Alumiinium ei sööbi, ei ima vett ning ei katke ega purune temperatuurikõikumise mõjul. Materjal talub ultraviolettkiirgust ning happeliste ühendite, näiteks õhusaaste, mõju. Alumiinium talub hästi pH-skaalal vahemikku 3-9 jäävate ainete mõju (happevihmade pH-tase on tavaliselt 4-5). Alumiiniumil on suurepärane külmataluvus.

Alumiinium on korrosioonikindel materjal. Kaablirennid ei vaja enamasti spetsiaalset pinnatöötlust. Kokkupuutel õhuga alumiinium oksüdeerub ja tekkinud oksiidikiht kaitseb alumiiniumi edasise korrosiooni eest. Kui pind saab kriimustatud, tekib alati uus oksiidikiht asemele.

Alumiiniumi üks suurimaid eeliseid on väga hea tugevuse ja kaalu suhe. Materjali hea töödeldavus ja jäikus võimaldavad toota kergeid ja tugevaid konstruktsioone. Kerged ning kergesti käsitsetavad ja vormitavad tooted tagavad kiire ja soodsa paigalduse ka keerulistel objektidel.



Joonis 7.1 Alumiiniumist kaabliredelite (-rennide) eeliseks on muuhulgas vähene kaal

Alumiinium ei põle ja ei suurenda põlemiskoormust. Alumiiniumist ei vabane põlengus inimesele ohtlikke mürkgaase ning materjal ei põhjusta mingeid teadaolevaid terviseriske. Alumiinium on seega turvaline materjal, mida võib väga mitmekesiselt kasutada.

Toodete lõikamiseks ja puurimiseks võib kasutada tavalisi metalli töötlemiseks ettenähtud saage ja puure. Alumiiniumi on hõlbus töödelda ning lõikepindade sööbimist ei tarvitse karta. Lõikamisjäätis tuleb eemaldada ja teravad lõikepinnad tuleb peale mõõtu lõikamist ümardada.

Sirged rennid

Horisontaalsete rennide paigaldamisel on soovitatav toetuspunktid paigutada selliselt, et jätkukohad paigutatakse toetuspunktist 0,2–0,3 x L kaugusele. Selliselt koostatud konstruktsioon toimib nn. jätkuva talana. Kui jätkukohad on otse toetuspunktide kohal, siis koosneb süsteem eraldi rennidest. Paigutades toetuspunktid soovitatud viisil, väheneb renni läbipaindumine kuni 50%.

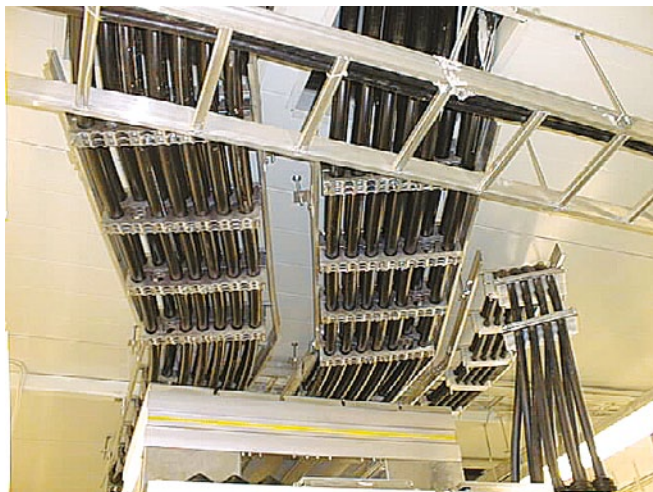
Korrosiooni tekkeohuga keskkonnas tuleb vältida alumiiniumi otsekokkupuudet töötlemata pealispinnaga terase. Kuumtsingitud, roostevaba ja happeskindla terase puhul ei ole galvaniline korrosioon tavaoludes probleem. Tsink kaitseb terast seda paremini, mida paksem on tsingikiht. Riskikohtades tuleb korrosiooni arvestada juba paigaldiste kavandamisel.

Alumiinium ja tema kokkupuude betooniga

Värske märg betoon ja krohviikiht on väga leeliselised (pH on üle 9) ja seetõttu alumiiniumi söövivad. Kuiv betoon alumiiniumi ei söövita. Pidevalt niisketes oludes tuleb kontaktpinnad kaitsta bituumeni või epoksüvaiguga.

Alumiinium ja kemikaalid

Alumiinium talub väga hästi ümbrust, mille pH-tase on vahemikus 3-9. Materjal talub hästi pehmesse ja destilleeritud vette või süsinikdioksiidi ja hapnikku sisaldavasse kondensvette paigutamist. Alumiiniumil on hea vastupanuvõime nt alkoholiühendite, lämmastikhape (kontsentratsioon alla 80%), ammoniagi, süsinikdioksiidi, väävelvesiniku ja enamiku muude vääviühendite mõjule. Erinõuetega kohtades tuleb alumiiniumi keemiliste ühendite taluvusomaduste kohta küsida teavet tootjalt.



Joonis 7.2 Terasest kaablirenni eelis on suur koormustaluvus

7.1.3 Terasest kaablirennid

Terasest kaablirenne kasutatakse tööstuslikel objektidel, elektrijaamades, toiduainete-, ravimi- ja loomasöödatööstuses, niisketes ruumides, maanteetunnelites, varjendites ja hoonetes, kus kaablirennidelt nõutakse head koormustaluvust, külgsuunalist jäikust, ajutist kohtkoormuse taluvust ning vastupidavat pinnatöötlust.

7.2 JUHISTIKUKARBIKUD

Karbiksüsteemid on ühe või mitme kaabli või juhtme ja muude paigaldisse kuuluva te tarvikute toetamiseks ja kaitseks tehases valmistatud piklikud kaetud (avatavad) konstruktsioonid. Karbiksüsteemi põhiliseks osaks on karbik, mis on varustatud avatava kaanega, mida võib olla üks või mitu, ning lisaks piisav kogus kinnitus-, ühendus- jms. detaile. Tehases toodetud karbiksüsteemid on enamasti valmistatud alumiiniumist. Juurdekuuluvate mitmesuguste detailide kasutamisel saab komplekteerida otstarbekohase ja stiilse paigaldise.

Karbikusse võib paigaldada erinevate süsteemide jaoks vajalikud juhistikud. Kaabli- otsad saab karbikus koondada omaette karpidesse (toosidesse) ja kaablid võivad kulgeda karbiku üksteisest eraldatud kambrites.

7.2.1 Juhistiku alumiiniumkarbikud

Kasutuskohad

Karbikuid kasutatakse büroodes, koolides, laboratooriumides, kauplustes ja tööstushoonetes ehk sellistes kohtades, kus vajatakse palju ühenduspunkte elektriseadmete

toiteks ja kus töökohtade asukohad võivad sageli ja paindlikult muutuda. Otstarbekohane on kasutada sellised karbiksüsteeme ka uuendatavatel objektidel, kus juhistikke saab karbikutesse paigaldada kiiresti ja puhta väljanägemisega.

Paigaldusviisid ja paigalduskohad

Karbiksüsteeme valmistatakse nii seinale kui põrandasse paigaldamiseks. Karbikute seinale paigaldamist kasutatakse rohkem kui põrandasse süvistamist. Karbikud on enamasti mõeldud kasutamiseks kuivades ruumides. Teatud tingimustel võib neid paigaldada ka niisketesse ja märgadesse ruumidesse.

Erinevad vooluahelad samas karbikus

Ühises kaablikestas (-mantlis), samas paigaldustorus või karbikus võib olla mitu erinevat vooluahelat tingimusel, et kõikide juhtide isolatsiooni pingetaluvus on valitud suurima pingega ahela juhtide isolatsiooni kohaselt.

I ja II pingepiirkonda kuuluvaid vooluahelaid ei tohi paigutada samasse kaablis või karbikusse, kui kaablite isolatsioon ei ole vastav juhistikusüsteemide suurimal pingel nõutavale isolatsioonile, või kui kasvõi üks alljärgnevatest tingimustest ei ole täidetud:

- mitmesoonelise kaabli iga soone isolatsioon vastab suurimale kaablis esinevale pingele
- kaablite isolatsioon vastab nende talitluspingele ja kaablid on paigutatud karbiku erinevatesse lahtritesse
- kasutatakse eraldi paigaldustorusid.

Alljärgnevas tabelis on toodud erinevad kõne alla tulevad juhistiku paigaldamise variandid.

Tabel 7.1 Juhistiku paigaldamise variandid

Juhtmed ja kaablid	Avatavas karbikus	Kinnises karbikus
Paljasjuhtmed	–	–
Isoleeritud juhtmed	+ (1)	+
Mantliga mitmesoonelised kaablid	+	+
Mantliga ühesoonelised kaablid	+	+

+ Lubatud

– Ei ole lubatud

(1) Vooluahelasse kuuluvad pingestatud juhtmed on lubatud, kui karbik on ette nähtud paigaldada selliselt et karbiksüsteemi kaitseaste on IP4X ja karbiku kaane saab vajadusel eemaldada ainult tööriista abil või käsitsi tugevat jõudu rakendades.

Juhtmete vedamine karbikusse

Ehitiste sisse paigaldatavad karbiksüsteemid tuleb iga vooluahela jaoks täielikult komplekteerida enne, kui isoleeritud kaabel või juhe karbikusse veetakse.

Läbiviikude tihendamine

Kohas, kus juhistik veetakse läbi mingi ehitise osa konstruktsiooni, näiteks läbi põranda, seina, lae või vaheseina, tuleb läbiviik tihendada selliselt, et hoone osa kohta kehtiv tulekindlusklass jääb vähemalt samaks nagu enne läbiviigu rajamist.

Juhistiku osad, nagu ka karbikud, mis läbivad hoonete tulekindlusklassiga osi, tuleb lisaks välisele tihendamisele tihendada ka seestpoolt selliselt, et tihendatuna on tulekindlusklass sama nagu sellel hoone osal, mille kaudu juhistik on veetud.

Kasutustingimused ja paigaldamine

Karbiksüsteemid on reeglina mõeldud paigaldamiseks kuivadesse ruumidesse. Neid võib paigaldada ka niisketesse ja märgadesse ruumidesse, kui süsteemi kaitseaste on konkreetse ruumi puhul piisav. Karbik peab olema mehaaniliselt ja termiliselt piisavalt vastupidav ning usaldusväärselt ja hoolikalt aluspinna külge kinnitatud. Karbikus ei tohi olla teravaid servi, nurkasid vms. ebatasasusi, mis võivad juhistikku vigastada. Süsteemi paigaldamisel järgitakse süsteemi tootja või volitatud müüja antud paigaldusjuhiseid.

Rikkekaitse

Metallist valmistatud karbiksüsteemi tuleb kas kaitsemaandada või varustada lisa-isolatsiooniga allpool kirjeldatud viisil.

Süsteemi konstruktsioon peab olema selline, et juhtme otsa lahti tulemisel ei tohi puutealdis metallosa sattuda pinge alla. See eeldab, et süsteemi puudutavad metallosad on usaldusväärselt isoleeritud nt seadme- vms ühenduskarbi pingealtidest metallosadest, näiteks seadmete metallist kinnitusraamidest.

