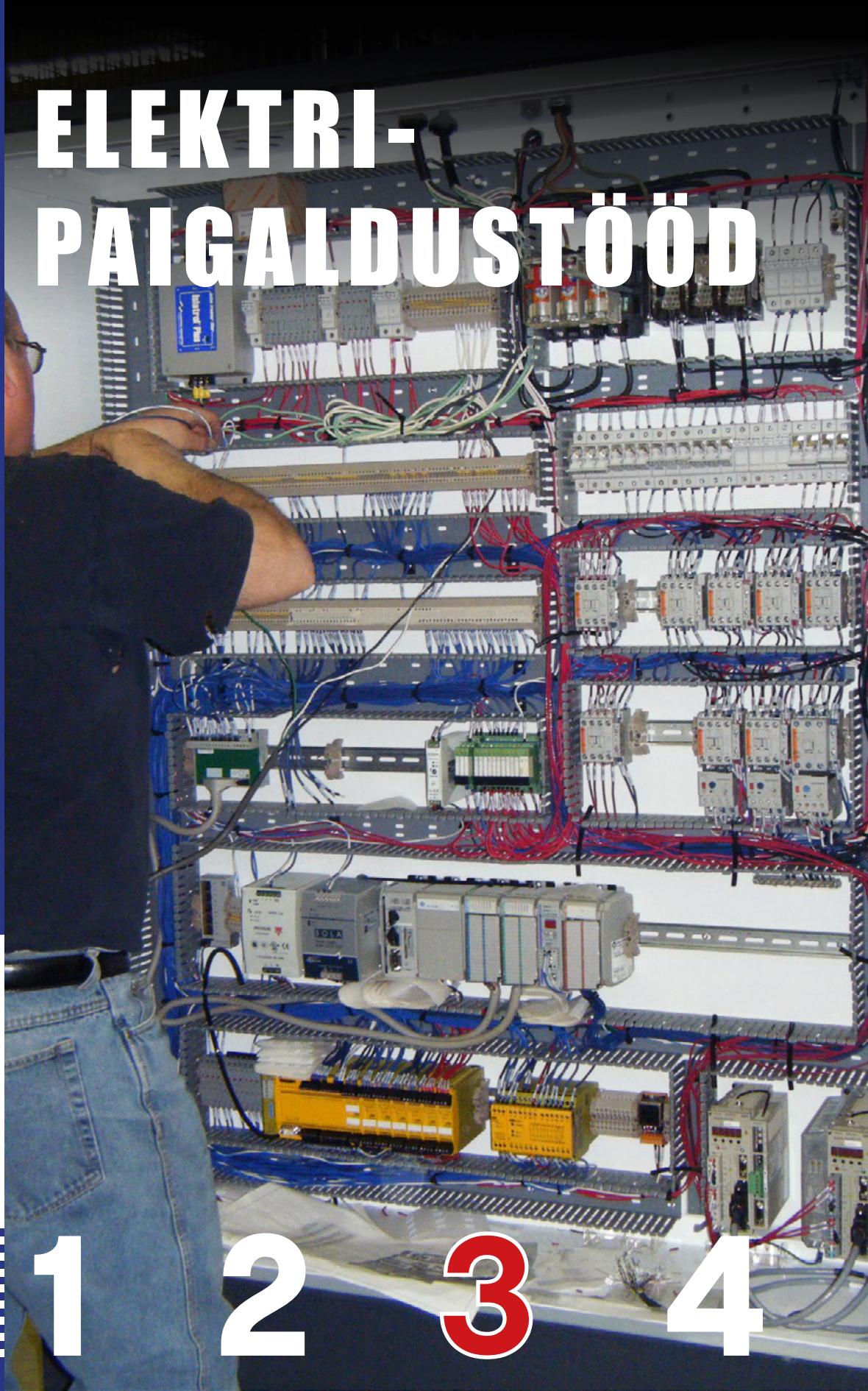
ELEKTRI-PAIGALDUSTÖÖD



1 2 3 4

KUTSEHARIDUSE SISSIINE ARENDAMINE 2006 - 2013
Eesti tuleviku heaks
Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond

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)

III RAAMAT
Tõlge eesti keelde Madis Lehtla
Tõlgitud teksti erialane ekspertiis Arvo Kübarsepp
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 978-9949-487-50-9 (3. osa)

Selle õppematerjali koostamist toetas Euroopa Liit

EESSÕNA

Käesolev raamatusari käsitleb elektriseadmete paigaldusnõudeid -juhiseid elektripaigaldiste praktiliseks ehitamiseks hoonetesse ja rajatistesse. Raamatusarja sisu on koondatud ühte neljaosalisse raamatusarja. Raamatusarjas on arvesse võetud kõik kehtivad asjakohased seadused ja nende rakendusaktid, elektriseadmeid ja –paigaldisi käsitlevad standardid ning enamlevinud praktilised paigaldustavad.

Elektripaigaldiste kolmandas raamatus käsitletakse mootoreid, sagedusmuundureid, trafosid ja elektrialajaamasid, reaktiivvõimsuse kompenseerimist, masinate elektriseadmeid, potentsiaalselt plahvatusohtliku keskkonna elektriseadmeid, hoonete elektripaigaldiste pikse- ja liigpingekaitset ning elektripaigaldiste kontrollimist.

Me loodame, et raamat on võimalikult kasulik nii elektriala spetsialistidele hoonete elektripaigaldisi käsitleva käsiraamatuna kui ka õpikuna elektriala kutseõppeasutuste õpilastele.

November 2009

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

SISUKORD

17 LÜHISROOTORIGA ASÜNKROONMOOTORID ... 8
17.1 Üldist ... 8
17.2 Koormus ja talitlusviisid ... 10
17.3 Võimsustegur ... 13
17.4 Mootori jahutus ... 14
17.5 Mootorite mõõtmete ja võimsuse standardid ... 16
17.6 Ehitus- ja paigaldusviis ... 19
17.7 Klemmkarbid ... 21
17.8 Klemmide tähistus ... 21
17.9 Pöörlemissuund ... 25
17.10 Kaabli ühendamine ... 25
17.11 Mootorite kaitse ... 26
17.12 Mootori käivitamine ... 27
17.13 Jaotusvõrkude haldamisega seatud piirangud ... 29
17.14 Mootorite kasutuselevõtt ja hooldus ... 29
17.15 Skeemide näited ... 31

18 SAGEDUSMUUNDURID ... 36
18.1 Sagedusmuundurite ehitus ja tööpõhimõte ... 36
18.2 Sagedusmuundurid kasutamine tööstuses ... 37
18.3 Elekterajami valik ... 38
18.3.1 Üldist ... 38
18.3.2 Koormuse liigid ... 40
18.4 Sagedusmuunduriga seotud tehnilised lahendused ja rakendused ... 42

19 ALAJAAMAD JA TRANSFORMAATORID ... 47
19.1 Sissejuhatus ... 47
19.1.1 Alajaamasid käsitlevad sätted ja suunised ... 48
19.2 Alajaama põhimõtteskeemi näide ... 49
19.3 Keskpingeaparatuuri eletrilised omadused ... 51
19.4 Alajaama ruumilahendus ... 51
19.4.1 Ehitus- ja tuleohutusnõuded ... 52
19.4.2 Lühisvoolu kaarleegist põhjustatud lööklaine ... 53
19.5 Eraldiasuvad alajaamad - asukohavalik tuleohu seisukohast ... 54
19.6 Alajaama maandamine ... 54
19.7 Trafod ... 59
19.7.1 Õlitrafod ... 59
19.7.2 Kuivisolatsiooniga trafod ... 60
19.7.3 Trafo valik ... 60
19.7.4 TRAFODE TEHNILISED OMADUSED ... 61
19.8 ALAJAAMA MAGNETVÄLI ... 65

20 REAKTIIVVÕIMSUSE KOMPENSEERIMINE ... 67
20.1 Miks on vaja kompenseerida? ... 67
20.2 Üldpõhimõtted ... 68
20.3 Kompenseerimise tehnilised mõjud ... 68
20.3.1 Võrgu edastusvõimsuse suurendamine ... 68
20.3.2 Kompenseerimine vähendab kadusid ... 69
20.3.3 Kompenseerimine vähendab pingelangu ... 71

20.3.4 Kõrgemate harmooniliste filteerimine vähendab pulsatsiooni ja moonutustegurit (thd) ... 71
20.4 Kompenseerimise rakendamine ... 71
20.4.1 Üldist ... 71
20.4.2 Kompenseerimiskoha valiku majanduslikud alused ... 72
20.4.3 Kompenseerimine alajaamas ... 73
20.4.4 Kompenseerimine jaotusvõrgus keskpingel ... 74
20.4.5 Trafokadude kompenseerimine ... 74
20.4.6 Kompenseerimine madalpingepaigaldistes ... 75
20.5 Dimensioonimine ja valik ... 78
20.5.1 Kompenseerimisseadise andmed ... 78
20.5.2 Kompenseerimisseadme tehnilise lahenduse näide ... 80
20.5.3 Kompenseerimisviisi valik ... 81
20.6 Kompenseerimise juhtimine ... 82
20.7 Kompenseerimisseadmed ja võrgu programmjuhtimisseadmed ... 83

21 MASINATE ELEKTRISEADMED ... 84
21.1 Masinate elektriseadmeid käsitlevad normid ... 84
21.2 Masinate elektrseadmeid käsitlevad standardid ... 86
21.3 Masina tellimisel kasutatavad elektrilised kirjeldused ... 89
21.4 Masina toidet puudutavad elektrilised kirjeldused ... 90
21.5 Masinaohutusega seotud lülitusaparaadid ... 91
21.5.1 Masina toitevõrgust lahutamine ... 91
21.5.2 Käivitamine ... 92
21.5.3 Ootamatu käivitumise blokeerimine ... 93
21.5.4 Elektriahelate kaitselahutuslülitid ... 95
21.5.5 Hädaseiskamine ... 95
21.6 Masina elektriseadmete kasutuselevõtmine ... 97
21.6.1 Rikkekaitse toiteahela automaatse väljalülitamisega ... 98
21.6.2 Isolatsioonitakistuse mõõtmine ... 99
21.6.3 Pingeteim ... 99
21.6.4 Jääkpinge kaitse ... 99
21.6.5 Talitluskatsed ... 100
21.6.6 Ümberehituskatsed ... 100
21.7 Näide masina kasutuselevõtukontrollist, kontrollimeelespea ... 101
21.8 Hoonetesse paigaldatavate masinate kasutuselevõtmine ... 101

22 Plahvatusohtliku keskkonna elektriseadmed ja paigaldised ... 103
22.1 Sissejuhatus ... 103
22.2 Keskkonnaolusid käsitlevad normid ... 104
22.2.1 Keskonna hindamise dokumenteerimine ... 104
22.2.2 Ühised töökohad ... 105
22.3 Standardid ... 105
22.4 Tsoonide liigitus ... 105
22.4.1 Üldist ... 105
22.4.2 Tsoonide määramise vajadus ja läbiviija ... 105
22.4.3 Tuleohtlikke vedelikke või gaase sisaldavate tsoonide liigitus ... 106
22.4.4 Tolmune keskkond ... 109
22.4.5 Lõhkeainete ruumid ... 111

22.5 Elektriseadmete paigaldusnõuded plahvatusohupiirkonnas 112
22.5.1 Põhitingimused 112
22.5.2 Projekteerimine 114
22.5.3 Kaabeldus 116
22.5.4 Kütteseadmete paigaldised 117
22.5.5 Liigvoolukaitse 117
22.5.6 Kaitsemaandus ja potentsiaaliühtlustus 118
22.5.7 Hädateavitamine ja hädaväljalülitamine 120
22.5.8 Dokumenteerimine 120
22.6 Plahvatuskaitseviisid 121
22.6.1 Üldist 121
22.6.2 Plahvatusrõhukindel ümbris (kere), exd 122
22.6.3 Plahvatust takistava ehitusega seadmed, exe 123
22.6.4 Sädemeohutu ehitusega seadmed, exi 124
22.6.5 Õlitäitega seadmed, exo 125
22.6.6 Kaitseventileeritavad seadmed, exp 126
22.6.7 Pulbertäidisega seadmed, exq 127
22.6.8 Valutäitega seadmed, exm 127
22.6.9 Plahvatuskaitseviis “n”, exn 127
22.6.10 Eriseadmed, exs 127
22.6.11 Märgistamine 128
22.7 Seadmete valik plahvatusohtlikus keskkonnas 130
22.7.1 Üldist 130
22.7.2 Tuleohtlikud vedelikud, gaasid, aurud ja sudu 130
22.7.3 Seadmete valik tolmplahvatusohtlikes piirkondades 133
22.7.4 Lõhketarvikute ruumid 133
22.8 Ex-tootestandardite mõju paigaldusnõuetele 134
22.8.1 Ümbrustemperatuur 134
22.8.2 Ümbrise kaitseaste 134
22.8.3 Kaabli läbiviigud 135
22.8.4 Exd-seadmete paigalduskoha valik ja kaitse 137
22.8.5 Exe- kaitseviisiga mootori temperatuurikontroll 137
22.8.6 Valgustid 140
22.9 Sagedusmuunduriga ajamid 140
22.10 Riskide hindamise variantmeetod ning ex-seadmete plahvatuskaitsetasemed (epl) vastavalt standardile evs-en 60079-14 142
22.10.1 Sissejuhatus 142
22.10.2 Üldist 142
22.10.3 Gaasid (II seadmerühm) 142
22.10.4 Tolm (I seadmerühm) 143

23 PIKSE- JA LIIGPINGEKAITSE 145
23.1 Piksekaitse regulatsioon 146
23.2 Väline piksekaitsesüsteem 148
23.2.1 Võrkmeetod 149
23.2.2 Kaitsenurgameetod 149
23.2.3 Kerameetod 149
23.2.4 Piksekaitse rakendamine 151
23.3 Piksekaitse sisesüsteemid 155

23.4.1 Elektriseadmete liigpingetaluvus 157
23.4.2 Liigpingekaitse vajalikkus 158
23.4.3 Liigpingekaitse rakendamine 159

24 ELEKTRIPAIGALDISTE KASUTUSELEVÕTUKONTROLL 162
24.1 Üldist 162
24.2 Elektripaigaldise visuaalkontroll 163
24.3 Katsetamine 169
24.3.1 Üldist 169
24.3.2 Pingevabade ahelate mõõtmised 170
24.3.3 Kaitsejuhtide katkematuse kontrollimine 170
24.3.4 Isolatsioonitakistuse mõõtmine 175
24.3.5 Pingestatud ahelate mõõtmised 183
24.3.6 Rikkevoolukaitse talitluse kontrollimine 186
24.3.7 Muud kontrollimeetmed 186
24.3.8 Kasutuselevõtukontrolli aruanne 187

17

LÜHISROOTORIGA ASÜNKROONMOOTORID

17.1 ÜLDIST

Rahvusvaheline Standardimisorganisatsioon IEC (International Electrotechnical Commission) on avaldanud elektrimasinate paigaldusmõõtmete standardisarja ning määratlenud vastavad masinate suurust väljendavad tähised. Need on esitatud Euroopa Standardimisorganisatsiooni CENELECi harmoneerimisdokumendis HD 231. Masinad, millel on sama standardile vastav tähis, on ka samade paigaldusmõõtmetega ning omavahel vahetatavad. Nii saab samas mootori paigalduskohas (masinas) kasutada mistahes tootja standardsarja mõõtude järgi toodetud mootorit. Samuti ei nõua mootori vahetamine muudatusi uue mootori kinnitamiseks või seadmega ühendamiseks.

Arvuliselt suurima elektrimootorite rühma moodustavad lühisrootoriga asünkroonmootorid. Neid valmistatakse nii ühe- kui kolmefaasilistena. Tänu mootorite juhtimis- ja reguleerimistehnika arengule sobivad need praegu väga paljude erinevate rakenduste puhul.

Soovitusi mootorite kasutegurite kategooriatest

Kasutegurite liigitamise eesmärgiks on anda nende ostjatele ja kasutajatele lihtsal ja selgel moel teavet mootorite tõhususest Euroopas. Kasutegurite kategooriad hõlbustavad ka eri tootjate mootorite tõhususe võrdlemist.

Kasutegurite liigitamisel kasutatakse kolme kategooriat: EFF1-EFF3. Nende abil julgustatakse tootjaid parandama mootorite kasutegurit.

Kasuteguri määramisel juhindutakse standardist EVS-IEC 60034-2-1:2007.

Soovitus kehtib 2- ja 4-pooluseliste kolmefaasiliste lühisrootoriga asünkroonmootorite kohta, nimivõimsusega 1,1-90 kW , nimipingel 400 V ja –sagedusel 50 Hz , mis on ette nähtud kasutamiseks kestevtalitluses (talitlusviis S1).

Euroopas rakendatud EFF-liigituse tõttu on madalaima, ehk EFF3-klassi mootorid, praktiliselt Euroopa turult kadunud .

Erinevate mootorite kasutegurid on koondatud EURODEEM-nimelisse andmebaasi, mida avaldab Euroopa Liit ja mis on nähtav internetis, aadressil http://iamest.jrc.it/projects/eem/eurodeem.htm

Tabel 17.1. Euroopa Liidus rakendatavad kasutegurite kategooriad.

Nimivõimsus kW	2-pooluselise mootori kasuteguri piirväärtused		4-pooluselise mootori kasuteguri piirväärtused	
	EFF2/EFF3	EFF1/EFF2	EFF2/EFF3	EFF1/EFF2
1,1	76,2	82,8	76,2	83,8
1,5	78,5	84,1	78,5	85,0
2,2	81,0	85,6	81,0	86,4
3	82,6	86,7	82,6	87,4
4	84,2	87,6	84,2	88,3
5,5	85,7	88,6	85,7	89,2
7,5	87,0	89,5	87,0	90,1
11	88,4	90,5	88,4	91,0
15	89,4	91,3	89,4	91,8
18,5	90,0	91,8	90,0	92,2
22	90,5	92,2	90,5	92,6
30	91,4	92,9	91,4	93,2
37	92,0	93,3	92,0	93,6
45	92,5	93,7	92,5	93,9
55	93,0	94,0	93,0	94,2
75	93,6	94,6	93,6	94,7
90	93,9	95,0	93,9	95,0

Ülemaailmne kasutegurite klassifikatsioon põhineb rahvusvahelisel standardil IEC 600340-30:2008, mille eesmärk on ühtlustada mootorite kasutegurite kategooriad vastavalt rahvusvaheliselt tunnustatud IE-liigitusele (*International Efficiency*).

Tabel 17.2. Rahvusvahelise IE-liigituse ja Euroopa EFF-liigituse vastavustabel.

Kasutegur	Rahvusvaheline IE-liigitus	Vastav Euroopa EFF-liigitus
Väga kõrge kasutegur	IE3	"Premium"
Kõrge kasutegur	IE2	EFF1
Tavaline kasutegur	IE1	EFF2

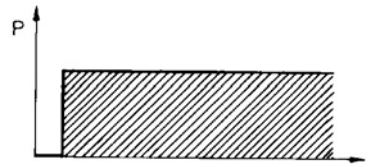
Lisaks on IEC standardis tuleviku tarbeks käsitletud ka klassile IE3 järgnevat klassi IE4 (Super Premium Efficiency). Klassile IE4 vastavad tooted pole veel kaubanduslikult kättesaadavad.

Uut liigitust kohaldatakse 0,75-375 kW võimsusega 2-, 4- ja 6-pooluseliste kolmefaasiliste lühisrootoriga asünkroonmootorite puhul, mille pinge on kuni 1000 V, sagedus 50 või 60 Hz ja mis on ette nähtud kestvaks talitluseks (talitlusviis S1) või vaheajaliseks talitluseks (talitlusviis S3), mille puhul suhteline lülituskestus on 80% või suurem.

17.2 KOORMUS JA TALITLUSVIISID

Mootorite erinevaid talitlusviise S1-S10 kirjeldatakse standardis EVS-EN 60034-1. Talitlusviisid määravad mootorite tootja poolt garanteeritud lubatava koormuseetteantud kestusel. Vastava mootori talitlusviisi kirjeldav tunnus, talitlusviisi lühend S1-S10, märgitakse mootori andmesildile.

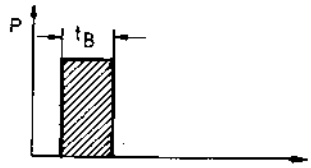
Talitlusviis S1- kestevtalitlus



Mootorit võib koormata konstantse nimikoormusega piisavalt pika aja jooksul.

Talitlusviisi lühend on S1

Talitlusviis S2- lühiajaline talitlus



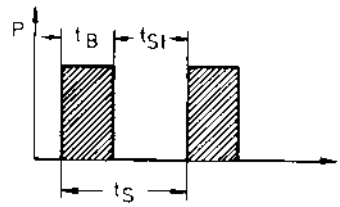
Mootorit saab konstantsel nimikoormusel koormata etteantud kestusega lühiaja jooksul, mil mootori mähised ei jõua kuumeneda lubatava lõpptemperatuurini. Igale talitlusperioodile järgneb piisavalt pikk puhkeseisund, et mootor jõuaks jahtuda ümbritseva õhu temperatuurini. Soovituslikud talitluskestused on 10, 30, 60 või 90 min.

Talitlusviisi lühend on S2, millele lisatakse talitluse kestus

Näide: S2 60 min.

Talitlusviis S3-vaheajaline talitlus

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, millest igaüks koosneb püsikoormusega talitlemise ajast ja puhkeseisundi ajast. Talitlemisperioodi kestel lõpptemperatuuri ei saavutata. Käivitusvool ei mõjuta märkimisväärselt soojenemisprotsessi.

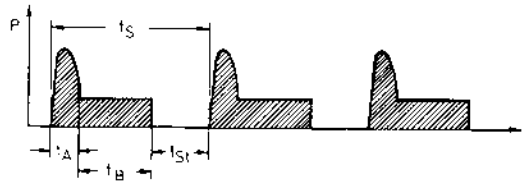


Antud talitlusviisi iseloomustab suhteline lülituskestus, mis on mootori koormuskestuse t_B ja kogu talitlustsükli kestuse ($t_B + t_{st}$) protsentuaalne suhe (15, 25, 40 või 60%). Talitlusviisi lühend on S3, millele lisatakse suhtelise lülituskestuse väärtus

Näiteks: S3 25%.

Talitlusviis S4-vaheajaline talitlus käivitusega

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, , millest igaüks koosneb käivitusajast, püsikoormusega talitlemise ajast ja puhkeseisundi ajast. Koormusaja jooksul lubatavat lõpptemperatuuri ei saavutata. Mootor seiskub loomuliku aeglustumise ehk vaba väljajooksuga või mehaanilise piduriga, mis ei koorma mootorit termiliselt.

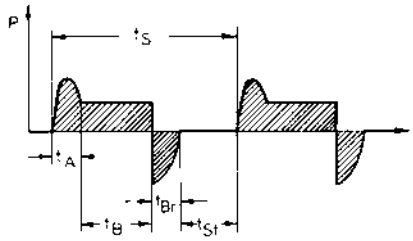


Talitlusviisi lühend on S4, millele lisatakse suhtelise lülituskestuse, mootori inertsimomendi (J_M) ja koormuse inertsimomendi (J_{ext}) väärtus, kusjuures mõlemad inertsimomendid on taandatud mootori võllile.

Näide: S4 25% $J_M = 0{,}1$ kg m^2 $J_{ext} = 0{,}15$ kg m^2

Talitlusviis S5-vaheajaline talitlus elektrilise pidurdusega

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, millest igaüks koosneb käivitusajast, püsikoormusega talitlemise ajast, elektrilise pidurduse ajast ja puhkeseisundi ajast. Koormusaja kestel lõpptemperatuuri ei saavutata.



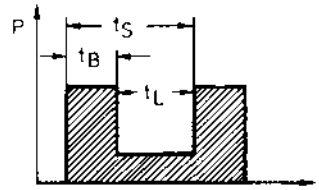
Pidurdamiseks kasutatakse elektrilist pidurdust, nt vastulülituspidurdust (vastuvoolupidurdust).

Talitlusviisi lühend on S5, millele lisatakse suhtelise lülituskestuse, mootori inertsimomendi (J_M) ja koormuse inertsimomendi (J_{ext}) väärtus, kusjuures mõlemad nertsimomendid on taandatud mootori võllile.

Näide: S5 - 40%J_M = 1,3 kg m^2 J_{ext} = 2,6 kgm^2

Talitlusviis S6- tühijooksuga vahelduv talitlus

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, millest igaüks koosneb püsikoormusega talitlemise ajast ja tühijooksuajast. Koormusaja kestel lõpptemperatuuri ei saavutata. Suhtelist koormuskestust iseloomustatakse püsikoormusega talitlemise aja t_B ja kogu tsükli kestuse t_s suhtena protsentides (15, 25, 40 või 60%).



Näide: S6 60%.

Talitlusviis S7- Pidev tsükliline talitlus elektrilise pidurdusega

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, millest igaüks koosneb käivitusajast, püsikoormusega talitlemise ajast ja elektrilise pidurduse ajast näiteks vastulülituspidurdus. Koormusaja kestel lõpptemperatuuri ei saavutata.

Talitlusviisi lühend on S7, millele lisatakse mootori inertsimomendi (J_M) ja koormuse inertsimomendi (J_{ext}) väärtus, mis mõlemad on taandatud mootori võllile.

Näide: S7 J_M = 0,4 kg x m2 J_{ext} = 7,5 kg x m2

Talitlusviis S8- pidev tsükliline koormus- ja kiirusmuutlik talitlus Peatusteta arv perioodiline kasutamine

Mootorit kasutatakse perioodiliselt ühesuguste tsüklitena, millest igaüks koosneb talitlemise ajast ühel püsikoormusel ja sellele vastaval seadekiirusel, millele järgneb üks või mitu ajavahemikku teistsuguste koormuste ja kiirustega. Koormusaja kestel lõpptemperatuuri ei saavutata.

Niisugune talitlusviis on tüüpiline näiteks muudetava pooluspaaride arvuga mootorite puhul.

Talitlusviisi lühend on S8, millele lisatakse mootori inertsimomendi (J_M) ja koormuse inertsimomendi (J_{ext}) väärtus, mis mõlemad on taandatud mootori võllile, ning iga koormusolukorra kohta masina koormus, kiirus ja suhteline koormuskestus.

Näide: S8 J_M = 0,5 kg x m2 J_{ext} = 6 kg x m2 16 kW 740 1/min 30 %
40 kW 1460 1/min 30 %
25 kW 980 1/min 40 %

Koormuse ja pöörlemiskiiruse kombinatsioonid tähistatakse selles järjekorras, nagu need esinevad tegelikul talitlusel.

Talitlusviis S9-mittetsükliline koormus- ja kiirusmuutlik talitlus

Mootorit kasutatakse tingimustes, kus koormus ja kiirus muutuvad lubatud piirides mittetsükliliselt. Niisuguse talitluse puhul arvestatakse võimalikke sagedasi nimikoormust märkimisväärselt ületavaid ülekoormusi. Ülekoormamise võimalusega tuleb arvestada mootori võimsuse valikul.

Talitlusviisi lühend on S9.

Talitlusviis S10- kindlate püsikoormuste ja kiirustega talitlus

Talitlus koosneb kuni neljast erineva püsikoormusega ja nendele vastavate kiirustega osaperioodist. Kasutusaeg iga püsikoormuse ja kiiruse kombinatsioonil on piisavalt pikk, et saavutatakse mootori lõpptemperatuur.

Talitlusviisi lühend on S10.

17.3 VÕIMSUSTEGUR

Asünkroonmootorid tarbivad pöörlemise ajal magnetvälja tekitamiseks reaktiivvõimsust Q. Võrgust tarbitava aktiivvõimsuse P arvelt teeb mootor tegelikku tööd. Siinuseliste voolude ja pingete korral avaldub tarbitav aktiivvõimsus valemist

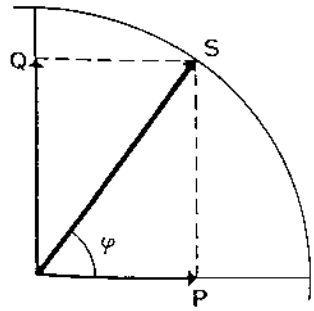
$$P_1 = \sqrt{3}\, U\, I \cos\varphi$$

kus:

P_1 elektriline võimsus vattides (W),
U liinipinge voltides (V),
I liinivool amprites (A),
cosφ - pinge ja voolu vaheline faasinihke nurk, e võimsustegur.

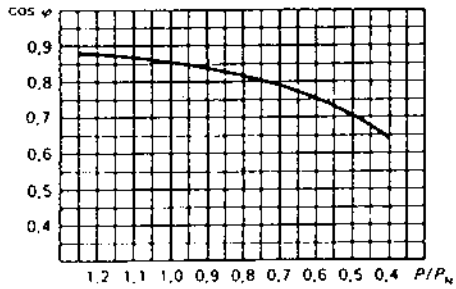
Kui pinge ja voolu vaheliseks faasinihkeks on nurk, mille suurus (vt joonis 17.1) on φ, siis on võimsustegur arvutatav ka aktiivvõimsuse P ja näivvõimsuse S (koguvõimsuse S) suhte abil. See suhe on cosφ Mehaaniliseks tööks muudetav võimsus leitakse näivvõimsuse S kaudu järgmise valemi abil

$$P = S \times \cos\varphi.$$



Joonis 17.1. Faasinihe.

Elektrimootori võimsustegur sõltuvalt mootori võimsusest on tavaliselt 0,8. Mootori võimsustegur langeb koormuse vähenedes (vt joonis 17.2). Elektripaigaldistes, mehhanismidel ja seadmetel, kus on palju reaktiivvõimsust tarbivad mootoreid, on reaktiivvõimsuse osakaal suur ning sellest tulenevalt on summaarne võimsustegur väike. Mõningatel juhtudel nõuab jaotusvõrgu haldur võimsusteguri korrigeerimist. Sel juhul on näiteks vaja võrku ühendada kondensaatorid, millega saab võimsustegurit parandada. Kolmefaasiliste mootorite reaktiivvõimsuse tarve on umbes 0,5-1 kvar/1 kW kohta, sõltuvalt mootori pöörlemiskiirusest, ja koormusest. Suurem osa vajalikust reaktiivvõimsusest saadakse mootori juurde paigutatud kondensaatorist, mis ühendatakse mootori või mootorikäiviti klemmidega.



Joonis 17.2. Mootori võimsustegur väheneb koormuse vähenedes.

17.4 MOOTORI JAHUTUS

Mootorid peavad olema paigaldatud nii, et nende jahutus normaalkasutusel ei halveneks. See eeldab õhu liikumise tagamiseks teatud vahekaugusi seintest ja muudest õhu liikumist takistavatest osadest. Kuna kasutamise ajal elektrimootor soojeneb, tuleb seda tõhusalt jahutada. Ümbrisega mootoritel on tavaliselt väline ventilaator, mis suunab jahutusõhu staatori pinnale. Ventilatsiooniõhku juhitakse eraldi ventilaatoriga ka ümbrise sees olevatele mootori kuumadele osadele. Standardis IEC 34-6 antakse mootori jahutussüsteemide võimalik IC-liigitus. Üldlevinud IC-klassid on esitatud tabelis 17.3.

Tabel 17.3. Elektrimootorite üldlevinud IC-klassid.

IC 00	Mootorit ümbritsev jahutusaine (tavaliselt õhk) jahutab mootori sisemust
IC 01	Sama kui IC 00, välja arvatud juhul, et mootori võllile või rootorile paigaldatud ventilaator tekitab jahutusaine (tavaliselt õhu) voolu.
IC 03	Jahutusmeetod on sama kui IC01 puhul, kuid masinale on paigaldatud sõltumatu ventilaator, mille toimimine sõltub jahutatavast mootorist (nt seda toidetakse samadelt klemmidelt).
IC06	Jahutusmeetod on sama kui IC 03, kuid jahutusaine voolu tekitatakse mootorile paigaldatud ventilaatoriga, mille tegevus on jahutatavast masinast sõltumatu.
IC11	Masinasse kanali kaudu tulev jahutusaine voolab vabalt jahutatavasse keskkonda. Jahutusaine vool tekitatakse mootori võllile või rootorile paigaldatud ventilaatoriga.
IC 31	Sissetulev ja väljaminev jahutusaine voolab kanalite kaudu. Voolu tekitav ventilaator on kinnitatud mootori võllile ja rootorile.
IC 0041	Suletud, sisemine jahutusaine vool ning ümbrise jahutus ilma välisventilaatorita.
TC 0141	Sama kui IC 0041, kuid soojuse eemaldamine ümbrise pinnalt toimub välise, teljele paigaldatud ventilaatoriga, mis tekitab jahutusaine voolu.
IC 0151	Suletud, sisemine jahutusaine vool. Soojus juhitakse ära mootori sisseehitatud õhk-õhk-soojusvaheti abil (tavaliselt nn. torujahuti) välisele jahutusainele, mille vool tekitatakse võllile paigaldatud ventilaatoriga.
TC 0161	Sama kui IC 0151, kuid soojusvaheti on ehitatud mootori peale.
IC W37 A71	Suletud, sisemine jahutusvedeliku vool. Soojus juhitakse ära masina sisseehitatud vesi-õhk-soojusvaheti jahutusveega, mille vool tekitatakse kas võrguvee survega või abipumbaga.
IC W37 A81	Sama kui IC W37 A71, kuid soojusvaheti on ehitatud mootori peale.

Mootori soojenemine piirab oluliselt mootori koormatavust. Jahutuse seisukohast on oluline, et mootor saaks piisavalt alla 40 °C jahutusõhku. Kui mootori jahutusribide vahed on ummistunud, halvenevad jahutustingimused ja mootor võib liigselt soojeneda. Seetõttu tuleb mootor paigaldada nii, et see ei oleks mustusega liiga kergesti saastatav ning et mootorit oleks vajaduse korral kerge puhastada.

17.5 MOOTORITE MÕÕTMETE JA VÕIMSUSE STANDARDID

Määratletud mõõtmeteks on mootori erinevate kaitseklasside ja suuruste korral võlli kõrgus, paigaldusmõõtmed ja võllitapi mõõtmed. Ka mootori klemmikarbi asukoht mootoris on kindlalt määratletud, mis tagab erinevate tootjate mootorite vahetatavuse ilma, et kasutuskohas oleks vaja muuta mootori ühendusjuhtide pikkust.

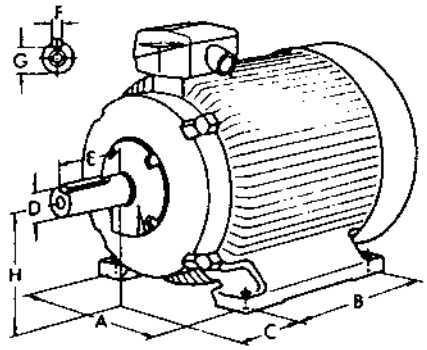
Standard käsitleb mootorite suuruste ja nimivõimsuste vahelist seost võimsuste vahemikus 0,006 - 132 kW.

Võlli kõrguse ja mootori nimivõimsuse vaheline seos nähtub järgmisest tabelist.

Tabel 17.4. Võlli kõrguse ja mootori nimivõimsuse seos
(võlli kõrguse arvväärtusele järgnev täht näitab kere pikkusklassi;
S = lühike (*short*), M = keskmine (*medium*) ja L = pikk (*long*)).

Võlli kõrgus mm	Nimivõimsus kW	Võlli kõrgus mm	Nimivõimsus kW
63	0,12	160 M	11,0
63	0,18	160 L	15,0
71	0,25	180 M	18,5
71	0,37	180 L	22,0
80	0,55	200 L	30,0
80	0,75	225 S	37,0
90 S	1,1	225 M	45,0
90 L	1,5	250 M	55,0
100 L	2,2	280 S	75,0
100 L	3,0	280 M	90,0
112 M	4,0	315 S	110,0
132 S	5,5	315M	132,0
132 M	7,5		

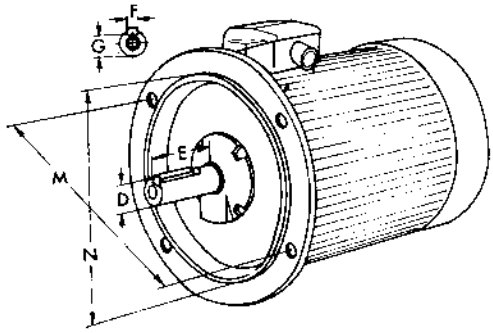
Mootorite paigaldusmõõtmed



Joonis 17.3. Käppmootori mõõtmed.