Metallist karbiku ja kombineeritud (metallist ja isolatsioonimaterjalist) karbiku puudutatavad metallosad loetakse üldiselt usaldusväärselt isoleerituks isoleermaterjalist karpi paigaldatud seadme pingealtidest metallosadest, kui vahekaugus (piki pinda või õhkvahe) seadme kinnitusraamist vms. metallist kinnitusdetailist karbiku puudutatavate metallosadeni on vähemalt 2 mm. Süsteemi konstruktsioon peab olema selline, et see piisav vahekaugus püsib.

Karpide siseküljel ei tohi olla metallist kinnitusdetalle, nagu kruvid, mis on ühendatud puudutatavate metallosadega välja arvatud juhul, kui lahtituleva juhtmeotsa sattumine kontakti sellise detailiga on välistatud, nt süvistades kruvi pea piisavalt isolatsioonimaterjali süvendisse.

Karbikute paigaldus ja juhtide paigutus karbikus peab olema selline, et paljad ja põhiisolatsiooniga pingestatud juhtmed on usaldusväärselt puutekaitstud ka ühendus-, jätku-, läbiviigu- jms kohtades ning karbikuga ühendatud lülite, pistikupesade jms seadmete sisendkohtades.

Detaili, mis moodustab põhiisolatsiooniga pingestatud osade kaitse, peab olema võimalik eemaldada ainult tööriista abil. Tugevvoluseadme isolatsioonita pingestatud osad ei tohi reeglina olla puudutatavad, kui nõrkvoluseadme ühendus- või juhistikukarbi (-toosi) kaas avatakse. Seetõttu tuleb jõuahelate pistikupesad ja sideseadmete pistikupesad paigutada eraldi kaane alla.

Juhtmete paigaldus ja ühendused

Kaablid ja juhtmed paigutatakse või kinnitatakse selliselt, et need püsiksid paigal ka siis, kui kanali kaas avatakse. Kaablid tuleb kinnitada ühendus- vms. ruumiosa vahe- tus läheduses selliselt, et ühendusklemmides ei oleks tõmbepinget.

Juhtide ühendused tehakse karbiksüsteemi kuuluvas karbis või vastavas ühendustoo- sis. Neid ei tohi teha otseselt kanalis, välja arvatud süsteemi enda potentsiaaliühtlus- tuseks vajalikud ühendused.

Paigaldustarvikud, näiteks isoleerotsikud, ühendusraamid, liinikaitselülitid ja karbi- sisesed tarvikud, paigaldatakse isoleermaterjalist karpi.

Vajadusel võib karbiksüsteemis tavaliste pinnale või süvistatud paigaldamiseks mõel- dud paigaldustarvikute kõrval kasutada ka muid, spetsiaalse konstruktsiooniga tar- vikuid.

Kui ühenduskarbis on kitsam kui tavalistes haru- või ühenduskarpides, on see ena- masti varustatud kohtkindlate klemmidega või on tootja määratlenud ühenduskarpi paigaldatavate klemmide arvu ja tüübi (konstruktsiooni). Karbikust väljaspool paik- nevasse rühmakilpi, seadmesse vms suunduvad juhid isoleeritakse sobiva lisaisolat- siooniga, näiteks kaabel või isoleeritud juhtmed paigutatakse isolatsioonimaterjalist torusse. Toru või juhistik viiakse karbikusse viimase paigaldusjuhises kirjeldatud ühendusmuhvi või sisestusava kaudu või muul analoogilisel viisil. Sisestusava teravad servad ümardatakse või kasutatakse läbivate juhtide kaitseks isoleermuhve. Karbik- süsteemi ühenduskarpidesse, näiteks seadme- ja harukarpidesse, ei tohi olemasole- vate avakohtade avamisele lisaks teha muid avasid.

Paigaldustoru ühendamisel karbikuga tuleb kasutada isoleermaterjalist ühendus- muhvi või hoolitseda muul viisil selle eest, et toru ots ei ulatuks karbiku sisse. Mõne ahela kõik juhid tuleb paigaldada kanali samasse lahtrisse. See ei kehti kaitsejuhi ja potentsiaaliühtlustusjuhi kohta.

Elektriprojekteerimine

Karbiksüsteemide konstruktsiooni valiku juures tuleb arvestada erinevate ruumide vajadustest tulenevate nõuetega ja hilisemate kaabliteede vajadustega nt arvutikaablite ja nende jaoks vajalike painderaadiustega. Karbikus reserveeritakse vaheriulite või vaheseintega moodustuvad ühtsed, jätkuvad kaabliteed. Arvestada tuleb ka järgmisi asjaolusid:

- Kütteseadmete, nt radiaatorite, tekitatud õhuvoolude tõttu tuleb mõnedel juhtudel jätta vahe karbiku ja seinapinna vahele.
- Eelnevalt tuleb välja selgitada postidest, taladest, kütte-, vee- või ventilatsioonitorudest jms konstruktsioonidest möödumise võimalused.
- Eelnevalt tuleb välja selgitada raviruumide karbiksüsteemidele esitatavad erinõuded.
- Paigaldusala pinna tasasus on oluline, eriti isoleermaterjalist karbiksüsteemi paigaldamisel.
- Eelnevalt tuleb välja selgitada arhitektuurilised nõuded karbiksüsteemidele. Vajadusel tuleb karbiksüsteemi välisilmet puudutavaid küsimusi arutada arhitektiga.

Paigaldusjuhised

Paigaldusjuhiste eesmärgiks on kirjeldada õigeid töövõtteid ning hõlbustada karbiksüsteemi paigaldustööd.

Töö käiku kirjeldatakse siin samas järjestuses nagu see paigaldusobjektile praktiliselt toimub ja igat tööfaasi kirjeldatakse detailselt.

Karbiku töötlemine

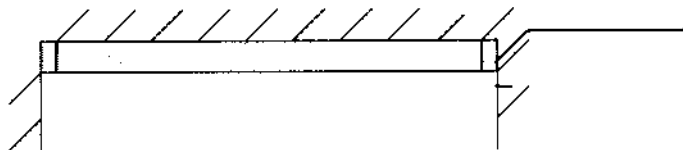
Et karbiku saaks esteetiliselt paigaldada, peab paigaldaja karbiku hoolikalt ja täpselt õigetessee möötudessee saagima. Möötmis- ja saagimisvead mõjutavad otseselt, ja kahjuks negatiivselt, karbiku välisilmet ja tõmbavad sellele liigset tähelepanu.

Õigete saagimis- ja möötmisvõtete kasutamisel saab karbiku paigaldada ühtsena ja esteetilisena ning seejuures säästetakse ka materjalikulult. Karbiksüsteemi paigaldamise alustamisel on oluline valida, millise töövahendiga karbik parajaks lõigatakse. Selleks soovitatakse kasutada elektrilist alumiiniumi saagi.

Elektrilise alumiiniumisae kasutamine on ainus õige viis suurte ja täpsust nõudvate objektide puhul. Selle abil saab juhistikku karbiku kiiresti, hõlpsalt ja puhtalt saetud, kuid selle sae käsitlemine nõuab kasutajalt teatud põhioskuste omandamist. Valel kasutamisel võib saag saada kasutajale endale kui ka tema ümbrusele ohtlikuks.

Tavalist rauasaagi tasub kasutada ainult väikestel objektidel, kus tuleb paigaldada ainult mõni meeter kanalit ja kus on üksikud saagimised.

Karbiku põhiosa ei tohi liiga täpselt mõõtu saagida, vaid nii, et see sobiks ettenähtud paigalduskohta seinapindu kahjustamata. Alumiiniumisae tera korrasoleku ja löikeomaduste säilitamiseks tuleb tera aeg-ajalt spetsiaalse vahapulgaga määrada.

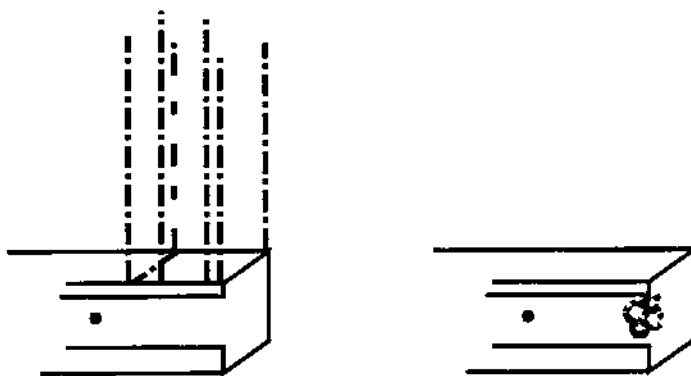


Joonis 7.3 Karbiku põhiosa saagimine

Läbiviigud karbikusse

Karbikusse peab läbiviiguavasid tegema siis, kui ühendus kanaliga tehakse nt paigaldustorudega karbiku põhja kaudu või abikarbikuga karbiku külgselina kaudu. Läbiviiguavad saetakse kanalisse enne karbiku seina külge kinnitamist.

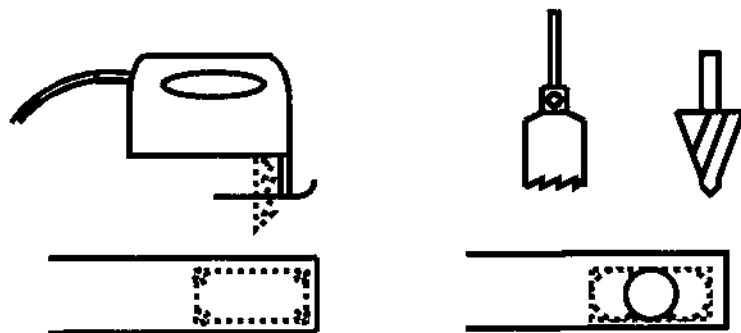
Kui karbikuga ühendamisel kasutatakse paigaldustorusid, tuleb kanda hoolt, et torude otsad ei ulatuks kanali sisse. Seda saab teha nt lõigates torude otsad seinapinnaga tasa enne karbiku seina külge kinnitamist või ühendades kanalis minevad torud muhaviga.



Joonis 7.4 Karbiku läbiviike

Läbiviikude tegemine

Läbiviiguavad võib teha näiteks elektrilise tikksae või trellpuuriga. Tikksaega saab läbiviigu teha nii, et läbiviigu koht märgitakse karbikule ja tähistatud koha nurkadesse puuritakse augud, mille kaudu saetakse tikksaega läbiviiguava välja. Kui läbiviiguava tehakse trelliga, kinnitatakse trellile avafrees- või koonuspuur, millega puuritakse tähistatud kohta vajalik arv auke nii, et tekiks läbiviiguava.



Joonis 7.5 Läbiviiguavade tegemine

Karbiku kinnitamine

Karbiku kinnitamist võib alustada ehitustööde selles järgus, kui seinapinnad, millele karbiksüsteemid kinnitatakse, on tasandatud ja lõpliku värvikihi saanud. Karbikute paigalduskõrgused on tavaliselt toodud elektritööde seletuskirjas. Mõõtmise abivahendina võib kasutada nt läbilõikejoonised, kus on näidatud kütte-, vee- ja ventilatsioonitorude, talade, postide jms asukohad ja kuidas karbiku neist mööda viia.

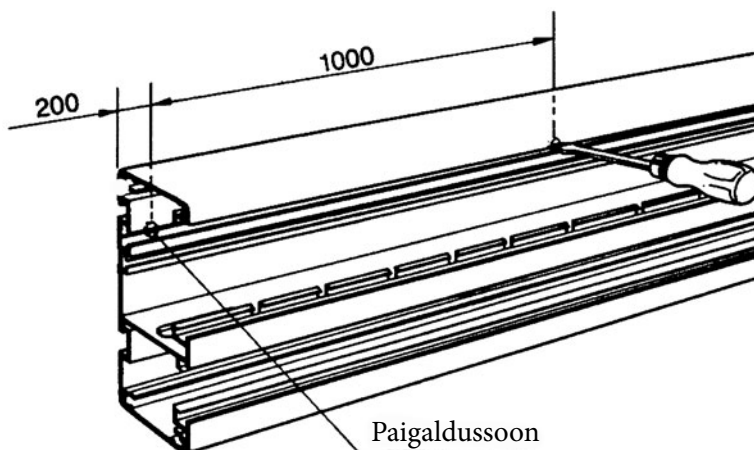
Praktilise paigaldustöö käigus on karbikute paigalduskõrguste määramine sageli üsna problemaatiline. Kanalite paigaldusfaasis võivad põrandapinnad olla veel viimistlemata, mistõttu põrandad on ebatasased või kaldus ning nendest mõõtude võtmine on keeruline. Karbikud paigaldatakse sageli vahetult aknalaua alla. Aknalaudu ei ole tavaliselt karbiksüsteemide paigaldamise ajal aga veel paigaldatud. On olemas vaid aknalaudade ebatasased kinnituskohad, kust ei saa täpseid mõõte võtta. Aknad on aga tavaliselt juba ees, nii et vajalikud mõõdud saab võtta näiteks aknapiitadest.

Kinnitamine seinale

Paigalduskoht märgitakse esmalt seinapinnale ja pikkade karbikulõikude paigaldamisel tehakse tähised märkenööriga. Esmalt märgitakse paigalduskõrgused ruumi mõlemasse otsa. Tähistatud kohtade vahele veetakse märkenöör, mille abil tehakse seinale õrn jälj, mille järgi on kanalit hõlbus kinnitada.

Kuna nööri jätab värvikihile jälje, ei tohi seda teha karbiku ülemise serva järgi. Mõõtmiskohana saab kasutada kanali põhjas olevat paigaldussoont, siis jääb nööri tekkinud jälg peale karbiku seinale kinnitamist selle taha peitu.

Kinnitusavad puuritakse paigaldussoonde. Kinnituskohtade sobiv vahekaugus on 1000 mm ja kuni 200 mm karbiku otstest. Karbik kinnitatakse tähistatud kohale seinale selliselt, et paigutussooned kanali mõlemas otsas on tähistusjoonega kohakuti. Kinnituskruvisid ei tohi liiga tugevasti kinni keerata, et vältida karbiku deformeerumist ning kruvipeadel ei tohi olla teravaid servi, mis võiksid karbikusse paigaldatud juhtmeid vigastada.



Joonis 7.6 Karbiku kinnitamine seinale.

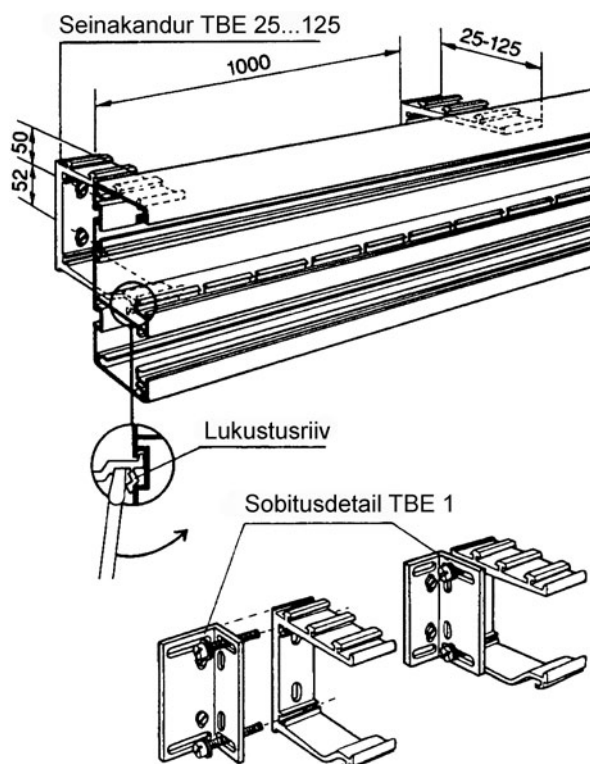
Kinnitamine seinakanduritele

Seinakandureid on kõige lihtsam paigaldada, kui kandurid kinnitatakse esmalt ruumi mõlemasse otsa. Seejärel veetakse nende kandurite ülemiste kinnitusaasade vahele nööri, kuid selleabil seinapinda ei märgistata, sest karbikutagune osa jääb avatuks ja märk jääks näha.

Nööri jäetakse kohale ja nööri järgi kinnitatakse vahekandurid. Kandurite sobiv vahekaugus on 1000 mm ja maksimaalselt 200 mm karbiku otsast. Nööri eemaldatakse peale kandurite kinnitamist.

Kui seinapind ei ole päris tasane, võib karbiku kinnitamisel kasutada ka sobitusdetaili, mis võimaldavad kanali õigesse asendisse nihutada. Seinakandurid kinnitatakse kruvidega sobitusdetailide külge ning kogu konstruktsioon kinnitatakse sobitusdetaili põhja kaudu seinale. Sobitusdetaili abil saab iga seinakanduriga karbikut täiendavalt kuni 25 mm võrra seinast eemale nihutada.

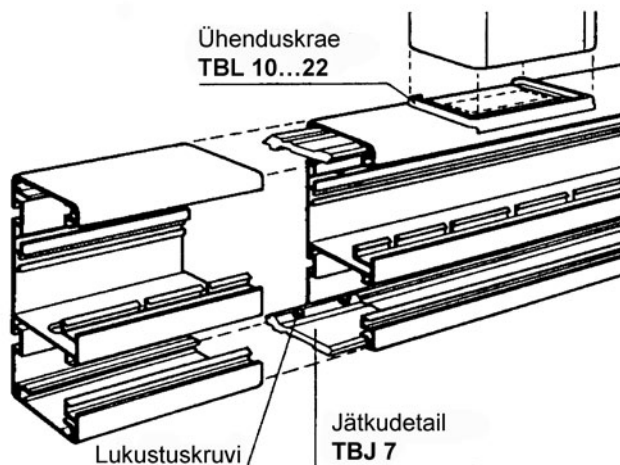
Kui kandurid on paigaldatud, tõstetakse kanal kanduritele ja lukustatakse lukustusriividega.



Joonis 7.7 Karbiku kinnitamine seinakanduritele.

Juhistiku karbiku jätkamine

Täisnurga all sirgelt lõigatud karbiku otsad sobivad ka jätkamiseks. Enne jätkamist puhastatakse saetud otsad saagimisjääkidest. Jätkudetailid lükatakse lõdvalt jätkatava karbiku otsa, misjärel tõstetakse kanali jätkuosa paigale selliselt, et kanalite jätkatavad otsad on vastamisi. Jätkudetailid lükatakse jätkukoha keskele ja kinnitatakse 3 mm kuuskantvõtmega õigesse asendisse.



Joonis 7.8 Juhistikukarbiku jätkamine

Kaabeldus

Kaabeldust võib alustada siis, kui karbiksüsteem on seinale kinnitatud. Kaabeldust on selge ja ülevaatlik teha vooluahelate kaupa. Tugevvoolujuhid veetakse ainult toitekarpide paigalduskohtadeni. Nõrkvoolu ühenduspunktidest tuleb igaühte tavaliselt eraldi kaabel. Karpide asukohad on leitavad paigaldusjoonistelt. Vahekaabeldused, näiteks pistikupesade vahelised ühendused, tehakse peale pistikupesatooside paigaldamist. Erinevad juhistikud saab vajadusel üksteisest eraldada juhtmekanalisis olevate püsivate või selleks spetsiaalselt kinnitatud vaheriilulite (-seinte) abil.

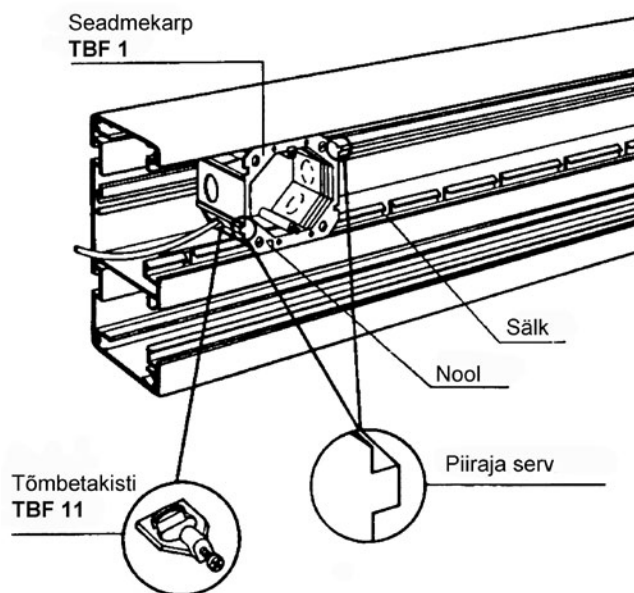
Karpide paigaldamine

Karpide (tooside) paigaldamist alustatakse siis, kui erinevaid punkte toitvad kaablid on veetud, sest siis jääb ära tülikas kaablite vedamine ümber juba paigaldatud karpide.

Karpide asukohad määratakse vastavalt joonistele ning samas ruumis paigaldatakse kõik karbid korraga. Karpide (tooside) kaablite jaoks vajalikud sisestusavad avatakse. Kõrvutised tugev- ja nõrkvoolukarbid paigutatakse selliselt, et neid ei saaks katta sama kaanega. Selle nõude täitmine on tagatud, kui karpide asukohtade vahekaugus on kokkuleppeliselt nt 200 mm. Kui seda vahekaugust järgitakse ehitise kõikide kõr-

vutiste tugev- ja nõrkvoolukarpide puhul, siis lihtsustub karpidevaheliste kaante saagimine ja kogu paigaldise üldmulje on ühtlane.

Peale karpide paigaldamist tõmmatakse kaablite otsad karpidesse ja kinnitatakse tõmbetakisti abil kohale.