Tabel 17.5. Käppmootorite IEC-standardmõõtmed.

IEC-standard-kood	Paigaldusmõõtmed								Kinnituspolt
	A	B	C	D	E	F	G	H	
71 -14	112	90	45	14	30	5	11	71	M6
80 -19	125	100	50	19	40	6	15,5	8o	M8
90 S 24	140	100	56	24	50	8	20	90	M8
90 L 24	140	125	56	24	50	8	20	90	M8
100 L28	160	140	63	28	60	8	24	100	M10
112 M 28	190	140	70	28	60	8	24	112	M10
132 S 38	216	140	89	38	80	10	33	132	M10
132 M 38	216	178	89	38	80	10	33	132	M10
16o M 42	254	210	108	42	110	12	37	160	M12
160 L 42	254	254	108	42	110	12	37	160	M12
18o M 48	279	241	121	48	110	14	42,5	180	M12
18o L 48	279	279	121	48	110	14	42,5	180	M12
200 M 55	318	267	133	55	110	16	49	200	M16
200 L 55	318	305	133	55	110	16	49	200	M16



Joonis17.4. Äärikmootor.

Tabel 17.6. Äärikmootorite IEC-standardmõõtmed.

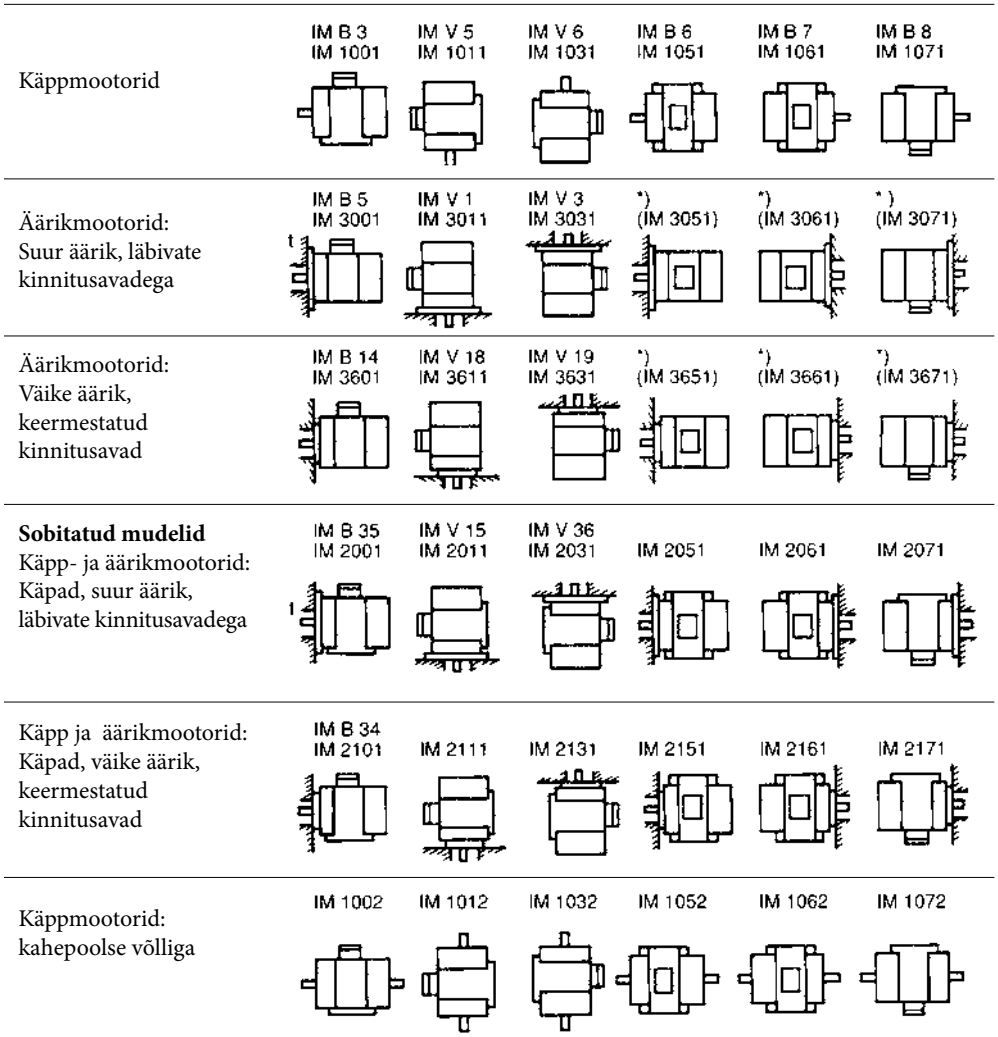
IEC-standardkood	Paigaldusmõõtmed						Kinnituspolt
	D	E	F	G	M	N	
14 FF 130	14	30	5	11	130	110	M8
19 FF 165	19	40	6	15,5	165	130	M10
24 FF 165	24	50	8	20	110	130	M10
28 FF215	28	60	8	24	215	180	M12
38 FF 265	38	80	10	33	265	230	M12
42 FF300	42	110	12	37	300	250	M16
48 FF300	48	110	14	42,5	300	250	M16
55 FF350	55	110	16	49	350	300	M16

17.6 EHITUS- JA PAIGALDUSVIIS

Elektrimootori ehitust ja paigaldus- ehk rakendusviisi saab väljendada standarditele vastava rakendustähisega.

Paigaldusasend

Standard EVS-EN 60034-7 „Pöörlevad elektrimasinad. Konstruktiivsete tüüpide ja paigaldusviiside klassifikatsioon“, annab mootori paigaldusviiside esitamiseks kaks alternatiivset võimalust. Joonistel esitatud esimene kood hõlmab ainult laagrikilpidega ja ühe võllitapiga mootoreid. Teine alternatiivne kood on IM-kood. Joonisel 17.5 on esitatud mõlemad koodid. IM-kood IM…8. tähendab, et mootorit saab kasutada kõikides paigaldusasendites IM…0 - IM…7.



*) Standardis IEC 34-7 ei ole viidatud.

Joonis 17.5. Mootorite paigaldusviisid

Mootori nimesilt

Mootori paigaldaja saab mootori tunnusväärtuste kohta üsna palju infot mootori sildilt. Sildil on andmed mootori tootja ja kasutusviisi kohta, st paigaldusviisi tähis samuti mootorile ettenähtud talitlusviis, mootori ümbrise kaitseaste (IP-kood), mootorile lubatud pöörlemissuunda. Lisaks on sildil ka antud masinat üheselt iseloomustavad nimiväärtused- nimivõimsus, nimivool, erinevates lülitustes mähise nimipinged vms.

Ümbrise kaitseastme järel võivad olla toodud järgmised lisatunnused, näiteks:
- tunnusnumber 8 tähendab, et masina veekindluskatsed on läbi viidud pöörleva masinaga;
- tunnustäht W tähendab, et mootor on ilmastiku eest kaitstud, st et masin on kaitstud vihma, lume ja õhus lendlevate osakeste ohtliku sissetungi eest masinasse.

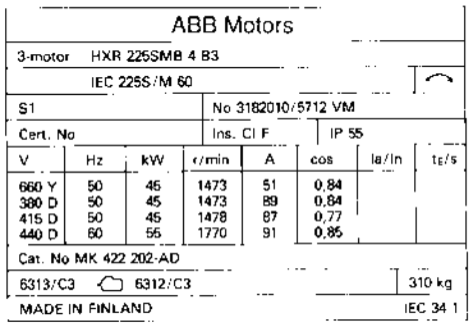


ABB Motors

3-motor HXR 225SMB 4 B3

IEC 225S/M 60

S1 | No 3182010/5712 VM

Cert. No | Ins. Cl F | IP 55

V	Hz	kW	r/min	A	cos	Ia/In	tE/s
660 Y	50	46	1473	51	0,84		
380 D	50	45	1473	89	0,84		
415 D	50	45	1478	87	0,77		
440 D	60	55	1770	91	0,85		

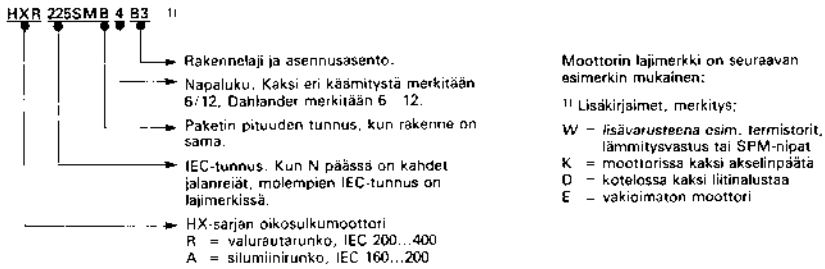
Cat. No MK 422 202-AD

6313/C3 6312/C3 310 kg

MADE IN FINLAND IEC 34 1

Joonis 17.6. Näide ABB Mootoritehases valmistatud HXR-tüüpi mootori sildiandmete kohta.

Joonisel oleva mootori paigaldustähisest võib välja lugeda järgneva info:

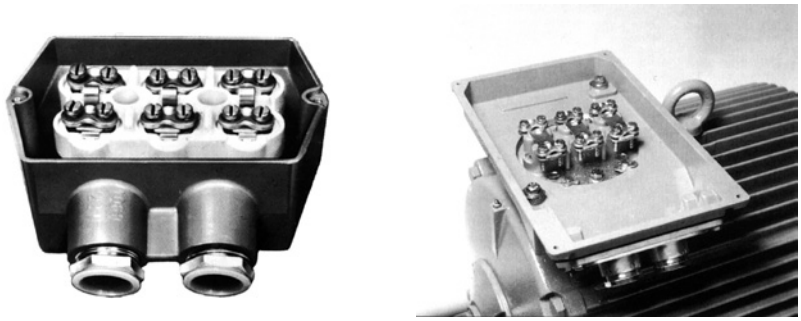


Joonisel 17.6. näidatud mootorisildilt saab välja lugeda ka muud teavet:
— talitlusviis (S1)
— lubatud pinged ja sagedused erinevates lülitusviisides ja neile vastavad võimsused, pöörete arvud, voolud ning võimsustegurid cosφ
—isolatsiooniklass (F)
— mootori ümbrise kaitseaste (IP55)
— mootorile lubatud pöörlemissuunad (mõlemad suunad)
— mootorivõlli laagritüüp (6313/C3 D-otsas ja 6312/C3 N-otsas)
— mootori mass (310 kg).

17.7 KLEMMKARBID

Klemmkarp on paigutatud mootori peale. Selle ümbrise kaitseklass on tavaliselt sama, mis mootoril. Karbi keret saab tavaliselt pöörata nii, et kaablite ühendamine oleks võimalik mootori mõlemalt küljelt. Klemmkarbi kerel on tavaliselt kaks tihenditega ning kaablikinnititega varustatud läbiviiguava.

Standardmootorite ühendamiseks kasutatakse vaskjuhte. Juhul kui mootori ühendamiseks kasutatakse alumiiniumjuhte, tuleb see mootori tellimislehel ära märkida. Mootorile saab tellida ka alumiiniumjuhtidele sobivaid ühenduskarpe ja muid ühendustarvikuid. Paigalduskohas saab ka nende mootorite pistikühendused välja vahetada alumiiniumsoontega kaablitele sobivate vastu.



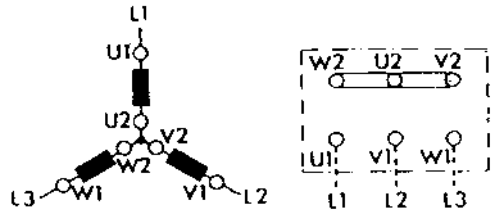
Joonis 17.7. Vasakul on näidatud (HXA 160 ja 180 tüüpi mootori) steatiidist klemm karbi põhi koos ühendusklemmide ja läbiviigu tihenduspuksidega. Paremal on valatud klemmkarp, millel on valuvaigust põhi ja kaks alternatiivset ühendusviisi.

17.8 KLEMMIDE TÄHISTUS

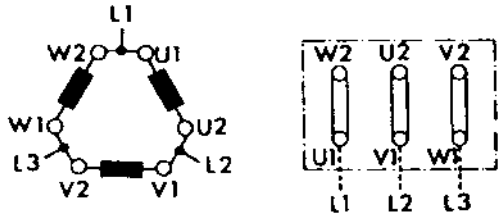
Standardid määratlevad klemmide ja pöörlemissuuna tähistuse. Kolmefaasilisi mootoreid saab tavaliselt ühendada kahele erinevale toitepingele. See on tingitud asjaolust, et staatorimähiseid saab lülitada kas tähtlülitusse (Y) või kolmnurklülitusse (D).

Täht-kolmnurkkäivitust (Y/D-käivitust) võib kasutada üksnes siis, kui Y-ja D-klemmidel on sama tööpinge.

Mootorit, mille nimesildil on märge Y/D 690/400 V, võib lülitada nii 690 V kui ka 400 V nimipingega võrku. Kui pinge on 690 V, kasutatakse Y-lülitust ja klemmsillak paigaldatakse joonise 17.8 kohaselt. Pingel 400 V ühendatakse mähis kolmnurka ning klemmsillakud paigaldades joonise 17.9 järgi.



Joonis 17.8. Tähtlülitus (Y-lülitus).

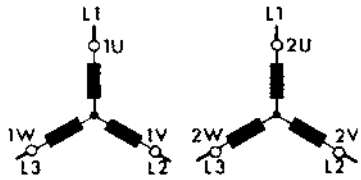


Joonis 17.9. Kolmnurklülitus (D-lülitus, deltalülitus).

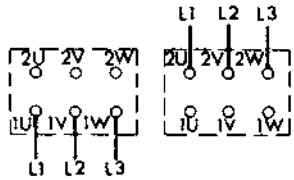
Kahekiiruseliste asünkroonmootorite lülitused

Tavaliselt lülitatakse kahekiiruselised asünkroonmootorid vastavalt joonisele 17.10. Normaalehitusega kahekiiruselistel mootoritel on klemmkarbis ühendamiseks kuus mähiste toiteklemmi ja lisaks üks klemm kaitsemaandusjuhi ühendamiseks. Mootorite puhul, millel on kaks eraldi staatorimähist, kasutatakse standardsarja kuni 160 suurusastme (võlli kõrgus 160 mm) mootorite puhul tavaliselt otselülitust toitevõrku (Y/Y), suuremate mootorite puhul aga D/D-, Y/D- või D/Y-lülitust. Lülitusviis on näidatud mootori andmesildil. Ühe staatorimähisega Dahlander-lülituses mootorite puhul kasutatakse, püsimomendiga talitluse puhul D/YY-lülitust ja ventilaatorkoormusmomendiga talitluse puhul Y/YY-lülitust.

a. Kaks erinevat staatorimähist Y/Y

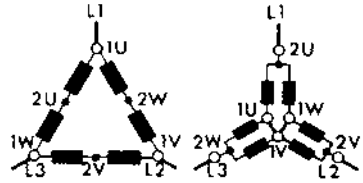


Aeglasem Kiirem



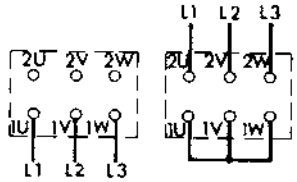
Aeglasem Kiirem

b. Dahlander-lülitus D/YY



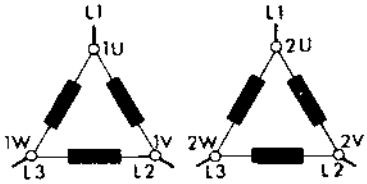
Aeglasem Kiirem

Püsimoment

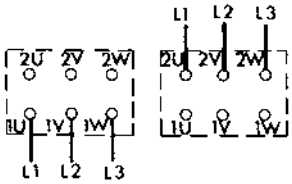


Aeglasem Kiirem

c. Kaks erinevat staatorimähist D/D

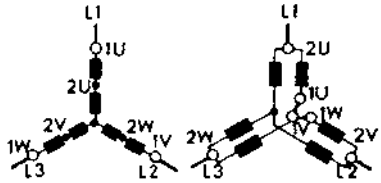


Aeglasem Kiirem



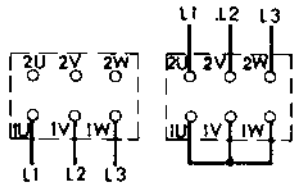
Aeglasem Kiirem

d. Dahlander-lülitus Y/YY



Aeglasem Kiirem

ventilaatorkäivitus

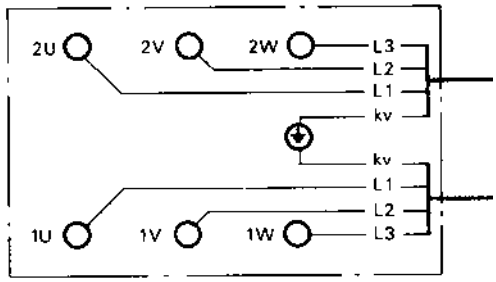


Aeglasem Kiirem

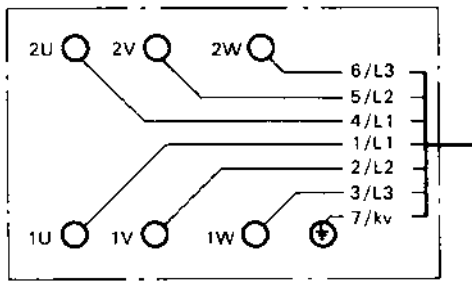
Joonis 17.10. Kahekiiruseliste asünkroonmootorite lülitusi.

Kahekiiruselise mootori klemme tähistatakse järgmiselt:

- 1U 1V 1W — väiksemale pöörlemiskiirusele vastava mähise klemmid,
- 2U 2V 2W — suuremale pöörlemiskiirusele vastava mähise klemmid.



Joonis 17.11. 3-faasilise kahekiiruselise lühisrootoriga asünkroonmootori lülitus kahe ühenduskaabliga.



Joonis 17.12. 3-faasilise kahekiiruselise lühisrootoriga asünkroonmootori lülitus ühe ühenduskaabliga

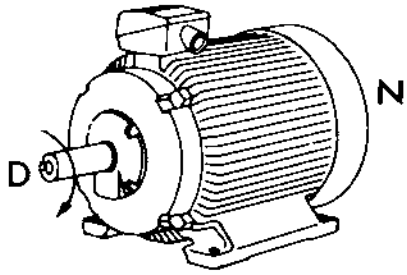
Mootor pöörleb D-otsast vaadatuna päripäeva, kui faasijärjestus on L1-U1/U2, L2-V1/V2 ja L3-W1/W2. Kui klemmkarbis vahetada omavahel kahe mähise toiteotsad (muudetakse samale kiirusele vastava mähisetoite faasijärjestust), siis muutub mootori pöörlemissuund samuti nagu ühekiiruselise mootori puhul.

Kahekiiruselise mootori ühendamiseks võib kasutada kahe eraldi kaabli asemel ka ühte mitmesoonelist kaablit, nagu on näidatud joonisel 17.12 (nt 7-soonelist MMO kaablit).

Kui kaablis pole eraldi kollase-rohelise isolatsiooniga kaitsejuhi soont, tuleks kaitsemaandusjuht tähistada kollase-rohelise suka või PE-juhtme teibiga.

17.9 PÖÖRLEMISSUUND

Kui kolmefaasilise toitega mootorite klemmkarbis on toitekaabli sooned L1, L2 ja L3 ühendatud selles järjekorras mootori klemmidega U1, V1 ja W1, siis pöörleb mootor võlli D-otsast vaadatuna päripäeva. Jooniselt 17.13selgub elektrimootori pöörlemissuuna standardile vastava määratlemise põhimõte ja võlli otsade tähistamine - tähtedega D (*drive end*) ja N (*non-drive-end*).



Joonis 17.13. Elektrimasinate võlli otsade tähistamine.

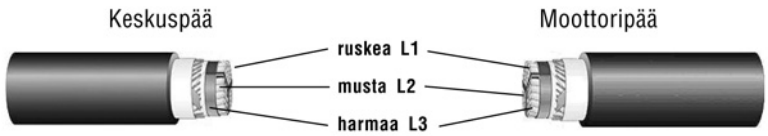
Seda reeglit järgitakse ka juhul, kui mootor oma kasutusotstarbest lähtuvalt (nt ventilaatori tõttu) võib pöörelda ainult vastupäeva. Kui mootorile võib lubada ainult teist pöörlemissuunda, siis näidatakse see mootori sildil ja tavaliselt ka mootori kerel lisasildi abil.

Pöörlemissuunda muudetakse klemmkarbis toitekaabli kahe faasijuhi omavahelise vahetamise teel mootori mähiste klemmidel.

17.10 KAABLI ÜHENDAMINE

Soovitavalt peaks mootori toitekaabli soonte värvus olema vastavuses toitekeskuse liinijuhtide L1 - L3 järjestusega. Siiski tuleb arvestada asjaoluga, et mootori pöörlemissuuna muutmiseks tuleb kaks faasijuhti omavahel vahetada.

Joonisel 17.14 näidatud kaablisoonte ühendamist võib kohaldada ka muude lülituste puhul. Kui kaablis kasutatakse sinist soont äärejuhina, siis on segiajamise vältimiseks soovitatav märgistada see täiendavalt kas musta või pruuni plastsuka või plastteibiga.



Joonis 17.14. MCMK / AMCMK-tüüpi kaablisoonte värvid ja ühendamine. Toitepoolseid kaablisooni vaadeldakse päripäeva järjestuses ja mootoripoolseid vastupäeva järjestuses.

17.11 MOOTORITE KAITSE

Kuigi elektrimootorit saab ajutiselt üle koormata, on selle pidev ülekoormus kahjulik. Mähise soojenemine üle lubatud piiri lühendab isolatsiooni eluiga. Mähise soojenemisel üle lubatud piirtemperatuuri, põhjustab iga 10 °C temperatuuritõus mähise isolatsiooni eluea lühenemist ligikaudu poole võrra. Näiteks nimivooluga koormatud mootori isolatsioon peab vastu keskkonnatemperatuuril 40 °C paarkümmend aastat; kahekordse nimivooluga koormatud mootori puhul aga ainult paarkümmend minutit ning kuuekordsel nimivoolul vähem kui pool minutit.

Mootor ja selle toiteahelate juhid on alati kaitstud lühiste eest. Teatavatel juhtudel võib väikeste mootorite puhul kasutada lühisekaitsena ka ühist, kuni 16 A sulavkaitset.

Mähise soojenemist võib jälgida peamiselt kahel viisil:

1. mähisesse paigutatud termoanduriga, mis reguleerib kas otse või elektroonilise seadme vahendusel mootori juhtimisahelaid, või
2. soojusreleega, mille kontaktid on lülitatud mootori toiteahelasse ja avanevad juhul kui mootorit läbiv vool on suurem kui nimivool.

Esimene meetod, mille puhul termoandur paigutatakse mähise sisse, annab tõelise pildi mootori soojenemisest, sest sel juhul mõõdetakse mähise tegelikku temperatuuri. Andur paigaldatakse mähisesse juba masina ehitamise käigus. Anduri talitluse testimine eeldab mähise temperatuuri tõstmist üle lubatud temperatuuri. Niisugune katsetus vanandab mähist liiga palju ja seda on keeruline läbi viia. Kuna andur ühendatakse sageli väikepingelisse juhtimisahelasse, tuleb see mähisest kindlalt isoleerida. Isolatsioon aeglustab küll vähesel määral soojussiiret mähisest andurisse. See pole aga oluline, kui mootori ülekoormus on väike ja selle temperatuur tõuseb aeglaselt. Kui aga mootori rootor on mingil põhjusel seiskunud (kinnipidurdatud), tõuseb mähise temperatuur väga kiiresti ning sel juhul ei reageeri termoandur piisavalt kiiresti. Et andur ka sel juhul toimiks piisava kiirusega, tuleb see väga hoolikalt paigaldada ja isoleerida .

Teise kaitsemeetodi puhul kasutatakse eraldi termoreleed. Mootori vool läbib termoreleed, mis nimivoolust suurema liigkoormusvoolu soojuslikul toimel katkestab mootori juhtimisahelad. Niisugune kaitse on eelistatum, kuna see on piisavalt usaldusväärne ning võrreldes eelmise meetodiga ka oluliselt odavam. .

17.12 MOOTORI KÄIVITAMINE

Käivitusomadused

Lühisrootoriga asünkroonmootori lihtsaim käivitamisviis on otsekäivitus, mil toitepinge ühendatakse mootori(kaitse)lüliti abil otse staatori klemmidega. Kuna käivitusvool kasvab otsekäivitamisel teatud tingimustel ülemäära suureks, on sellel käivitusviisil ka omad piirangud.

Käivitusvoolu suurus ei sõltu sellest, kas töömasin on ühendatud mootoriga või mitte. Käivitusaeg seevastu sõltub töömasina käivitusoludest ja selle käivitusaeg on märksa suurem kui koormamata mootori käivitusaeg. Mootorite valmistajad annavad toodetud mootoritele suurimad lubatud käivitusajad. Tabelis 17.6 on ABB Mootoritehase MT/ MBT-mootorite suurimad lubatud käivitusajad. Tabelis esitatud väärtused kehtivad juhul kui käivitatav mootor on maha jahtunud.

Tabel 17.6. Mootoritehase ABB Motors MT/MBT-mootorite suurimad lubatud käivitusajad

Mootori suurusaste	Käivitusviis	Maksimaalne käivitusaeg sekundites Pooluste arv			
		2	4	6	8
63	otsekäivitus	25	40	-	40
71	otsekäivitus	20	20	40	40
80	otsekäivitus	15	20	35	40
90	otsekäivitus	10	20	35	40
100	otsekäivitus	10	15	30	40
112	otsekäivitus	12	15	20	25
	täht/kolmnurk	36	45	60	75
132	otsekäivitus	12	12	20	25
	täht/kolmnurk	36	36	60	75
160-250	otsekäivitus	15	15	20	20
	täht/kolmnurk	45	45	60	60

Tabelist 17.6 saab leida 380 V lühisrootoriga asünkroonmootorite käivitusviisidele vastavaid keskmisi käivitusaegu.

Käivitusvool on mootori käivitamise ajal tarbitav vool. Selle suurus on igale lühisrootoriga asünkroonmootorile iseloomulik väärtus, mis ei sõltu töömasinast. See vool väheneb kui vähendada võrgupinget, kuid sellest tingituna väheneb omakorda ka mootori poolt arendatav moment ja suureneb käivitusaeg. (Tabel 17.7.)

Lühisrootoriga asünkroonmootori käivitusvool kasvab otsekäivitamisel nimivooluga võrreldes mitmekordseks (5-7-kordseks). Käivitusvoolu saab vähendada kui kasutada käivitamisel täht-kolmnurkkäivitust (*Y / D).* Täht-kolmnurkkäivitamisel käivitatakse

mootor mähiste tähtühenduses ning pärast nominaalse pöörlemiskiiruse saavutamist lülitatakse mähised ümber kolmnurklülitusse. Käivitusvool on tähtlülituses ainult u 30% vastavast kolmnurklülituse voolust ehk seega vaid u 1,5 - 2,1 korda suurem kolmnurklülituses mootori nimivoolust. Vastavalt on tähtlülitus käivitusmoment 25 % võrreldes sellega, mida arendab mootor kolmnurklülituses mähistega. Täht-kolmnurk ümberlülituse kasutamisel tuleb kontrollida koormusmomendi suurust. Käivitusmoment on mootori poolt käivitamisel tekitatud moment, so hetkel mil mootor hakkab pöörlema.,. Maksimaalne moment on suurim pöördemoment, mida lühisrootoriga asünkroonmootor on võimeline arendama.

Käivitusvoolu piiramiseks saab kasutada ka nn. sujuvkäivitust, mil mootori toitepinget tõstetakse käivitamise ajal järk-järgult kuni nimipingeni.. Nii saadakse ajaliselt juhitud käivitusprotsess, tekitamata seejuures liiga suurt käivitusvoolu. Sujuvkäivitusseade võimaldab ka mootori talitluse ajal pidevalt juhtida selle toitepinget. Pinget saab reguleerida vastavalt vajadusele nii, et võimsuskaod oleks võimalikult väikesed.

Faasirootoriga asünkroonmootorite puhul, mida käivitatakse käivitusreostaadi abil, reguleeritakse käivitusvoolu suurust reostaadi takistuse muutmisega. Tavaliselt on käivitusvool 1-3 korda suurem kui nimivool.

Tabel 17.7. 380 V lühisrootoriga asünkroonmootorite käivitusandmed.

Talitlusandmed		Käivitusandmed	
Mootori võimsus, kW	Nimivool I_N n = 3000-500 1/min	Käivitusvool, A	Suurim tühikäivitusaeg (s) n = 3000-500 1/min
0,25	0,74	3,4	0,06
0,37	1,0 - 1,65	4,4	0,04 - 0,03
0,55	1,4 - 2,3	7,3	0,04 - 0,04
0,75	1,8 - 3,0	9,9	0,04 - 0,05
1,1	2,5 - 3,2	15,2	0,04 - 0,06
1,5	3,3 - 4,4	22	0,04 - 0,06
2,2	4,7 - 6,2	31	0,04 - 0,06
3,0	6,3 - 8,3	40	0,08 - 0,06
4,0	8,3 - 10,5	55	0,08 - 0,06
5,5	11,0 - 14	73	0,10 - 0,06
7,5	15,0 - 18	101	0,10 - 0,07
11	21,5 - 27	150	0,15 - 0,10
15	28,5 - 37	210	0,15 - 0,10
22	40 - 52	300	0,02 - 0,15
30	56 - 71	370	0,3 - 0,15
37	68 - 87	455	0,3 - 0,15
45	84 - 96	560	0,3 - 0,15
55	103 - 115	680	0,3 - 0,15
75	135 - 156	980	0,4 - 0,15
90	163 - 195	1080	0,6 - 0,20
110	200 - 230	1400	0,6 - 0,20
132	238 - 290	1700	0,8 - 0,20

17.13 JAOTUSVÕRKUDE HALDAMISEGA SEATUD PIIRANGUD

Eestis kehtivad alates 01.10.2011 madalpingetarbijatele peakaitsme nimivooluga kuni ja üle 63 A „Võrgulepingu tüüptingimused“, mille kohaselt määratakse kahepoolse kokkuleppe alusel tarbija võrguühenduse läbilaskevõime, so võrguettevõtja poolt tarbijale lubatud võrguühenduse kaitseseadme nimivool. Peakaitsme nimivoolu määramisel tuleb arvestada muude elektritarvitite kõrval ka võimalike tarbijavõrku lülitatavate asünkroonmootoritega, eeskätt nende käivitusomadustega.

Elektrimootori käivitusvool ei tohi tõusta nii suureks, et see mõjub väga ebasoodsalt valgustusele või muudele võrku ühendatud elektriseadmetele, samuti liitumispunkti peakaitsmetele. Tüüptingimuste kohaselt peab elektritarbija eelkirjeldatud häirete vältimiseks rakendama oma elektripaigaldises täiendavaid kaitsemeetmeid. Näiteks Soomes loetakse see nõue traditsiooniliselt täidetuks, kui elektrimootorit kaitsva kaitseaparaadi nimivool ei ületa tabelis 17.8 toodud väärtusi. Mootori nimivõimsus tuleks määrata tabelis toodud kaitseaparaadi soovitusliku nimivoolu ja võrguühenduse läbilaskevõime alusel, arvestades mootori käivitustingimusi.

Tabel 17.8. Mootorit kaitsva kaitseaparaadi lubatud suurimad nimivoolud.

Tarbijat toitva madalpingevõrgu kirjeldus	Mootori faaside arv	Mootori kaitseaparaadi suurim nimivool	
		Sageli käivitatavad mootorid	Harva käivitatavad mootorid
Paljasjuhtidega õhuliin	1-faasiline	10	10
	3-faasiline	10	25
Rippkaablivõrk	1-faasiline	16	25
	3-faasiline	25	63
Maakaablivõrk	1-faasiline	35	63
	3-faasiline	63	125

17.14 MOOTORITE KASUTUSELEVÕTT JA HOOLDUS

Peale mootori transportimist, kasutuskoha vahetust või pikemaajalist seismist, tuleb enne mootori kasutamist, kontrollida, et see ei ole mingil põhjusel saanud kahjustada. Mootori võll peab hõlpsasti ja hääletult pöörlema. Tuleb kontrollida, et mootori sildil olevad andmed oleksid vastavad paigalduskoha oludele, eriti mootori lülitusseadmetele ja nendega seotud pingete väärtustele. Kuul- ja rull-laagritel töötavad masinad on üldjuhul määritud, mistõttu neid ei ole vaja enne igat käivitamist määrida.

Kui mootor on seisnud pikka aega ja kasutamata niisketes oludes, võib mootori mähis olla niiskunud ning selle isolatsioonitakistus vähenenud ohtliku määrani.

Mootorile tehtavad kontrollmõõtmised

Isolatsioonitakistust tuleb mõõta perioodiliselt või alati enne esimest käivitamist kui mootor on seisnud pikka aega rasketes ümbrusoludes. Takistust mõõdetakse toitejuhtide sisendklemmidel. Sel viisil saab leida ka toitekaabli võimalikud kahjustused, valed ühendused jne.

Soovitatav isolatsioonitakistuse referentsväärtus on leitav alljärgnevast valemist:

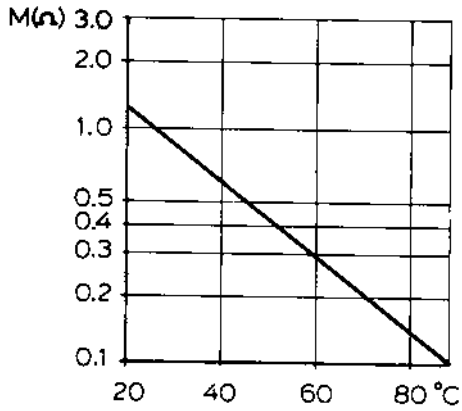
Isolatsioonitakistus

$$R_1 \geq \frac{20 \times U}{1000 \times 2P} \ (M\Omega)$$

kus

U peaahela toitepinge (V),
P mootori nimivõimsus, mitmekiiruseliste mootorite puhul suurim võimsus (kW)

Valemiga leitav arvväärtus kehtib ümbrustemperatuuril +25 °C. Kui temperatuur ei vasta tegelikele käiduoludele, tuleb leitud arvväärtusi korrigeerida vastava koefitsiendiga. Näiteks +60 °C temperatuuril on isolatsioonitakistus umbes 30% sellest, mida ta oleks temperatuuril +25 °C (joonis 17.15).



Joonis 17.15. Mootor mähise isolatsioonitakistuse sõltuvus temperatuurist.

Kui isolatsioonitakistuse kontrollimine näitab, et mõõdetud takistuse suurus on ettenähtud väärtusest (referentsväärtusest) väiksem, tuleb mootorit enne käivitamist kuivatada. Sõltuvalt asjaoludest kuivatatakse mootorit avatud ahjus (temperatuuril 100-120 °C umbes ühe ööpäeva) või vooluga, rakendades mootori kahe mähise klemmidele sellise väikepinge, mis kutsub mähistes esile voolutugevuse $\geq 0{,}8 \times I_N$. Kuivatamise ajaks

tuleb mootori ümbrise võimalikud äravooluavade korgid eemaldada ja üritada saavutada õhuringlus ka mootori sisemuses. Kõrgepingemootorites tuleb mähise kuivamist eriti hoolega jälgida, mõõtes mähise ja maandatud osade vahel isolatsioonitakistust.

Laagrite kahjustuste vältimiseks on otstarbekas jälgida nende tööd. Lisaks kuulamisele saab mõõta laagrite temperatuuri ning jälgida nendes määrdeaine olemasolu. Temperatuuri ja määrdeaine olemasolu jälgimine mootori paigalduskohal on eriti olulised siis kui on tegemist suure koormusel töötavate laagritega. Laagrite seisukorda saab kergesti hinnata nii, et puukepi üks ots painutatakse vastu kõrva ja teine ots surutakse vastu laagri keret. Töökorras laagri puhul kuuldub ainult vaikset, monotoonset surinat. Kriuksuv heli võib olla tingitud puudulikust määrimisest.