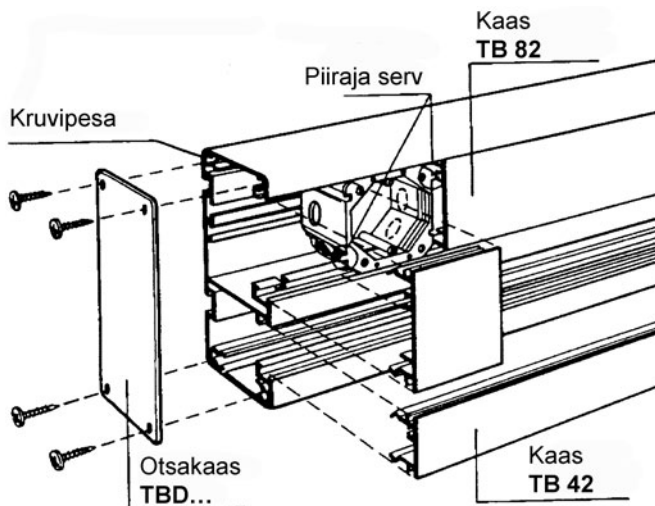
Joonis 7.9 Karpide paigaldamine

Seadmestamine

Kogu seadmestamine tuleks teha ahelate kaupa, nt paigaldatakse iga ruumi kõik tugev- ja nõrkvoolu pistikupesad, telefoni-, antenni- ja arvuti- pistikupesad korraga. Seda tehakse korraga tihtipeale ka seetõttu, et suurematel objektidel vastutavad iga süsteemi paigaldustööde eest erinevad töövõtjad. Selle töö käigus jäetakse seadmete kaaned veel kinnitamata.

Kaante paigaldamine

Karbikukaante paigaldamist alustatakse siis, kui juhistikud ja karbid (toosid) on lõplikult karbikutesse paigaldatud. Kaaned saetakse ja mõõdetakse selliselt, et need ulatuksid maksimaalselt tooside piiraja servani, mitte nende peale. Teisalt peavad need ulatuma seadmekarpide kaante alla. Kiire viis kaante paigaldamiseks on selline, et ruumi paigaldatud karbikukaante mõõtmed märgitakse karbiksüsteemi ühest otsast alustades üles ning kõik kaaned saetakse korraga parajaks. Kaaned vinnastatakse mõõtude ülesmääramisega samas järjestuses, sest nii on neid hõlbus peale saagimist õigesse kohta paigaldada. Kaaned vajutatakse paika. Peale kaante paigaldamist kinnitatakse erinevate seadmekarpide kaaned kohtadele.



Joonis 7.10 Kaante paigaldamine

Kaitsekilede eemaldamine

Karbikutel olevad kaitsekiled eemaldatakse alles siis, kui muud üldehitustööd on lõpule viidud. Seetõttu jääb kaitsekilede eemaldamine sageli üldehitustöövõtja ülesandeks. Karbikute pikaajalist ladustamist otsese päikesevalguse käes tuleks vältida, sest siis on hiljem kaitsekilesid raske eemaldada.

Tule leviku tõkestamine

Kui karbiksüsteem või selles olevad kaablid veetakse läbi tule müüri või muu tuletõkkesektsiooni moodustava ehitise osa, tuleb läbiviigud tihendada mittesüttiva ainega selliselt, et tuli ei saaks avade kaudu edasi kanduda. Tuli võib edasi kanduda piki kaablit, kui kaabli väliskest on süttivast materjalist või kui kaabli paigalduskohta, näiteks karbikusse, on kogunenud tuleohtlikku ainet, näiteks tolmu või prahti. On väga oluline, et läbiviiguavad suletakse ehitise juba võimalikult varases paigaldusfaasis, sest põleng võib puhkeda ka siis. Praktikas tihendatakse läbiviiguavad alles siis, kui kõik kaablid on sellesse kohta paigaldatud. Karbikssüsteemiga paigaldistes on läbiviiguavad suhteliselt väikesed, kuid nende kaudu peab sageli uusi kaableid vedama. Sellest tulenevalt tuleb valida selline tule levikut tõkestav viis, mille kaudu on hõlbus ka uusi kaableid vedada ja seejärel hõlbus taas tihendada. Läbiviiguava väikeste mõõtmete tõttu tuleb kaablid sageli kimpu ühendatult läbi tõmmata. Kui erinevad juhistikud on veetud samas karbikus eraldi lahtrites, tuleb sama järjestus säilitada ka läbiviigus.

JUHTIDE LIITED JA OTSASTUSED

8.1 ÜLDIST

Nii juhtide omavahelised ühendused kui ka elektriseadmete ja juhtide vahelised ühendused peavad olema elektriliselt ja mehaaniliselt usaldusväärsed.

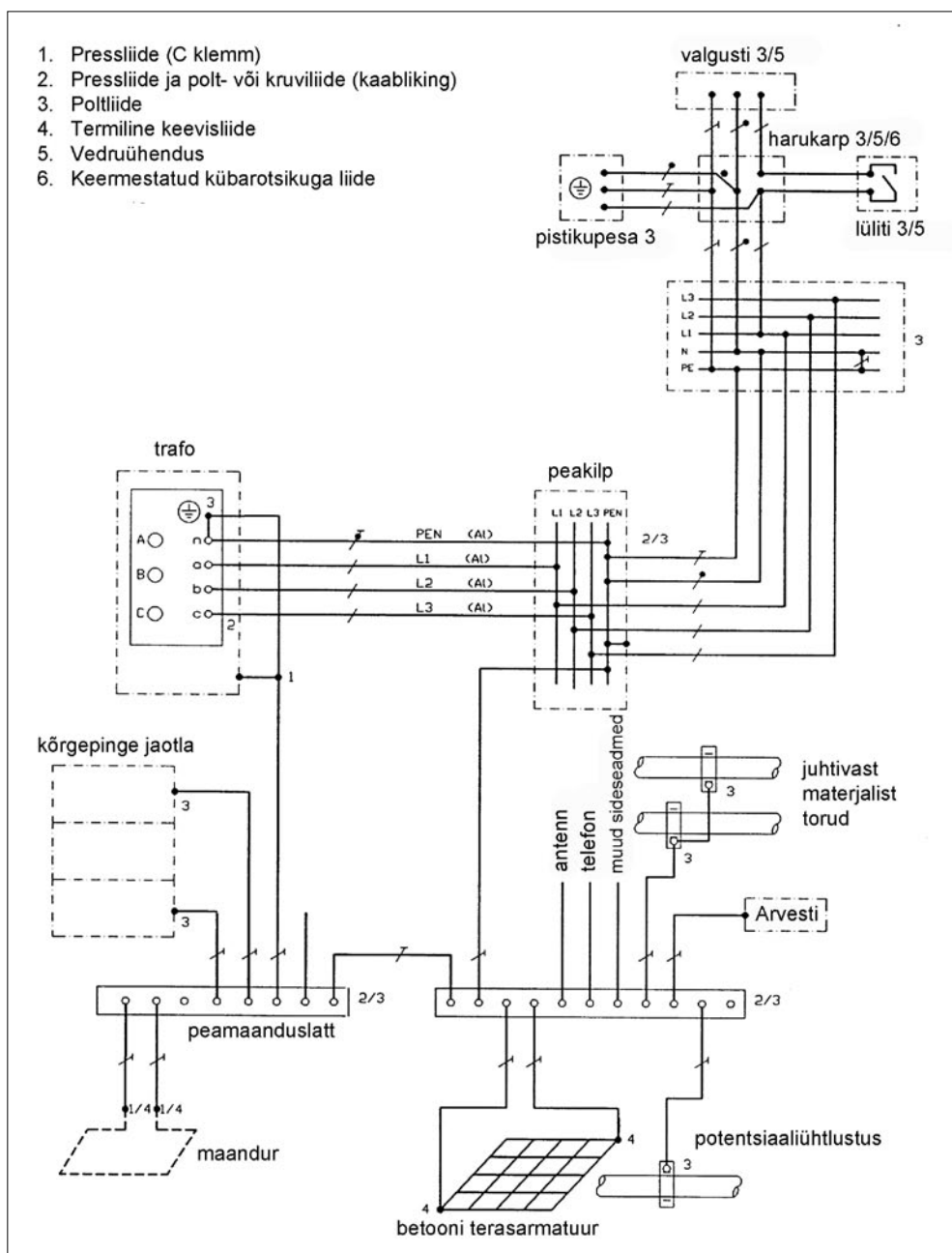
Ühendusviiside valimisel tuleb arvestada järgmisi asjaolusid:

- juhi materjali,
- juhistiku soonte arvu ja kuju,
- juhi ristlõikepindala,
- ühendatavate juhtide koguarvu.

Jõukaabli juhistikese tuleb vältida joodisliiteid. Kui kasutatakse jootmist, peab seejuures arvestama ühenduse külmvoolavust (venivust) ja mehaanilisi mõjutusi. Kõik ühendused peavad olema kontrollimiseks, testimiseks ja hoolduseks ligipääsetavad, välja arvatud järgmised erandid:

- maakaablite liited,
- segusse (massi) valatud või kapseldatud liitekohad,
- liited külma toitejuhtme ja katuse küttelelemendi või küttekaabli vahel.

Näiteid eri tüüpi liidete kasutamisest on toodud joonisel 8.1.



Joonis 8.1 Näiteid erinevate elektrotehniliste liidete kasutamisest

8.2 JUHTIDE OMAVAHELISED LIITED

Juhtide omavahelisteks liideteks on nt juhi jätkamine, hargnemine ja üleminek teisele juhitüübile ning juhi ühendused elektriseadmetega.

Juhtide liited tuleb teha nii mehaaniliselt kui ka elektriliselt usaldusväärsel viisil, ning nende elektrijuhtivus peab vastama juhi juhtivusele. Eriti hoolikalt tuleb teha kaitsejuhi, PEN-juhi ja neutraaljuhi ühendused. Ühenduskoha isolatsioon peab vastama jätkamata juhi isolatsioonile või isolatsiooni kohta eraldi kehtestatud nõuetele.

Peenekiulise keerutatud juhi ühendustes ei tohi kasutada kübarotsikut, kui see just ei ole mõeldud peenekiuliste juhtide ühendamiseks. Alumiiniumjuhtide ühendamisel tuleb hoolikalt veenduda, et klemmid on selleks otstarbeks sobivad. Kui alumiiniumjuhi liide tehakse niiskes keskkonnas, peab korrosiooni tekke ennetamiseks kasutama sobivaid klemme, vajadusel üleminekuliiteid või praktikas kasutatavat ka klemmi-määret.

Juhi isolatsioon kooritakse maha ainult liite tegemiseks vajalikus pikkuses. Isolatsiooni tuleb käsitleda konkreetse liite tegemiseks nõutaval viisil. Kui juhi isolatsioon saab liite tegemisel viga, tuleb kahjustus parandada kasutades lisaisolatsioonina isoleerrüüsi või -teipi. Kui juhi isolatsioon on immutatud paberist või muust vett imavast materjalist, tuleb ühenduse tegemisel paljastunud isolatsioon kaitsta niiskuse eest.

Liited tehakse puutekaitstud, tööriistaga avatavas karbis või kestas, kui ei kasutata spetsiaalselt kaabli jätkumuhvi. Juhtide ühendused tehakse ühenduskarbis enamasti kruviühendusena või soonte otste ümber keeratava kübarotsikuga või pressliitena või kruvita ühendusena.

8.3 ERINEVAT TÜÜPI LIITED VASKJUHTIDELE

Väikese ristlõikega vaskjuhtide puhul on palju liidete variante ja mitme erineva liitemooduse abil on võimalik teha eriti töökindlaid ühendusi. Nende ühenduste puhul tuleb pöörata tähelepanu juhtide ehitusele: kas tegemist on ühetraadilise, mõnest traadist koosneva või peenekiulise juhiga. Peenekiuliste juhtide liidetes ei saa kasutada kõiki liidete (klemmide) tüüpe. Ka väikese ristlõikepindalaga liidete jaoks peab jätma piisavalt ruumi. Lõppahelates kasutatavatele paigalduskarpidele on enamasti antud vastavasse karpis sobivate klemmide suurim lubatav arv erinevate juhiristlõigete korral.

Suurema ristlõikega vaskjuhtide puhul kasutatakse peamiselt pressliiteid ja erinevat tüüpi poltühendusi.

8.3.1 Isolatsiooni läbistavad klemmliited

Isolatsiooni läbistavate liidete kasutamisel tehakse ühendused ilma juhi isolatsiooni koorimata. Ühendusklemm surutakse läbi juhtme või kaabli isolatsiooni selliselt, et tekib elektriline kontakt.

Isolatsiooni läbistavaid klemme kasutatakse ehitiste elektripaigaldistes lamekaabli-süsteemide puhul. Nende paigaldamisel tuleb järgida paigaldusjuhiseid ja juhul, kui lamekaablilt eemaldatakse liiteklemm, tuleb kaabel sobivate meetodite abil parandada.

Suure ristlõikega vaskjuhtide isolatsiooni läbistavaid klemme kasutatakse peamiselt tänavavalgustuse ja liitumispunktide vaskaablite ühendamisel rippkeerd juhtmetega (AMKA) teostatud madalpingevõrku. Ühendamiseks tuleb kasutada kas sobivat üleminekuklemmi või klemmi, mis sobib nii vask- kui ka alumiiniumjuhtide liideteks.

8.3.2 Pressliited

Pressliiteid kasutatakse väikeste ristlõikepindalade puhul peamiselt peenekiuliste juhtide otsa- ja jätkuhülssidel ning kaablikingadel. Paljudes paigaldustarvikutes, näiteks pistikupesades olevad klemmid on mõeldud ühe või mõnetraadilise juhi jaoks ja peenekiuliste juhtide usaldusväärne ühendamine nendega nõuab otsahülsside kasutamist. Kaablikingi kasutatakse väikeste ristlõigetega seadmeühenduste kõrval nt ka väikese ristlõikega juhtide ühendamiseks potentsiaaliühtlustusega. Pressliiteid tehakse paigutatakse kõik juhi traadid või kiud ühepikkustena hülsi või kaablikinga sisse. Nende kokkusurumiseks kasutatakse spetsiaalseid survetöövahendeid - presse.



Joonis 8.2 Press- ja poltliited

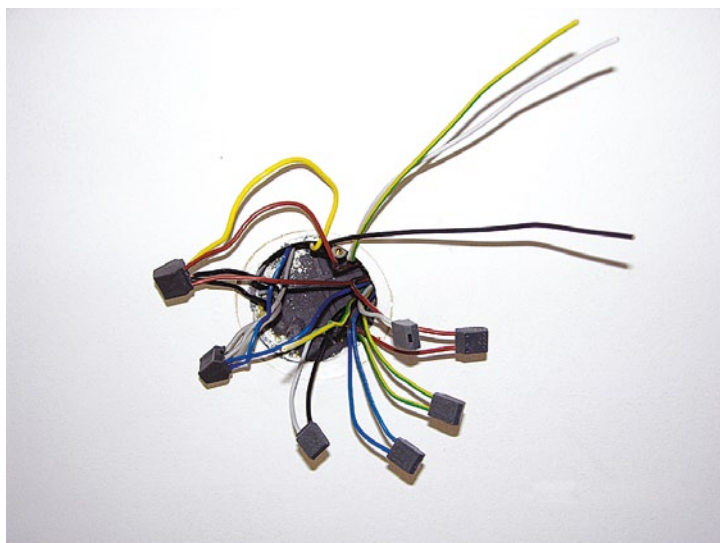
Pressliiteid kasutatakse kaablikingadel ja jätkuhülssidel. Pressliite abil ühendatud kaablikingad on usaldusväärsed ja sobivad kitsastesse paigalduskohtadesse paremini, kui poltühendusega kaablikingad. Üks pressliite alaliik on ka vaskjuhtide ühendamiseks mõeldud pressklemm ehk nn C-klemm. C-klemme võib kasutada ka maanduselektroodide ühendamiseks pinnases. Ka muud kaitsejuhtide ühendused, näiteks kõrgepingepoolel kaitsemaanduse hargnemised, võib teha usaldusväärselt C-klemmide abil. Vaskkaablite pressühenduste tegemisel kooritakse isolatsioon soontelt maha, liitekohta jäävad oksüdeerunud juhi pinnad puhastatakse ja tehakse sobiva presstõõvahendi abil pressliited.

8.3.3 Ühenduskübarad

Liited keeratavate ühenduskübaratega tehakse isolatsioonist puhastatud juhtmete ümber ühenduskübara keeramisega. Ühenduskübaras on keermed, mis suruvad juhid tugevasti kokku.

Keeratavaid ühenduskübaraid lubati varem kasutada ainult ühetraadiliste ja mõnetraadiliste juhtmete (või kaablisoonete) korral. Praeguseks on ühenduskübarate konstruktsioon täiustunud ning mitmed keeratavad ühenduskübarad sobivad kasutamiseks ka peenekiuliste juhtide ühendamisel.

Enne ühenduskübaraga ühendamist puhastatakse juhid vajalikus ulatuses isolatsioonist. Kui ühenduskübara keeramiseks kasutatakse akutoitel tööriistu, tuleb hoiduda kübara liiga tugevasti kinni keeramisest. Keeratavaid ühenduskübaraid on praktikas võimalik ainult üks kord kasutada. Teatud tüüpi ühenduskübaraid on lubatud ka taaskasutada algsest liitest suuremate ristlõigetega juhtide puhul, kuid see ei ole soovitatav.



Joonis 8.3 Vedruklemmidega kübarliited

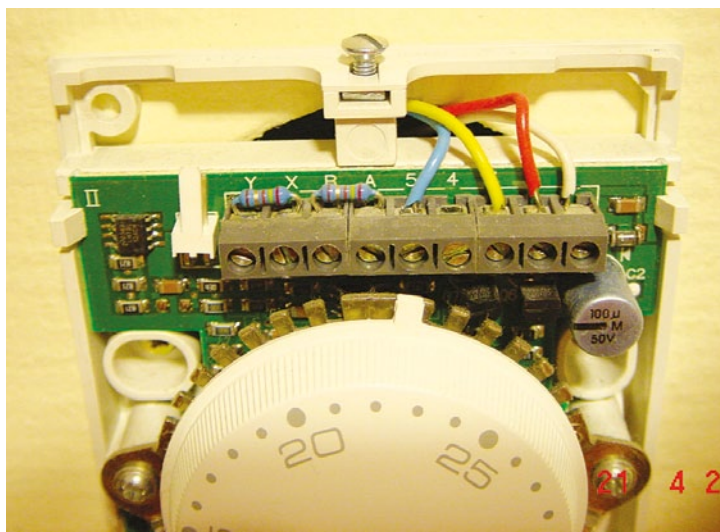
8.3.4 Vedruklemmid

Vedruklemmide puhul lükatakse juhe avasse, milles olev vedru hoiab juhi paigal ja surub selle vastu kontaktpinda. Vedruliiteid kasutatakse nii seadmetes kui ka eraldi ühendusklemmidena. Vedruklemme on hõlbus kasutada, sest ühenduste teostamiseks ei ole vaja tööriistu. Kui ühenduskoht on vaja avada, tuleb vedru lödvendada kas spetsiaalsele nupule vajutades või juhet keerates. Ühenduskohtade avamine ei ole siiski soovitatav ja seetõttu ei sobi vedruklemme kasutada kohtades, kus ühenduskohti tuleb, nt mõõtmiste tegemiseks, sageli avada.

8.3.5 Keermesliited

Keermesliiteid (kruviklemme, poltühendusi) kasutatakse mitmetes erinevat tüüpi liideses nii seadmete ühendamiseks kui ka eraldi ühendusklemmidena. Peenekiuliste juhtide ühendamiseks on kruviklemm sageli ainus usaldusväärne ühendusviis. Õigesti kruviklemmiga tehtud ühendus on usaldusväärne ja eelis on selles, et ühendust on lihtne avada ja uuesti sulgeda. Seetõttu tuleb kruviliidet kasutada klemmides, mida tuleb mõõtmisteks sageli avada, nt. raviruumide lõppahelate neutraal- ja kaitsejuhid. Poltühendusi kasutatakse suurte ristlõikepindaladega vaskjuhtide korral enamasti koos kaablikingadega, et ühendada kaablikingad poltühenduse abil lati vms. külge.

Kruviliiteid kasutatakse ka kilpide haruklemmides, nii toite- kui lõppahelatele, ühendades juhid ilma kaablikingadeta vahetult kruviklemmiga.



Joonis 8.4 Kruviklemmid.

Paljude kilbiseadiste kruviklemmid sobivad kasutamiseks nii vask- kui ka alumiiniumjuhtidele. Kruviklemme kasutatakse tihti ka üleminekuklemmidena nt kilpide toiteahelates üleminekul alumiiniumjuhilt vaskjuhile. Kui kasutatakse klemme, mis sobivad nii vask- kui ka alumiiniumjuhtidele, tuleb klemmi konstruktsiooni ja juhimaterjali ning ristlõike sobivuses enne ühenduse tegemist veenduda.

8.4 LÕPPAHELA JÄTKAMINE

Lõppahelat võib jätkata elektritarvitis, näiteks valgustis, kütteseadmes, pistikupesas või lülitikarbis, kui nende klemmid on mõeldud sellel otstarbel kasutamiseks. Karpides (toosides) peab olema ka piisavalt ruumi.

Enimalt 16 A lõppahelat võib jätkata seadises ilma spetsiaalse ühenduskarbita, kui see seadis on mõeldud ühendamiseks läbivasse lõppahelasse või kui seadise konstruktsioon sisaldab mingit karpi (toosi) või sellele vastavat ühendusruumi.

Lõppahelat võib jätkata ka mujal kui harukarbis, näiteks järgmistel tingimustel:

- Lõppahela ristlõiget ei muudeta tavalises lülitikarbis, pistikupesas või elektritarvitis, kus jätkamine toimub. Juhi ristlõiget võib muuta, kui ühendamiseks on seadises eraldi üksteisest sõltumatud klemmid.
- Klemmidega ühendatakse ainult nii palju juhte, kui lubatud. Klemmid pistikupesades ja lülitikarpides on enamasti mõeldud kahe 1,5 või 2,5 mm² juhi ühendamiseks. Ühest klemmist katkematult teise klemmi veetud eemaldatud isolatsiooniga juhi lõik loetakse ikkagi jätkatud juhiks.
- Samasse lõppahelasse kuuluvad juhid võib vedada katkematult otse seadisekarbi või lüliti või pistikupesa kaudu, kui neis on piisavalt ruumi ja on tagatud, et jätkatavate juhtide isolatsioon on vigastamata.
- Lõppahelaid saab jagada pinnapealse paigaldusega lülitites, pistikupesades või muudes seadistes, kui seadises on selleks olemas kinnisklemmid või kui seadme juurde kuulub karbios, kuhu saab paigaldada lahtisi klemme.