Kui laager on mustunud või kahjustatud, kuuldub sellest kolinat. Kui avastatakse normaalsest erinev heli, tuleb täpsustada selle põhjus, see võimalusel kõrvaldada või laager uue vastu välja vahetada. Osaliselt kahjustunud või määrimist vajavat laagrit võib kirjeldatud meetodiga avastada juba paar nädalat enne lõplikku kahjustumist.

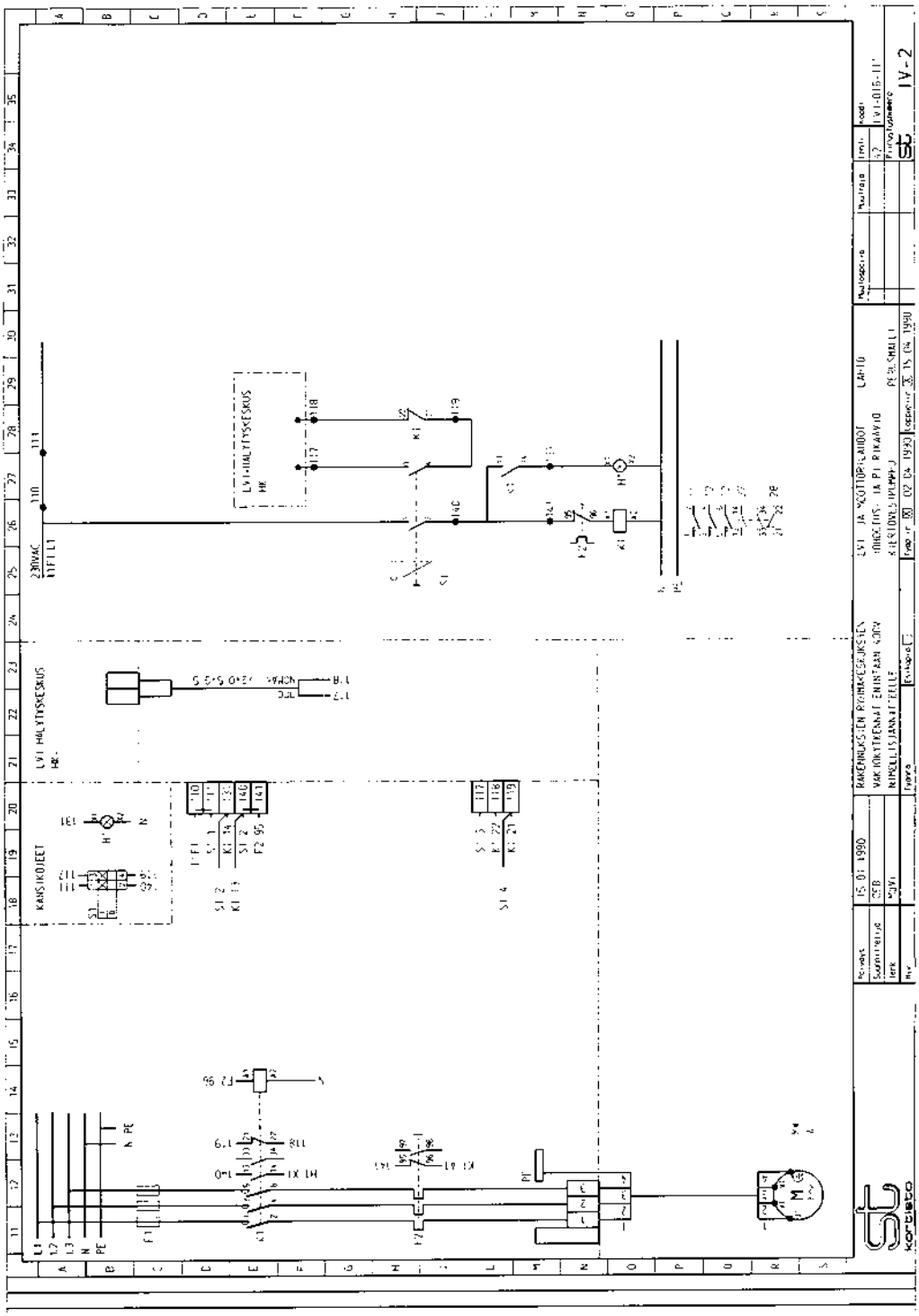
Laagri temperatuuri saab lihtsalt kontrollida, katsudes käega laagripesa. Kontrollimist tuleb läbi viia regulaarselt, sest esialgsed märgid suurenenud temperatuurist annavad sageli tunnistust sellest, et laagri talitluses on midagi viga. Kõrgenenud temperatuur ei kahjusta otseselt laagrit, vaid mõjub kahjustavalt määrdeainele, mille määrimisomadused võivad oluliselt halveneda.

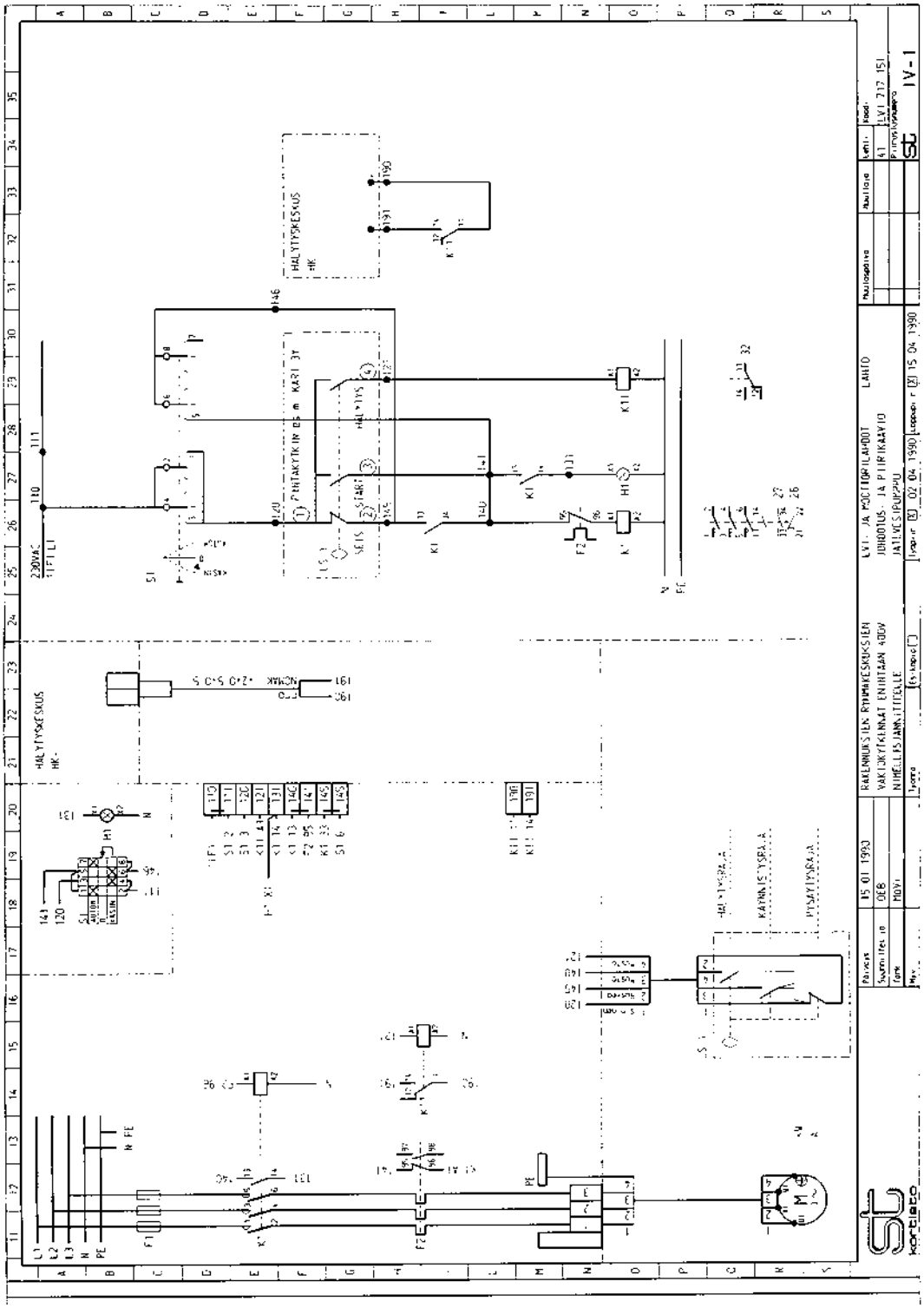
Laagripesas oleva määrdeava või -nipli kaudu väljuva määrdeaine värvi ja kvaliteedi põhjal võib hinnata laagri seisukorda. Erakordselt tume määrdeproov tõendab tavaliselt seda, et laagrid on kulunud ja kulumisel eraldunud laagrimaterjali väikesed osakesed on määrdeainega segatud.

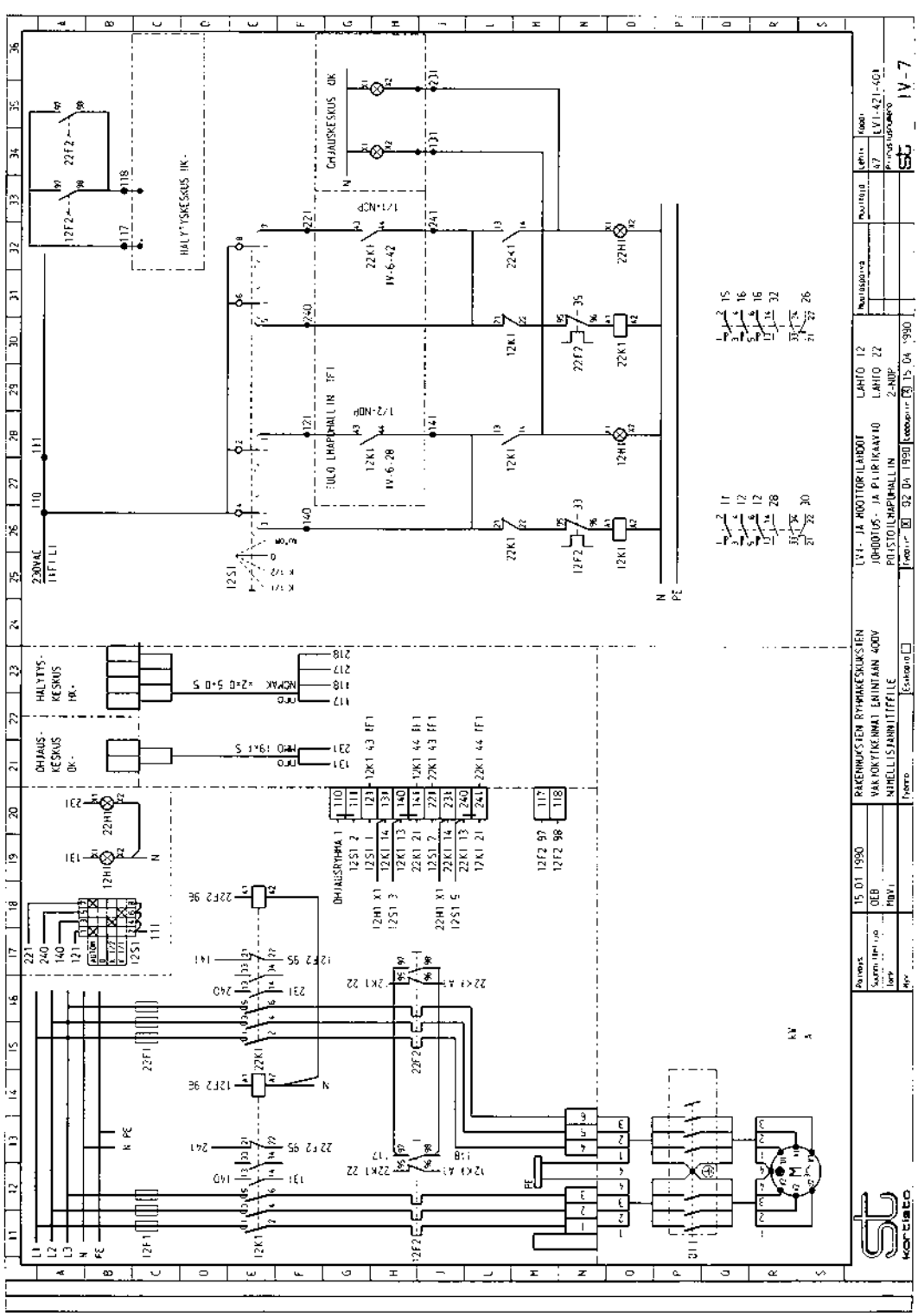
Et masinaid saaks võimalikult kaua kasutada, tuleb neid hoida puhtana ja kuivana. Täielikult suletud masinate välispinnale, võimalike jahutusribide vahele kogunenud mustus tuleb eemaldada. Mustus suurendab kergesti masina temperatuuri 10-15 °C võrra.

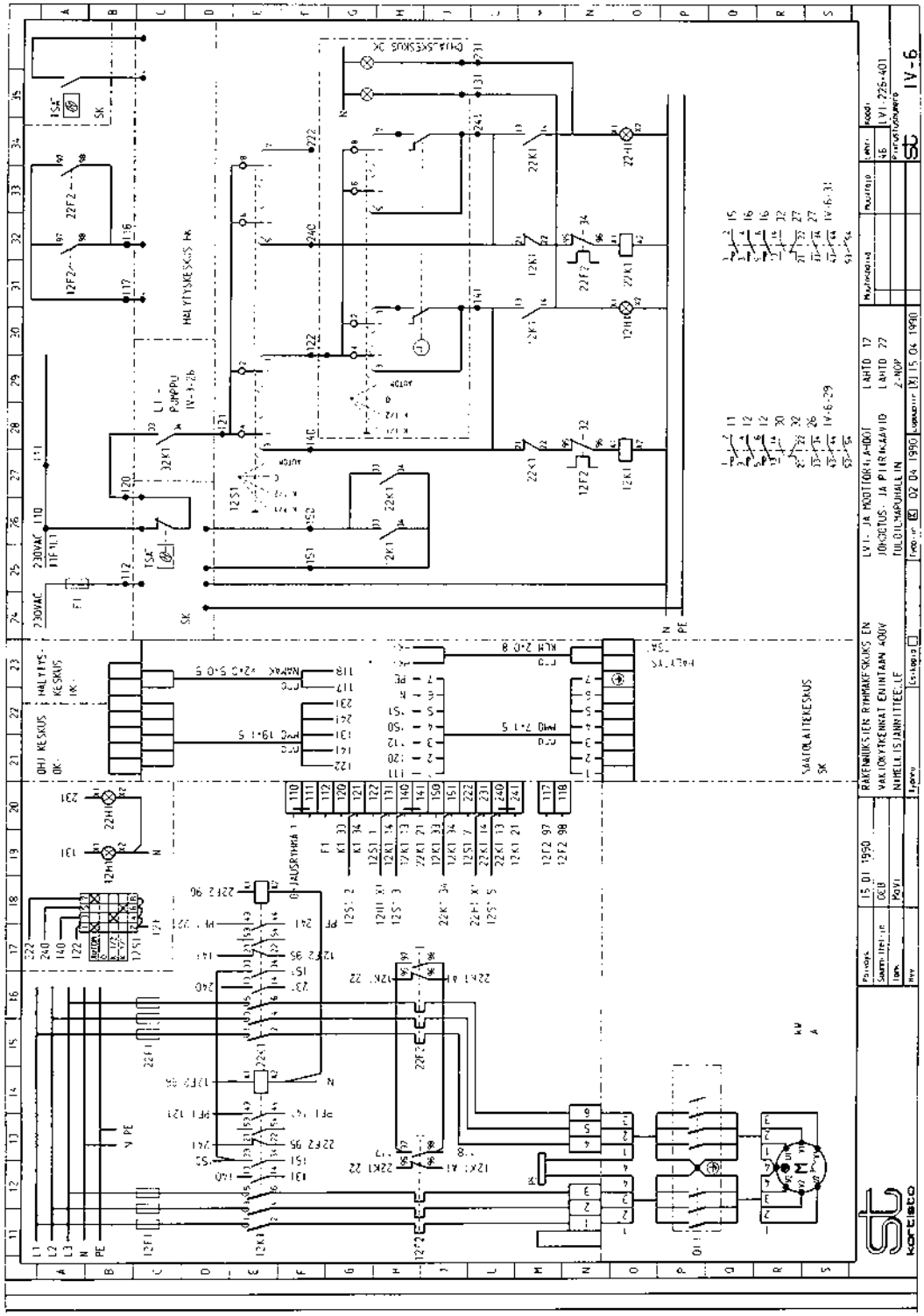
17.15 SKEEMIDE NÄITED

Järgmistel lehekülgedel on toodud Soome ST-kartoteegi näited ventilatsiooniseadmete põhimõttelistest automaatikaskeemidest




IV-1
LVI: JA MÄÄTÖPÄÄLAPUOT
JOHDOTUS JA PÄÄRIKAAVIO
JÄÄLVESIPUMPPU
LAHTO
RAKENNUSTEN RYHMÄKESKUKSIEN
VAKIOKYTKENNÄT ENNITTÄÄN 400V
NIMELLISJÄNNITTEELLE
15 01 1993
OEB
MOVI
15 04 1990
HÄLYTYSKESKUS
PENTAKYTKIN
KÄYNNISTYSRAJA
PYSÄYTYSRAJA
230VAC
N PE


IV-7
RAKENNUKSIEN RYHMÄKESKUKSIEN
VARAKYTKENNÄT ERINTÄÄN 400V
NIMELLISTANNITTEFILE
LÄHTÖ JA MOOTTORILÄHDÖT
JOHDOTUS- JA PIIRIKAAVIO
POISTOILMAPUHALLIN
LÄHTÖ 12
LÄHTÖ 22
2-NOP
15.04.1990
15.01.1990
OEB
HaVi
LV1-421-G3
HALYTYSKESKUS HK-
OHJAUSKESKUS OK-
OHJAUSRYHMÄ 1
230VAC
12F1 L1
12S1
22F2
12F2
22K1
12K1
22H1
12H1
12F1
22F1
12F2
22F2
M3~
N
PE
L1
L2
L3
N
PE
korttelto


IV-6
LVI-JA MOOTTORIKIANDOT
JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO
TULOILMAPUHALLIN
RAKENNUKSIEN RYHMÄKESKUKSET EN
VAKIOKYTKENNÄT ENINTÄÄN 400V
NIMELLISJÄNNITTEELLE
SAATOLAITEKESKUS
SK
HÄLYTYSKESKUS HK
OHJ KESKUS OK
HÄLYTYS-KESKUS HK
OHJAUSKYTKÄ 1
L1 - PUMPPU IV-4-26
CHIMA-SYÖKSKUS OK
230VAC
15 01 1990
OCB
Pöyl
Korteisto

18

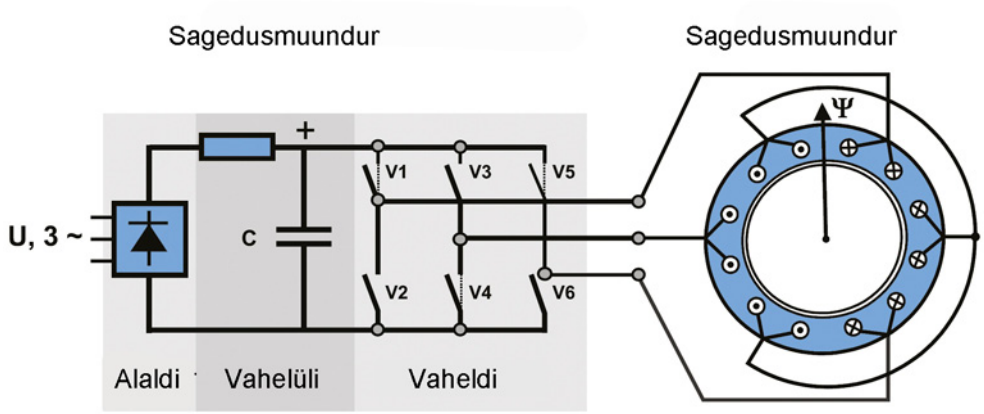
SAGEDUSMUUNDURID

18.1 SAGEDUSMUUNDURITE EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE

Sagedusmuundur koosneb kolmest osast: alaldist, vahelülist ja vaheldist.

Lisaks võib sagedusmuundurisse kuuluda võrgufilter ja eraldi ventilaator.

Sagedusmuunduri ehitus on näidatud plokkskeemina joonisel 18.1.



Joonis 18.1. Sagedusmuunduri plokkskeem

Vahelduvvoolumootorite võime muundada elektrienergiat mehaaniliseks energiaks põhineb elektromagnetilisel induktsioonil. Staatorimähistele rakendatav pinge tekitab elektrivoolu ja magnetvoo. Magnetvoo suunda saab määrata parema käe reegli abil staatorivoolu suuna järgi.

Staatorimähise pinge polaarsuse muutmisega saab muuta ka magnetvoo suunda. Kui kolmefaasilise mootori mähiste pinge polaarsust muudetakse kindlas järjekorras, hakkab mootori magnetvoog pöörlema. Mootori rootor järgib staatorimähise magnetvoogu ajas teatud mahajäämusega. See on vahelduvvoolu asünkroonmootorite üldine tööpõhimõte.

Kiirust saab reguleerida sagedusmuunduriga. Muundur muudab vahelduvvoolu pinget ja sagedust. Sagedusmuundur koosneb kolmest osast. Kolmefaasiline vahelduvvool sagedusega 50 Hz juhitakse alaldisse, mis muudab vahelduvvoolu alalisvooluks. Alaldi pulsseeruv väljundpinge filtreeritakse ja silutakse alalisvoolu vahelülis Seejärel muundab vaheldi alalisvoolu taas vahelduvvooluks suunates mootori faasimähistele kindlas järjekorras alalispinge negatiivseid või positiivseid impulsse.

18.2 SAGEDUSMUUNDURID KASUTAMINE TÖÖSTUSES

Lühisrootoriga asünkroonmootori kasutamine tööstuses

Elektriajameid kasutatakse kõikides tööstusharudes. Lühisrootoriga asünkroonmootor on tööstuses töökindel ja populaarne jõuallikas, kuna see on hooldusvaba, kergesti kättesaadav ning odav mootor. Lisaks töötab asünkroonmootor töökindlalt, ilma hoolduseta ka väga keerulistes keskkonnatingimustes, nagu nt niisketes ja tolmustes ruumides. Lühisrootoriga asünkroonmootorit võib kasutada ka plahvatusohtlikes keskkondades. Võrreldes alalisvoolumootoriga on lühisrootoriga asünkroonmootori eeliseks ka oluliselt lihtsam ehitus ja väiksemad mõõtmed. Lühisrootoriga asünkroonmootori abil saab väikeste kulutustega saavutada ka suuri pöörlemissagedusi.

Lühisrootoriga asünkroonajami probleemid

Lühisrootoriga asünkroonmootori kasutamist piiravad siiski selle kiiruse reguleerimisvõimalused ning mootori käitumine otsekäivitamisel. Kui lühisrootoriga asünkroonmootor ühendatakse otse võrku, on mootori võrgust tarbitav käivitusvool 6-8 korda suurem mootori nimivoolust. Seetõttu võib eriti suuremate mootorite käivitamine põhjustada häireid toitevõrgus (nt lühiajalist alapinget). Sellises olukorras võib näiteks väheneda valgusallikate valgusvoog või lambid isegi hetkeks kustuda , samuti võivad kasutusel olevad IT seadmed töö katkestada. Suurte mootorite otsekäivituse tõttu, juhul kui käivitusvoolu ei piirata, peavad ka toiteahelate trafod olema üledimensioonitud.

Otsekäivitamisel on mootori käivitusmoment 2 - 2,5 korda suurem mootori nimimomendist. Suur käivitusmoment tekitab mehaanilisi lööke ajamile ja käitatavale seadmele, millega kaasneb nende intensiivsem kulumine, mis varem või hiljem viib mehaaniliste kahjustusteni. Otsekäivitamine võib põhjustada elektertranspordi puhul ka näiteks seda, et sõidukil või konveieril olev kergesti liikuv toode võib ümber minna või isegi konveierilt maha kukkuda.

Lahenduseks on sagedusmuundur

Lühisrootoriga asünkroonmootori ja sagedusmuunduri kombinatsioon on hea ja ökonoomne lahendus tööstussektori peaaegu kõigile mootorirakendustele, sest sagedusmuunduri abil saab pöörlemiskiirust kergesti reguleerida. Lühisrootoriga asünkroonmootori pöörete arv on otseses võrdelises seoses sagedusega, seega muutes sujuvalt mootori sagedust, muutub vastavalt ka selle kiirus. Praktikas on sagedusmuundur peaaegu hooldusvaba, sest pidevas kasutuses olevat sagedusmuundurit ei pea regulaarselt hooldama. Soovitatav on ainult 3-5 aasta tagant välja vahetada olemasolevad ventilaatorid ja vajadusel ka alalisvoolu vahelüli kondensaatorid. Sagedusmuunduri abil saab lahendada ka kõik mootori käivitamisega seotud probleemid, sest mootorit saab käivitada ja seisata sujuvalt ja täpselt, olenemata mootori hetkekoormusest. Isegi suure koormusega raske talitluse puhul saab vajadusel mootorit käivitada selle nimivoolu ületamata.

Sagedusmuundurid on eriti kiiresti arenenud viimaste aastate jooksul. Tänapäeva sagedusmuundurite puhul on olemas rakendused, mida polnud võimalik ette kujutada nt 20 aastat tagasi. Samal ajal on sagedusmuundurite mõõtmed ja mass oluliselt vähenenud ja turuhind langenud. Seetõttu pole ka ime, et lühisrootoriga asünkroonmootorite ja sagedusmuundurite kasutamine jätkuvalt suureneb. Samal ajal aga alalisvooluajamite arv enam ei suurene, vaid isegi veidi väheneb.

18.3 ELEKTERAJAMI VALIK

18.3.1 ÜLDIST

Elektriajami valik tuleb teha arukalt. Seadmete dimensioonimine nõuab süsteemi, sealhulgas elektritoiteahelate, kasutatavate seadmete, keskkonnatingimuste, mootorite, kasutusalade jne tundmist. Seepärast saab arvutustele kulutatud aja arvel saavutada märkimisväärset majanduslikku säästu.

Järgnevalt vaadeldakse mootori ja muunduri valikut mõjutavaid tegureid.

1) Tööolude kontrollimine

Kui soovite valida sobivat sagedusmuundurit ja mootorit, tuleb kõigepealt kontrollida võrgupinget (380-690 V) ja selle sagedust (50-60 Hz). Seejuures, elektrivõrgu pinge ja sagedus ei piira elektriajami pöörlemiskiiruste vahemikku.

2) Protsessi nõuete kontrollimine

Kas on vaja rakendada suurt käivitusmomenti? Kui suur on pöörlemiskiiruste vahemik? Missugune on kavandatav koormus?

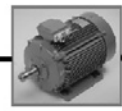
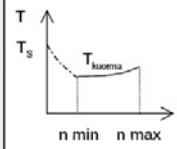
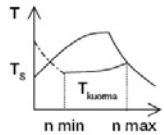
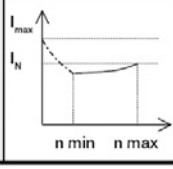
3) Mootori valik

Elektrimootorit võib lugeda pöördemomendi allikaks. Mootor peab taluma protsessist tingitud ülekoormust ning peab suutma tekitada teatud momenti. Mootorit ei tohi üle lubatud piiri termiliselt üle koormata. Mootori valikul peab mootori tegelik maksimaalne pöördemoment olema u 30% võrra suurem valiku aluseks oleva koormusmomendi maksimaalväärtusest.

4) Sagedusmuunduri valik

Sagedusmuundur valitakse talitlusolude ja eelnevalt valitud mootori andmete järgi. Sagedusmuunduri puhul tuleb kontrollida selle võimet tekitada mootoris nõutavat voolu ja võimsust. Vaheajalise talitluse puhul võib sagedusmuundurit lühiajaliselt ka üle koormata.

Tabel 18.1. Mootori ja sagedusmuunduri valiku etapid.

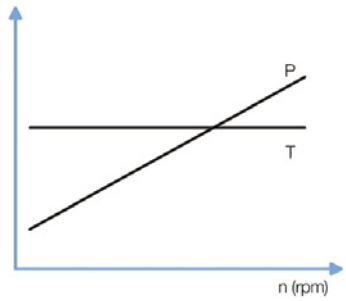
Valiku etapid	Võrk	Muundur	Mootor	Koormus
				
1) Toitevõrgu ja koormuse kontrollimine	f_N=50Hz, 60Hz U_N=380...690V			
2) Mootori valik järgmiste näitajate põhjal: - Termiline koormatavus - Pöörlemiskiiruse vahemik - Vajalik maksimaalne moment				
3) Muunduri valik järgmiste näitajate põhjal: - Koormuse liik - Keskmine ja maksimaalne voolutugevus - Toitevõrk				

18.3.2 KOORMUSE LIIGID

Eri tööstusharudes esineb palju erinevaid koormuse liike. Koormuse profiili (pöörete vahemik, moment ja võimsus) tundmine on oluline rakenduse tarbeks sobiva mootori ja sagedusmuunduri valikul. Allpool on esitatud näited mõnede üldlevinud koormuse liikide kohta. Esineda võib ka nende liikide kombinatsioone.

Konstantne koormusmoment, püsimoment

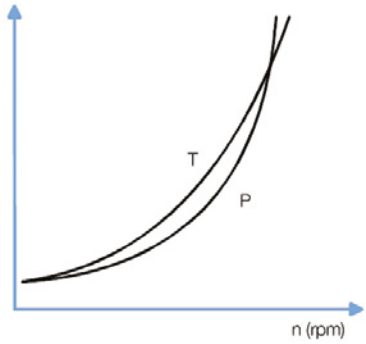
Konstantse momendiga koormus esineb tavaliselt siis, kui töödeldakse kindlaid materjalikoguseid. Tüüpiliseks konstantse momendiga koormuse näiteks on kruvikompressorid, etteandeseadmed ja konveierid. Sel juhul moment on konstantne ning võimsus võrdeline pöörete arvuga.



Joonis 18.2. Tüüpilised momendi- ja võimsuskõverad konstantse momendiga talitluses.

Kiiruse ruuduga võrdeline moment

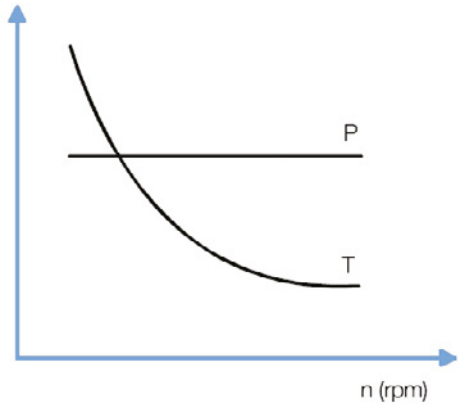
Kiiruse ruuduga võrdeline koormusmoment on kõige levinum koormuse liik. Tüüpilised näited on tsentrifugaalpumbad ja ventilaatorid, mille puhul Koormus moment on võrdeline kiiruse ruuduga ja võimsus kiiruse kuubiga.



Joonis 18.3. Tüüpilised momendi- ja võimsuskõverad kiiruse ruuduga võrdelise koormusmomendi puhul.

Konstantne võimsus, püsivõimsus

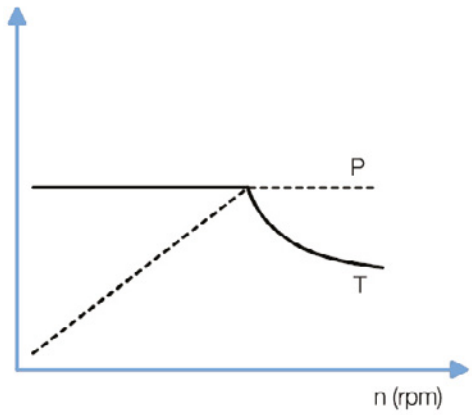
Konstantse võimsusega-koormus on tavaline siis, kui mingit materjali keritakse poolile ja pooli läbimõõt muutub kerimise ajal. Võimsus on konstantne ja moment pöördvõrdeline kiiruse ehk pöörete arvuga.



Joonis 18.4. Tüüpilised momendi- ja võimsuskõverad konstantse võimsuse rakenduste puhul.

Konstantne võimsus ja konstantne moment

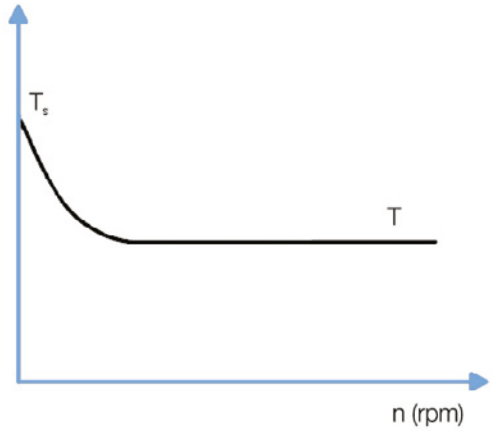
See koormuse liik on üldlevinud paberitööstuses. Tegemist on konstantse võimsuse ja konstantse koormuse kombinatsiooniga. Niisugune koormuse liik on sageli tingitud olukorrast, kus suurel kiirusel töötamisel juhitakse ajamit konstantse võimsuse järgi.



Joonis 18.5. Tüüpilised momendi- ja võimsuskõverad konstantse võimsuse/ momendiga rakenduste puhul.

Käivitus- ja/või seiskamismomendi vajadus

Mõnedes rakendustes on vaja väikestel pöörlemissagedustel tekitada suurt momenti. Seda asjaolu tuleb ajami valikul (dimensioonimisel) arvesse võtta. Sellist liiki koormusega on tegemist ekstruuderite ja kruvipumpade puhul.



Joonis 18.6. Tüüpiline momendikõver suure käivitusmomendiga rakenduste puhul

Esineb ka muid koormuse liike. Neid on aga raske lühidalt kirjeldada. Näitena võib tuua erinevad sümmeetrilised (rullteed, kraanad jne) või ebasümmeetrilised koormused. Momendi sümmeetria/asümmeetria võib olla näiteks pöördenurga või aja funktsioon. Niisuguste koormuste puhul tuleb ajamit valida väga hoolikalt, võttes arvesse mootori ja muunduri ülekoormuse lubatavaid piirväärtusi ning mootori keskmist momenti.

18.4 SAGEDUSMUUNDURIGA SEOTUD TEHNILISED LAHENDUSED JA RAKENDUSED

Sagedusmuunduri talitlus koos kontaktori ja termoreleega

Sagedusmuunduri kasutamisel asendab see praktiliselt kogu mootori toitesüsteemi, sest kontaktorit ja termoreleed pole tingimata vaja. Mootor käivitatakse ja seisatakse sagedusmuunduri juhtimisahelas oleva relee abil vastava käivitussignaaliga. Signaali allikaks võib olla lüliti või näiteks programmeeritava kontrolleri aktiivne binaarsignaal (24 V DC).

Ka mootori pöörlemissuunda saab kergesti kontaktoriteta sagedusmuunduri juhtimisega muuta. Soovi korral saab ka kontaktorit jätkuvalt kasutada koos sagedusmuunduriga, kuid tavaliselt pole soovitatav, et sagedusmuunduri ees olevat kontaktorit kasutatakse mootori käivitamiseks ja seiskamiseks. Sagedusmuunduris on püsivate omadustega

mootori elektroonne termorelee, mis asendab eraldiasuvat mehaanilist termoreleed. Rakendustes, kus ühe sagedusmuunduriga juhitakse mitut mootorit, tuleb siiski igale mootorile paigaldada oma termorelee. Siiski, kui kasutusolud seda nõuavad ei asenda sagedusmuunduri elektroonne termorelee mootori mähistesse paigaldatud termistore.