Lõppahelat ei soovitata jätkata seadisekarbis lahtiste klemmide abil, kui karpi on paigaldatud pistikupesa, lüliti vm kinnitatud seadis. Kui karbis on selleks piisavalt ruumi ja kogu juhistikupaigaldis jääb selgelt arusaadavaks, võib pikendamiseks kasutada ka lahtisi klemme. Ruumi hindamisel tuleb arvestada, et see seadis võidakse asendada muu seadisega: näiteks lüliti asemele võidakse paigaldada valgustuse regulaator. Sellisel juhul peab lisaks jätkuklemmidele karbis seadise taga olema piisavalt ruumi ka temaga ühendatud kahele juhile.

Kui kasutatakse tavalisi Soome standarditele SFS 2284 või SFS 3719 vastavaid seadisetoose, mille sügavus on vähemalt 40 mm, võib tavalise lüliti või kaksikpistikupesa taha enamasti paigaldada ühe või kaks lahtist klemmi. Kui kasutatakse madalamat

paigaldustoosi või paigaldatakse üheosaline pistikupesa või valgustuse regulaator, võib enamasti lisaklemmi paigaldada vaid siis, kui karbi sügavust on kõrgendusraami abil suurendatud.

Kui lisaklemmide paigaldamiseks on ruumi jäetud mujale kui seadise taha, võib karbi tootja paigaldusjuhiseid järgides sellesse ruumi ka lisaklemme paigaldada.

Seadisekarpidesse paigaldatavate lahtiste klemmidena soovitatakse kasutada vähe ruumi nõudvaid kruvi- või vedruklemme.

Kui lõppahelas on kasutatud PEN-juhti või varem ehitatud lõppahelas on kasutatud nullimist, ei või lõppahelat jätkata seadises, vaid ühendamine PEN-juhiga peab toimuma harukarbis. Jadamisi jätkuühenduste tegemisel tuleb alati kasutada eraldatud neutraal- ja kaitsejuhti.

Ülevaatlikkuse tagamiseks on soovitatav, et jadaühenduses olevat lõppahelat jätkatakse seadistes selliselt, et seadise või karbiga ühendatakse ainult kaks juhet (kaablit) või juhtmetoru. Jadaühendusega lõppahelas ei soovitata ka lõppahela hargnemist, isegi mitte eraldi harukarpides.

Juhtide seadistega ühendamisel tuleb hoolitseda selle eest, et seadise klemmid oleksid juhtide materjalile ja ristlõigetele sobivad. Seadisega ei tohi ühendada ettenähtust suurema ristlõikega juhti, jättes näiteks osa juhikiude klemmi alt välja.

Ühendused tuleb teha hoolikalt klemmide tootja antud juhiseid järgides. Klemmide ehitust ja testimist on kirjeldatud standardis SFS 2663.



Joonis 8.5 Juhtide ühenduskohtadele tuleb tagada juurdepääs.

8.5 ALUMIINIUMJUHTIDE ÜHENDUSED

8.5.1 Ühendusruum

Alumiiniumjuhtide ühendamiseks kilbi või muu seadmega tuleb paigalduskohal piisavalt ruumi jätta. Ruumi on soovitatav jätta vähemalt nii palju, kui tabelis 8.1 on näidatud.

Tabel 8.1 Vaba ühendusruum alumiiniumjuhtidele

Juhi ristlõikepindala, mm ²	Vaba ühendusruum, mm
16-25	100
35-50	150
70-120	200
150-185	300
240-300	400

Tabelis on vaba ühendusruumi all mõeldud klemmikruvi telje ja karbi selle sisepinna vahelist kaugust, kus suunast juhtmed klemmidele veetakse. Kui seadmes on mitu seadist lähestikku, mõõdetakse ruum klemmikruvi teljest kõrvaloleva seadise välimise, juhtide paigaldamist takistava, osani. Kui juhte ei pea paigaldamise käigus painutama, võib kasutada ka väiksemaid ühendusruume.

8.5.2 Ühendamine

Alumiiniumjuhtidele liidete valimisel peab arvestama järgmisi momente:

- juhtide temperatuurid tavakoormusel ja lühise puhul,
- juhtide materjal ja ristlõiked,
- keskkonnanõuded,
- kasutada olevad tööriistad,
- alumiiniumi pinna oksüdeerumine,
- külmvoolavus,
- soojuspaisumine,
- galvaaniline korrosioon.

Alumiiniumi pind oksüdeerub ja oksüdeerunud kiht saavutab juba mõne minutiga elektrilist ühendust häiriva paksuse. Oksiidikiht on väga tugev ja sellel on halb elektrijuhtivus. Seetõttu on oluline, et oksiidikiht eemaldatakse enne ühenduse tegemist. Parim viis oksiidikihi eemaldamiseks on ühendatavate alumiiniumpindade määrimine kaitsemäärdega ja terasharjaga harjamine läbi määrdekihi. Peale harjamist pühitakse eraldunud oksiidikiht ja määre maha.

Kui alumiinium jääb piisavalt suure koormuse alla, tekib külmvoolamine ehk alumiinium valgub sellesse suunda, kus survejõud on kõige väiksem. Sellest on tingitud näiteks kokkupressitavas jätkuhülis tekkiv külmvoolamine.

Kui temperatuur tõuseb, on alumiiniumi soojuspaisumine oluliselt suurem kui näiteks teraspoltidel. See liitekohas soojuspaisumisest toimuv koormuste vaheldumine põhjustaks ühenduskoha pinnasurve suurenemise ja külmvoolamise järel jälle vähenemise, kui seda ei oleks koonusekujuliste surveseibidega takistatud.

Galvaaniline korrosioon ilmneb, kui alumiinium on kokkupuutes vasega ning liitekohal on mingi elektrolüüt (nt niiskus või vesi), siis galvaanilise korrosiooni mõjul alumiinium sööbib. Sööbimine piirdub tavaliselt vahetu ühenduskohaga, kuid hästi elektrit juhtiva elektrolüüdi puhul võib sööbimine ulatuda ka kaugemale.

Juhtide tavakoormus- ja lühisestemperatuuride alusel jagatakse liited standardi SFS 2663 alusel kahte klassi:

- T1 Liited, mis on mõeldud juhtidele talitlustemperatuuriga kuni 80 °C ja lühise temperatuuriga enamalt 180 °C .
- T2 Liited, mis on mõeldud juhtmetele talitlustemperatuuriga üle 80 °C ja lühise temperatuuriga enamalt 250 °C.

Liited, mis vastavad klassi T2 nõuetele, on tähistatud tähisega T2. PEX- ja paberisolatsiooniga kaablite puhul tuleb kasutada klassi T2 liiteid, et liited ei piiraks kaabli lubatavaid voole.

Kui valida alumiiniumjuhtidele liiteid tuleb jälgida, et klemmil on juhtmetematerjali tähis: Alu või Al. Tähist Alu kasutatakse ainult alumiiniumjuhtidele mõeldud klemmidel ning tähist Al alumiinium-, alumiiniumsulam- ja teras-alumiiniumjuhtide ühendamiseks mõeldud klemmidel. Vaskklemmid alumiiniumjuhtide ühendamiseks ei sobi. Ka alumiiniumjuhtidele mõeldud klemmid ei sobi enamasti vaskjuhtide ühendamiseks, kui need ei ole spetsiaalselt sellel otstarbel kasutamiseks ette nähtud (tähis Cu). Lisaks peab klemmi ristlõikepindala vastama juhi ristlõikele.

Juhtmete paigaldamist hõlbustav alumiiniumjuhtmete lõõmutamine põhjustab ühenduste tegemisel täiendavaid probleeme. Lõõmutamise tulemusel muutuvad alumiiniumjuhtmed paremini painutatavaks, kuid ühtlasi suurenevad ka alumiiniumi venimisprobleemid. Seetõttu tuleb lõõmutatud juhtmete puhul pöörata eriti suurt tähelepanu liidete ja pressitöövahendite valikule, presside seisukorrale ning õigele ühendamistehnoloogiale.

Ümbruse tingimused seavad liidetele omapoolsed nõuded. Tuleb veenduda, et liiteviis sobib oma kasutuskohale (galvaanilise korrosiooni oht), et näiteks kaablikinga kontaktplaadi ava on õige suurusega ja valitud kinga jaoks on piisavalt ruumi. Oluline on, et kaablikinga ei tohi lühemaks lõigata, ega ka kontaktplaadi ava suurendada.

8.5.3 Al- kaablikinga paigaldamine

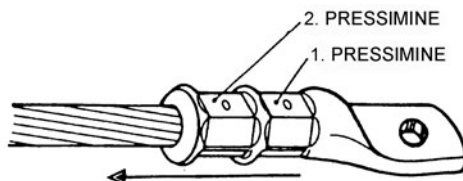
Juhilt kooritakse isolatsiooni kaablikinga hülsi pikkuse jagu ja lisaks veel umbes 5-10 mm võrra, olenevalt kaablikinga suurusest (külmvoolamise oht). Isolatsiooni eemaldamisel tuleb vältida juhile ristisuunaliste sisselõigete tegemist. Need sisselõiked nõrgendavad ühenduskoha lühisetaluvust ja võivad vibratsiooni tõttu aja jooksul põhjustada sealt juhtme katkemise.

Sektorikujulised kaablisooned tuleb kas universaaltangide abil (enne isolatsiooni eemaldamist) või spetsiaalselt selleks ettenähtud ümarduspressiga ümaramaks vormida. Kaablikinga kokkupressimisel tuleb kasutada klemmitootja poolt käsitsemiseks lubatud kaablikinga hüdraulilisi presse ja presstange. Kui kasutatakse erinevate klemmitootjate klemme ja presse, tuleb nende kokkusobivust eraldi testida. Kui klemm nõuab pressimist kaks või enam korda, on õige tööviis alustada kokkupressimist kaablikinga kontaktplaadi poolsest otsast, kui juhises ei ole teisiti öeldud.

Klemmi võib kasutada ainult ühe juhiga ühendamiseks, kui just klemmi ei ole spetsiaalselt ette nähtud mitme juhi jaoks. Klemmi konstruktsiooni ei tohi paigalduskohal muuta. Lühemaks lõikamine ja avade suurendamine on rangelt keelatud.

Kui sama surverakist kasutatakse nii vase kui alumiiniumi puhul, tuleb rakise mokad enne teise materjali töötlemise alustamist puhastada. Mokkade külge võib jääda nt vaske, mis alumiiniumklemmiga kokku puutumisel põhjustab selle korrosiooni.

Hüdraulilised pressid vajavad regulaarset hooldust, mille käigus tuleb täpselt järgida tootja juhiseid.



Joonis 8.6 Õige pressimisjärjekord

Al- kaablikinga ühendamine

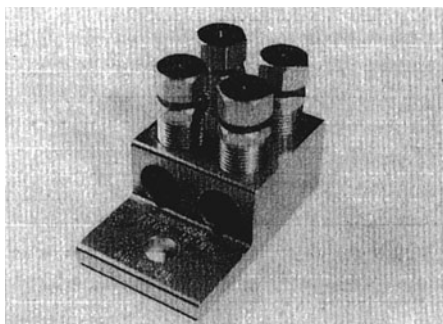
Alumiiniumist kaablikinga võib kuivades ruumides klemmimääret kasutades ja alumiiniumpindu harjates ühendada otse alumiiniumist või vastava pinnatöötlusega vasesse (vasesulamist) ühendusaluse või latiga.

Niisketes ja märgades ruumides, nagu välistingimustes või keldrisse paigaldatud jaotuskilpides ja seadmetes, võib klemmimääret kasutades alumiiniumi ühendada alumiiniumiga ja tinatud vasesse alusega. Muudel juhtudel, kui näiteks aluse pinda ei ole töödeldud, nt hõbetatud, kroomitud või nikeldatud, tuleb kasutada üleminekuklemme.

8.5.4 Momentpeaga poltliited

Klemmide jaoks on antud juhtide ristlõiked, mille jaoks klemm on ette nähtud ning sellest tuleb kinni pidada. Juht tuleb enne poltide lõplikku pingutamist painutada sobivasse asendisse, sest seda ei saa peale lõplikku pingutamist enam liigutada. Klemmide momentpeadega polte pingutatakse näiteks reguleeritava mutrivõtmega (ehk patentvõti, ehk tellitav võti) kuni on saavutatud õige pingutusmoment ja poldi kaelaosa katkeb (joonis 8.7).

Kaablikinga poldil on kaksikpea, mis võimaldab polti ka hiljem pingutada. Kui on vaja kasutada kaht rööpselt ühendatud kaablit, siis kõige parem lahendus selleks on joonisel 8.7 kujutatud kahele juhile ettenähtud poltkinnitusega kaabliking.

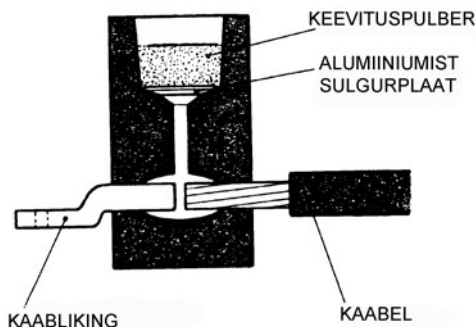


Joonis 8.7 Poltkinnitusega kaabliking

8.5.5 Keevisliited

Viimastel aastatel on üha rohkem hakatud kasutama 800 mm² alumiiniumkaableid. Kaablikinga liitena on kasutatud termiitkeevituse (Cadweld-keevituse) abil ühendatavat mudelit. Selleks läheb vaja grafiitvormi, mille sisse paigutatakse ühendatav kaablisoon ja kaabliking. Vorm suletakse ja alumiiniumist sulgurplaat nihutatakse paika. Sulgurplaadi peale kallatakse keevituspulber. Kui keevituspulber süüdatakse, sulatab kuumus sulgurplaadi ja sulanud keevituspulber valgub keevituskambris, kus kaabliking ja kaablisoon keevitatakse kokku (joonis 8.8).

Termiitkeevitamisel jääb ära kalli pressi kasutamine. Ühe grafiitvormi abil saab teha 50 – 100 ühendust. Töö kavandamisel tuleb meeles pidada, et kaabli ots ja kaabliking peavad olema horisontaalasendis, et niiskuse ühenduse tekkimist kahjulikult mõjutada. Selle meetodi abil saab üksteisega ühendada praktiliselt kõiki juhtide materjalina kasutatavaid metalle.



Joonis 8.8 Termiitkeevitus

8.5.6 Poltliited

Kaablikingade ühendamisel latiga või lattide omavahelisel ühendamisel kasutatakse poltliiteid. Enne poltliite tegemist kaetakse kontaktpinnad õhukeselt klemmimäärdega ja seejärel harjatakse terasharjaga. Harjamisel tuleb alumiiniumi ja vase harjamiseks kasutada eraldi harjasid.

Vask-vask-poltliites kasutatakse tavalisi 8.8 teraspolte ja SFS-standardile vastavaid sirgeid alusseibe. Alumiiniumklemmide käsitlemine on alumiiniumi külmvoolavuse tõttu keerulisem. Pinnasurve peab samuti olema väiksem kui vase puhul. Teraspoldi ja alumiiniumi erineva soojuspaisumise tõttu tuleb ühendamisel kasutada koonussurveiseibe.

Ühendamisel peab vahetult mutri all kasutama standardi SFS 3737 nõuetele vastavat koonussurveiseibi, mis koos õigesti pingutatud poldiga tagab ühenduses piisava surve. Koonussurveiseibi ja poldipea alla paigutatakse standardi SFS 3738 nõuetele vastavad alusseibid. Poldid ja mutrid peavad olema tsingitud ja nende tugevusklass peab poltidel olema vähemalt 8.8 ja mutritel 8 (joonis 8.9).

Joonisel 8.10 on kujutatud alumiiniumliidete puhul sobimatuid alusseibe.

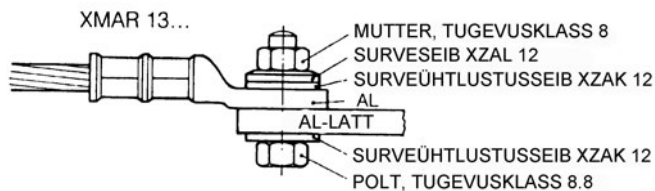
Kui mingil põhjusel (näiteks vähese ruumi tõttu) ühendatakse vaskkontaktplaadiga kaabliking alumiiniumlatiga, tuleb alumiiniumipoolel kasutada surveühtlustusseibi ja koonussurveiseibi (joonis 8.11).

Poldid pingutatakse tabelis 8.2 toodud pingutusmomendiga, kui tootja ei ole andnud muid juhiseid.

Pehme alumiiniumlati korral (E-Al 99,5) kasutatakse tabelis tooduist väiksemaid pingutusmomentide väärtusi. Kui momentvõtit ei ole käepärast, tuleb polt pingutada nii, et koonussurveiseib muutub peaaegu sirgeks.

Tabel 8.2 Õiged pingutusmomendid

Lati materjal	A-AlMgSi(T6)				
Poldi läbimõõt	M6	M8	M10	M12	M16
Pingutusmoment (Nm)	6-9	15-22	30-44	50-75	120-190

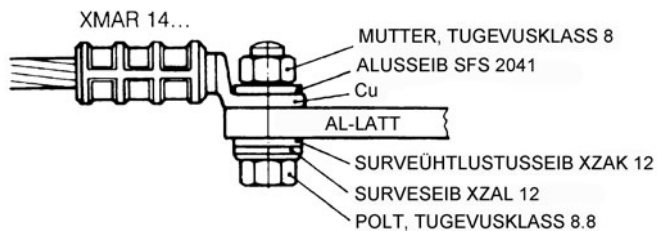


Joonis 8.9 Alusseibide kasutamine

Ei ole mõeldud alumiiniumklemmidele (nt SFS 2017)



Joonis 8.10 Ebasobivaid alusseibe



Joonis 8.11 Alusseibide kasutamine vask-alumiiniumühenduses

8.6 1 kV KAABLI OTSALIITED JA JÄTKUMUHVID

Kuni 1 kV kaablite tarvikud peavad kindlasti vastama kolmele nõudele:

- peavad suutma juhtida sama suuri koormus- ja lühisvoole nagu kaabelgi,
- peavad ära hoidma välise niiskuse sattumise kaablisse,
- nende mehaaniline ja keemiline vastupidavus peab olema vähemalt sama suur, kui kaablilgi.

Elektriline pingetaluvus ei ole kaablitarvikute puhul määrav tegur, sest kasutatavate isoleermaterjalide elektriline tugevus on mitu kilovolti millimeetri kohta. 1 kV tarvikute puhul on rikke põhjustaks väga harva isolatsioonikihi läbilöök, kuid hoopis sagedamini on rikke põhjuseks hooletus paigaldustöödel, mille tulemusel on kas niiskus sattunud tarvikute kontaktpindade vahelt kaablisse ja põhjustanud lühise või on juhtmete ühendused liiga lõdvad ja ülekuumenenud kontakt on rikkunud kogu tarviku.

Kaablitarvikute paigaldamisel tuleb järgida mõningaid reegleid. Õige tarvik valitakse vastavalt kasutuskohale (välis-/sisetingimused) ja kaabliliigile (paberisolatsioon/plastikisolatsioon). Kasutatavad materjalid peavad sobima nii kaabli soone materjali kui ka ühendusalusega materjaliga. Paigaldamisel peab tagama puhtuse, sest mustus, nt tolm ja rasv, halvendavad isoleermaterjali naket kaabli pinnaga ning selle tulemuseks on halb niiskustihendus.

Neutraaljuhi ühendamine tuleb teha eriti hoolikalt, et neutraaljuhi juhtivus ei halveneks. Vasktraatidest koosneva neutraaljuhi jätkamisel ja lõpetamisel tuleb kasutada õige suurusega klemme ja hoolitseda selle eest, et ka spiraalne sidumislint (vasklint) või lindiga võrutud kimp vasktraate) oleks ühendatud. Alumiiniummantel (-kest) tuleb ühendada kasutades selleks ettenähtud mantliliidet.

Tarvikute juures kasutatakse peamiselt kahte tüüpi isoleermaterjale: valuplastikut ja termokahanevat plastikut.

Valuplastikuna on kasutusel polüuretaan, mis tarnitakse kahekomponendilises pakendis. Pakendis on vahekiht, mis eraldab plastikut ja kõvendit. Kui suruda purgi kumerat kaant peopesaga, lõhub lõiketera vahekihi ning plastik ja kõvendi segunevad. Umbes minuti pärast tuleb pakendit hoolikalt raputada, kuni pakend muutub soojaks, soojuste teke viitab kõvenemisreaktsiooni käivitumisele. Valuplastik kõveneb kiiresti ja pinge võib kohe peale valamise lõpetamist sisse lülitada.

Valuplastiku pakend on tööohutuse seisukohalt turvaline, sest plastiku ja kõvendi ühendamine ja segunemine toimuvad suletud purgis.

Valuplastik täidab hästi kõik tarviku õhutühemikud ja õõnsused ning tihendab vee-kindlalt ka kaabli soone ja liite tarvikud. Seetõttu kasutatakse valuplastikut paberisolatsiooniga kaablite omavahelistes ning paber- ja plastisolatsiooniga kaablite vahelistes kombineeritud ühendustes. Kõvenenud valuplastik jääb elastseks, mis annab sellele materjalile väga head isoleerivad omadused. Ühtlasi toimib materjal ka tõmbetakistina.

Termokahanev plastik on eelpaisutatud polüolefiin, mis kahaneb leegi või kuuma õhupuhuri abil umbes +120 °C temperatuuril. Plastiku sisepinnal kasutatakse soojuse mõjul sulavat liimi, mis nakkub kaabli kesta külge.