Juhul kui on vaja käivitada nt suure inertsimomendiga ventilaatorit, võib selle käivitusaeg otsekäivitamisel olla kuni 60 s. Sel juhul pole probleemiks mitte ainult toitevõrgu võimalikud alapingeid käivitamise ajal, vaid ka asjaolu, et mootori termomehaaniline soojusrelee võib käivitamise ajal rakenduda. Seda probleemi on püütud lahendada nn. raskekäivitus termoreleede abil või käivitusvoolu möödajuhtimisega termoreleedest. Kumbki meetod pole hea, eriti siis, kui lülitussagedus on suur. Sagedusmuunduri kasutamisel laheneb seegi probleem lihtsalt, tuleb vaid programmeerida piisavalt pikk käivitusaeg ning mootor käivitub probleemideta ja on ka käivitamise ajal kaitstud liigkoormuse eest.

Libistuse kompenseerimine

Paljude rakenduste puhul on vaja sagedusmuunduri abil saavutada kiiruse pidevat reguleerimist. Sel juhul võib reguleerimise täpsuse seisukohast probleemiks olla lühisrootoriga asünkroonmootori libistuse sõltuvus koormusest. Libistuse tõhusa kompenseerimisega sagedusmuunduri abil saab mootori pöörlemiskiirust väga tõhusalt, olenemata võimalikust koormusest, hoida konstantsena. Keerukate reguleeritavate ajamite puhul võib mootori võllile paigaldada impulssanduri ja selle abil saada sagedusmuundurile kiiruse tagasisidesignaali. Nii saab tagada suure reguleerimistäpsuse, kusjuures kiirusviga mootori koormuse muutumisel tühijooksust kuni nimikoormuseni ei ületa 0,1% maksimaalkiirusest tingimusel, et väljundsagedus on üle 6 Hz. Ajami tegelikul kasutamisel mootori koormus nii palju ei muutu ja seega on tegelik reguleerimistäpsus veelgi suurem.

Igas olukorras õige kiirus

Sagedusmuunduri mitmete rakenduste puhul pole vaja kiirust muuta sujuvalt. Sagedusmuunduri eelis võib olla ka see, et see võimaldab soovitud kiirust kasutuselevõtuetapis hõlpsasti valida. Tüüpiline näide on nt konveierite kiiruste sünkroniseerimine. Sel juhul on kasutajal lihtne valida konveierite sobivad kiirused ilma, et selleks oleks vaja teostada kiirusastmetega seotud arvutusi ja läbi viia suurmahulist peenhäälestust kasutuselevõtu käigus. Sagedusmuunduriga saab programmeerida mitu püsikiirust, mida on lihtne kasutada ühises rakendustes. Tavarakenduste puhul piisab ühest püsikiirusest, mil sagedusmuunduri abil kiirendatakse mootor soovitud ajaga soovitud kiiruseni ning pidurdatakse soovitud aeglustusajaga seiskumiseni.

Kui võimsust soovitakse maksimeerida igas olukorras, võib kasutada mitut püsikiirust. Kui näiteks vagonett-transportööri ajami puhul on teada, millal vagun on alati tühi (nt tagasisõidul), võib selles olukorras kasutada suuremat kiirust. Samal ajal võib

vajaduse korral kasutada ka suuremaid kiirendus- või pidurdusaegu, mil koguvõimsus suureneb veelgi. Muunduri puhul tuleb silmas pidada, et kuigi mõne rakenduse puhul on eesmärgiks võimalikult väike käivitus- või pidurdusaeg, pole vastav käivitus- või seiskamisprotsess kaugeltki nii järsk kui mootori otsekäivitamisel; seda isegi juhul kui käivitamisel nullist 50 Hz-ni oleks käivitusaeg seatud vahemikku 0,5-1 s.

Positsioonajam - suur moment ka väiksematel sagedustel.

Lühisrootoriga asünkroonmootorit on tihti vaja kasutada ka rakendustes, mil liikumine tuleb peatada võimalikult täpselt konkreetses asendis, ehk nn. positsioonimisajamites. Kui seiskamine toimub täiskiiruselt, on see paljude rakenduste jaoks liiga järsk ja seiskumine on ebatäpne. Sagedusmuundur võimaldab enne lõplikku seiskumist aeglustada kiirust nii, et positsioonimine on palju täpsem. Kuna sagedusmuunduriga saavutatakse mootori nimimoment isegi 0,5 Hz väljundsageduse juures, saab koormust ajutiselt käitada ka väiksematel sagedustel. Positsioneerimistäpsust saab veelgi suurendada kui seiskamise lõppfaasis kasutada muunduri abil mootori alalisvoolupidurdust. Sagedusmuundur võimaldab hõlpsasti saavutada ±0,5 mm positsioneerimishälbe ka väga dünaamilise talitlusega ajamites.

Lihtne positsioneerimine saavutatakse siis kui ajamis on kaks püsikiirust: normaalkiirus ja positsioneerimiskiirus. Viimasele minnakse üle pärast seda kui esimene jõutakse positsioonimispunkti lähenemispiirini. Lõplik peatamiskoht on määratud teise piirlüliti asendiga. Kui seiskamiskohti on mitu, tasub piirlüliti asendada mootori võllile paigaldatava pulsianduri ja loenduriga. Paljudes sagedusmuundurites on ka alalispingega 0...±10 V juhtimise võimalus, nagu servoajamites, mis võimaldab sagedusmuundurit positsioneerimisel pidevalt juhtida. Sellisel kasutamisel muutub juhtpinge polaarsuse muutumisel ka mootori pöörlemissuund.

Suur käivitusmoment

Sagedusmuundurite jaoks on olnud suhteliselt tülikad niisugused rakendused, mis nõuavad suurt käivitus- või pidurdusmomenti, nt fikseeritud massiga kruvipurustid. Nende rakenduste puhul tuleb harilik sagedusmuundur võrreldes mootori võimsusega kindlasti üle dimensioonida, et käivitus igal juhul õnnestuks. Tagasisidestamata vektorjuhtimisel põhinevate sagedusmuunduritel eespool nimetatud puudust ei ole, sest nendega on võimalik saavutada juba 0,5 Hz väljundsageduse juures mootorilt kuni 200% nimipöördemoment. Soovi korral võib sagedusmuunduri jätkuvalt üle dimensioonida, kuid selleks, et vektorjuhtimine toimiks hästi, peaks sagedusmuundur olema maksimaalselt ühte võimsusastme võrra suurem kui mootori võimsus.

Tõstmine- ja langetamine ning mehaanilise piduri juhtimine sagedusmuunduriga

Olukordades, kus koormus hakkab mootorit ringi ajama, töötab elektrimasin generaatorina ja energia kulgeb mootorist sagedusmuundurisse. Niisugusteks rakendusteks on näiteks tõste- ja langetusajamid. Tavalise sagedusmuunduriga ei saa anda energiat võrku tagasi. Muunduri alalisvoolu vahelüli pinge hakkab sel juhul suurenema ja tekib liigpingeoht. Ajamites on siiski olemas nn. pidurdustransistor, millega saab juhtida vahelüli pinget. Kui vahelüli pinge tõuseb teatud tasemeni lülitatakse sisse pidurdustransistor ja energia juhitakse pidurdustakistisse, kus see eraldub soojusena.

Kui sagedusmuundur on varustatud eespool viidatud pidurdustransistoride ja takistitega, on see kasulik lahendus nt kraanaajamite puhul. Pidurdustakisti ja -transistori arvutamisel tuleb arvesse võtta pidurdustalitluse ED-suhet; sagedusmuunduri sisemine pidurdustakisti võimaldab töötada umbes 2% ED suhte korral. Selle suurendamiseks tuleb paigaldada eraldi suurema võimsusega pidurdustakisti, mille takistus on sama, kui sisemisel pidurdustakistil. Samal ajal tuleb sisemine takisti lahti ühendada, et mõlemad takistid poleks lülitatud rööbiti.

Tõste- ja langetusajamite puhul tasub ka mootori mehaanilist pidurit juhtida sagedusmuunduriga. Muunduril on transistorväljundid ja nn. sagedusseire, mida saab programmeerida töötama nii, et soovitud piirsagedusest ülal- või allpool lülitatakse pidur automaatselt sisse või välja. Lisaks saab vajaduse korral tõste- ja langetusajamis pidurit juhtida ülesliikumisel erineva väljundsagedusega kui alla liikudes. Tõsteajami puhul on ka oluline, et sagedusmuundur võimalikus häireolukorras ajami peataks ning lülitaks mehaanilise piduri otsekohe peale. Kui mehaanilist pidurit juhitakse sagedusmuunduri "sagedusseire" funktsiooniga, toimib see automaatselt nii, et pidur lülitatakse häire korral kohe sisse. Suur kasu on ka sellest, et mehaaniline pidur lülitatakse peale alles siis, kui liikumine on juba peatunud, mistõttu pidur ei kulu.

Pidurdustalitlus ja tegevus hädaseiskamise oludes

Sagedusmuundurit võib kasutada ka pidurina, kui selleks on olemas eespool nimetatud pidurdusfunktsioon. Muunduril on ka tõhus alalisvoolupidurduse funktsioon, mis võimaldab mootorit kiiresti peatada, kuid selle pidev ja intensiivne kasutamine võib mootorit liigselt kuumutada. Pidurdustakisti eelis on just see, et see ei koorma pidevalt mootorit, vaid kuumeneb ainult pidurdustakisti. Ka mehaanilise piduri pidev kasutamine on halb lahendus, sest pidur kulub mehaaniliselt kiiresti, kui sellega pidurdatakse mootorit täiskiiruselt. Kui niisuguse rakenduse puhul on siiski vaja kiiret peatamist, nt hädaseiskamist, võib mehaanilise piduri otse peale lülitada.

Niisuguste olukordade jaoks on sagedusmuunduris juhtsisend ehk nn. "väljundpinge katkestamine", mis otsekohe ilma viivituseta lülitab sagedusmuunduri vaheldi välja. Kui mehaanilist pidurit juhitakse sagedusmuunduri "sagedusseirega", siis aktiveeritakse mehaaniline pidur automaatselt kohe pärast "väljundpinge katkestamist".

Sagedusmuundur võimaldab mootori lihtsat juhtimist mitmesuguste rakenduste puhul ning ajami peatamine võib vastavalt olukorrale toimuda optimaalselt, kasutades nii pidurdusfunktsiooni kui ka mehaanilise piduri juhtimist.

Energiasääst

Sagedusmuunduri üks peamisi omadusi on energia säästmise võimalus, mis saadakse tänu mootori pöörlemiskiiruse vähendamisele. Eriti kehtib see pumba- ja ventilaatoriajamite kohta, kui ventiiliga reguleerimine asendatakse mootori sujuva kiiruse reguleerimisega Sel juhul on võimalik saavutada isegi nii suurt energiasäästu, et sagedusmuunduri tasuvusaeg on alla kahe aasta. Nende nn. momendi ja kiiruse ruutsõltuvusega ajamite puhul osutub sagedusmuundur normaalsest odavamaks ka seetõttu, et sagedusmuunduri võib soovi korral valida astme võrra väiksema võimsusega kui mootori. Energiasäästu tähtsust võib vaadelda järgmise lihtsa näite varal: kui ventilaatori pöörlemiskiirust vähendada 20 % võrra (sagedust 50 Hz-lt kuni 40 Hz-ni), siis võimsus väheneb 100%-lt 51%-ni (võimsus on võrdeline kiiruse kolmanda astmega).

Mida te teeksite sellises olukorras?

1. Teile meeldib hoida jalga gaasipedaalil ja reguleerite kiirust piduriga.

2. Vahetate käiku madalamale käigule ja vähendate pöörete arvu

Joonis 18.7. Näide energiasäästlikust kiiruse reguleerimisest.

Energiasäästu saab suurendada kui muunduri pinge-sageduse suhe, ehk V/f-sõltuvus, valitakse vähendatud momendiga talitluse alusel. Pumbaajamite puhul saab sagedusmuundurite abil lisaks energiasäästule vähendada või vältida torustikes hüdraulilisi lööke, mis tavaliselt tekivad mootori otsekäivitamisel või järsul seiskamisel.

19

ALAJAAMAD JA TRANSFORMAATORID

19.1 SISSEJUHATUS

Õhuliinidega keskpingevõrkude alajaamad ehitatakse tavaliselt mastalajaamadena, tihedalt asustatud piirkondades aga valdavalt kaablivõrke ühendatavate kiosk-, komplekt- või hoonesiseste alajaamadena.

Alajaama haldajaks võib olla kas jaotusvõrguettevõtja või mõni suurem elektrienergia kasutaja. Sõltumata omandiõigusest peavad alajaama omanikud tegutsema ja paljudes asjades kokku leppima jaotusvõrgu omanikuga, sest alajaam ühendatakse tavaliselt jaotusvõrgu halduri poolt hallatavasse keskpingevõrku. Võrgu erinevate lülitus- ja käiduolukordadega seotud teave on alati olemas jaotusvõrgu omanikul.

Kehtiva Elektriohutusseaduse alusel vastutab alajaama ohutu kasutamise eest alati omanik, kellele on pandud elektriohutuse õigusaktidega mitmesuguseid kohustusi ja vastutus. Nende kohustuste hulka kuulub muu hulgas oma elektripaigalises vajaliku käidukorralduse tagaminenõutava pädevustunnistusega käidukorraldaja määramine madalpingepaigaldisele, mille peakaitsme nimivool on üle 100 ampri, ja kõrgepingepaigaldisele peakaitsme nimivoolust olenemata. Elektriohutusseaduses kirjeldatud käidukorralduslike kohustuste täitmiseks peab elektripaigaldise omanik olema käidukorraldajaga või tema tööandjaga lepingulises suhtes, välja arvatud, kui käidukorraldajaks on elektripaigaldise füüsilisest isikust omanik ise.

Käidukorraldajal peavad olema erialane ettevalmistus, teadmised elektripaigaldisest, selle ehitusest ja kasutamise ohutusnõuetest ning töökogemus ulatuses, mis tagab elektripaigaldise kasutamisel ohutuse. Nendele nõuete vastavus peab olema personali sertifitseerimise asutuse poolt hinnatud ja kirjalikult tõendatud vastava pädevustunnistuse väljastamisega. Kesk- ja kõrgepingelistes elektripaigaldistes on käidukorraldajal nõutav A-klassi pädevustunnistus.

19.1.1 ALAJAAMASID KÄSITLEVAD SÄTTED JA SUUNISED

Elektriohutusseaduse alusel ning majandus-ja kommunikatsiooniministri 10.04.2007 määrusega nr 24 „Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord“ on kehtestatud üldised nõuded, eeskätt madalpingeelektriseadmetele ja –paigaldistele elektriohutuse tagamiseks. Määruses eeldatakse, et alajaamad, nii nagu kõik muud elektripaigaldised üldiselt, peavad vastama Euroopa harmoneeritud dokumentide ja Eesti riiklike standardite nõuetele. Kõrgepinge- elektripaigaldiste projekteerimisel ja koostamisel tuleb aluseks võtta standardid:

1. EVS-EN 61936-1:2010 Tugevvoolupaigaldised nimivahelduvpingega üle 1 kV osa 1: üldnõuded.

2. EVS-EN 50522:2010 Üle 1 kV nimivahelduvpingega tugevvoolupaigaldiste maandamine.

3. EE AS Jaotusvõrgud OÜ poolt on toimetatud ja kinnitatud järgmised ametkondlikud standardid:

- 20 kV õhuliinid. EE 10421629-JV ST 5-1:2001;
- 20 kV kaabelliinid. EE 10421629-JV ST 5-2:2001;
- Mastalajaamad. EE 10421629-JV ST 5-4:2001.

Nende standardite nõuete täitmine on ametkonnale kuuluvates elektripaigaldistes kohustuslik, ametkonnale mittekuuluvates elektripaigaldistes aga soovituslik.

Vanades alajaamades ja muudes elektripaigaldistes, mis on projekteeritud ja ehitatud varem kehtinud eeskirjade ja standarditenõuete kohaselt, võib kuni nende rekonstrueerimiseni jätkuvalt järgida nende projekteerimise või ehitamise ajal kehtinud nõudeid.

Elektriseadmete ehitaja valib tehnilise lahenduse, mille ohutust ta peab suutma tagada. Lihtsaim viis on ehitada elektripaigaldised vastavalt projektis ja standardites sätestatud tehnilistele nõuetele, mis tagavad paigaldise ohutuse. Vanade eeskirjade või standardite järgi ehitatud elektrialajaamad on kasutusel kindlasti veel kaua. See tähendab, et sama kaua tuleb järgida vanu eeskirju ja standardeid ja heaks kiita nende alusel ehitatud elektripaigaldisi.

Kui keskpingealajaamade projekteerimisel ja ehitamisel ei saa kõikidele küsimustele piisavalt vastust eelnimetatud Eesti standarditest, siis võimaluse korral võiks abiks olla ka

- Soome elektriala teabeasutuse Sähköinfo OY avaldatud juhend elektritarbijate valduses olevate kaabelühendustega alajaamade jaoks ST-kaart 53.11 "Kaabelühendusega elektritarbijate alajaamad";
- jaotusvõrgu halduses olevate alajaamade kohta Adato avaldatud võrgu soovitus RM 3:02 "Kaabelühendusega võrguettevõtja alajaamad", mille koostamisel on põhirõhk pandud SF6-isolatsiooniga alajaamadele;
- Adato avaldatud võrgu soovitus RM 7:98 "Lühisvoolu elektrikaare rõhu mõju alajaamale.

Alajaama ruume käsitlevaid juhiseid on Soomes välja antud ka hoone infokaardil RT 92 -10774 "Hoonealajaamade ruumid“, milles on arvesse võetud ehituskonstruktsioonidega seotud tuleohutust ja lühisvoolude kaarlahenduse poolt põhjustatud rõhu taluvust.

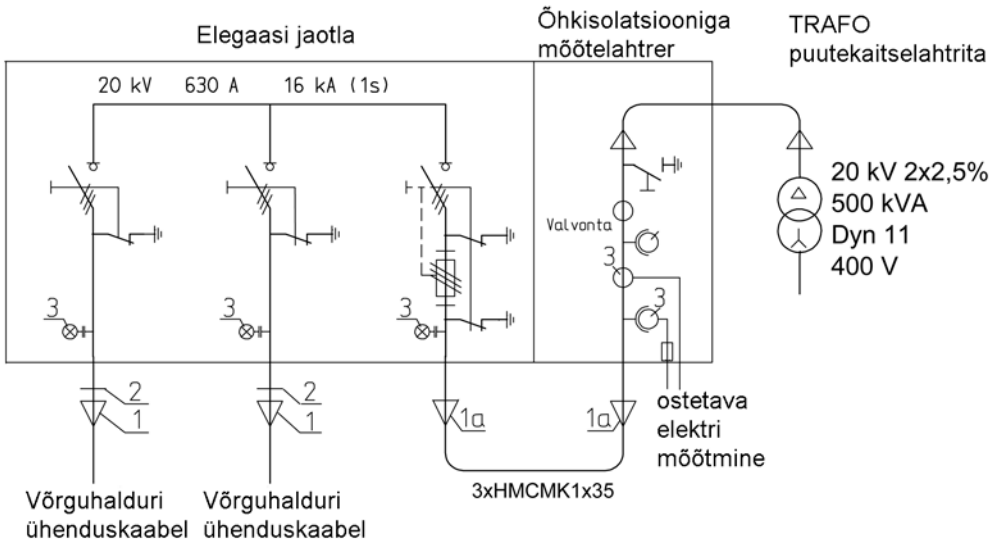
Mastialajaamade jaoks on Soomes koostatud standard SFS 2646 ja võrgu soovitus RM 5:03.

19.2 ALAJAAMA PÕHIMÕTTESKEEMI NÄIDE

Alajaama üldine põhimõtteskeem kujuneb välja järgmiselt:

- Omaniku järgi. Võrguettevõtja alajaamas ei ole tavaliselt elektrienergia mõõtmist, kuid elektritarbijale kuuluva alajaama keskpingepoolel nähakse alati ette elektrienergia mõõtmine.
- Keskpingevõrkude ehituse järgi. Kõik alajaamad püütakse ühendada võrguettevõtja poolt hallatavatesse keskpingevõrkudesse kahe kaabli kaudu. Nii saab elektriühendus elektrivarustuse töökindluse huvides toimuda kahest suunast.
- Keskpingevõrkude omaduste järgi (pinge, lühisvool ja maaühendusrikke kaitse).

Trafode arv mõjutab lülitusseadmete arvu ja pealüliti ehitust. Sulavkaitsmetega kaitstud trafo keskpingekaabel on tavaliselt standardse ristlõikega (35 mm^2), kuid pikkade vahemaade puhul ning juhul kui trafo on kaitstud kaitselülitiga tuleb kaabli parameetrid üle vaadata.



1. Ühenduskaablid ja vastav jaotusseadme terminal.
1a. Mõnes jaotlas on see osa kaablist paigaldatud.
2. Lühiseindikaator valitakse võrguettevõtja tava kohaselt.
3. Pinge näidik. Kasutatakse trafo kaablis vaid siis, kui on tagasiside võimalus.

Joonis 19.1 Ühe trafoga alajaam

Joonisel 19.1 toodud alajaam on skeemi järgi elektritarbija alajaam. Võrguettevõtja alajaamas puudub keskpingel mõõtelahter. Muidu on lahendused sarnased.

19.3 KESKPINGEAPARATUURI ELETRILISED OMADUSED

Tabelis 19.1 näitena toodud väärtused põhinevad Adato soovitusel RM 3:02, mis kehtivad üldiselt kogu Soome territooriumil.

Tabel 19.1. Alajaama jaotusseadmete elektrilisi valikuandmeid

Nimipinge	10 kV	20 kV
Suurim talitluspinge	12kV	24kV
Isolatsioon		
- impulssteimipinge (tüüpimpulsiga 1,2 / 50 ms)	75kV	125kV
- võrgusageduslik teimipinge (1 min, 50 Hz)	28 kV	50 kV
Aparatuuri lühistaluvus		
- termiline voolutaluvus, 1 s	20 kA	16 kA
- dünaamiline voolutaluvus	50 kA	40 kA
Sulavkaitse-koormuslahklüliti vähim nimivool	200 A	100 A
Suurim rakendatav sulavkaitse [1]	100 A	63 A
Koormuslahklüliti ja lattide nimivool	630 A	630 A
Koormuslahklüliti lahutusvõime [2]		
- nimilahutusvõime, cosφ = 0,7	630 A	630 A
- induktiivkoormuse lahutusvõime, cosφ = 0,3	630 A	630 A
- kaabli laadimisvoolu lahutusvõime	10 A [3]	10 A [3]
- maaühendusvoolu lahutusvõime	50 A [4]	50 A [4]
Alajaamasisese sulavkaitsmetega kaitstud keskpingekaabli ristlõikepind mm²	35 Cu	35 Cu

1) Mitmete jaotusseadmete puhul on väärtus 20 kA, kuid enamikel juhtudel piisab 16 kA.
2) Jaotusseadmete valmistajad teatavad suurima kasutatava sulavkaitsme nimivoolu ja lepivad tellijaga kokku ka i trafodele sobivad sulavkaitsmed.
3) Standardi EVS-EN 60265-1 „Lülitid pingel 1 kV-52 kV“ alusel.
4) Tabeli väärtused vastavad kõige sagedamini kasutatavatele SF6-jaotusseadmetele. Vajalike suuremate lahutusvõime väärtuste korral tuleb kokku leppida vastavate tootjatega.
5) Esitatud väärtused vastavad kõik sagedamini ostetavatele SF6-jaotusseadmetele. Vajadusel tuleb väärtused üle kontrollida. SF6-seadmetel ei esine oluliselt suuremaid väärtusi.

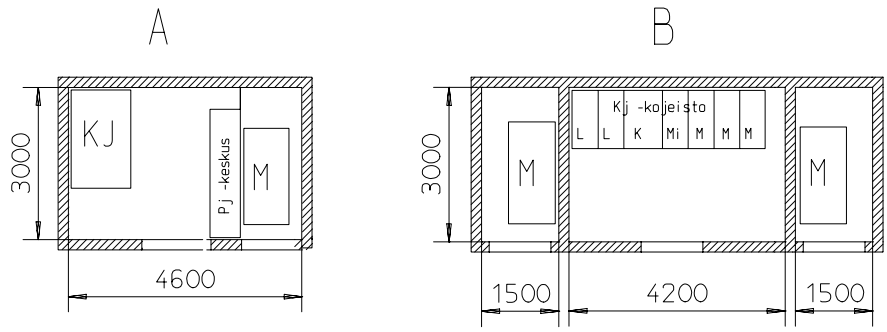
19.4 ALAJAAMA RUUMILAHENDUS

Konkreetse alajaama nõutavat ruumilahendust mõjutavad muuhulgas:

- trafode arv;
- bilansiline kuuluvus, s.t. kas omanikuks on võrguettevõtja või elektrienergia tarbija;
- jaotusseadmete konstruktsioon - SF6-või õhkisolatsiooniga jaotusseadmed;
- ehitistesse sisseehitatud alajaamade korral, nende ehitise ruumide teised kasutajad;
- trafo ja jaotusseadmete transpordivõimalused;
- alajaama asukoht võrguettevõtja keskpingevõrkude suhtes;
- ventilatsiooni rakendamise võimalus.

Alajaama parimaks asukohaks on maapinna tasandil ja välisseina kõrval olev ruum. Näiteks Soome ST - kaardil 53.11 ja võrgu soovituses RM2: 02 antakse täpsemaid juhiseid alajaama ruumide valikuks.

Joonisel 19.2 on näitena esitatud elektritarbija alajaama kaks ruumilahenduse varianti.



M = trafo, KJ = SF6 isolatsiooniga keskpingejaotla. Uste kohad on joonisel näidatud kriipsjoonega.

Joonis 19.2. Elektritarbija alajaama ruumide kaks lahendusnäidet.

Näite A puhul on alajaam üks trafo.

Madalpingejaotla asub vahetult trafo lähedal. Niisugune paigutus on üsna laialt kasutusel ja selle puhul on trafo ja madalpingejaotla vahelised peavooluahela juhid väikese pikkusega ja ka väikese puisteväljaga. Võrguettevõtja jaotusalajaama keskpingejaotusseadmed on sageli alajaama tagaseinas, mis tingib jaotlale suhteliselt väiksemat ruumilahendust.

Näite B puhul on alajaamas kaks trafot, mis on paigutatud omaette tulekindlatesse ruumidesse.

Keskpingejaotla koosneb lahtritest. Jaotlas on kaks ühenduslahtrit, lülituslahter, mõõteaparaatide lahter ja kolm trafolahtrit. Madalpingejaotlad on eraldi ruumides. Elektritarbija alajaama madalpingejaotlad paiknevad sageli traforuumis.

19.4.1 EHITUS- JA TULEOHUTUSNÕUDED

Hoonesse paigutatava alajaama ehituslikud nõuded ning kaitsetingimused tule eest on toodud standardis EVS-EN 61936-1:2010 "Tugevvoolupaigaldised nimivahelduvpingega üle 1 kV" osa 1: üldnõuded, Soomes peavad need alajaamad vastama lisaks Keskkonnaministeeriumi väljaandes E1/2002 "Ehitiste tuleohutus. Eeskirjad ja juhised" esitatud nõuetele. Nõuded põhinevad alajaamas esinevatel tuleohtlikel ainetel ja ehitise põlemiskoormuse suurusel. Põlemiskoormust mõjutab kõige enam trafoõli kogus, mida saab arvutada trafoõli (isolatsiooniklass 01) koguse ja küttevääртuse (42 MJ/kg) järgi taandatuna traforuumi põranda pindalaühiku kohta.

Tuletõkkesektsioonide uste ja väiksemate avade tulekindlus peab olema vähemalt pool hoone tuletõkkeuste puhul nõutavast tulekindlusest.

19.4.2 LÜHISVOOLU KAARLEEGIST PÕHJUSTATUD LÖÖKLAINE

Lööklainet tuleb arvestada alajaama konstruktsioonide dimensioonimisel. Kaarleegi lööklaine on tuletõkkesektsioonide seinte puhul sageli ka projekteerimist mõjutavaks teguriks. Soomes on üksikasjalikud konstruktsioonilahendused esitatud soovituses RM 2:02, mille kohaselt tuleb projekteerimisel arvestada lühisvoolu elektrikaare poolt põhjustatud lööklaine rõhku.

Lühisvoolu elektrikaare poolt tekitatud suurim kahju on tavaliselt toimunud lahtistes keskpingejaotlates, kus inimeste kaitseks on kasutatud võrkseina või vanemates jaotlates ainult tõkkepoomi. Kaarlahendus on põhjustanud seinte kokkuvarisemist, uste avanemist, tulekahju ja inimestele silmade vigastusi.

Lühisvoolu elektrikaar võib tekkida:
- keskpingejaotlates;
- keskpinge kaabelühenduste lahtris;
- kõrgepinge sulavkaitsmete lahtris;
- keskpingetrafo kaanel või madalpinge poolusel;
- madalpingejaotlates, madalpingelattidel või madalpingekaablite ühenduslahtris.

Alajaamaruumis tekkiv ülerõhk võib vabaneda:
- lülituslahtrite avatud uste kaudu,
- keskpingejaotla vastavate rõhu väljalaskeavade kaudu,
- ventilatsiooniavade kaudu.

Elektrikaare põhjustatud lööklainet tuleb arvesse võtta vaatamata sellele, et keskpingejaotlates on spetsiaalsed rõhutasanduseks ettenähtud väljalaskeavad. Tuleb arvestada ka asjaoluga, et elektrikaar võib tekkida mujal kui keskpingejaotlas.

19.5 ERALDIASUVAD ALAJAAMAD - ASUKOHAVALIK TULEOHU SEISUKOHAST

Eesti standardis EVS-EN 61936-1:2010 „Tugevvoolupaigaldised nimivahelduvpingega üle 1 kV osa 1: Üldnõuded“ ja vastavas Soome standardis SFS 6001+A1+A2 „Kõrgepinge elektripaigaldised“ on antud juhised alajaama minimaalsete vahekauguste kohta rajatistest., Siinkohal on esitatud kõige sagedamini esinevad suurused.

Alajaama minimaalne kaugus hoonest või laost:
- tavaliselt 5 m;
- üle 5 m kui alajaama kõrval olev ehitis või lahtine ladu on väga väärtuslik või kui ohus on isikute julgeolek. (konkreetne kaugus kooskõlastatakse päästeteenistusega).

Inimeste julgeolek loetakse ohustatuks kui ruumides või hoonetes viibib üheaegselt palju inimesi ja neid on raske kiiresti evakueerida või kui on tõenäone paanikaoht (nt koolid, raviasutused, lasteaiad jms).

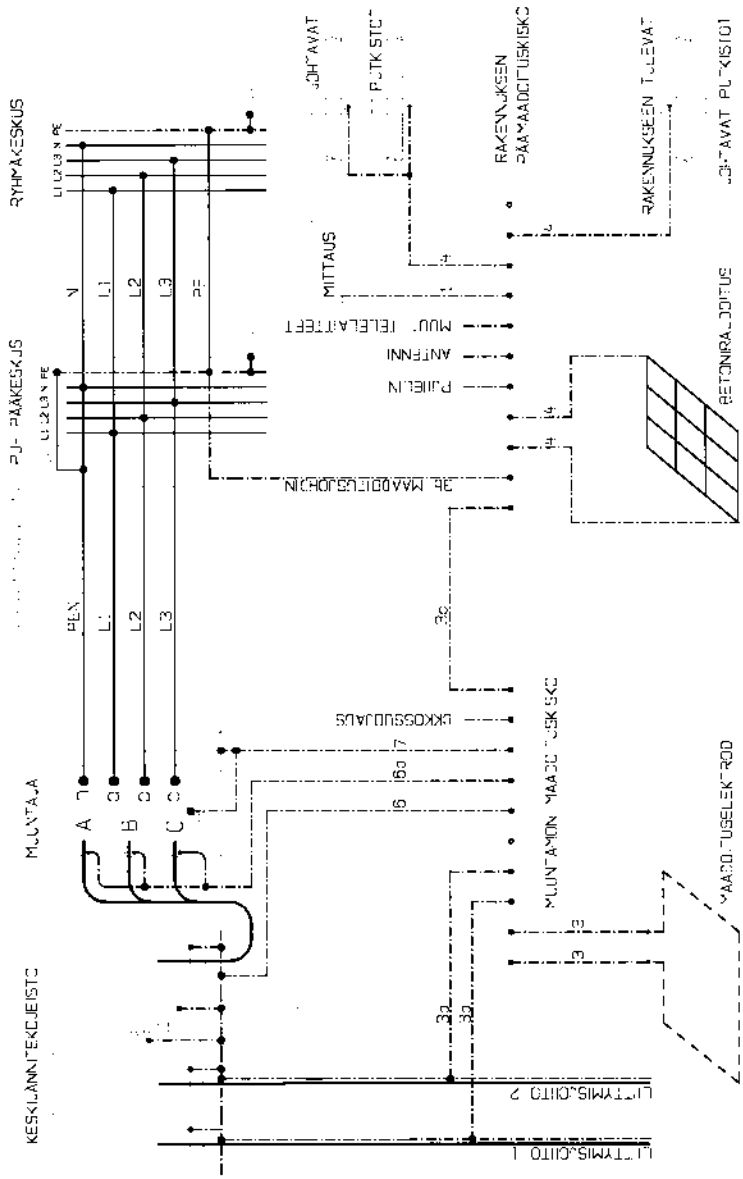
Ohutut vahekaugust mõõdetakse rõhttasandil alajaama ja ohustatud objekti välispinna vahel, sõltumata sellest, millisel kõrgusel välispind asub.

Kui ohustatud objekti väärtus on eriti suur või on tõenäone tulekahju oht, tuleks vahekaugusi märgatavalt suurendada, varustada alajaam automaatse tulekustutussüsteemiga või kasutada kuivtrafosid.

19.6 ALAJAAMA MAANDAMINE

Antud peatükis käsitletakse keskpingevõrkude ja madalpingevõrkude enamlevinud ühist maanduspaigaldist.

Järgnevalt on esitatud kaabelühendustega elektritarbija alajaama maandusskeemide ja mastialajaama maandusjuhtide näited.



Joonis 19.3.

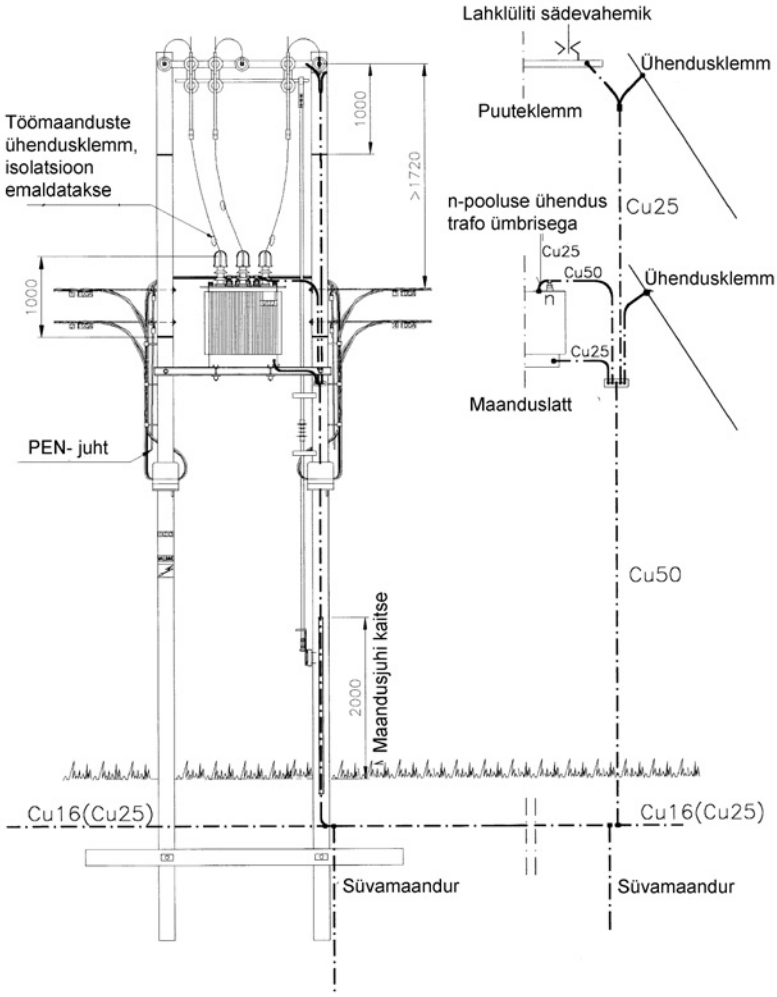
- Trafo ja madalpingejaotla vahel on PEN-juhiga neljajuhiline kaabel.
- PEN-juht jaguneb enne madalpingejaotla latistust neutraal- (N) ja kaitsejuhiks (PE) hoonesse sisseehitatud alajaamades. Komplekt- ja kioskalajaamades, mis asuvad toidetavatest elektripaigaldistest eemal, tehakse reeglina PEN-juhi hargnemine alles konkreetse elektripaigaldise peajaotuskeskuses, st alajaam koos elektritarbijate toiteliinidega lahendatakse TN-C juhistikusüsteemis.
- Maanduspaigaldise madalpingejaotla maandusjuht (3b) on ühendatud jaotla PE-latile, kus seda on lihtne ühendada.

- Madalpingejaotla ja trafo asuvad eraldi ruumides.
- Toitekaabli (AHXAMK-kaabli) maandusjuht on ühendatud maandusjuhi (3a) abil alajaama keskpingejaotla maanduslatiga, mis tagab alajaama maanduspaigaldise ühenduse võrguettevõtja kaabelvõrgu väikese takistusega maandusega. Vastava kokkuühendamise võib teha ka vahetult alajaama maanduril.
- Alajaama teine toitekaabel (vasakpoolne) tuleb otse elektrivõrgust.
- Trafo n-poolusega ühendatakse liigpingekaitse nõuetest tulenevalt võimalikult lühikese juhi abil trafo ümbrisega, seega talitleb n-pooluse ja madalpinge peajaotuskeskuse vahel PEN-juht.
- Suurtes hoonetes paiknevate alajaamade korral, kus alajaama madalpingepeajaotla asendab hoone peajaotlat, tuleb N- ja PE-juhid viia lahku alates sellest punktist, kus trafo n-poolus ühendatakse trafo ümbrisega. See aitab vältida kahjulike puistemagnetväljade moodustumist.
- Maandusjuht 3b ühendatakse kas trafo n-poolusega või alternatiivselt madalpingejaotla PE-latiga, kusjuures kaitsemaandusjuht 7 ühendatakse ka trafo ümbrisega.
- Kui madalpingejaotla on alajaama ruumis, ühendatakse alajaama maanduslatt ja hoone peamaanduslatt üheks peamaanduslatiks.

Joonisel 19.3 on pööratud põhitähelepanu keskpingejaotusseadmete, keskpingekaablite ja trafo maandamisele. Elektripaigaldise kui terviku maandamist ja potentsiaaliühtlustust ning kaitsejuhi ristlõike määramist on täpsemalt käsitletud madalpingepaigaldiste standardisarjas EVS-HD 60364 ja standardis EVS-EN 50522:2010 „Üle 1 kV nimivahelduvpingega tugevvoolupaigaldiste maandamine“ ning muuhulgas Soome vastaval elektriala teabekaardil ST 53.21.

Joonisel 19.3 käsitletud juhtide nimetused:
1. Kaitsemaandusjuht
2. PEN-juht
3. Maandusjuht
4. Potentsiaaliühtlustusjuht
6. Keskpingejaotusseadme kaitsemaandusjuht
6a. Trafo keskpingekaabli otsmuhvi kaitsemaandusjuht.
7. Trafo ümbrise ja trafo võimaliku kaitsetõkke kaitsemaandusjuht.

Joonisel 19.4 on näidatud standardile vastav mastalajaam ja selle maandusjuhtide ühendamise põhimõte, kui maandamiseks kasutatakse selgelt eristatavaid vaskjuhte ja maanduslatti. Selline lahendus on kasutusel jaotusvõrguettevõtetes, sama lahendus esineb ka vastavas mastialajaama ametkondlikus standardis EE 10421629-JV ST 5-4:2001. Madalpingeliste väljundjuhtide ristlõige ei ole piiratud; näidatud on vaid alajaama maandusjuhtide ristlõikepindala.



Joonis 19.4. Mastalajaama maandamise põhimõtteskeem (Soomes võrgu soovitus RM 5:03 lisa 1)

– Alajaamas on ühine maanduselektrood alajaama PEN-juhi ja keskpingeseadmete pingealtide osade kaitsemaandamiseks.

– Alajaama ühise maanduselektroodina rajatakse kas rõhtmaanduselektrood või sügavmaanduselektrood või mõlemad korraga ning potentsiaalitasandusrõngas umbes 300 mm sügavusele ja umbes meetri kaugusele mastist

Potentsiaalitasandusrõngas on ühendatud kahest kohast kokku alajaama maanduriga.

- Alajaama madalpingepoole maandamine (PEN-juhi maandamine) toimub 2 x 25 mm^2 vaskjuhtidega, mis maanduslati kaudu on ühenduses trafo n-poolusega ja maanduselektroodidega.

- Keskpingeseadmete pingealtide osade kaitsemaanduseks kasutatakse 25 mm^2 vaskjuhti. Väikseim võimalik vasest kaitsemaandusjuhi ristlõige on 16mm^2, mis on maapiirkonna õhuliinide väikeste maaühendus- ja lühisvoolude puhul piisav.

- Trafo kaitsemaanduse ühenduskoht on trafo allosas, nagu see oli ka vanadel trafodel. Kui maanduse ühenduskoht asub trafo ülaosas, ühendatakse kaitsemaandusjuht maanduslati kaudu katkematult trafo n-poolusega.

- Liigpingekaitse kindlaks toimimiseks ühendatakse trafo n-poolus otse trafo ümbrisega, näiteks ühe kaanepoldi alla. Sellise ühenduseta võiksid harmooniliste komponendid tekitada trafo ümbrise kaitsemaandusjuhi ja n-pooluse maandusjuhi pikkuste erinevuse tõttu trafo ümbrise ja n-pooluse vahel lubamatult suure potentsiaalide erinevuse (kuni mitu kV), mis tõenäoliselt rikuks madalpingemähiste isolatsiooni.

- Trafo terastugede alla on paigaldatud vaskjuhtide ühendamiseks maanduslatt. Selle kaugus trafo primaarpinge klemmidest peab olema piisav selleks, et alajaama maanduselektroodide maandustakistuse mõõtmisel maandusjuhi vajalikku lahti- ja taasühendamist saaks teostada ohutult.

- Alajaama primaarpoole kaksiksädemikuga liigpingekaitse maandusjuht tuleb paigaldada ja ühendada võimalikult lühikest teed pidi maanduselektroodidega.. Maandusjuhtidel ei tohi olla järske käänukohti. (Kui kaksiksädemikuga liigpingekaitse asemel kasutatakse trafo kaanele monteeritavaid metalloksiidpiirikuid, tuleb nende maandusjuht ühendada võimalikult lühikeste juhtide abil n-pooluse maandusjuhiga).

- Mastalajaama mõlemad tõmmitsad peavad olema kas maandatud või isoleeritud nii, et maapinnast maapoolse tõmmitsa ülemise otsani oleks tööasendis vähemalt 3,72 m ja katkenud tõmmitsa (purunenud isolaatori) korral liinipoolse otsani vähemalt 3,22 m.

- Iga väljuva madalpingeliini PEN-juht peab säilitama ühenduse mastalajaamamaanduriga ka transformaatori vahetuse ajal. PEN-juhtide liited peab tegema nii, et neid ei peaks transformaatori vahetusel avama.

- Maanduselektroodid paigaldatakse projekti tööjooniste järgi. Maandusrõhtelektroodiks piisab 16 mm^2 ristlõikega vaskjuhist, eriti kui see on mitmekiuline. Iga haru ühendatakse eraldi klemmi abil 2 x 25 mm^2 ristlõikega vaskmaandusjuhiga.

19.7 TRAFOD

19.7.1 ÕLITRAFOD

Trafod toodetakse ja katsetatakse vastavalt standardisarjale EVS-EN 60076. Lisaks sellele tehakse Soomes väikesevõimsuselistel mastitrafodele (tugevdatud isolatsiooniga, võimsusega kuni 100 kVA) vastavalt standardi SFS 2646 nõuetele tüübikatsena impulsspinge taluvuse katseid. Nende katsetega tagatakse mähiste vastupidavus pikseliigpingetele kui nende piiramiseks kasutatakse sädevahemikke.

Trafosid võimsusvahemikus 16-2000 kVA nimetatakse sageli jaotustrafodeks. Uute trafode puhul on kõige levinum hermeetiliselt suletud konstruktsioon. Nende trafode paak on täielikult täidetud õliga ja koormuste muutumisest põhjustatud õli mahu muutused on võimalikud tänu laineplekist mahutile. Hermeetiline konstruktsioon takistab hapniku ja niiskuse mõju õli ja dielektrikute omadustele. Nii on trafo isolatsiooni vananemine väga aeglane ja trafo eluiga võib olla pikk.

Tööstuslikes transformaatorites kasutatakse sageli eraldi paisupaaki. Trafode mõõtmed on sageli suuremad kui tavalistel jaotustrafodel. Õli soojenemine ja paisumine on jälgitav läbi õlitaseme tuvastusklaasi õlitaseme muutusena paisupaagis. Nendes trafodes kasutatakse sageli ka õhukuivateid.

Trafode kaane ehitus

Trafode kaanel asuvad nii primaar- kui ka sekundaarpoole mähiste läbiviigud. Sekundaarpoole isolaatorid on portselanist. Primaarpoolel on üldiselt kasutusel pistik-läbiviigud, ja keskpingekaabel ühendatakse kaitstud pistikotsikuga. Niisuguse konstruktsiooniga saavutatakse hõlpsasti kogu alajaama puutekaitse. Primaarpoolel kasutatakse jätkuvalt ka portselan-läbiviike.

Suurte trafode kaasi saab ümbrisega muuta osaliselt või täielikult puutekaitstuks. Ümbrist võib kasutada primaar- ja/või sekundaarpoole kaablite või latistiku ühendustel.

Paisumispaagiga tööstustrafo on sageli enam kui suurusjärgu võrra suurem hermeetiliselt suletud jaotusvõrgu trafost.

Suletud konstruktsiooni kasutatakse näiteks niiskes või saastavas tööstuses.

Mastitrafo on nn. „seljakott-trafo“, mis sobib hästi ühe-mastialajaama. Trafol on olemas primaarpoole isolaatorite loomakaitsekatted.

19.7.2 KUIVISOLATSIOONIGA TRAFOD

Kuivisolatsiooniga trafod võivad olla mitme eri konstruktsiooniga, nt on olemas valuvaikisolatsiooniga või õhkisolatsiooniga kuivtrafod. Kuivisolatsiooniga trafode põlemiskoormus võib vastata klassile F0, F1 või F2. Kaalumisel on kuivisolatsiooniga trafode laialdasem kasutamine alternatiivina õliisolatsiooniga trafode asemel. Trafode võrdlemisel tuleb arvestada järgmist:

- Kuivisolatsiooniga trafo põlemiskoormus on palju väiksem kui õliisolatsiooniga trafol.
- Kuivisolatsiooniga trafode töökindlus on osutunud väiksemaks, kui õliisolatsiooniga trafodel. Kuivisolatsiooniga trafode erinevad konstruktsioonid on aga siiski väga erineva töökindlusega.
- Kuivisolatsiooniga trafode pikaajaline ülekoormatavus on väiksem kui õliisolatsiooniga trafodel. Pikaajaliste ülekoormuste korral on vajalik kasutada lisajahutust. Kuivisolatsiooniga trafode jahutamisele tuleb pöörata erilist tähelepanu.
- Vajalik puutekaitse tagatakse trafo spetsiaalse ümbrisega, mis halvendab jahutustingimusi ja vähendab trafo koormustaluvust. Kuivisolatsiooniga trafod on saadaval ümbrisesse kapseldatuna.
- Tavalised kuivisolatsiooniga trafod ei talu madalaid alla -20 °C temperatuure.
- Eri juhul on saadaval kuni -40 °C temperatuuri taluvad kuivisolatsiooniga trafosid.
- Kuivisolatsiooniga trafode müratase on üldiselt suurem kui õliisolatsiooniga trafodel.
- Siseruumidesse paigaldatud kuivisolatsiooniga trafode puhul on vesikustutussüsteemi kasutamisel rohkem piiranguid, kui õliisolatsiooniga trafode kasutamisel.
- Kuivisolatsiooniga trafod on 1,3-2 korda kallimad vastava võimsusega õliisolatsiooniga trafodest. Suuremate trafode puhul on suhteline hinnavahe väiksem.

19.7.3 TRAFO VALIK

Kuigi tavaolukorras kasutatakse õliisolatsiooniga trafosid, siis on kasutusolusid, kus tuleb kaaluda kuivtrafo kasutamist. Need on näiteks: tehase suur kohalik koormus, tunnelid, kaevandused, veepuhastusseadmed, elanikkonna ja põhjaveekihtide kaitse ning haiglad, tuleohtlikud paigad jms.

Juhul kui õliisolatsiooniga trafode paigaldamiseks pole takistusi, on valik lihtne. Üks põhjus, miks valitakse õliisolatsiooniga trafo võib olla ka see, et võrguettevõtjatel on üldiselt tagavaraks õliisolatsiooniga trafod, kuid asendamiseks sobivat kuivisolatsiooniga trafot võib olla raske leida, nt avariis hävinud trafo asemele. Kui valitakse kuivisolatsiooniga trafo või muu eritrafo, tuleb eelnevalt välja selgitada varutrafo kättesaadavus.

19.7.4 TRAFODE TEHNILISED OMADUSED

19.7.4.1 Võimsuskadu

Trafodes tekib kahte liiki kadusid, tühijooksukaod ehk südamikukaod (nn rauaskadu) ja koormus- ehk vaseskaod.

Rauaskadu tekib trafo terassüdamikus, tulenevalt magnetvoo muutumisest, hüstereesi- ja pöörisvoolukaona. Need kaod on tegelikult sõltumatud trafo koormusest, seepärast nimetatakse neid tihti tühijooksukadudeks (P_0). Tavaliselt on need väikestes trafodes suurusjärgus 1,3-2% ja suuremates trafodes umbes 0,2-0,5%.

Vaseskadusid (P_k), st koormuskadusid põhjustavad vooluga mähiste aktiivtakistused. Väikestes trafodes on vaseskaod u 4-5% ja suuremates trafodes u 0,5-0,7%.

Tabel 19.2. Jaotustrafode tüüpilised tehnilised andmed

Trafo tüüp	Võimsus kVA	P_0 W	P_s W	Z_k %
CTMU24HC 20,5/0,41 kV	30	103	585	3,9
CTMU24HC 20,5/0,41 kV	50	140	885	3,7
CTMU24HC 20,5/0,41 kV	100	220	1485	3,7
CTMU24HM 20,5/0,41 kV	200	420	2370	4,0
CTMU24HM 20,5/0,41 kV	315	520	3150	4,3
CTMU24HM 20,5/0,41 kV	500	705	4900	4,5
CTMU24HM 20,5/0,41 kV	800	1020	6800	4,7
CTMU24HM 20,5/0,41 kV	1000	1240	8000	4,8
CTMU24HA 20,5/0,41 kV	1250	1570	9100	5,3
CTMU24HA 20,5/0,41 kV	1600	1880	11200	6,0
CTMU24HA 20,5/0,41 kV	2000	2100	13600	6,0

Tabelis on toodud ka trafode lühistakistus Z_k.

Trafode valimisel tuleb arvestada nende kadusid ja võrrelda kulutusi kogu trafo kasutustsükli jooksul. Juhiseid kadude arvutamiseks võib leida näiteks Soome vastavates võrgu soovituses SA 8:90 "Jaotustrafode kadude hindamine".

19.7.4.2 Takistuse arvutamine kataloogiandmete järgi

Trafode lühistakistus Z_k antakse kataloogides ja trafo nimesildil tavaliselt protsentides nimi-näivtakistusest Z_n.

Kolmefaasilise trafo

$$Z_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times I_n} \text{ [Ω/faasi kohta]} \tag{19.1}$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n}$$

kus

I_n -trafo nimivool,
U_n -trafo nimipinge,
S_n -trafo nimivõimsus.

Kui soovitakse teada primaarpoole lühistakistust Z_k, arvutatakse see primaarpoole takistuse Z_n väärtuse abil. Samamoodi, saadakse sekundaarpoole lühistakistuse väärtus sekundaarpoole Z_n väärtus abil.

Lühistakistus R_k arvutatakse järgmise valemiga:

$$R_k = \frac{100 \times P_k}{S_n} \text{ [\%]} \tag{19.2}$$

kus

P_k -koormuskaod nimivoolul [W]
S_n -trafo nimivõimsus [VA].

Lühise reaktiivtakistus X_k arvutatakse järgmise valemiga:

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \text{ [Ω]} \tag{19.3}$$

Takistuse väärtusena saab kasutada ka suhtelisi väärtusi, mida tähistatakse indeksiga *r*. Trafo nimi-näivtakistuse Z_n määramisel on suurima tähtsusega takistused Z_{kr}, R_{kr} ja X_{kr}. Suhteliste takistuste arvväärtused on seega üks sajandik nende protsentväärtustest.

Trafode takistust on eelnevalt vaja teada pingelangu, lühisvoolu ja maaühendusvoolu arvutamisel. Trafodes tekkiv suhteline pingelang U_{hr} leitakse ligikaudse valemiga:

$$U_{hr} = \frac{I}{I_n} \times (R_{kr} \cos \varphi + X_{kr} \sin \varphi) \tag{19.4}$$

kus

I -koormusvool,
Cosφ -koormuse võimsustegur.

Sümmeetriline kolmefaasiline lühis tekitab vahetult trafo sekundaarpoole klemmidel lühisvoolu I_k

$$I_k = \frac{U_n}{Z_k} = \frac{I_n}{Z_{kr}} \text{ [A]} \tag{19.5}$$

Siinkohal eeldatakse, et keskpingevõrgud on jäigad, mis tähendab, et sekundaarpoole lühis ei tekita keskpingevõrkudes pingelangu.

Samamoodi tekib ühefaasilise lühise puhul lühisvool I_{k1v}

$$I_{k1v} = \frac{3 \times I_n}{2 \times Z_{kr} + Z_{or}} \text{ [A]} \tag{19.6}$$

Kus

Z_{or} on trafo tühijooksutakistus, mis saadakse trafo nimesildilt või järelepärimisega trafo tootjalt.

Täpsemalt on trafode arvutusi käsitletud õpikutes ja näiteks tootjate käsiraamatutes ning Soome vastavates võrgu soovitustes.

19.7.4.3 Trafode lülitusgrupid ja pooluste tähised

Trafode ühendused tähistatakse kirjatähtede ja tunnusnumbritega. Kolmefaasilise trafo mähiste lülitusviise tähistatakse järgmiste kirjatähtedega:

- Y: y = tähtlülitus
- D: d = kolmnurklülitus
- Z: z = sik-saklülitus
- III: iii = avatud, e ühendamata kolmefaasiline mähis.

Esimesel kohal olev <u>suurtäht</u> näitab kõrgema pingega mähise lülitusviisi ja teisel kohal olev <u>väiketäht</u> madalama pingega mähise lülitusviisi.

Trafo primaar-ja sekondaarpoole lülitusviisid koos näitavad trafo lülitusgruppi, mis on oluline näitaja eriti madalpingevõrgu käidu seisukohalt. Keskpingevõrkude trafodes on kasutusel kolm erinevat lülitusgruppi

Kui tähtlülituses või sik-saklülituses mähise tähis on märgitud trafo lülituskilbile, tähistatakse maandatav neutraalklemm tähega N või n kohe pärast vastava mähise lülitusviisi tähist.

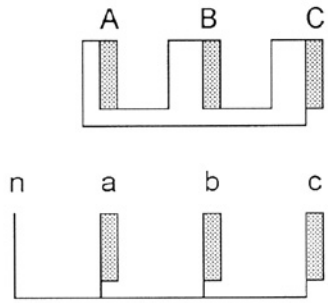
Kui mähist saab ühendada mitmele erinevale pingele, tuuakse esimesel kohal suurima pinge väärtus ja seejärel antakse sulgudes teised väärtused.

Trafo lülitusgrupile järgnev number (nt Dyn11) näitab sama faasi sekundaarpinge vektori nihkumist primaarpinge vektori suhtes kella numbrilaual, kui primaarpinge

vektor on asetatud 12-le. Number 11 näitab seda, et sekundaarpinge (alampinge) vektor asetseb numbrilaual 11-l, st on 30 kraadi primaarpingest (ülempingest) eespool. Kui vastavad pingevektorid on paralleelsed (kohakuti), on faasinäitaja 0. Paaritu tunnusnumber saadakse juhul, kui üks mähis on tähtlülituses ja teine kas kolmnurk- või sik-saklülituses. Muud lülituskombinatsioonid annavad paarisarvulise tunnuskoodi. Tähtsümbolid ja tunnusarvud koos, e lülitusgrupi tähised, annavad trafo mähiste lülituse kohta teavet lühidalt ja üheselt, nt järgmiselt: Ynd11, Yy0, Dyn11, Dd0y5, D(D) yn11, Yy0(d11), Yna0 jne.

Jaotustrafode enamlevinud lülitusgrupiks on väljakujunenud Dyn11. Sel juhul on primaarpoolel mähised kolmnurklülituses ja sekundaarpoolel tähtlülituses. Sekundaarpinge poole tähis on märgitud kaanele.

Järgmine joonis näitab tavalise Dyn11 lülitusgrupiga trafo mähiste lülitusviise.



Primaarpoole mähiste lülitusviis

Sekundaarpoole mähiste lülitusviis

19.7.4.4 Trafo koormatavus

Trafo koormuse kasvades selle temperatuur tõuseb ja isolatsiooni vananemine kiireneb. Vananemise kiirus kahekordistub ja vastavalt lüheneb eluiga poole võrra, kui temperatuurivahemikus 80 - 140 °C mähise kõige kuumema punkti temperatuur tõuseb 6 - 8 °C võrra. Peale temperatuuri kiirendavad isolatsiooni vananemist ka mõned muud mõjurid, nagu hapnik, happed ja õhuniiskus.

Vananemine seab piirid trafo koormatavusele. Soome publikatsiooni TEC 354 kohaselt lubatakse õhkjahutusega õlitrafode kestvat nimivõimsusega koormamist normaalsel ümbrustemperatuuril +20 °C. Sel juhul vananevad isolatsioonimaterjalid trafo töötamisel kiirusega, mida võib pidada normaalseks.

Tabel 19.3. Trafo kestvalt lubatav koormus erinevatel ümbrustemperatuuridel

Ümbrustemperatuur °C	-20	-10	±0	+10	+20	+30	+40
Lubatav kestevkoormus %	130	123	116	108	100	91	82
Õli temperatuur °C	67	69	71	73	75	78	80

19.8 ALAJAAMA MAGNETVÄLI

Alajaama piires esineb häireid tekitavaid hajutatud magnetvälju ehk puistevälju. Tähelepanu tuleb pöörata järgmistele asjaoludele:

- Trafo, millel on metallümbris, tekitab suhteliselt vähe häireid põhjustavaid puistevälju.
- Lahtised kuivisolatsiooniga trafod, millel pole välist metallümbrist, tekitavad olulisi puistevälju, mis võivad põhjustada häireid.
- Suletud SF6-jaotusseadmed ei tekita kahjulikke magnetvälju, kuid vanade alajaamade lahtised kõrgepingejaotlad on märkimisväärseks magnetväljade allikaks. Ka suletud õhklahklülitiga keskpinge jaotusseadmed tekitavad selgelt rohkem hajutatud välju, kui kompaktsed SF6-jaotusseadmed.

Kindlasti on kõige negatiivsema toimega suure vooluga madalpingelattide või tugevvoolusüsteemide poolt tekitatud magnetväljad.

Kuidas saab vältida häireid tekitavaid magnetvälju?

- Keskpingejaotlates kasutatakse väikese massiga tihedalt suletud ümbriseid.
- Kasutatakse suletud metallist mahutisse paigutatud õlitrafosid.
- Trafo keskpinge toitekaablina kasutatakse HXMCK-tüüpi kaableid, mis ühendatakse alati, kui see on võimalik, kolmnurka.
- Trafo ja madalpingejaotla vahel kasutatakse 3-faasilisi kaableid (mis on saadaval ka kaitstud e varjestatud ehitusega) või kaitstakse trafo ja madalpingejaotla vahelist latistikku tugeva 3-5 mm paksuste alumiiniumist plaatidega, mille ühenduskohad keevitatakse kokku.
- Vertikaaljuhtidena kasutatakse kolmefaasilisi (varjestatud) kaableid, vältides suurevoolusüsteeme ja latistikke.
- Kui vana alajaam häirib oma magnetväljaga lähedal asuvate arvutite ekraane, siis seinad ja katus või mõlemad kaetakse tugeva 3-5 mm paksuste alumiiniumist plaatidega, mille ühenduskohad keevitatakse kokku. Magnetväli tekitab alumiiniumis pöörisvoolud ja väli sumbub.

Kaasaegsed alajaamad põhjustavad väga vähe puistemagnetvälju, võrreldes vanemate alajaamadega. Samuti on saadaval valmis komplektalajaamad, kus puistemagnetväljad on viidud minimaalseks.

Praktikas tuleb häireid tekitavates oludes kõigepealt teha magnetvälja mõõtmised ja kindlaks määrata häirete allikas. Enamasti on see häiretundliku seadme lähedal ja sageli põhjustatud madalpingejuhtide poolt. Häire põhjust on tõenäoliselt lihtne kõrvaldada või saab selle allika ehitust või asukohta muuta.

Ootamatuid häireid võivad põhjustada neutraaljuhi ühendusviisist e ebaõigest juhistikusüsteemist tingitud lekkevoolud. Neutraaljuhivoolu hajumist on leitud torustikest ja näiteks hoonest väljapool asuvates vihmaveerennides.

Väikeste häireväljade saavutamiseks on eriti oluline kasutada korrektset 5-juhilist TN-S juhistikusüsteemi.

Mõnedel võrguettevõtjatel on mõõteriistad magnetväljatugevuse mõõtmiseks. Nende kasutamine nõuab aga tavaliselt märkimisväärseid teadmisi ja kogemusi.

20

REAKTIIVVÕIMSUSE KOMPENSEERIMINE

20.1 MIKS ON VAJA KOMPENSEERIDA?

Elektritarbija juures toimub reaktiivvõimsuse kompenseerimine tavaliselt järgmistel põhjustel:

- Elektrimüügi ettevõte nõuab tootmistarbijatelt reaktiivenergia tarbimistasu, mis on võrreldes muude energiatasudega suhteliselt suur. Mõnel elektrimüügi ettevõtjal on tasuta edastatava reaktiivenergia osakaal võrreldes aktiivvõimsusega vaid 16 % . Sellega püüavad elektrimüügi ettevõtjad suunata tarbijaid ostma ja paigaldama reaktiivvõimsuse kompenseerimisseadmeid.
- Kui soovitakse vähendada toiteahelate ristlõikepinda, sulavkaitsmete nimivoolu või mootori käivitusvoolu ning koos sellega tavaliselt ka kogu võrgu tarbimisvõimsust.
- Kui soovitakse vähendada kadusid ning neist tulenevaid kulusid (nt trafodes ja elektriedastusvõrkudes).
- Kui soovitakse filtreerida elektrooniliste seadmete poolt võrku genereeritavate harmooniliste komponentide mõju (tõkkepooliga kondensaatorpatareid ning vähendada nende poolt tekitatud häireid või muid toimeid.

20.2 ÜLDPÕHIMÕTTED

Reaktiivvõimsuse kompenseerimise tehnilised lahendused selguvad elektripaigaldise projekteerimisel, mille käigus tuleb lähtuvalt projekteerimisülesandest kindlaks määrata kogu kinnistu (hoone) või alajaamast toidetava kogu elektriturustusala kõik kompenseerimislahendused.

Madalpingetarbija puhul võib olla keeruline määratleda alajaamast toidetava elektriturustusala kõiki kompenseerimiselahendusi, sest tulemust mõjutavad ka sama toitetrafo poolt toidetavad muud tarbijad. Tavaliselt ei saa neid mõjutada, isegi kui nad näivad olevat projekteerimisobjektid.

Reaktiivvõimsuse kompenseerimine peaks üldjuhul toimuma seal kus reaktiivvõimsust tarbitakse. Seda põhimõtet järgides jõutakse enamasti siiski majanduslikult kulukate lahendusteni. Seetõttu eelistatakse tavaliselt reaktiivvõimsust kompenseerida tarbija peajaotlas ühe suure kompenseerimisüksuse abil.

Mõnede elektriseadmete puhul, sealhulgas elektronliiteseadistega varustatud valgustite puhul ja sagedusmuunduriga elektriajamites, toimub kompenseerimine ilma kompenseerimiseks kasutatavate kondensaatorpatareideta, ning reaktiivvõimsust sellised seadmed võrku ei genereeri.

Tänapäeval, kui võrkudesse on ühendatud märkimisväärselt palju kõrgemaid harmoonilisi tekitavaid seadmeid, on reaktiivvõimsuse kompenseerimine peaaegu alati teostatud tõkkepooliga varustatud kondensaatorpatareide abil.

20.3 KOMPENSEERIMISE TEHNILISED MÕJUD

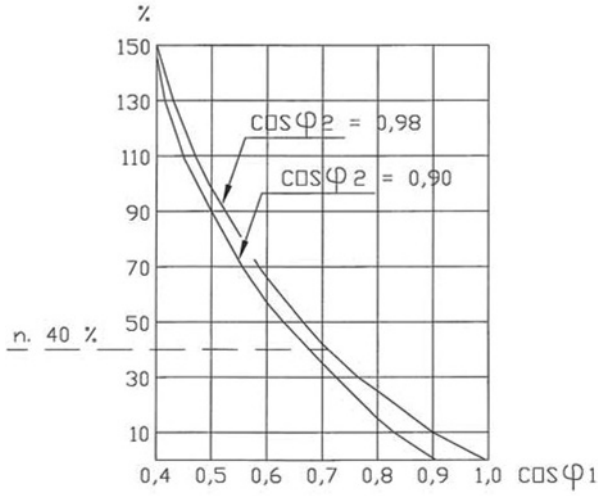
20.3.1 VÕRGU EDASTUSVÕIMSUSE SUURENDAMINE

Kompenseerimisega suurendatakse elektrivõrgu edastusvõimsust. Koormuse poolt tarbitavat voolu arvutatakse näivvõimsuse järgi, mil voolu suurust mõjutab ka reaktiivvõimsus. Voolu suurus leitakse näivvõimsuse kaudu valemiga

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \tag{20.1}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{20.2}$$

Kui tänu kompenseerimisele kogu koormusvool väheneb voolu reaktiivkomponendi vähenemise tõttu, siis selle arvel võrgu aktiivvõimsuse edastusvõime suureneb. Joonis 20.1 näitab, mitu protsenti võrgu (kaabli, toiteallika jne) edastusvõimsus kasvab võimsusteguri ($\cos\varphi_1$; $\cos\varphi_2$) paranedes.



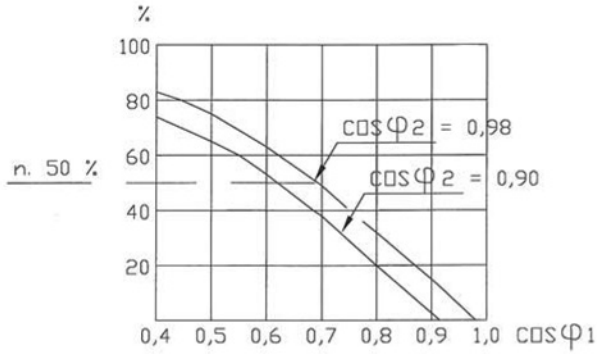
Joonis 20.1. Võrgu edastusvõimsuse suurenemine reaktiivvõimsuse kompenseerimise tõttu

Näide: Elektriajami esialgne võimsustegur on 0,7; kompenseerimisel tõuseb see kuni 0,98. Võrgu edastusvõime kasvab u 40 %.

20.3.2 Kompenseerimine vähendab kadusid

Kompenseerimise tõttu vähenevad võrgu vool ja võrgu aktiivvõimsuskaod (RI^2) ning seega ka jaotuskeskuste, kaablite ja trafode töötemperatuur.

Joonis 20.2 näitab, mitu protsenti vähenevad kaod (voolu vähenemise tõttu) võimsusteguri suurenemisel



Joonis 20.2. Kompenseerimisega saavutatav kadude vähenemine

Näide: Elektriajami esialgne võimsustegur on 0,7; kompenseerimisel tõuseb see 0,98-ni ning kaod vähenevad umbes 50%.

Võrgukadude vähenemisest saadava kokkuhoiu saab arvutada näiteks valemiga:

$$K_S = (c + bt_h) \times (\Delta P_h - P_c) \qquad (20.3)$$

kus

K_S	on kompenseerimisel saavutatav kulude kokkuhoid
c	on võimsustasu [€/ kW]
b	on energiatasu [€/ kWh]
t_h	on võimsuskadude kasutusaeg
ΔP_h	on kadude vähenemine [kW] (leitakse joonise 20.2 abil)
P_c	on kondensaatorite kaovõimsus [kW].

Automaatreguleerimisega patarei aktiivvõimsuskaod on umbes 1,3 W/kvar ja kondensaatoriühiku kaod u 0,4 W/kvar. Sel juhul on näiteks 300 kvar automaatreguleerimisega patarei aktiivvõimsuskaod on umbes 0,39 kW ja 50 kvar kondensaatoriühiku kaod umbes 0,02 kW. Need kaovõimsused saadakse aktiivvõimsuse ja energia mõõtmistega. Kadusid saab arvutada eeltoodud valemiga. Kompenseerimisega saavutatud kadude vähenemine elektrivõrgus on mitmekordselt suurem võrreldes kondensaatorite enda sisekadudega.

Näide kadude vähenemisest tingitud kokkuhoiu arvutamisest, kui

c	on võimsustasu = 3,14 €/kW/kuus
b	on energiatasu =7,9 € senti/kWh
t_h	on kadude esinemisaeg kuus = 320 h (16 h tööpäevas, 3840 h aastas)

Trafokaod nimikoormusel, kompenseerimata (võimsustegur 0,7) on 8,4 kW.

Jooniselt 20.2 on näha, et võimsusteguri 0,7 parendamisel kuni väärtuseni 1,0 kaod vähenevad 50 % ja koefitsiendi k väärtus on 0,5.

Kadude vähenemine ΔP_h = 0,5 X 8,4 kW = 4,2 kW.

Vajalik reaktiivvõimsus on 714 kvar (P $\tan\varphi_1$ = $\cos\varphi_1$ S $\tan\varphi_1$). Kompenseerimiseks valitakse 700 kvar kondensaatorid, mille kaod on P_c = 700 kvar x 1,3 W / kvar = 0,91 kW.

Kadude vähenemise tõttu saavutatav kulude kokkuhoid kuus valemi 20.3 järgi on:

$$K_S = (3{,}14\ €/kW + 0{,}079\ €/kWh \times 320\ h) \times (4{,}2\ kW - 0{,}9\ kW) = 94\ €/kuus.$$

Aastane kokkuhoid on 1128 €. Selles arvutusnäites on arvutuste lihtsustamiseks arvestatud ainult trafot. Ka kaablites, lattides jt võrgu osades saavutatakse kadude vähenemisest kokkuhoidu.

20.3.3 KOMPENSEERIMINE VÄHENDAB PINGELANGU

Võrgu pingelangu U_a saab välja arvutada järgmise ligikaudse valemiga:

$$U_a = RI_P + XI_q \qquad (20.4)$$

kus

R	on kogu põhivõrgu aktiivtakistus [Ω]
X	on kogu põhivõrgu reaktiivtakistus [Ω]
I_P	on voolu aktiivkomponent [A]
I_q	on voolu reaktiivkomponent [A].

Kompenseerimisel väheneb voolu reaktiivkomponent, mistõttu valemi 20.4 kohaselt väheneb ka pingelang. Alla 16 mm^2 ristlõikega juhtide reaktiivtakistuse osakaal on väike ja kompenseerimisest tulenev pingelangu vähenemine tühine. Suurte ristlõigete ja pikkade edastusliinide puhul on ka reaktiivtakistuse mõju pingelangu vähenemisele märkimisväärne, mille tõttu väheneb kompenseerimisel tunduvalt ka jaotusvõrgu kogu pingelang.