Termokahaneva plastiku kahanemissuhe diameetri suhtes on umbes 1:3 ja seinapak-sus kahaneb umbes 1-2 mm.

Termokahanevast plastikust detailid paigutatakse kaabli peale, tehakse vajalikud liite-ühendused, nihutatakse termokahanevast plastikust osad liitekohtade peale ja lõpuks kahandatakse plastikust osi neid igast küljest kuumutades. Pinge võib kohe sisse lülitada, kuid mehaanilist koormust talub plastik pärast temperatuurini ca +30 °C jah-tumist.

Termokahaneval plastikul on laialdased kasutusvõimalused ja paigaldamine on hõl-bus, kuid teatud juhtudel piiravad vedelgaasipõleti kasutamine ja kuuma plastiku pehmus selle plastiku kasutamist.

Plastisolatsiooniga kaablile võib kuivades siseruumides otsaliite ühendada ilma spet-siaalse tarvikuta, kuid niiskes, märjas või sööbivaid aineid sisaldavas ruumis tuleb plastkaabel varustada kaitsva otsamuhviga.

8.7 LIITEKOHTADE HOOLDUS JA SEISUKORRA KONTROLL

Peale paigaldamist tuleb jõukaabli trass üle kontrollida ja veenduda, et kaabel on lait-matus korras. Samal ajal kontrollitakse ka läbiviikude seisukorda: kontrollitakse ti-hendeid ja kontrollitakse, et kaabel ei puutuks kokku teravate servadega esemete või plaatidega. Kui täheldatakse kahjustusi, tuleb need kohe kõrvaldada.

Peale paigaldamist võidakse mõõta kaabli isolatsioonitakistust. Mõõtmistulemusi võib hiljem kasutada võrdlusmaterjalina kordusmõõtmistel saadud tulemuste hinda-misel. Lisaks võib kaablitele teha ka kõrgepinge teimi ja mõõta lekkevoole.

Töökindluse seisukohalt on kõige olulisem kaablite liitekohtade kontroll ja kaabli otsamuhvide regulaarne puhastamine. Ühendusliidetes kontrollitakse korrosiooni-kahjustuste puudumist ning kas klemmliited pole lõdvenenud ega seisukord muul viisil halvenenud. Parim viis liidete seisukorra kontrollimiseks on termokaamera kasu-tamine. See meetod tuvastab halvenenud seisukorraga liitekohta, kuna see on ümb-rusest kõrgema temperatuuriga. Termokaamerat saab kasutada pingestatud talitlevas paigaldises. Kuvamist termokaameraga on soovitatav korrata 1-3 aastase intervalliga, olenevalt liitekohta tähtsusest.

Otsaliidete hoolduse käigus kontrollitakse juhtide otsi visuaalselt, puhastatakse ning kontrollitakse klemmide seisukorda ja pingutatust. Samaaegselt tuleb ka maanduste seisukorda kontrollida.

8.8 MAANDURI LIITED

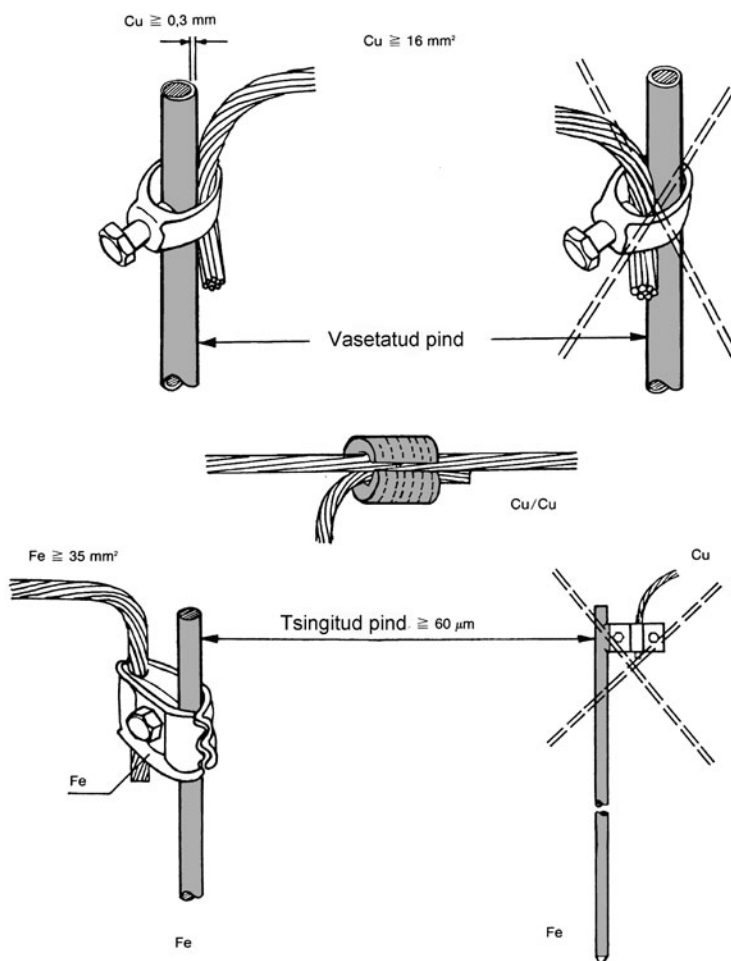
8.8.1 Üldist

Maanduri olulised osad on liited, mille abil juhid ühendatakse maanduselektroodidega, üksteisega ning seadmetega. Klemmid ja nende abil tehtud liited peavad toimima kõikides käiduolukordades usaldusväärselt.

8.8.2 Pinnases olevad liited

Pinnasesse paigaldatavad liited tehakse enamasti press- või keevisliidetena. Vasest köisjuhtmete puhul saadakse töökindel ühendus näiteks nn C-pressklemmi abil.

Poltliidete paigutamine pinnasesse ei ole soovitatav, sest nende korrosioonitundlikkus on suurem kui teistel ühendusviisidel. Kui poltliidet siiski kasutatakse, peavad



Joonis 8.12 Pinnasesse paigaldatavate sobivate ja mittesobivate liidete näiteid

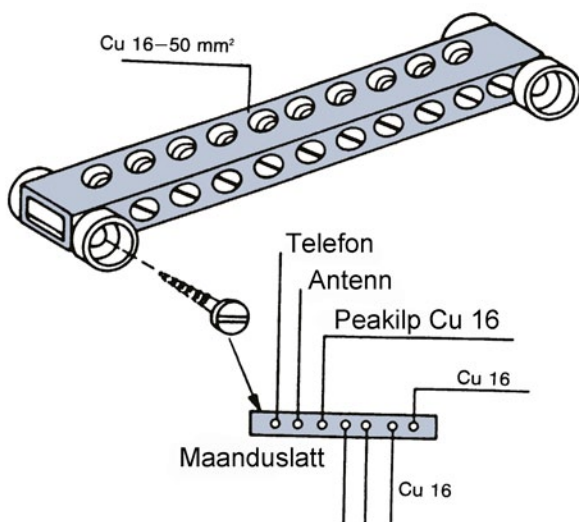
klemm, kruvi ja ka mutter olema ühendatavate detailidega samast materjalist või siis tuleb ühenduskoht kaitsta hermeetiliselt, näiteks valuplastikusse valamise teel. Seetõttu ei jätkata tsingitud terastrossi (maanduselektroodi) ega tehta sellele ka haruühendusi pinnases, vaid ühenduskoht tehakse näiteks õhuliini masti küljes. Näiteid ühendusviiside kohta on toodud joonisel 8.12.

8.8.3 Muud liited

Peamaandus- või potentsiaaliühtlustuslatid, kui nendega ühendatakse lisaks vaskjuhtidele ka alumiiniumjuhte, peavad olema tinatatud vasest.

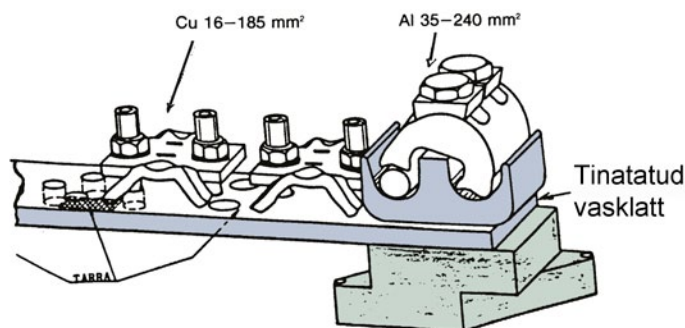
Kui üksteisega tuleb ühendada erinevaid materjale, tehakse liitekohad mõjutuste eest kaitstud ja hästi ligipääsetavas kohas. Näiteks betooniarmatuuri ühendamine maandusjuhiga tehakse selleks sobiva klemmi abil ja ühenduskoht viimistletakse klemmitootja antud juhiseid järgides. Betooni terasarmatuur on soovitatav välja tuua peamaanduslati lähedal, siis saab ühenduskohta kontrollida samal ajal, kui kontrollitakse peamaanduslati ühendusi. Vask- ja alumiiniumjuhtide omavahel vahetu ühendamine ei ole soovitatav ka kuivas ruumis.

Alumiiniumjuhtide liiteid, võrreldes vaskjuhtidega, on muidu ka tunduvalt keerulisem teha, sest alumiiniumil esineb külmvoolavus. Seetõttu võib alumiiniumjuhid ühendada ainult sellist klemmide või kaablikingadega, millel on juhi metalli märkiv tähis Al või Alu. Nendel Al-klemmidel on lisaks õigele klemmimaterjalile ka oluliselt väiksem pinnasurve kui Cu-klemmidel ja selline konstruktsioon, kus on arvestatud võimalikku külmvoolavust. Näiteks joonisel 8.13 kujutatud latt, kus kruvi surub vahetult juhet, sobib ainult vaskjuhtmete ühendamiseks.



Joonis 8.13 Peamaanduslatt ainult 16...50 mm² vaskkõisjuhtmete jaoks.

Joonisel 8.14 kujutatud tinatatud vasklatt sobib ka alumiiniumjuhtide ühendamiseks. Al-kaablikingad ühendatakse lattidega tsingitud teraspoltidega tootja juhiseid järgides. Näiteks 50 mm² suuruse Al-kaablikingale kontaktile piisava surve saavutamiseks on sobiv kasutada 10 mm polti, kuid 95 mm² nõuab juba 12 mm poldi kasutamist. Teraspoldi ja alumiiniumi erineva soojuspaisumise tõttu on väga oluline, et Al-kaablikingade puhul kasutatakse ka koonussurveisebe ning surveühtlustusseibe.



Joonis 8.14 Peamaanduslatt, millega võib ühendada nii alumiiniumist kui ka vasest köisjuhtmeid.

KIRJANDUS:

- | | |
|---|---|
| – ST 51.09 Sähkötekniset liitokset alle 1000 V vaihtovirta-asennuksissa | ST 51.09 Elektrotehnilised ühendused alla 1000 V vahelduvvoolu paigaldistes |
| – D1-2006 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista | D1-2006 Ehitiste elektripaigaldiste käsiraamat |