20.3.4 KÕRGEMATE HARMOONILISTE FILTREERIMINE VÄHENDAB PULSATSIOONI- JA MOONUTUSTEGURIT (THD)

Võrgu kõrgemaid harmoonilisi saab filtreerida, mistõttu paraneb ka elektri kvaliteet. Pinge pulsatsioon ja moonutustegur (*total harmonic distortion, THD*) vähenevad, mistõttu väheneb ka tarvitites esinevate häirete ja tõrgete tõenäosus. Ka erinevate harmooniliste tekitatud kaod vähenevad. Eriti tähtis on nende eeliste muutmine majanduslikult tasuvaks, näiteks käidukulude vähenemise kaudu. Mõnedes võrkudes on kõrgemate harmooniliste filtrite olemasolu häireteta käidu eelduseks.

20.4 KOMPENSEERIMISE RAKENDAMINE

20.4.1 ÜLDIST

Elektrivõrgus tuleks reaktiivenergiat kompenseerida võrgu eri osades alati tehnilistest ja majanduslikest vajadustest lähtudes.

Üldjuhul kompenseerivad jaotusvõrguettevõtted oma kõrgepinge-, keskpinge- ja madalpingevõrkudes tekkivat reaktiivvõimsust vastavalt oma tehnilis-majanduslikele huvidele. Elektritarbijate poolt tekitatud reaktiivvõimsuse kompenseerimise kohustuse annavad nad reaktiivvõimsuse (energia) maksu kaudu üle tarbijatele.

Vastavalt olukorrale, tasub mõnikord tarbijapaigaldistes reaktiivvõimsust kompenseerida peale peatoiteahelate ka kõigis jaotusahelates ja/või lõppahelates, vahetult seadme klemmidel (seadmepõhine kompenseerimine). Seda tehes vähendatakse samas

ka peatoite-, jaotus- ja lõppahelate voolukoormust. Seadmepõhiseks kompenseerimiseks, nt külmutusseadme puhul, sobib ka automaatselt reguleeritav kondensaatorpatarei. See toimib reguleerimise mõttes paremini kui mootoripõhine kompenseerimine. Liigvoolukaitseaparaadi saab valida väiksema ja õige dimensioonimisega on võimalik saavutada väikest säästu, eriti kui üks patarei kompenseerib mitut mootorit.

Kui kompenseerimine toimub seadme tarbimiskohas, võib juhtuda nii, et peajaotuskeskuses pole enam vajadust kompenseerimist rakendada. Niisugune lahendus võib siiski olla kallim kui ühe suure kondensaatorpatarei kasutamine peajaotlas, mida saab täiendada muude läbimõeldult paigutatud kondensaatoritega.

20.4.2 KOMPENSEERIMISKOHA VALIKU MAJANDUSLIKUD ALUSED

Reaktiivvõimsusest tulenevaid kulusid vähendatakse reaktiivvõimsuse kompenseerimisega. Jaotusvõrkudes saab kompenseerimisseadmeid paigaldada kesk- ja madalpingesüsteemide eri osadesse või tarbijapaigaldistesse. Reaktiivvõimsuse pidev muutumine võrkudes tingib reguleeritava võimsusega kompenseerimisseadmete kasutamist.

Reaktiivvõimsuse tootmise ja kompenseerimise jaotamiseks põhivõrgu, jaotusvõrgu ja elektrienergia tarbijate vahel, rakendatakse reaktiivvõimsuse (-energia) maksustamist. Eesmärk on rakendada kompenseerimist tehniliselt ja majanduslikult ratsionaalselt nii, et kulutuste tekitaja maksaks need ka kinni.

Asukohapõhise kompenseerimise korral teevad jaotusvõrgu ettevõtted majanduslikult optimaalse asukoha selgitamiseks arvutusi ja võtavad selleks arvesse muuhulgas järgmisi tegureid:

- kompenseerimisseadme kapitali- ja hoolduskulud,
- kompenseerimisseadme võimalike juhtimissüsteemide kapitali- ja hoolduskulud,
- alajaama kompenseerimisseadme keskpingelahtri sisustuse kapitali- ja hoolduskulud,
- arvutuslik intress ja tehnilis-majanduslik tasuvusaeg,
- põhivõrguettevõtte reaktiivvõimsuse (-energia) hinnakujundus,
- kompenseerimisseadme kadudest tingitud kulud,
- reaktiivvõimsuse edastamise eest võetavad võimsus- ja energiakadude kulud võrguarvutuste alusel,
- reaktiivvõimsuse edastamise tõttu põhjustatud võrgu investeeringute piirkulud (tavatalitluses ja energiavaru avariiolukordades).

Reaktiivvõimsuse temaatikaga tegelemise soovituslik eelisjärjestus:
- põhivõrguettevõtte reaktiivvõimsuse tarne tasuta levitatava osa kasutamine,

- elektritarbijate suunamine kompenseerimisele vastava hinnapoliitika, nõustamise ning tehniliste soovituste ja sätetega,
  - kompenseerimine alajaamas, keskpingelatistuse ja/või trafode läheduses,
  - reaktiivvõimsuse tootmine generaatorite või muude sünkroonmasinatega
  - reaktiivvõimsuse ostmine põhivõrguettevõttelt.

Eespool toodud eelisjärjestus põhineb üksnes ostuvõimaluste majanduslikul võrdlusel, eeldades, et kõikide variantide tehnilised nõuded „on täidetud", st ei ole ülekompenseerimist, kõrgemaid harmoonilisi, resonantsi- jne probleeme.

20.4.3 KOMPENSEERIMINE ALAJAAMAS

Kondensaatorpatareidega kompenseerimine alajaama keskpinge poolel vähendab reaktiivvõimsuse (-energia) ostu vajadust võrgust ning samas vähendab ka peatrafo kadusid. Alajaamas kompenseerimise eeliseks on kompenseerimisvõimsuse reguleerimise võimalus kaugjuhtimise teel ning energiavaru kasutamise võimalus avariiolukordades- peatrafo või 110 kV toiteliini juhtide hoolduse või vigastuste korral.

Juhul kui kompenseerimiskohaks valitakse alajaam, võetakse arvesse
- põhivõrguettevõtte reaktiivvõimsuse (-energia) hinnakujundust,
- põhivõrguettevõtte liitumispunkti rühmitamist ning nende rühmade reaktiivkoormusi ja nende ajalist muutumist,
- üksikute alajaamade reaktiivkoormusi ja nende ajalist muutumist,
- Kondensaatorite taaskasutamise võimalust võrgu edastusvõime suurendamiseks avarii-energiavaru olukordades.

Tsentraalse kompenseerimise korral alajaamas on soovitatav valida Kompenseerimisvõimsus nii, et
- resonantssagedus on üle 380 Hz, ja et see ei oleks oluliste harmooniliste sageduste lähedal,
- kondensaatorpatarei ühendamisest tingitud pinge kõikumine poleks häiriv, kusjuures vajaduse korral tuleks patarei jaotada mitmeks elemendiks,
- antud võimsusega patarei lülitussagedus on asjakohane; vajadusel muudetakse patarei elementide arvu ja võimsust

Kui kondensaatoreid lülitamised toimuvad sageli (nt iga päev), tuleks häirete vältimiseks piirata korraga lülitatavate kondensaatorite võimsust piisavalt väikeseks, näiteks võrreldes peatrafovõimsusega umbes 15 %-ni.

20.4.4 KOMPENSEERIMINE JAOTUSVÕRGUS KESKPINGEL

Paigaldades kondensaatorid keskpingevõrku väljundfiidrite lähedale võib:
- vähendada reaktiivvõimsuse (-energia) ostmist ja reaktiivvõimsuse kompenseerimise vajadust mujal,
- parandada väljundfiidrite edastusvõimet ja vähendada pingelangu nii normaalkui ka avariiolukordades,
- vähendada keskpinge edastusvõrgu kadusid.

Paljasjuhtidega pikkades õhuliinvõrkudes võib kondensaatorite kasutamine mõnikord asendada või vältida muid oluliselt kallimaid võrguinvesteeringuid.

Jaotusvõrguettevõtted kontrollivad kadude vähenemist tavaliselt võrguarvutuste abil.

Väikseim, end veel majanduslikult õigustava kolmefaasilise kompenseerimisüksuse reaktiivvõimsus on 600 kvar ja see on ette nähtud 20 kV pingega võrgule. Keskpingefiidritel tuleb kompenseerimine sel juhul kõne alla peamiselt vaid siis kui fiidri väljundklemmidel on tarbitav reaktiivvõimsus vähemalt 900 kvar. Kondensaatorpatarei paigaldatakse tavaliselt eraldi üksusena mõnda võrgu hargnemiskohta. Eraldi kaugjuhitava lahklülitiga üksuse puhul saab ka kompenseerimispatareid juhtida suhteliselt odavalt.

20.4.5 TRAFOKADUDE KOMPENSEERIMINE

Välis- ja sisetüüpi alajaamade puhul on kõige sobivam rakendada kompenseerimist alajaama madalpingepoolel. Mastialajaamade, eelkõige väikeste puhul, on välitingimustes paigaldamine füüsiliselt raske ja suhteliselt kallis. Välisalajaama ja muudesse samalaadsetesse külmadesse ruumidesse paigaldamisel tuleb arvestada kompenseerimisseadme komponentidele (eriti juhtseadmetele) lubatavate madalate ja kõrgete temperatuuride piirväärtusi.

Madalpinge poolel kompenseerimise eeliseks võrreldes kompenseerimisega keskpingel on trafokadude vähenemine.

Trafokadude kompenseerimisel võib kompenseerimiskondensaatorite võimsus olla maksimaalselt u 10-15 % trafo võimsusest, et vältida ülekompenseerimist. Ülekompenseerimine toob kaasa aga võrgupinge võimaliku tõusu.

Alajaama reaktiivkoormuse kompenseerimiseks võib kasutada rööpühenduses kondensaatorpatareisid, mille koguvõimsus moodustab trafo võimsusest kuni 30 %. Tõkkepooliga varustatud patareid võivad olla trafo võimsusega, kuid nende suurim korraga ühendatava kondensaatorirühma võimsus võib olla enimalt 20 % trafo võimsusest.

20.4.6 KOMPENSEERIMINE MADALPINGEPAIGALDISTES

Madalpingevõrkudes kasutatakse tavaliselt kas seadmepõhist, rühmapõhist või tsentraalset kompenseerimist. Vastavates rakendustes saab kasutada rööplülituses kondensaatoreid, tõkkepooliga patareisid või filterkondensaatorpatareisid või aktiivfiltreid.

Reaktiivvõimsuse kompenseerimisega saab mõnel juhul vähendada ka peakaitsme nimivoolu. Kuna liitumis- ja põhimaksu määr sõltub peakaitsme nimivoolust , siis selle arvel saab säästa liitumistasu ja vähendada ka iga-aastast elektriarvet. Kompenseerimisega on sageli võimalik saavutada ka märkimisväärset kokkuhoidu madalpingesüsteemide dimensioonimisel. Kui kompenseerimislahenduseks on ainult tsentraalne kompenseerimine, võetakse sel juhul sagedamini ka risk võimalike seisakute kompenseerimise eest. Seadme- ja/või rühmapõhise kompenseerimisega on madalpingesüsteemide dimensioonimisel võimalik saavutada lisaks kadude vähenemisele ka investeeringute säästu.

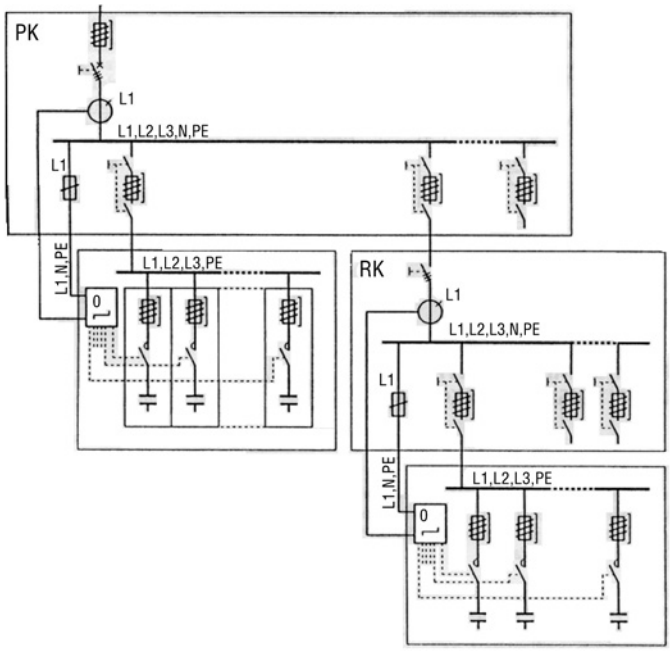
20.4.6.1 Tsentraalne kompenseerimine

Tsentraalne kompenseerimisseade paigaldatakse hoone või tööstusettevõtte pea- või rühmajaotuskeskusesse või neisse mõlemasse. Kompenseerimine toimub kas reaktiivvõimsuse regulaatoriga varustatud tõkkepooliga patareiga või kõrgemate harmooniliste filtriga. Kui võrgus ei esine harmoonilisi komponente, võib kompenseerimise läbi viia ka rööplülituses kondensaatorpatareiga, mille kasutamine on võrreldes tõkkepool-patareidega vähenemas. Tsentraalse kompenseerimise seade on tavaliselt kolmefaasiline ja regulaatoriga juhitav.

Rööplülituses kondensaatoripatarei ja võrk võivad tekitada resonantsinähte, mil kõrgemad harmoonilised võivad tugevneda kuni 20 korda, kui moodustuva resoneeriva ahela omavõnkesagedus langeb kokku mõne võrgus esineva kõrgema harmoonilise sagedusega. Tõkkepooliga patareide ja kõrgema harmooniliste filtrite puhul pole harmooniliste võimendumine võimalik.

Tsentraalkompenseerimisel on kondensaatorite võimsus tavaliselt umbes pool ½ aktiivvõimsuse maksimaalväärtusest. Kui valgusallikate reaktiivvõimsus on eraldi kompenseeritud, siis on tsentraalkompenseerimise kondensaatorpatarei vajalik võimsus väiksem, ligikaudu 35-45 % aktiivvõimsuse maksimaalväärtusest.

Reaktiivvõimsuse regulaator hoiab võimsusteguri soovitud väärtust, lülitades kondensaatorpatarei elemente ning muutes patarei võimsust vastavalt võrgu reaktiivkoormusele. Väga kiire kompenseerimisvajaduse korral võib kasutada nt türistoridel põhinevaid kompenseerimisseadiseid, mil kompenseerimisastmeid saab lülitada võrku ühe perioodi kestel. Sobivaks koormuseks on nt keevitusagregaadid. Joonisel 20.3 on esitatud tsentraalse kompenseerimissüsteemi põhimõteskeem.



Joonis 20.3. Tsentraalse kompenseerimisseadme põhimõtteskeem

20.4.6.2 Seadmepõhine kompenseerimine

Valgustuse ja mootorite reaktiivvõimsuse kompenseerimist saab teostada ka seadmepõhiselt rööplülituses kondensaatorpatareiga. Mootoripõhine kompenseerimine toimub otse mootori mähistega ühendatud või kontaktori abil lülitatavate kondensaatoritega, mis paigaldatakse mootoril oleva klemmikarbi kõrvale. Sellisel juhul peab tagama, et mootori võimsustegur ei tõuseks üle 0,98-0,99, et vältida mootori iseergutumist. Näiteks pumba või ventilaatori mootor, mis jätkab inertsmassi mõjul pöörlemist ka pärast väljalülitamist, muutub iseergutumisel generaatoriks ja põhjustab liigpinget.

Samal põhjusel tehakse suurte masinate (> 500 kW) reaktiivvõimsuse kompenseerimise arvutus tühijooksuvoolu (I_0) alusel järgmiselt:

$$Q_c < 0{,}9 \times \sqrt{3} \times I_0 \times U \qquad (20.5)$$

kus

I_0 on tühijooksuvool [A],
U on peatoitepinge [V].

Kompenseerimata gaaslahenduslampidega valgusti võimsustegur on ligikaudu 0,5. Gaaslahenduslampidega valgustid on kompenseeritud ligikaudu võimsustegurini 0,9, mis on toimiv lahendus, kui võrgus ei esine olulisel määral kõrgemaid harmoonilisi. Kõrgemaid harmoonilisi sisaldavas võrgus võib valgustipõhine kompenseerimine põhjustada pingeresonantsi ohtu.

Mõned gaaslahenduslambid on ise olulised kõrgemate harmooniliste allikad. Elektrooniliste ballastide olemasolu korral pole vaja valgustite reaktiivvõimsust kompenseerida.

Valgustirühmade kaablite ja kaitsmete arvutamisel ning valikul tuleb arvesse võtta, et valgustipõhine kondensaator kaotab vananedes oma mahtuvust ja võib ka täielikult rikneda. Sellisel juhul peavad valgustirühma kaablite ristlõiked ja kaitsmete nimivoolud vastama kompenseerimata võimsuse olukorrale .

20.4.6.3 Rühmapõhine kompenseerimine

Valgustirühma kompenseerimine

Rühmapõhine kompenseerimine sobib kõige paremini 3-faasilise kontaktoriga lülitatava valgustirühma kompenseerimiseks. Kompenseerimisseade koosneb sel juhul 3-faasilistest, 400 V nimipingega kondensaatoritest, mis valgustusvõrkude koormuskeskmes lülitatakse valgustite ahelatesse. Kompenseerimisseadme liides peab sel juhul olema ahelatega ühendamiseks sobiv. Kui kompenseerimisseade paigaldatakse jaotlate juurde, tuleb arvesse võtta, et rühmajuhte läbiv vool on tõenäoliselt suurem kui neid kaitsvat sulavkaitset läbiv vool.

Valgustirühma vajalik kompenseerimisvõimsus leitakse järgmise valemiga:

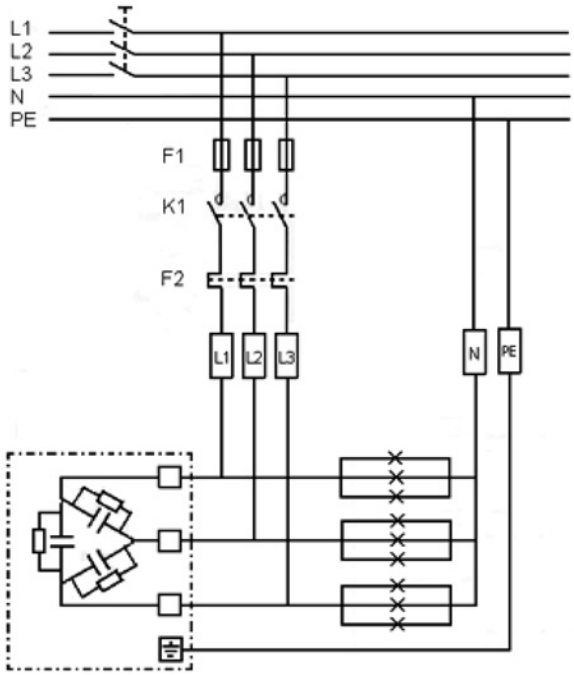
$$Q = \frac{P}{\eta}\left(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2\right) \qquad (20.6)$$

kus

Q on kompenseerimiseks vajalik reaktiivvõimsus [kvar]
P on koormuse aktiivvõimsus [kW]
η on koormuse kasutegur
φ_1 on faasinihkenurk enne kompenseerimist
φ_2 on faasinihkenurk pärast kompenseerimist

Summaarse kompenseerimisvajaduse väljaselgitamiseks tuleb erinevate valgustirühmade kompenseerimisvõimsused liita.

Kui mitu 3-faasilist valgustirühma lülitatakse sisse või lülitatakse välja üheaegselt , võib niisuguste rühmadega ühendada ühise kompenseerimisüksuse, mis lülitub sisse või välja koos valgustusega. Joonisel 20.4 on näidatud valgustiga püsivalt ühendatud kompenseerimisseade, mis talitleb ainult siis, kui valgustid on sisse lülitatud.



Joonis 20.4. Kolmefaasilise valgustirühma kompenseerimise põhimõtteskeem

Mootorirühma kompenseerimine

Vajalik kompenseerimisvõimsus arvutatakse eelmises punktis kirjeldatud viisil iga mootori jaoks eraldi. Seejärel mootoripõhised kompenseerimisvõimsused liidetakse ja korrutatakse võimaliku üheaegsusteguriga.

Kompenseerimisseadme saab ühendada võrku samal ajal kui mootori, näiteks juhtides mootorite ja kompenseerimisseadme kontaktoreid ühe-sama juhtseadmega.

20.5 DIMENSIOONIMINE JA VALIK

20.5.1 KOMPENSEERIMISSEADISE ANDMED

Kompenseerimisseadme dimensioonimisel tuleb teha koostööd võrguettevõtetega.

Kompenseerimisseadise dimensioonimisel on vaja erinevaid andmeid elektrivõrgu eri pingetasemete kohta. Peamise osa andmetest annab võrguettevõtja. Vajalik teave on:

- võrgu andmed,
- võrgu nimi- ja tööpinge,
- vajalik põhisagedusega reaktiivvõimsus, (Q/kvar)
- ümbrusolud,
- paigalduskoht (nt IP-klass, olemasolev juhistik jne),

- olemasolevad kompenseerimisseadmed,
- võrgu omaniku juhised ja soovitused ning elektrienergia tariifid,
- info võrguettevõtja võrgu võimaliku programmjuhtimissüsteemi kohta,
- kõrgemate harmooniliste olemasolu (sh pinge pulsatsioon, THD(U)), et teha kindlaks, kas on vaja kasutada tõkkepooli või filtriga kondensaatorpatareisid.

Kondensaatorpatareide ja kõrgemate harmooniliste filtri arvutamiseks kasutatavad andmeid on:

- kõrgemate harmooniliste voolud (A) jaotuskeskuse kompenseerimata talitlemisel täis- või tüüpkoormusel või info kõrgematest harmoonilistest tingitud lisakoormuse kohta (nt alaldite impulsside arv ja võimsus),
- filtreerimisnõuded (nt eesmärk / maksimaalne lubatud pinge pulsatsioon ja harmooniliste voolud),
- võrgu lühisvõimsus.

Lisaks on soovitav koos võrguettevõtjaga täpsustada pinge pulsatsioon kõrgemal pingeastmel (keskpingevõrgus).

- Kompenseerimisseadme ostmiseks on vaja järgmist teavet:
- Suurim lubatud ühikvõimsus (näiteks ≤ 50 kvar kõikide patareide puhul).
- Ühe lülitusastme lubatud maksimaalne võimsus (nt 25-50 kvar patareides võimsusega kuni 300 kvar; ≤ 50 kvar kuni 600 kvar patareides ja suuremates ≤ 2 x 50 kvar).
- Ühe lülitusastme nõutav minimaalne võimsus ehk reguleerimistäpsuse nõue (nt 12,5 kvar kuni 100 kvar võimsusega patareide puhul; 25 kvar kuni 300 kvar võimsusega patareide puhul ja 50 kvar suurema võimsusega patareide puhul).
- Väiksema võimsusega lülitusastmeid peab olema vähemalt kaks, et vältida väikese võimsusega üksiku lülitusastme kiiret kulumist.
- Kompenseerimisel nõutav võimsusteguri tase, näiteks cosφ = 0,98 (peab arvestama kõiki kompenseerimisseadmeid).
- Tõkkepooliga patarei võib mõjutada võrgu programmjuhtimissignaale. Kui võrguettevõtjal on kasutusel võrgu programmjuhtimissüsteem, siis tuleb nõuetes märkida ka võrgu programmjuhtimissüsteemi sagedus ja seda püütakse arvesse võtta ka pakutava patarei omadustes.

Paljude elektrijaotusettevõtjate puhul on tarbijale tasuta pakutava reaktiivvõimsuse osakaal suhteliselt väike, näiteks üldjuhul 16 % aktiivvõimsusest. Mõned võrguettevõtjad seavad ka mahtuvusliku võimsuse (e ülekompenseerimise) -4 % piirväärtuse. Sellest tulenevalt on ka suhteliselt suure võimsusega kondensaatorpatareid (ca 300-500 kvar) varustatud väikeste (nt 12,5 kvar) lülitusastmetega, et saavutada piisavalt täpne reguleerimine eri koormustel. Kasutaja jaoks on piisav täpsus see kui ta ei pea maksma reaktiivvõimsuse tasu ja teisest küljest ei oleks ka ülekompenseerimist.

Kondensaatoripatarei talitlust, ümbrusolusid ning voolu ja pinge dimensioonimisnõudeid on muuhulgas käsitletud standardites.

20.5.2 KOMPENSEERIMISSEADME TEHNILISE LAHENDUSE NÄIDE

Tõkkepooliga kondensaatorpatarei paigutatakse temperatuuri termostaatjuhtimisega ning ülerõhu all olevasse ventileeritavasse kappi, mille õhu sissevooluavas on tolmufilter. Kapi sisetemperatuuri tõusmisel üle sätitud piirväärtuse saadetakse hoone talitlusjärelevalvesüsteemile alarmisignaal, (võib olla ühendatud koos teiste häiresignaalidega ühisele regulaatorile). Kapi kaitseklass on suletud ukse puhul IP30 ja avatud ukse puhul IP20. Patarei võimsusregulaatori juhtpult paigaldatakse kapi uksele.

Reguleerimisastmed on ehitatud üksustena, mille liigvoolukaitseks on puutekaitsekäepidemega varustatud sulavkaitsmed ning kondensaatoreid lülitatakse selleks ettenähtud kontaktoritega, mis on varustatud kondensaatorite lülitusvoolu piiravate summutustakistitega. Tõkkepooliga kondensaatorpatareidel on ka liigkuumenemiskaitse.

Regulaator on 12-astmeline mikroprotsessorsüsteem; lisaks automaatikale on sel ka käsijuhtimise võimalus. Regulaator näitab ühenduses olevaid astmeid, võimsusteguri hetkeväärtust, aktiiv- ja reaktiivvõimsust, kõrgemate harmooniliste pingeid (vähemalt 5., 7., 11. ja 13. harmooniline) ja valitud sätete väärtusi. Patarei kasutussevõtmisel või hooldamisel saab regulaatoriga kontrollida, kas kõik ühendused on õiged ja kas iga kondensaatoriüksus talitleb normaalselt. Regulaator kontrollib harmooniliste taset. Seatud piirväärtuse ületamisel lülitab regulaator ajutiselt, kuid ainult lühiajaliselt, kompenseerimisrežiimi välja. Regulaator salvestab kondensaatorpatarei lülitusastme kasutusandmeid. Juhtimispõhimõtteks on ringlülitus (1:1:2:2 :...), mille puhul ühesuguse võimsusega kondensaatorpatarei lülitusastmetele koguneb ligikaudu ühepalju kasututsükleid. Regulaator peab hoidma võimsusteguri väärtuse etteantud vahemikus, kogu koormuse muutumisel 0,97 .. .1,0 ind.

Kompenseerimisel tuleb arvestada veel asjaolu, kui maksustatava reaktiivvõimsuse mõõtmine toimub keskpingepoolel kuid regulaator toimib madalpingepoolel. Vajadusel saab regulaatorit ühendada ka keskpingepoolele või segalülitusena nii keskpinge kui ka madalpingepoolele.

Regulaator annab häire, kui kondensaatorpatarei abipinge puudub, võimsusvaru on otsas või kui kõrgemate harmooniliste tase tõuseb üle seatud väärtuse. Võrguühenduse katkemise korral toimib regulaator nii, et see lülitab kõik astmed välja ja alustab pinge taastumisel tegevust algusest. Regulaatori toime kiireneb, kui reguleerimisvajadus on suurem kui ühe reguleerimisastme võimsus (kiirreguleerimine suurte koormusmuudatuste korral).

Kondensaatorid ei sisalda polükloreeritud bifenüülühendeid (PCB), on kuivad, väikeste energiakadudega, on varustatud nõuetele vastavate kaitseseadmetega.

Kondensaatorite omadused:

- kaod < 0,5 W / kvar
- töötemperatuuri vahemik -10 ... +50 °C
- nimipinge 440 V (50 Hz)
- pingetaluvused
  - 1,0 x U_n pidevalt
  - 1,1 x U_n (= 8 tundi/ööpäevas)
  - 1,15 x U_n (= 30 min/ööpäevas)
- voolutaluvused
  - 1,5 x I_n pidevalt (400 V)
  - 200 I_n tippväärtus
- konstruktsioon ja katsetamine vastavalt standardile IEC EN 60831.

Kondensaatorpatareide omadused:

- nimipinge 400 V
- sagedus 50 Hz
- nimivõimsus 300 kvar (-0%... +5%)
- reguleerimisastmed 2 x 12,5 kvar + 3 x 25 kvar + 4 x 50 kvar
- omavõnkesagedus 189 Hz
- (Soomes on näiteks kasutusel järgmised võrgu programmilised talitlussagedused 141 Hz, 175 Hz, 216 1/3 Hz ja 283 1/3 Hz) ümbruse arvutuslik temperatuur -10 ... +40 °C.

Väliste peavooluahelate sisseviigu ja ühenduskohad on kas all või üleval. Patarei sisemise peavooluahela saab jagada mitmeks eraldi osaks, millest igaüht toidetakse jaotuskeskuse eri väljundist. Nii saab patarei hõlpsamini ühendada peajaotlaga (väiksema võimsusega väljundid, selektiivsus) ning patarei pealatistiku võib teha väiksema ristlõikepinnaga.

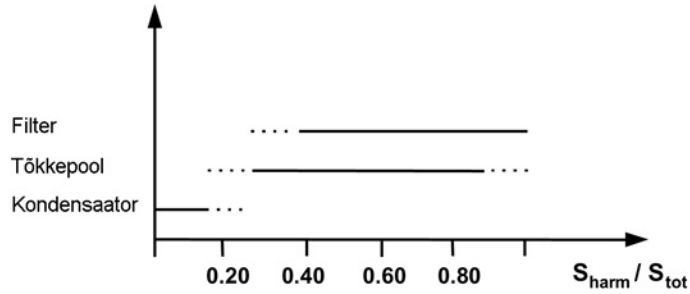
20.5.3 KOMPENSEERIMISVIISI VALIK

Kui kõrgemate harmooniliste sisaldus võrgus ei ole määrava tähtsusega, võib kompenseerimise ette näha kas hajutatult või tsentraalsena, kasutades konstantse mahtuvusega või reguleeritavaid rööpühenduses kondensaatorpatareisid. Kui trafo madalpinge poolel kõrgemate harmooniliste poolt tekitatava koormuse osakaal kogukoormusega võrreldes väiksem kui 15-20%, siis võib kompenseerimise tõenäoliselt lahendada eespool kirjeldatud viisil. Kõrgepinge- või keskpingevõrkudes tuleks harmooniliste komponentide osakaal selgitada mõõtmistega.

Kui rööpühenduses kondensaatorpatareide kasutamine toob kaasa pinge pulsatsiooni suurenemise kuni 3 %-ni, tuleb arvutustega täpsustada, kas kompenseerimispatareid tuleks asendada tõkkepoolidega varustatud patareide või filterpatareidega.

Kui ka tõkkepoolidega varustatud patareide kasutamisel ületatakse lubatud kõrgemate harmooniliste tase, tuleb uurida võrgu tugevdamise ja kõrgemate harmooniliste filtreerimise võimalusi vastavate tava- või aktiivfiltritega. Aktiivfiltreid kasutades saab põhisageduslikku reaktiivvõimsust toota kas rööpühenduses kondensaatoritega, tõkkepoolidega varustatud patareide või filterpatareidega.

Joonisel 20.5 on esitatud reaktiivvõimsuse kompenseerimisseadme ja selle võimalike lisaseadmete valik sõltuvalt kõrgemate harmooniliste osakaalust elektrivõrgus.



Joonis 20 5 Võrgu kõrgemate harmooniliste osakaalu mõju kompenseerimis- ja lisaseadmete valikule

Kompenseerimisvahendite kõige usaldusväärsem valimise viis on teha seda võrgu kõrgemate harmooniliste analüüsi põhjal, mil võrgu kirjeldamiseks kasutatakse aseskeemi. Aseskeem koosneb võrgu komponente kirjeldavatest takistustest, induktiivsustest ja mahtuvustest. Voolujaotuse arvutamine toimub kõikidel kõrgemate harmooniliste sagedusel, mille tulemusel saadakse ülevaade pulsatsioonist võrgu eri osades. Tavaliselt tehakse simulatsiooniks sobiv arvutiprogramm või arvutimudel.

20.6 KOMPENSEERIMISE JUHTIMINE

Regulaatori juhtahelate toide tuleb võtta selle jaotuskeskuse sisendvooluahelast, kuhu jaotuskeskuse kondensaatoripatarei ühendatakse.

Samasse toiteahelasse ei tohi ühendada teist regulaatorit, s.t jaotuskeskuse kogu kompenseeritavat võimsust tuleb juhtida ühe regulaatoriga. (Jaotuskeskuste kompenseerimisseadmete rööbiti ühendamisel võib mõnikord tekkida reguleerimisvõimsuse suunamist ühest keskusest teise, kui mõlemal keskusel on omaette reguleeritav patarei.)

Osa kompenseerimisvõimsusest võib jääda salvestatud olekusse. . Suure salvestuspatarei peakaabel oleks selektiivsuse eesmärgil soovitatav ühendada jaotuskeskuse eri väljundahelatega ning vajadusel jagades isegi patarei latistuse kaheks, eri kaablitega toidetavaks osaks.

Patarei lülitusastmete võimsus ja reguleerimistäpsus tuleb valida selle jaotuskeskuse võimsuse järgi, kuhu patarei paigaldatakse. Jaotusahelate grupikompenseerimisel kasutatakse seega tavaliselt täpisreguleerimist, s.t väikeste võimsusastmetega patareid.

Kuna reguleerimistäpsuse nõue on varsti jõudmas elektrimüügi hinnakujundusse, tuleb vajadusel seda asjaolu arvesse võtta patarei reguleerimisomaduste määratlemisel.

20.7 KOMPENSEERIMISSEADMED JA VÕRGU PROGRAMMJUHTIMISSEADMED

Võrguettevõtete poolt kasutatavad võrgu programmjuhtimisseadmed ning kauglugemis- ja kaugjuhtimissüsteemid seavad kompenseerimisseadmete valikule oma nõuded. Teatud võrguettevõtja tarnealasse kuuluva kompenseerimisseadme valimisel on oluline kontrollida, kas äriühingul on ka kompenseerimisega seonduvalt juhiseid või ettekirjutusi. Probleemiks võib saada kompenseerimisseadmete juhtimissignaalide sumbumine.

Näiteks põhivõrgu juhtimiseks kasutatava AEG-süsteemi sagedused on 3025 Hz ja 4850 Hz. Nii kõrgetel sagedustel on kondensaatori takistus väga väike ja signaal jõuab kergesti kompenseerimisseadmesse. Poolide või tõkkeahelatega komplekteeritud kondensaatorid takistavad juhtimissignaali nõrgenemist.

Madalad juhtimissignaalide sagedused (nt 168 Hz, 175 Hz ja 184 Hz) eeldavad tõkkepoolidega kondensaatorpatarei omavõnkesagedust 130 Hz või 141 Hz, mis tagab juhtimissignaalide nõrgenemise vältimiseks piisavalt suure impetantsi. Kõrgematel juhtimissignaalide sagedustel (nt 217 Hz või 317 Hz) on tõkkepoolidega patareide puhul kasutamiseks sobivad tüüpilised omavõnkesagedused (141 Hz ja 189 Hz).

21 MASINATE ELEKTRISEADMED

21.1 MASINATE ELEKTRISEADMEID KÄSITLEVAD NORMID

Masinate ohutust käsitlevate rahvuslike nõuete aluseks on Euroopa Parlamendi ja nõukogu Masinaehituse direktiiv 2006/42/EÜ. Nimetatud direktiivi alusel võeti Eestis vastu *Masina ohutuse seadus*, mis jõustus alates 29.12.2009. Selle seaduse § 3, lõike 1 alusel ei kohaldata *Masina ohutuse seadust* ohtudele, millede vältimine on täpsemalt reguleeritud mõnes teises õigusaktis. Sellest nõudest tulenevalt rakendatakse ohtude vältimiseks elektriga käitatavate masinate puhul masina mehaanilisele ja elektrilisele osale nii *Masina ohutuse seaduse* kui ka *Elektriohutusseaduse* ja nende alamaktide sätteid.

Kõikide laiatarbeliste masinate ning samas ka elektriseadmete turule laskmine peab Eestis vastama *Toote nõuetele vastavuse seadusele* (01.10.2010).

Soomes on Masinaehituse direktiivi alusel kehtestatud masinate ohutust käsitlev valitsuse määrus (400/2008), mille kohaselt elektriga töötavate masinate turule laskmiseks ega kasutuselevõtuks ei kohaldata sealset *Elektriohutusseadust* ja selle vastavaid rakendusakte, sest need on sätestatud masinate ohutust käsitlevas valitsuse määruses.

Eestis peab Toote nõuetele vastavuse seaduse (01.10.2010) alusel masina tootja või tema volitatud alaline esindaja Euroopa majanduspiirkonnas koostama turule lasta-

vale masinale vastavusdeklaratsiooni. Deklaratsiooniga kinnitab tootja või tema volitatud esindaja oma allkirjaga, et masin vastab kõigile asjakohastele ja olulistele tervisekaitse- ning ohutusnõuetele. Ühtlasi esitatakse selles ka normdokumentide ja EL direktiivide loetelu, mida masina konstrueerimisel on aluseks võetud.

Pärast vastavusdeklaratsiooni allkirjastamist paigaldatakse turule lastavale masinale CE-märgis ja masina võib turule viia. Iga masinaga peab kaasas olema vastavusdeklaratsioon.

Soome valitsuse määrus (403/2008) töövahendite ohutu kasutamise ja kontrolli kohta eeldab tööandjalt hoolitsemist selle eest, et töödeks hangitakse ainult määruse sätetele vastavaid masinaid.

Kui tootja või tema volitatud esindaja Euroopa majanduspiirkonnas pole vastavusdeklaratsiooni koostanud, siis on direktiivi kohaselt vastutus selle kohustuse täitmise eest pandud lisaks ka kõikidele isikutele, kes võivad masina Euroopa Majanduspiirkonna turule viia (importijad, müüjad).

Kui masina või tootmisliini saab hankida mitmelt müüjalt, paigaldajalt või tootjalt, kes pakuvad masinaid või nende osi, paigaldavad või ehitavad samasuguseid masinakogumeid, peab üks tootja või tema volitatud esindaja vastutama selle eest, et ühe masina põhjal kehtestatud normid on rakendatavad kogu masinakogumi e kooste jaoks. Tavaliselt võtab vastutuse masinakogumi koostaja, selle peakonstruktor või masinate peamine tarnija.

Masina turule laskja võib olla ka masina tellija.

Kõigile osapooltele on parem, kui juba lepingute sõlmimisel on selge funktsionaalse masinakogumi tootja, kes võtab kogu vastutuse terve masinakogumi eest.

Masinate koosseisu kuuluvad valdavalt ka elektriseadmed. Kuigi elektriseadmete koostaja/paigaldaja ei ole masinate tarne eest täielikult vastutav, peab ta siiski hoolt kandma selle eest, et masinaid käitavad ja juhtivad elektriseadmed või -koosted vastaksid kehtivate normdokumentide nõuetele.

Ühtlasi kehtivad masina elektriseadmete kohta ka *Madalpingedirektiiv* ja *Elektromagnetilise ühilduvuse direktiiv*. Seda arvestades peab masina tootja/tarnija oma deklaratsioonis kinnitama, et masina elektriseadmed vastavad eelnimetatud direktiivide ja nendega harmoneeritud standardite nõuetele. Tootja/tarnija saab deklareerida kõigi nõuete täitmist vaid siis, kui masin tõepoolest vastab nendele nõuetele.

Masinate elektriseadmed peavad lisaks vastama asjaomasele kasutusotstarbele ja need tuleb paigaldada vastavalt tootja juhistele. Tootja on kohustatud varustama turule lastava masina ka kasutusjuhendiga.

Piiride määratlemine

Masinate elektriseadmete ja hoone elektriseadmete integreerimisel tuleb välja selgitada ja määratleda:
- missugused hoones asuvad paigaldised loetakse masinateks ning teiselt poolt, missugused neist kuuluvad hoone elektripaigaldiste hulka,
- missugused elektriseadmed kuuluvad masina ja missugused seadmed ehitiste elektripaigaldiste juurde, st tuleb ühemõtteliselt määratleda kuuluvuspiirid.

Masina määratlemine

Soome valitsuse määruse (400/2008) kohaselt tähendab masin omavahel ühendatud osade või komponentide kogumit, kus kasutatakse, või mis on ette nähtud varustada mõne muu kui vahetult inim-või loomenergia varal toimiva jõuülekandesüsteemiga ja kus vähemalt üks osa või komponent on liikuv, ning mis on koostatud konkreetse funktsiooni täitmiseks. Masina all mõistetakse ka mitme masina kombinatsiooni, mis on koostatud teatud tegevuste sooritamiseks ja mille talitlust juhitakse ühtse tervikuna.

Eelnimetatud määrust ei kohaldata elektri- ja elektroonikatoodetele, sest need kuuluvad teatavates pingevahemikes kasutatavate elektriseadmete hulka, ning kuuluvad *Madalpingedirektiivi* reguleerimisalasse. Niisugused tooted on:

a) kodumajapidamisseadmed,
b) audio- ja videoaparaadid,
c) infotehnoloogiaseadmed,
d) büroode seadmed,
e) madalpingelised jaotus- ja juhtimisseadmed,
f) elektrimootorid; Samuti kõrgepingelised:
   1) jaotus- ja juhtimisseadmed
   2) trafod

Masinadirektiivi ei kohaldata ka liftide jaoks, mille turulelaskmist ja kasutuselevõttu reguleerib omaette direktiiv ja selle alusel väljaantud siseriiklik õigusakt (Soomes KTMp 564/1997).

21.2 MASINATE ELEKTRSEADMEID KÄSITLEVAD STANDARDID

Masinate elektriseadmete kohta kehtivad mitmed standardid, millest Soomes on kõige olulisem SFS-EN 60204-1, Masinate elektriseadmed. Üldnõuded. Selle vastav Eesti standard EVS-EN 60204-1: 2011. Standardis on määratletud ohutusnõuded eri funktsioonidega masinate elektriseadmetele ning lisaks ka katsetustingimused ja

nõuded kasutuselevõtukontrolliks. Masina tarnimise eest vastutav isik peab hoolitsema selle eest, et tootja saaks esitada vastavusdeklaratsiooni kogu masinakogumi kohta. Vastavusdeklaratsiooni saab anda ainult valmis masinale või masina koostele.

Elektriseadmete tarnijad võivad seadmete tarnimisel anda tootja garantii.

Masina elektriseadmete paigaldaja on kohustatud läbi viima masina elektriseadmetele nõutavas mahus katsetusi ja/või kontrollitoiminguid ning koostama nende kohta vastavad aktid.

Standardi EVS-EN 60204-1 (Lisa C) kohaselt loetakse masinaks muu hulgas järgmised elektripaigaldiste osad:
- külmutus-ja ventilatsiooniseadmed,
- kütte- ja ventilatsiooniagregaadid,
- pumbad,
- elektriajamiga uksed.

Joonis 21.1. Masinate elektriseadmete norme ja standardeid kohaldatakse ka ventilatsiooniseadmetele.

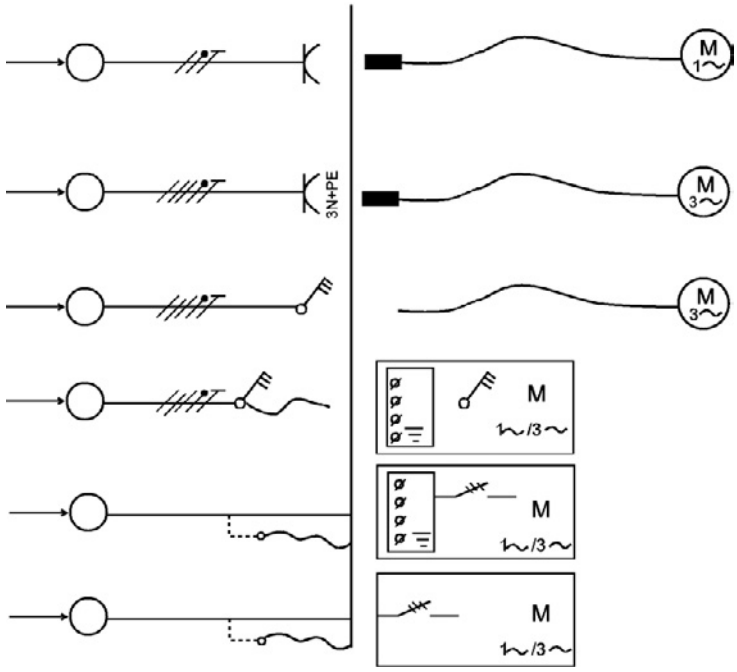
Masinate elektriseadmeid käsitlevat standardit EVS-EN 60204-1 kohaldatakse masina elektriseadmetele alates nende toitevõrgu liidesest. Ühenduspunktiks on toiteahela lahklüliti, mis võib olla näiteks ka masina pealüliti. Lülituskohti võib masinal olla mitu. Toitevõrguga liitumispunkt tuleb määratleda üheselt mõistetavalt.

Joonisel 21.2 on toodud näitena masina elektrisüsteemi liidesed hoone elektripaigaldisega.

Lisaks masinate elektriseadmete üldstandardile EVS-EN 60204-1 on olemas seadmekohased standardid.

Olulised masinate elektriseadmetega seotud standardid on:
- EVS-EN 60204-1. Masinate ohutus. Masinate elektriseadmed. Osa 1: Üldnõuded
- SFS-EN 1037. Masinate ohutus. Ootamatu käivitamise vältimine
- SFS-EN ISO 12 100-2. Masinate ohutus. Kriteeriumid ja projekteerimise üldpõhimõtted. Osa 2: Tehnilised põhimõtted ja tehnilised kirjeldused,
- SFS-EN ISO 13 850. Masinate ohutus. Hädaseiskamisseadmed. Projekteerimise põhimõtted
- SFS-EN ISO 849-2. Masinate ohutus. Juhtimissüsteemi ohutusega seotud osad. Osa 1: Projekteerimise üldpõhimõtted
- SFS-EN 999 Turvaseadmete paigutus sõltuvalt kehaosade lähenemiskiirusest.

Elektripaigaldise juhuistiku ja masinajuhistiku piir



Joonis 21.2. Näiteid masina liidestest toitevõrguga.

- SFS-EN 1050. Masinate ohutus. Riskide hindamise põhimõtted
- EVS-EN 1088. Masinate ohutus. Masina tööks vajalike kaitsepiirete paigaldamine. Projekteerimine ja valik
- EVS-EN 574. Masinate ohutus. Kahekäe-juhtseadised. Funktsionaalsed aspektid. Projekteerimise põhimõtted.
- EVS-EN 61310 (osad 1 ja 2). Masinate ohutus. Tunnusmärkide omistamine, märgistamine.
- EVS-EN 60439-1. Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 1: Täielikult või osaliselt tüüpsed koosted.
- EVS-EN 60439-5. Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 5:Erinõuded avalike elektrivõrkude elektrijaotuskoostetele

Hoonete elektripaigaldiste kohta kehtivates standardites esitatakse peamiselt nõuded elektrilöögiohu ja tuleohu vältimiseks.

Samu printsiipe rakendatakse ka masinate elektriseadmete standardites, kuid masinate elektrisüsteemide puhul tuleb lisaks arvestada järgmiste, masinate väärtalitluseni viivate rikete ja tõrgetega:

- rikked või vead masina juhtahelas või nendega ühendatud komponentides ja seadmetes,
- väliste toiteseadmete häired või toitekatkestused ning peatoiteahela võimalikud rikked.
- liug- või rullkontaktil põhineva vooluahela katkestus,
- elektriseadmete poolt tekitatavad elektrihäired, nt elektromagnetilised ja elektrostaatilised häired,
- salvestunud energia (elektriline või mehhaaniline) vabanemine, -
- pinnatemperatuuri toime.,

21.3 MASINA TELLIMISEL KASUTATAVAD ELEKTRILISED KIRJELDUSED

Standard EVS-EN 60204-1 sisaldab küsimustikku (standardi lisa B), mida soovitatakse kasutada kokkuleppe sõlmimisel ja masinate elektriseadmete tehniliste tingimuste koostamisel. Määratletavad üksikasjad on:
- ümbruse eriolud,
- elektritoide ja sellega seotud paigaldusnõuded,
- füüsiline keskkond ja masina kasutustingimused,
- elektriühendused,
- kaitse elektrilöögi eest,
- seadmete kaitsemeetmed,
- kasutustingimused,

- kasutajaliidesed ja masinasse paigaldatud juhtimisseadmed,
- juhtimisseadmed,
- juhtimisprotsessid,
- lisaseadmed ja valgustus,
- märgistamine, tunnused ja viitenumber,
- tehniline dokumentatsioon.

21.4 MASINA TOIDET PUUDUTAVAD ELEKTRILISED KIRJELDUSED

Masin tarnimisel tuleb määratleda tarnetingimused selgitamaks, kes peab tagama toitejuhtide olemasolu, võimaliku paigalduse ja toitejuhistiku kaitse.

Masina sisemiseks määratlemiseks tuleb selgitada järgmist:
- pinge eeldatav kõikumine (juhul kui on üle ±10%),
- sageduse eeldatav kõikumine (juhul kui on üle ± 2%),
- elektriseadmetes tehtavad võimalikud muudatused, mis eeldavad tarbimisvõimsuse suurenemist tulevikus,
- talitlus pingekatkestuste korral,
- nimipinge,
- toitepinge faaside arv ja sagedus,
- maksimaalne lühisvool masina toitepunktis,
- toitejuhistikusüsteem, millega masin ühendatakse, kas
  - TN-süsteem,
  - TT-süsteem,
  - IT-süsteem.
- toiteahela neutraaljuhiga ühendatavad seadmed,
- toitepinge lahutusseadmed,
- neutraaljuhi lahutamise vajadus,
- neutraaljuhiga lahutamise lubatavus,
- tarnitava lahutusaparaadi tüüp,
- toiteahela liigkoormuskaitse paigalduse ja õige talitlemise eest vastutv pool - kasutaja või tarnija.

Üldjuhul elektriseadme tarnija ei vastuta seadmete toitejuhtide/ahelate liigvoolukaitse (ülekoormus- ja lühisekaitse) paigaldamise eest, kui masina kasutaja pole otsustanud teisiti.

Tarnija peab paigaldusjoonisel esitama liigvoolukaitse valikuks järgmised vajalikud andmed:
- liigvoolukaitse tüüp ja selle rakendumisparameetrid,
- suurima 3-faasilise mootori võimsus (kW), mida võib otselülituses käivitada,
- kas 3-faasilise mootori liigvoolukaitsete nimivoolu saab vähendada.

Kui mootori nimivõimsus on üle 0,5 kW, tuleb kasutada liigtemperatuurikaitset.

Masinate rakendustes, kus mootori töö automaatne peatamine pole lubatud, tuleb masina kasutajale anda mootori liigkoormuse kohta märgatav hoiatussignaal. Liigkoormuskaitset ei ole vaja mootorite puhul, mida ei saa üle koormata.

21.5 MASINAOHUTUSEGA SEOTUD LÜLITUSAPARAADID

21.5.1 MASINA TOITEVÕRGUST LAHUTAMINE

Masinate elektriseadmeid käsitlevate standardite järgi peavad toidet lahutavaks lülitiks (kaitselahutusaparaadiks, pealülitiks) olema üks järgmistest:
- standardi EVS-EN 60947-3 kasutuskategooriale AC-23B või DC-23B vastav sulavkaitseta või sulavkaitsmega koormuslüliti,
- standardi EVS-EN 60947-3 kohane sulavkaitsmetega või sulavkaitsmeteta lahklüliti koos abilülitiga, mis kõikidel juhtudel lülitab koormatud seadmed välja enne pealahklüliti kontaktide avanemist,
- standardi EVS-EN 60947-2 kohane ahela lahutamiseks sobiv lüliti,
- muu lülitusaparaat, mis vastab sellekohasele IEC tootestandardile ja standardis EVS-EN 60947-1 lahklülititele esitatavatele nõuetele ning on mõeldud tootestandardis määratletud koormatud mootori või induktiivkoormuse lülitamiseks,
- painduva toitekaabli pistiklüliti.

Kui lahutamiseks kasutatakse pistiklülitit, peab pistiklüliti lahutusvool vastama masina suurimale voolule, so suurima võimsusega mootori kinnikiilumisel tekkiva voolu ja muude mootorite või koormuste nimivoolude summale. Teise võimalusena - pistiklülitiga blokeeritud lülitusaparaadiga, mille lahutusvõime vastab eelnimetatud voolule.

Toiteahela lahklülitit peab olema võimalik lukustada AVATUD asendisse ja sellel peab olema selgelt arusaadav asendi märgis. Lahklüliti juhtseadmed peavad asuma hõlpsasti ligipääsetavas kohas.

Toiteahela lahklülitiga ei ole vaja lahutada järgmisi elektriahelaid:
- hoolduse ja remondi ajaks vajalikke valgustusahelaid,
- ainult remondi- ja hooldustööriistade ning -seadmete (näiteks kruvikeeraja, testimisseadmed) toiteks ettenähtud pistikupesade vooluahelaid,
- kaitseväikepingeahelaid, mida lahutatakse automaatkaitselülitiga üksnes sisendahela rikke korral,
- ahelaid, mis toidavad seadmeid, mis tavapäraselt peaksid jääma pingestatuks kuni nende talitlemise lõpuni (näiteks soojusmõõteseadmed, töödeldava toote küttekehad, programmjuhtimise mäluseadmed jms),
- lukustus- või blokeerimisahelad.

Joonis 21.3. Masina toiteahela lahklülitit peab olema võimalik lukustada AVATUD asendisse.

Juhul kui eespool kirjeldatud elektriahelate toitepinget lahklülitiga ei lahutata, tuleks sobivasse kohta, lahklüliti lähedusse, paigaldada püsiv hoiatussilt. Hooldusjuhendis peavad olema vastavad märkused ja iga erandkorras pingestatud ahela lähedusse tuleb paigaldada selle kõrvaldamist välistavalt hoiatussilt või tuleb need ahelad eraldada muudest vooluahelatest või peavad need ahelad olema silmatorkavalt tuvastatavad (värviga), kui tegemist on juhtimise lukustus- või blokeerimisalaga.

21.5.2 KÄIVITAMINE

Masina käivitamine peab olla võimalik ainult siis, kui kõik kaitsepiirded või kaitseseadmed on paigaldatud ja toimivad, välja arvatud juhul, kui kaitseseadmed või turvaseadmed tuleb paigaldamiseks või hoolduseks ajutiselt välja lülitada. Kui masina mõne funktsiooni puhul ei saa kasutada kaitse- ega turvaseadmeid, peab masin nende

funktsioonide jaoks, kui see on asjakohane, olema varustatud isetagastuvate käsijuhtimisseadmetega ning vajaduse korral ka lubavate lisaseadmetega.

Masina käivitusoperatsioonide õige järjekord tagatakse sobivate blokeeringutega.

Masinate puhul, mille käivitamine eeldab rohkem kui ühe juhtimiskoha kasutamist, peab igal juhtimiskohal olema eraldi käsikäivitusseade.

Lisaks:
- kõik masina nõutud töötingimused peavad olema täidetud,
- kõik käivitusseadmed peavad olema vabastatud olekus (avatud asendis),
- kõik käivitusseadmed peavad toimima üheaegselt.

21.5.3 OOTAMATU KÄIVITUMISE BLOKEERIMINE

Igal masinal peavad olema ootamatu käivitumise vältimiseks blokeerimisseadmed (näiteks siis, kui masina ootamatu käivitamine selle hoolduse ajal võib põhjustada ohtu inimestele ja seadmetele).

Toitepinge lahklüliti võiks toimida ka ootamatu käivitamise blokeerimisseadmena (näiteks turvalülitina).

Peale toiteahela lahklülitite võib selles ahelas olevaid muid aparaate (näiteks ahelat lahutavat kontaktorit) kasutada ahela lahutamiseks ainult järgmistel juhtudel:
- ahela kontrollimisel,
- reguleerimisel,
- elektriseadmetega töötamisel, kui
  - puudub elektrilöögi või põletuste oht,
  - töö tegemisel on vajalik lüliti avamine,
  - tehtava töö maht on väike.

Masina ootamatu käivitamise vältimist käsitletakse üksikasjalikult standardis SFS-EN 1037.

Joonis 21.4. Masina ootamatu käivitumise vältimiseks võib kasutada näiteks turvalülitusseadmeid.

21.5.4 ELEKTRIAHELATE KAITSELAHUTUSLÜLITID

Elektriahelates peavad olema vastavad kaitselahutusseadmed, et hooldus- või remonditöid oleks võimalik sooritada elektrilöögi- või põletuste ohuta. Seda funktsiooni võib täita teatud tingimustel ka toiteahela lahklüliti.

Elektriseadmete kaitselahutamiseks kasutatavad seadmed peavad olema:
- nende ettenähtud kasutamiseks sobivad ja asjakohased,
- sobivalt paigaldatud,
- märgistatud nii, et lüliti järgi saab hõlpsasti kindlaks teha, missuguseid seadmeid või vooluahelat see mõjutab,
- mehaanilise blokeeringuga, et vältida ahelate lubamatut, tahtmatut või ekslikku pingestamist .

21.5.5 HÄDASEISKAMINE

Hädaseiskamissüsteemi konstrueerimise ja funktsionaalsed põhimõtted on määratletud standardis EVS-EN ISO 13850. Hädaseiskamist on vaja siis, kui tavaline seiskamisfunktsioon on ohu vältimiseks või vähendamiseks ebapiisav.

Tavaline seiskamisfunktsioon ei pruugi olla piisav näiteks siis, kui
- seiskamisnupp paikneb operaatorist liiga kaugel, nii et masinasse takerdunud isik ei ulatu selleni või selleni jõudmiseks kulub liiga palju aega,
- seiskamisnupp on paigaldatud või vormitud nii, et seda on liiga keeruline kasutada (näiteks kaitseümbrise sisse),
- hädaolukorras on vaja kiiremat seiskamist kui normaalolukorras,
- tavaseiskamiseks kuluv aeg rahuldab ainult 2. kategooria seiskamistingimust,
- tavaseiskamisseadis on rikkis.

Hädaseiskamist pole vaja rakendada, kui:
- kasutajafunktsioonid ei takista ega leevenda soovimatu sündmuse tagajärgi,
- hädaseiskamise rakendamisel ei saa lühendada seiskamisaega,
- masinkooste keerukus eeldab, et peatumine toimub kontrollitult ja mitmes etapis,
- tegemist on teisaldatavate ja käsijuhitavate masinatega, mille puhul mõlemat kätt tuleb pidevalt kasutada masina juhtimiseks,
- tegemist on ühekäeseadmetega, mille nimivõimsus on nii väike, et seade ei põhjusta ohtu.

Joonis 21.5. Vajaduse korral peavad masinal olema hädaseiskamisseadmed

Paigutus ning tähised

Hädaseiskamisseadmed peavad olema hõlpsasti ligipääsetavad.

Hädaseiskamisseadme kaugus kasutajast ei tohiks enamasti olla üle 2-3 meetri kui tööd tehakse püstiasendis ja mitte üle 1-2 meetri kui tööd tehakse istudes. Käsijuhtimisega hädaseiskamislüliti optimaalne kõrgus peab olema 0,7-1,3 m.

Hädaseiskamislüliti juhtnupud peavad olema punast värvi ning nende taustavärvus peab olema kollane.

21.6 MASINA ELEKTRISEADMETE KASUTUSELEVÕTMINE

Masina turulelaskja peab hoolitsema selle eest, et kõik masina osad oleksid töökorras. Elektriseadmete paigaldamisel tuleb tagada masinate nõuetele vastav paigaldamine. Nii näiteks peab masina osi tarniv alltöövõtja hoolitsema selle eest, et kasutatakse nõuetele vastavaid komponente ja masinate elektriseadmetele tehakse standardite nõuetele vastavad katsetused. Masina turulelaskja vastutab lõppkokkuvõttes ka selle eest, et masina tööfunktsioonid vastavad kehtestatud nõuetele.

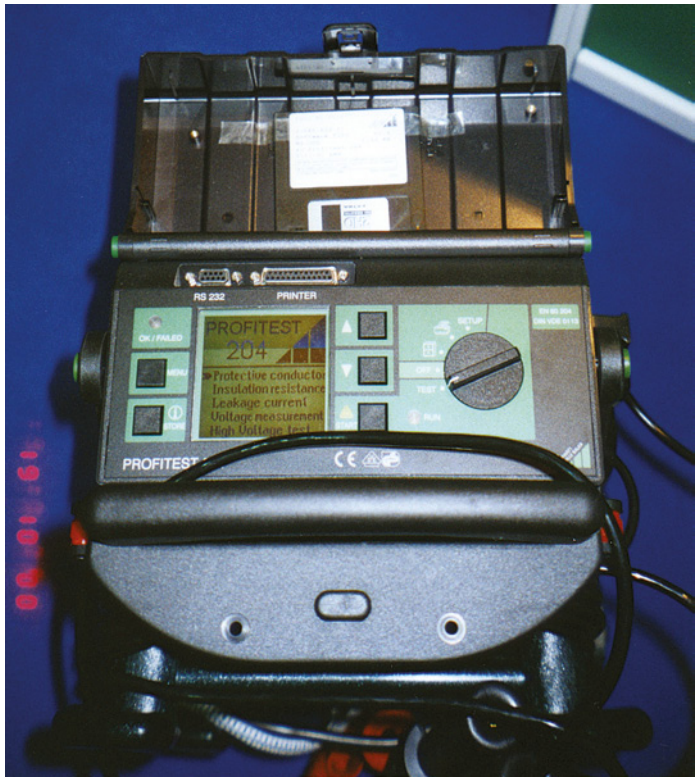
Kõik kasutuselevõtukatsed tuleb dokumenteerida.

Kõik katseprotokollid esitatakse masina turulelaskjale, kes koondab ja säilitab kogu masina dokumentatsiooni.

Masinatele paigaldatud elektriseadmetele tuleb läbi viia vastava masina tootestandardis ettenähtud katsed.

Kui masina kohta puudub vastavtootestandard, tuleb masinat kontrollida standardi EVS-EN 60204-1 nõuete kohaselt:

- kontrollida, et elektriseadmed vastavad masina tehnilisele dokumentatsioonile ja standardite nõuetele,
- kui rikkekaitse realiseeritakse toite automaatse ja kiire väljalülitamisega, tuleb selleks kehtestatud tingimusi kontrollida punktis 21.6.1 kirjeldatud viisil,
- teha isolatsioonitakistuse mõõtmine,
- teha pingetaluvuskatse, e pingeteim
- kontrollitakse jääkpingevastast kaitset,
- tehakse talitluskatsed.



Joonis 21.6. Masinate elektriseadmete testimisel kasutatavad mõõteseadmed erinevad ehitiste elektripaigaldiste mõõtmiseks kasutatavatest mõõteriistadest

21.6.1 RIKKEKAITSE TOITEAHELA AUTOMAATSE JA KIIRE VÄLJALÜLITAMISEGA

Kaitsevõtte toiteahela automaatse ja kiire väljalülitamise toimimist kontrollitakse kaitsejuhiahela katkematuse kontrollimise ja tekkiva ühefaasilise lühisvoolu piisava suuruse väljaselgitamisega. Sobivad hindamisviisid, sõltuvad vaadeldava masina omadustest.

21.6.1.1 Kaitsejuhiahela katkematuse kontrollimine

Kaitsejuhi PE-klemmi ja kaitsejuhiahela iga asjakohase punkti vahelist takistust tuleb mõõta voolu juures, mis peab olema vahemikus 0,2 A - 10 A. Vooluallikas peab olema masina toitepingest eraldatud ja selle pinge koormamata olekus peab olema nii vahelduvvoolu kui ka alalisvoolu korral 24 V. PELV kaitseväikepinge kasutamist ei soovitata, kuna see võib tekitada segadust tulemuste osas. Mõõdetud takistus peab olema oodatavas vahemikus sõltuvalt kaitsejuhiahela pikkusest, materjalist ja ristlõikest.

21.6.1.2 Rikkevooluahela näivtakistuse ja liigvoolukaitse sobivuse tõendamine

Kontrollimisega tuleb kindlaks teha toiteahelate ja võimalike väliste kaitsejuhiahelate ühendused masina PE-klemmidega.

Toiteahela automaatse ja kiire väljalülitamise tingimuste täitmise kontrolli võib teostada kas arvutuste teel või vahetu mõõtmisega. Mõlemal juhul tuleb võrrelda liigvoolukaitseaparaadi rakendusvoolu väärtust arvutuste või mõõtmiste teel saadud väärtusega. Lühisvoolu mõõtmisel või arvutuste teel saadud väärtus peab olema 50 % võrra suurem kui kaitseseadme rakendusvoolu läviväärtus. Ehitiste elektripaigaldiste kontrollitoimingute standardi EVS-HD60364-6 järgi piisaks 25 % võrra suuremast väärtusest.

21.6.2 ISOLATSIOONITAKISTUSE MÕÕTMINE

Peavooluahela juhtide ja kaitsejuhiahela vaheline isolatsioonitakistuse peab alalispingega 500 V mõõtmisel olema vähemalt 1 MΩ. Mõõtmise võib läbi viia tervikseadme üksikute rühmade kaupa.

21.6.3 PINGETEIM

Pingeteim tuleks teha standardile EVS-EN 61180-2 vastava mõõteriistaga.

Suurimad teimipinged peavad olema võrdsed seadme kahekordse nimipingega või vähemalt 1000 V, kui kahekordne nimipingega on väiksem kui 1000 V. Suurimat teimipinget tuleb rakendada peavooluahela juhtidele ja kaitseahelatele umbes 1 sekundi kestel. Nõuded on täidetud, kui selle aja jooksul läbilööki ei toimu.

Komponendid, mis ei ole ette nähtud sellist teimipinget taluma, tuleb katsetamise ajaks ahelast eraldada.

Samuti võib katsetuse ajaks eemaldada komponente ja seadmeid, milledele pingeteim on juba tehtud neile vastava tootestandardi kohaselt.

21.6.4 JÄÄKPINGE KAITSE

Vajaduse korral tuleb läbi viia katsed, millega kontrollitakse, et masina teatud elektriseadmete toiteklemmidele jääv jääkpinge ei ületa lubatud väärtusi.

Kui masina elektriseadmete pingestatud osade jääkpinge toitepinge väljalülitamise järel on peale 5 sekundi möödumist üle 60 V, tuleb rakendada meetmeid sellise jääkpinge piiramiseks ohutu väärtuseni kuni 60 V tingimusel, et see ei häiri masina talitlusfunktsiooni. See nõue ei laiene koostisosadele, mille jääklaeng on enimalt 60 µC.

Joonis 21.7. Ohtliku jääkpinge kõrvaldamine peab olema tagatud

21.6.5 TALITLUSKATSED

Elektriseadme talitlemist ja nendel rakendatavate kaitsevõtete tõhusust tuleb kontrollida/katsetada.

21.6.6 ÜMBEREHITUSKATSED

Kui masina või selle juurde kuuluva osa elektriseadmeid paigaldatakse ümber, asendatakse uutega või muudetakse ühendusskeeme, tuleb muudetud osa asjakohaselt uuesti kontrollida ja katsetada.

21.7 NÄIDE MASINA KASUTUSELEVÕTUKONTROLLIST, KONTROLLIMEELESPEA

1. Masinal olevad tähised:
Igal masinal peab olema CE-märgistus, mis näitab, et see vastab *Masinaehituse direktiivi* ja kõigi teiste vajalike direktiivide ning nendega harmoneeritud standardite nõuetele. Vastavusdeklaratsioonis näidatakse, mis direktiivide alusel märgis on masinale paigaldatud (*Masinaehituse direktiiv, Madalpingedirektiiv, EMC-direktiiv*).

2. Masinaga kaasasolevad kohustuslikud dokumendid:
- kasutusjuhend,
- vastavusdeklaratsioon.

3. Juhtimisseadmed:
- lahutamine toitesüsteemist,
- käivitus-ja seiskamisseadmed,
- hädaseiskamisseadmed,
- kaitselahutusseadmed elektriahela lahutamiseks mehaanilise hoolduse ajaks.

4. Kasutamis- ja keskkonnaolud
- ümbrised.
- lubatud koormused,
- elektromagnetilised häired.

21.8 HOONETESSE PAIGALDATAVATE MASINATE KASUTUSELEVÕTMINE

Hoonetesse paigaldatud masinate (nt ventilatsiooniagregaadid) peab teadma, et kasutuselevõtumenetlused on hoone elektripaigaldiste ja masinate koosseisu kuuluvate elektriseadmete puhul erinevad.

Hoone elektripaigaldise ehitusnõuetele vastavuse eest vastutav töövõtja teeb elektripaigaldise kasutuselevõtukontrolli ning selle käigus ka masina toiteahelate kontrolli.

Masina turulelaskja on aga kohustatud tagama, et masina elektriseadmetele tehakse standardites nõutud mahus katsetused ja testid. Kui masina tarnimisel osaleb mitu tarnijat, võib olla raske määratleda, kes neist on masina turulelaskja e vastutav tootja. Kõige lihtsam on ehitustööde lepingus määratleda eri tarnijate kohustused, siis on kasutuselevõtuetapis asjad kergemini lahendatavad. Lõppkokkuvõttes langeb vastutus masina käikulaskjale.

Elektritöövõtja võib sõlmida kokkuleppe ka masina turulelaskjaga. Näiteks olukorras, kus elektritöövõtja omandab eraldi osadena ventilaatori mootori, inverteri, andurid, juhtimisploki jne ning kavandab ja koostab neist toimiva terviku, on ta paljude seadmete turulelaskja. Masina turulelaskja aga vastutab selle eest, et masin oleks turvaline tervikuna.

Kui tegemist on lihtsa masinaga, mis on täielikult kokku pandud juba enne masina kasutuskohale tarnimist (näiteks pump või lihtne ventilatsiooniseade), tuleb selle kasutuselevõtmisel tagada, et masinal on olemas vastavusdeklaratsioon ja CE-märgis. Sel juhul ei ole vaja masina kasutuskohas teha selle ohutuse tagamiseks eraldi katsetusi, nagu seda tehakse tavaliselt kasutuskohas paigaldatavatele masinatele.

Niisuguse masina toiteahelat kontrollitakse koos hoone elektripaigaldisega ettenähtud korras.

Standardi EVS-EN 60204-1 kohane kasutuselevõtukontroll eeldab mõõteseadmeid, mida elektriettevõtjal ei pruugi olla. Sel juhul võib lasta vajalikud katsed läbi viia näiteks allhanke korras.

Tellija peab hoolitsema selle eest, et kõik vajalikud katsed on tehtud enne masina kasutuselevõtmist ja kogu kontrollitoiming on nõuetele vastavalt dokumenteeritud. Masina tellijale peab jääma masina vastavusdeklaratsioon.

Kontrolli ja kasutuselevõtukohustuste täitmine tuleb määratleda vastavates äridokumentides.

22

PLAHVATUSOHTLIKU KESKKONNA ELEKTRISEADMED JA PAIGALDISED

22.1 SISSEJUHATUS

Plahvatusohtliku keskkonna elektripaigaldiste projekteerijad ja kasutajad peavad peale tavalise elektriohutuse arvesse võtma ka nendes ruumides valitsevaid eriolusid. Lisaks elektriala õigusaktidele ja sätetele tuleb arvestada ka muid õigusakte.

Plahvatusohtliku keskkonna paigaldistele esitatavad põhinõuded on toodud nn. ATEX-direktiivi alusel vastuvõetud riiklikes otsustes (määrustes). Otsuseid täiendavad arvukad standardid.

ATEX mõiste „ATmosphere EXplosives“ kirjeldab seda valdkonda puudutavat Euroopa Ühenduse kaht direktiivi - 94/9/EÜ *Seadmedirektiivi* ja 1999/92/EÜ *Keskkonnadirektiivi*. Direktiivid on seotud plahvatusohtliku keskkonna ning selles kasutatavate masinate ja seadmetega. Eesmärk on kaitsta plahvatusohtlikus keskkonnas töötavaid inimesi, ühtlustada EÜ liikmesriikide ohutusnõuded plahvatusohtliku keskkonna (Ex) ja neis kasutatavate masinate ja seadmete kohta ning tagada Ex-toodetele vaba liikumine.

ATEX-seadmedirektiivi alusel vastuvõetud riiklikud õigusaktid on eksisteerinud juba 1996. aastast. Nüüdseks on ajutiste õigusaktide kehtivuse aeg lõppenud ning kaupade vaba liikumise tagamiseks on kehtestati ühtsed nõuded ja kohustused. Nende alusel on võimalik muu hulgas ka plahvatusohtlikele oludele ettenähud uusi tooteid turustada, üle anda teisele isikule või kasutusele võtta ainult siis, kui need on kooskõlas uute normidega.

ATEX-keskkonnadirektiiv käsitleb käitiseid ja töökohti, kus põlevad vedelikud või gaasid ja tolm võivad tekitada plahvatusohu. Keskkonnadirektiiv on rakendatud riiklikul tasandil Soome valitsuse määrusega (576/2003) 1.9.2003. See puudutab põhiliselt uusi plahvatusohtlikke ruume ning ka vanades ruumides tehtavaid muudatusi ja täiendusi. Kõiki olemasolevaid ettevõtteid käsitlevad nõuded kehtivad täielikult alates 01.07.2006.

Eestis reguleerib eelkirjeldatud teemade valdkondi *Masina ohutuse seadus* 10.12.2008

22.2 KESKKONNAOLUSID KÄSITLEVAD NORMID

Soome valitsuse määruse (576/2003) eesmärk on plahvatusohtlikust keskkonnast tulenevate ohtude ennetamine, töötajate ohutuse ja tervise kaitse, üldise turvalisuse tagamine ning isiku- ja varakahju vältimine.

Tööandjate üldised kohustused

Tööandja peab määratlema plahvatusohtliku keskkonna ja tagama, et selle olud vastaksid eelnimetatud määruse lisa 2 miinimumnõuetele. Eestis toimub määratlemine vastavalt Majandus-ja kommunikatsiooniministri määrusele nr 120, 03.12.2009 „Nõuded plahvatusohtliku keskkonna tsoonide määramisele".

Plahvatusohtlikuks liigitatud tsoonidele ligipääse tähistatakse vajaduse korral märgistusega.

Hoiatusmärk on kolmnurkse kujuga ning sellel on kollasel taustal mustad tähed, ja must ääris. Kollane osa peab hõlmama vähemalt 50% märgi pinnast.

Joonis 22.1. Plahvatusohtliku tsooni tähistamine

22.2.1 KESKKONNA HINDAMISE DOKUMENTEERIMINE

Tööandja peab tagama, et keskkonna analüüsid ja hindamised dokumenteeritakse asjakohaselt ja et seda hoitakse pidevalt ajakohasena.

Dokumenteerimisel näidatakse eelkõige:
1) et plahvatusoht on määratletud, tsoon piiritletud ja selle tähendus hinnatud;
2) et rakendatakse asjakohaseid meetmed nõutud eesmärkide saavutamiseks;
3) et keskkonnaolud on liigitatud plahvatusohutsoonideks vastavalt MKM määrusele nr 120, 03.12.2009;

4) kohad, mille jaoks kohaldatakse määruse lisas 2 sätestatud miinimumnõudeid;
5) et töökoht on projekteeritud, töövahendid on valitud ning hoiatusvahendeid kasutatakse ja hooldatakse nõuetekohaselt ning kõiki ohutusnõudeid arvesse võttes;
6) et töövahendite ohutu kasutamisega tegeldakse viisil, nagu see on ette nähtud.

Dokumentatsioon tuleb koostada enne määruses nimetatud tööde alustamist ja see vaadatakse üle, kui töökohta, töövahendeid või töökorraldust oluliselt muudetakse. Nimetatud dokumendid võivad kuuluda töökoha mõne muu turvameetmeid käsitleva dokumentatsiooni koosseisu.

22.2.2 ÜHISED TÖÖKOHAD

Ühisel töökohal on peamise ehk vastutava tööandja ülesandeks tagada eri tööandjate tegevuste kooskõlastamise nii, nagu see on vastavates õigusaktides ette nähtud. Tsoonide määramise dokumentatsioonis tuleb registreerida sellega seotud meetmed ja menetlused.

22.3 STANDARDID

Plahvatusohtliku keskkonna elektripaigaldisi ja seadmeid sisaldavate ruumide jaoks rakendatakse arvukaid standardeid. Elektripaigaldiste puhul on põhistandard EVS-EN 60079-14:2008/AC:2011 Plahvatusohtlikud keskkonnad, osa 14: Elektripaigaldiste kavandamine, seadmete valik ja paigaldamine. Standard sisaldab ka varem eraldi avaldatud standardi EVS-EN 61241-14:2004 nõudeid ”Tolmuste plahvatusohtlike ruumide elektriseadmed. Osa 14. Valik ja paigaldusnõuded”.

Soome SFS-käsiraamat 140 (2004) kehtib TUKES juhise S10-2009 järgi ainult plahvatusohtliku keskkonna osas. Uus asjakohane SFS-käsiraamat 604 on avaldamisel.

22.4 TSOONIDE LIIGITUS

22.4.1 ÜLDIST

Arvestades kõiki plahvatusohtu põhjustavaid aineid, saab plahvatusohtliku keskkonna määratleda järgmiselt: "Plahvatusohtlik keskkond on ruum, selle osa või muu piiratud sise- või välisala, kus plahvatusohtu põhjustab põlev gaas, põlevad vedeliku aurud, sudu või vine, põlev õhuga segunenud tolm või tegelik lõhkeaine".

22.4.2 TSOONIDE MÄÄRAMISE VAJADUS JA LÄBIVIIJA

Tsoonide määramine on osa keskkonna hindamise protsessist , selle asjakohane dokumentatsioon tuleb säilitada ettevõttes ja nõudmise korral esitada järelevalveasutusele.

Asjaolude muutumisel tuleb tsoonide määramisega uuesti tegeleda ja selle dokumentatsioon uuesti läbi vaadata. Tsoonide määramisele peab eelnema üldine riskianalüüs selle kohta, kas tegevus sisaldab plahvatusohtu. Seejärel tehakse tsoonide määramise otsus. Plahvatusohu tekkimist mõjutavad nii paljud mõjurid, et tsoonide määramise vajadust ei saa otsustada ainult ohtlike ainete koguste põhjal.

Tsoonide määramine kuulub asutuse omaniku või valdaja kohustuste hulka. See tähendab, et tsoone määratakse ettevõtte oma jõududega või selle läbiviimiseks kasutatakse asutuseväliseid eksperte. Oluline on, et tsoone määraks isik, kes tunneb ohtu põhjustavad aineid ja protsesse. Oluline on ka see, et juba võimalikult varases tööde etapis ettevõtte tehnoloog-projekteerija vaataks koos elektriprojekteerijaga läbi tsoonide määramise kava nii, et elektriprojekteerija suudaks oma projektides vajadusel plahvatusohtliku keskkonnnaga arvestada.

Määruses on ette nähtud, et tsoonide määramine tuleb dokumenteerida ja see peab olema asutuses kättesaadav. See tähendab, et tsoonide määramisel tuleb esitada Tsoonide pinna- ja ristlõikejoonised, mis illustreerivad ja täpsustavad vajalikku teavet. Teine võimalus on vormistada tsoonide määramine tabelina, näidates ära objektid, vajalikud mõõtmed ja ainete omadused. Tsoonide liigituskavades tuleb esitada vähemalt järgmised asjaolud:

– Tsoonide jaotus tsooniklasside kaupa ja nende mõõtmed nii rõht- kui ka püsttasandil;
– Ainete omadused, mis mõjutavad kasutatavate seadmete valikut (plahvatusohu ja süttimiskategooriad või vedelike süttimistemperatuurid, lõhkematerjalide plahvatustemperatuur, gaasi ja õhu segu süttimistemperatuur ja tolmukihi hõõgumistemperatuur).

22.4.3 TULEOHTLIKKE VEDELIKKE VÕI GAASE SISALDAVATE TSOONIDE LIIGITUS

Reguleerimisala ja järgitavad juhised

Soome SFS-käsiraamatus 59 on kohaldamisala piirid määratletud järgmiselt:

Tsoone tuleb liigitada juhul kui põleva vedeliku või gaasi tootmiseks vabrikus, tehniliseks kasutamiseks, töötlemiseks või ladustamiseks on vaja kehtivate eeskirjade kohaselt luba või päästeametnike ülevaatust või kui tuleohtlikke vedelikke või gaase muudel põhjustel tekib korrapäraselt või nii sageli või neid esineb märkimisväärsel hulgal ning kui nende

1) põlemise leektäpp on üle 30 °C, või
2) vedeliku temperatuur või selle vahetu ümbritseva keskkonna temperatuur on suurem kui T – 5 °C, kus T on vedeliku leektäpp, või
3) tuleohtlikke vedelikke pihustatakse tehnilisel kasutamisel õhku, või

4) rõhu all olevaid tuleohtlikke gaase, nagu näiteks vesinikku, metaani või süsinikmonooksiidi kasutatakse suurtes kogustes, või
5) mudel põhjusel nähakse märkimisväärset ohtu.

Tuleohtlikke vedelikke või surve all olevaid tuleohtlikke gaase sisaldavate seadmete sisemist seisundit tuleb alati määratleda.

Haiglate operatsioonisaalide plahvatusohtu Soome vastava käsiraamatu suunistes ei käsitleta.

Põhimõisteid

Plahvatusrühmad ja elektriseadmete liigitus seadmerühmadesse

Plahvatusrühmade abil kontrollitakse põlevate vedelike aurude ja põlevgaaside jaotust ainekategooriatesse, võttes arvesse nende võimet levitada plahvatust läbi kitsa prao ja/või kerget süttivust. Mõlemaid omadusi mõõdetakse standardmeetoditega. Aurud ja gaasid jagatakse plahvatusohtlike ainete alusel plahvatusrühmadesse IIA, IIB ja IIC.

Plahvatusohupiirkonnas kasutamiseks mõeldud elektriseadmed jagunevad kolme seadmerühma:
- I seadmerühm: plahvatusohtlike kaevanduste elektriseadmed.
- II seadmerühm: plahvatusohtlikku gaasikeskkonda (mitte kaevandustesse, kus võib esineda kaevandusgaasi) mõeldud seade.
- III seadmerühm: plahvatusohtlikku tolmu ja õhu segu keskkonda mõeldud seade.

Mõned II rühma seadmed jagunevad alarühmadeks sõltuvalt plahvatusohtliku segu koostisest, millele need on ette nähtud. Plahvatuskaitseviiside Exd ja Exi jaoks on määratletud A, B ja C alarühmad. Need põhinevad, plahvatusrõhku taluvate elektriseadmete suurimal katselisel turvavahemikul (*maximum experimental safe gap*, *MESG*) või loomult ohutute elektriseadmete väikseimal süttimisvoolul (*minimum ignition current, MIC*).

Gaaside ja aurude jaotamine plahvatusrühmadesse ja info teatavate plahvatusohtlike ainete kohta on esitatud Soome SFS-käsiraamatus 59.

Plahvatusohupiirkond

Plahvatusohupiirkond on ruum, selle osa või muu piiratud ala (ka väljas), kus võib esineda plahvatusohtlik gaasisegu.

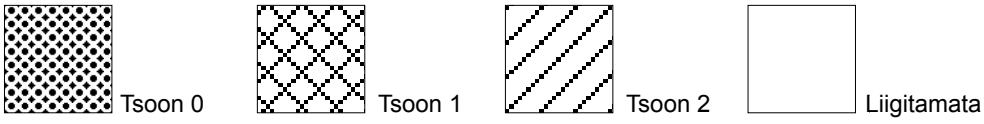
Plahvatusohupiirkonna tsoonid

Plahvatusohupiirkonnad liigitatakse järgmistesse tsooniklassidesse:

- ***Tsoon 0***: ruumiosa, milles plahvatusohtlik gaasisegu esineb pidevalt, pikka aega või sageli.
- ***Tsoon 1***: ruumiosa, milles plahvatusohtlik gaasisegu võib normaalsetes oludes esineda tõenäoliselt.
- ***Tsoon 2***: ruumiosa, milles plahvatusohtliku segu esinemine normaalsetes käiduoludes on vähetõenäoline ja kui plahvatusohtlik segu esineb, siis harva ja lühiajaliselt.

Normaalkasutuseks loetakse ka soovimatuid, kuid võimalikke tehnilisi häired, näiteks võllitihendipesa purunemist või ületäitumist, mis võivad põhjustada plahvatusohtliku segu. Õnnetusi või rikkeid, mida ei saa põhjendatult eeldada, näiteks mahuti või toru purunemist, ei loeta normaalkasutuse hulka kuuluvaks.

Plahvatusohupiirkonna tsoonide tingmärgid on toodud joonisel 22.2.



Joonis 22.2. Piirkonna tsoonide tingmärgid

Piirkonna liigituse alused

Järgnevalt on toodud vaid keskkonna liigituse põhialused Soome SFS-käsiraamatu 59 alusel. Üksikasjaliku liigitamise korral kasutatakse käsiraamatut 59 või standardi SFS-EN 60079-10 gaasplahvatusohtlike piirkondade ja SFS-EN 61241-10 tolmplahvatusohtlike piirkondade näiteid.

Üldist

On oluline, et ettevõtete ja asutuste struktuur ja nende tehnoloogiline protsess oleks selline, kus plahvatusohupiirkondade ja erinevate tsoonide arv oleks võimalikult väike ja et nende mõõtmed ei oleks suured. Lisaks peab püüdma selle poole, et plahvatusohupiirkondade valdavad tsoonid kuuluksid klassi 2.

Plahvatusohupiirkondade tsoonide 0, 1 ja 2 ulatused määratakse eraldi üksikute ohuallikate järgi. See võib tähendada seda, et näiteks sama piirkonna/ruumi eri osad võivad kuuluda erinevasse tsooni.

Ventilatsiooni mõju piirkonna liigitusele

Soome SFS-käsiraamatu 59 näidete aluseks on see, et siseruumides oleks nõuetele vastav ventilatsioon. Plahvatusohupiirkonna ulatuse määratlemisel tuleb muu hulgas arvestada, et ventilatsiooni intensiivsuse suurendamine võib mõjutada ruumi liigitust.

Sundventilatsiooni olemasolul sõltub liigitus ventilatsioonisüsteemis tekkivate häirete tuvastamisest ventilatsioonikanalisse paigaldatud valveanduriga, mis aktiveerib alarmi ventilatsiooni seiskumisel või selles esinevate häirete korral.

Elektriseadmete valikul tuleb ventilatsioonisüsteemi seiskumist arvestada järgmiselt:

– Elektriseadmed, mis ei vasta ventilatsiooni seiskumisele järgneva plahvatusohu olude nõuetele, tuleb kas automaatselt välja lülitada või juhul, kui plahvatusohtliku gaasisegu esinemist kontrollitakse automaatselt tuleb plahvatusohu tekkimisel plahvatuskaitseta elektriseadmed välja lülitada juhul, kui ohtliku segu kontsentratsioon ületab 25 % võrra madalaimat plahvatusohu piirmäära.

Võimalikke ventilatsioonisüsteemi seiskumise tagajärgi tuleb arvestada ka enne elektriseadmete taaslülitamist või väljalülitamist.

Standardis EVS-EN 60079-10 on esitatud metoodika, mida kasutades saab täpsemalt arvesse võtta ventilatsiooni mõju plahvatusohupiirkonna liigitusele.

22.4.4 TOLMUNE KESKKOND

Tolmuse keskkonna liigitamise vajadus

Tolmplahvatusohtlike piirkondade liigitamist käsitletakse standardis EVS-EN 61241-10. Põlev tolm moodustab plahvatusohtliku segu ainult piisava plahvatusohtliku kontsentratsiooni korral. Kuigi ka väga suure kontsentratsiooniga tolmupilv võib olla mitteplahvatav, on siiski oht, et tolmu sisalduse vähenemisel muutub see plahvatusohtlikuks.

Tolmplahvatusohtlike piirkondade liigitus põhineb paljudest eri allikatest saadud teabel. Keskkonna liigituse vajadus sõltub sellest, kas tolm on tuleohtlik või mitte. Selleks tuleb mõista protsessides kasutatavate ainete omadusi ning arvestada ettevõtte protsesside toimimist ja seadmete hooldamise süsteemi. Plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu võivad põhjustada allikad, mis võivad olla kas ühes kohas või teatud alal, millest vabanenud tolm võib õhku tõusta ja tekitada nii plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu.

Kui tootmises või käitlemises tekkinud peen tolm liigub peamiselt kinnises süsteemis (mahutites ja torustikus) ning see eemaldatakse ventilatsioonisüsteemi kanali ja korstna kaudu, võivad nii süsteemi sisemus kui ka väljatõmbeõhu kanal ja korsten olla plahvatusohtlikud.

Tolmu kogunemine (ladestumine) konstruktsioonidele võib lisaks tuleohule tekitada ka plahvatusohu, kui kogunenud tolm mingil põhjusel lendub õhku. Sel juhul on võimalik, et tekib ahelreaktsioon, kui väike tolmupilv süttib, põhjustades plahvatuse, mis levib edasi konstruktsioonidele kogunenud tolmule ja õhku ning seega võib tekkida väga laialdane tolmplahvatuse ahel.

Piirkondade liigitus

Plahvatusohupiirkondi liigitatakse standardi EVS-EN 61241-10 kohaselt plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu leviku tõenäosuse järgi järgmistesse tsoonidesse.

Tsoon 20*:* ruumiosa, milles õhust ja põlevast tolmust koosnev plahvatusohtlik segu esineb pidevalt, pikaajaliselt või sageli.

Tsooni 20 kuuluvad tavaliselt
- tolmu sisaldavate seadmete sisemus;
- punkrid, silohoidlad, jne, tsüklonid ja filtrid;
- tolmu edastussüsteemid;
- segistid, veskid, kuivatid, kottide täiteseadmeid jne.

Tsoon 21*:* ruumiosa, milles õhust ja põlevast tolmust koosnev plahvatusohtlik segu esineb normaaltalitlusel tõenäoliselt juhuslikult.

Tsooni 21 võivad kuuluda:

- tolmu sisaldavate seadmete välispinnad ja kasutamisel sageli avatavate või suletavate luukide või uste vahetu ümbrus, kui seadmete sees on plahvatusohtlik tolmu ja õhu segu;
- tolmu sisaldavate seadmete täitmis- ja tühjendusavade lähialad, konveierilintide laadimispunktid, koormate tühjenduskohad jne, kus ei ole välistatud plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu teke;
- tolmu sisaldavate seadmete välispinnad, kuhu tolm koguneb, ning seadme käivitamisel tõenäoliselt õhku tõuseb ja moodustab plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu.

Tsoon 22: ruumiosa, milles õhust ja põlevast tolmust koosneva plahvatusohtliku segu esinemine normaaltalitluses on ebatõenäoline või see kestab ainult lühiaegselt.

Tsooni 22 võivad kuuluda:

- väljatõmbeõhu kottfiltrid, milles rikkeolukordades võib esineda plahvatusohtlik tolmu ja õhu segu;
- kottidesse pakendatud tolmuste ainete varud. Kotid võivad nende käsitsemisel puruneda, põhjustades tolmukogumeid.

– ruumid või seadmed, kuhu potentsiaalselt võib koguneda lenduva tolmu kiht, mis tõenäoliselt võib õhku tõusta ja moodustada plahvatusohtliku tolmu ja õhu segu.

Tolmplahvatusohu vähendamine

Plahvatusohtliku tolmu mõju saab vähendada järgmiste meetmetega:

– Tule- ja plahvatuskindlate konstruktsioonide kasutamisega, mis piirdub tavaliselt ainult väikeste seadmetega.
– Plahvatuselaine rõhule vastupidavate konstruktsioonide kasutamine. Need rajatised erinevad eelmisest peamiselt kergema konstruktsiooni poolest. Plahvatus võib neile tekitada püsivaid deformatsioone.
– Plahvatusrõhku alandavate meetmete kasutamine. Sel juhul kasutatakse kinnistesse ruumidesse paigaldatud luuke, plaate jm kergkonstruktsioone, mis plahvatuse alguses avanevad või purunevad ja alandavad plahvatusrõhku nii, et kaitstavas ruumis, ei teki kahjustusi.
– Plahvatuste summutamine. Selle meetodi korral on kinnistesse ruumidesse paigaldatud süsteem, mis tuvastab algava plahvatuse ja rakendab ruumis väga kiiresti kustutusvahendid, mis lämmatavad plahvatuse enne, kui rõhu kiire tõus põhjustab kaitstava ruumi kahjustusi.
– Seadmete isoleerimine. Seda meedet kasutatakse selleks, et ära hoida plahvatuste levimist ventilatsioonitorustiku kaudu ühest seadmest teise. Sulgeseade koosneb süsteemist, mis avastab plahvatusohu ja sulgeb torusse paigaldatud klapi, sulgklapi vms või avab kustutusaine lüüsi.

22.4.5 LÕHKEAINETE RUUMID

Soome elektriohutuse eeskirjade § 41 (praegu SF5 140, osa 3) järgi loetakse lõhkeainete ruumideks ”Ruume, kus toodetakse, töödeldakse või ladustatakse lõhkematerjale ja mille kasutuselevõtt nõuab lõhkematerjalide kohta vastuvõetud sätete kohaselt ametiasutuste poolset kontrollimist ja heakskiitmist”. Need ruumid on võrdsustatud hoidlatega, kus hoitakse lõhkematerjale suurtes kogustes, nt ehitusplatside laod. "

Ohutegurid

Lõhkeaine sisaldab kõiki plahvatuse tekkimiseks vajalikke aineid. Seega pole plahvatuse oht sõltuv näiteks hapniku juurdepääsust ega ainet ümbritsevast õhust nagu põlevate vedelike või tolmu puhul. Lõhkeaineid, mille jaoks käesoleva peatüki sätteid kohaldatakse, on:
– sütikute lõhkeained,
– paisklõhkeained,
– tegelikud (sekundaarsed) lõhkeained,

- pürotehnilised ained,
- eespool nimetatud aineid sisaldavad tooted ja tarvikud.

Täpsemad juhiseid lõhkeainete liigitamise kohta on antud eeskirjas (*Decree on explosives*) 473/93 ning Soome kaubandus-ja tööstusministeeriumi määruses 130/80.

Piirkondade liigitus

- **Tsoon A** on ruum, selle osa või muu piiratud ruum, kus toimub lõhkeaine tootmine, töötlemine või ladustamine, mis võib põhjustada lõhkeaine tolmustumise või aurumise tõttu plahvatusohu.

Tsooni A kuuluvad tavaliselt kohad, kus on võimalik, nt anuma ümbermineku tõttu, sellise tolmu või auru tekkimine, mille süttimine toob tavaliselt kaasa lõhkeaine plahvatuse. Eriti ohtlikud on sütiku lõhkeained, must püssirohi ja mõned pürotehnilised ained või pauku tekitavad lõhkematerjalid.

- **Tsoon B** on ruum, selle osa või muu piiratud ruum, kus valmistatakse, töödeldakse või ladustatakse või pakitakse lõhkematerjale ning kus nende tolm või aur võib põhjustada vahetu plahvatusohu.

Tsooni B kuuluvad ruumid, kus tolmu või auru ei teki märkimisväärselt. Sellisteks ruumideks on muuhulgas laod, kus lõhkeained on ladustatud vastupidavatesse kinnistesse pakenditesse.

22.5 ELEKTRISEADMRETE PAIGALDUSNÕUDED PLAHVATUSOHUPIIRKONNAS

22.5.1 PÕHITINGIMUSED

Plahvatusohupiirkonnas võivad elektriseadmed olla võimalikeks süütamisallikateks, kui nende konstruktsioonis, paigaldamisel ja kasutamisel ei võeta arvesse vajalikke erinõudeid. Need nõuded on toodud standardis EVS-EN 60079-14, kus käsitletakse ka tolmplahvatusohuga seotud küsimusi standardist EVS-EN 61241-14 ja muudes seadmete tootestandardites.

Kõik Ex-ruumide paigaldusnõuded on üldkehtivate paigalduseeskirjade täiendused või muudatused. Selleks, et plahvatusohupiirkonna seadmed oleksid ohutud, peavad projekteerija ja töövõtja omama häid teadmisi nõuete kohta, mida esitatakse vastavale paigalduskohale ja elektriseadmetele. Nimetatud paigaldusnõudeid täpsustati ja täiendati standardis EVS-EN 60079-14:2008 .

Nõuded ohupiirkondade liigitamiseks

Töövõtja on võimeline tegema paigaldustöid plahvatusohupiirkondades ohutult ainult siis, kui ta on läbi viinud ohupiirkonna liigituse põhjaliku uuringu.

Ohupiirkonna liigitamisel peavad selguma konkreetsed tsoonid ning nende mõõtmed rõht- ja püstsuunal ning piirkonna plahvatusohtlike ainete ja temperatuuriklassi määratlust.

Seadmetele esitatavad nõuded

Plahvatusohupiirkonna seadmeid käsitlevad standardid on loetletud Soome vastavas käsiraamatus SFS 604-2. Elektriseadmete ümbristega tagatavaid kaitseastmeid käsitleb standard EVS-EN 60529:2001/AC:2009.

Sõltumata sellest, millise standardi alusel Ex-seade on valmistatud, peab seadme tootja või tema volitatud esindaja esitama seadme kasutajale, viimase nõudmisel, kodu- või välismaise pädeva teavitatud asutuse/katselabori tõendava tüübikinnitussertifikaadi selle kohta, et seade vastab direktiivide ja standardite nõuetele. Soomes on sellise teavitatud katselaborina registreeritud VTT (Technical Research Centre of Findland). Igal seadmel peab olema asjaomase standardi kohased vajalikud märgistused, millest nähtub muuhulgas ka see, missuguste plahvatusohtlike ainete puhul seade on tunnistatud nõuetele vastavaks. Lisaks peab seade olema märgistatud katselabori sertifikaadi ja labori registreeringu numbriga.

Kui seade on märgistatud tootestandardi kohaselt, kaasa arvatud TIR-number, vastutab tootja, et iga toode on samaväärne tüübihinnatud/katsetatud tootega ja see on edukalt läbinud kõik vastava standardiga nõutud katsetused.

Paigaldaja või kasutaja ei pea enam tegema täiendavaid katsetusi ning harva on need isegi võimalikud. Paigaldajal või kasutajal on õigus nõuda, et seadme ehitus vastab selle märgistusele.

Erandiks, võrreldes eespool mainitud tüübikinnitusmenetluse läbinud toodetega, võivad olla kasutuskohas ehitatud Exp-kaitseviisiga seadmed või terved kaitseventileeritavad ruumid. Nende ehitus ja kaitsefunktsioonid kiidab nõuetekohane kontrollasutus heaks eraldi teostatud kontrolli põhjal või vähemalt sertifitseerimiskontrolli alusel.

Teine seadme liik, mis ei nõua tüübikinnitust, on Exi-kaitseviisiga nn. lihtsad seadmed. Need on seadmed, milles ei esine või kuhu ei saa salvestada elektrienergiat üle lubatava piirväärtuse: 1,5 V, 0,1 A või 25 mW. Ka sel juhul peavad seadmed siiski vastama standardi EVS-EN 50020 välisahelate klemmidele, õhk- ja roomevahemikele ning isolatsioonile esitatavatele nõuetele.

Tüübikinnitusnõue tähendab ka seda, et heakskiidetud seadmele ei tohi teha muudatusi ilma tootja loata. Muudatused, mis mõjutavad plahvatuskindlust, nõuavad uut tüübikinnitust. Muudatused tuleb teha vastavalt tootja juhistele. Tootja otsustab, kas muudatuste järel tehakse uued tüübikatsetused.

22.5.2 PROJEKTEERIMINE

Põhiküsimused

Kui hakatakse projekteerima näiteks keemiatööstusüksuse või lao elektripaigaldist, tuleb otsida vastuseid järgmistele küsimustele:

- Kas vastavas piirkonnas või ruumis on põlevaid aineid või kas neid võib, nt rikke korral, sinna koguneda?
- Kas põlev aine esineb sellisel kujul ja kas seda on nii palju, et see võib õhuga segunedes moodustada plahvatusohtliku segu?
- Kas ruumis on süütamisallikas, millel on piisav energia , et süüdata segu ja kas segu võib süütamisallikaga kokku puutuda?
- Kas võimaliku plahvatuse tagajärjeks võib olla tulekahju?

Aine omadused

Kui vastus eelmisele küsimusele on jaatav, tuleb projekteerimisel kõigepealt välja selgitada aine omadused, nagu
- põleva vedeliku leektäpp,
- plahvatusohtliku segu kontsentratsiooni plahvatuspiir,
- plahvatusohtliku segu või lõhkeaine süttimistemperatuur,
- plahvatusohtliku segu suhteline tihedus,
- vajalik süttimisenergia.

Seejärel tuleb välja selgitada, kuidas ohtlikke aineid ruumis kasutatakse ja missugusesse plahvatusohutsooni see ruum kuulub.

Seadmete valik ja paigutus

Järgmisena tuleb välja selgitada, missugust seadet on vaja, ning vastata järgmistele küsimustele:
- Kas enamikku seadmetest saab paigaldada plahvatusohupiirkonnast eemale?
- Kas saab kasutada seadmeid, milles ei esine kõrgeid temperatuure ja mis ei tekita sädemeid või elektrikaart?
- Kas saab valida niisuguseid seadmeid ja paigutada need nii, et nende pinnale ei kogune nende jahutust takistavat põlevat tolmu või mustust?
- Kas seadmete paigutamisel saab arvesse võtta aine tihedust võrreldes õhuga, ehk missugused ained võiva raskusjõu mõjul koguneda?
- Kuidas saab arvesse võtta muid elektriseadmete tavapärast ohutut kasutamist mõjutavaid tegureid?

Seadmete paigaldamisel peab püüdma selle poole, et plahvatusohupiirkonda paigaldatakse ainult need elektriseadmeid, mis tehnoloogilistel põhjustel on seal hädavajalikud. Tehase, laoruumi või muu tootmisruumi sobiva planeerimisega saab plahvatusohuga seotud tegevusi koondada ainult teatud ruumidesse, nende osadesse või vabaõhuoludesse.

Elektriseadmed saab suures osas paigaldada väljapoole plahvatusohupiirkonda või ruumidesse, kus plahvatusoht on väike.

Seadmete paigaldamine plahvatusohupiirkonnast eemale

Mõned seadmed tuleb paratamatult paigaldada plahvatusohupiirkonda. Enamikel juhtudel on nendeks mootorid, valgustus-, mõõte- ja reguleerimisseadmed. Piirkonnast/ruumist väljapoole saab näiteks paigaldada suurema osa jaotlatest, trafodest ja kondensaatoritest.

Suures ettevõttes võib kindlasti osa seadmetest koondada eraldi valvatavasse ruumi. See võib asuda väljapool plahvatusohutsooni, või plahvatusohutsoonis eraldi kaitseventileeritavas ruumis. Kuna viimane lahendus on kasulik suurettevõtte puhul, siis vaadeldakse seda järgnevalt lähemalt.

Kaitseventileeritav ruum

Plahvatusohu kaitsega elektriseadmed on tavaliselt kallid ja kõik seadmed, nt mõõte-, reguleerimis- ja juhtimissüsteemid, pole vastava plahvatuskaitsega ehitusviisi korral hõlpsasti ligipääsetavad. Juhul, kui elektriseadmeid on palju, nagu nt lülitussseadmed, võib olla kasulik koondada neid plahvatusohupiirkonnas ühte ruumi ja seda ruumi kaitseventileerida. Sel juhul võib ruumis kasutada ka tavalisi elektriseadmeid.

Lahenduse positiivseks küljeks on see, et ulatuslikus plahvatusohupiirkonnas
- tullakse toime tavaruumidele ettenähtud elektriseadmetega, mis vähendab kulusid ja lihtsustab oluliselt seadmevalikut;
- lüheneb ühendusjuhistik;
- elektripaigaldised võivad olla paremini koondatud, võrreldes juhtumiga, kui ruum asuks väljapool plahvatusohupiirkonda ;
- hooldus- ja remonditööde teostamine muutub lihtsamaks, sest vaadeldavas ruumis otsene plahvatusoht puudub.

Lahenduse negatiivseks küljeks on see, et
- tuleb kasutada kvaliteetset ventilatsiooniseadet, mille ehitamine suurendab kulusid;
- juhistike läbiviigud tuleb hästi tihendada;
- tõrge ventilatsioonisüsteemis võib põhjustada kogu ettevõtte seisaku.

Kaitseventileeritavate ruumide üksikasjalikud nõuded on sätestatud Soome standardis SFS 5005.

22.5.3 KAABELDUS

Elektrijuhistike paigaldamisel ja kasutamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata nende kaitsele keskkonna põhjustatud mehaaniliste, keemiliste, termiliste jms toimete eest.

Kohtades, kus juhid võivad olla altid mehaanilistele vigastustele, nt hõõrdumistele, tuleb neid kaitsta metalltorude, profiilterasest karbikute või muude sarnaste vahenditega. Kui kaablil on vastav mehaaniline kaitse, pole eraldi kaitset tavaliselt vaja. Vibratsioonile tundlik kaabeldus või torupaigaldus peab olema projekteeritud nii, et need peaksid vastu kahjustusteta sõltumata esineva vibratsiooni intensiivsusest.

Ainult põhiisolatsiooniga juhtmeid tohib kasutada jaotuskeskuste vooluahelates , kestade sees ja paigaldustorudes või -karbikutes.

Kaableid ja juhtmeid tuleb ühendada vastavalt asukohamaa elektriseadmete ehituse ja plahvatuskindluse nõuetele.

Kasutamata kaablitele või paigaldustorudele ettenähtud läbiviiguavad tuleb sulgeda asukohamaa plahvatuskindlusnõuetele vastavate sulgurkorkidega. Seda välja arvatud juhul kui on tegemist ehitusviisilt kahjutute elektriseadmetega, peavad sulgurkorgid olema eemaldatavad üksnes tööriista abil.

Juhistiku paigaldamisel riiulitele, torusse, kanalisse jne, tuleb veenduda, et tuleohtlikud gaasid, aurud või vedelikud ei pääseks nende kaudu ühest piirkonnast teisele või et neid ei saaks koguneda kanalitesse.

Kui juhi materjaliks on alumiinium, tuleb kasutada ainult alumiiniumile sobivaid ühendustarvikud ja juhtide ristlõikeid, st et välja arvatud sädemeohutu ehitusviisiga Exi-kaitseviisiga paigaldistes, peab ristlõige olema vähemalt 16 mm^2.

Kaablite jätkamist ohutsoonis tuleks vältida. Kui pikendamine on vajalik, peavad liidesed vastama mehaanilistele, elektrilistele ning ümbrusoludele ettenähtud kasutusnõuetele ja sellele lisaks

- olema plahvatusohutsoonile vastavas plahvatuskaitsega ümbrises, või
- kui ühendusele ei toimi mehaaniline koormus, olema valatud epoksüüdi või valuvaiku või vastavalt tootja juhistele termokahaneva plasttoruga kaitstud.

Juhtide ühendused, välja arvatud liitmikud, mis asuvad plahvatusrõhku taluvate elektriseadmetega seotud paigaldustorus või on Exi-kaitseviisiga vooluahela koostisosad, tuleb teha ainult pressühendustega, sertifitseeritud kruviklemmidega, keevitamisega või kõvajoodise abil. Pehme joodis on lubatud juhul, kui ühendatavad juhid on omavahel ühendatud mehaaniliselt ja seejärel joodetud.

Kiudsoontega juhtide ühendamisel, ja eriti peenekiuliste soontega juhtide puhul, peavad kõik soone kiud olema koos, kasutades selleks nt kaablikingi, presshülsse või vastavat klemmi.

Kasutatav juhtide ühenduseviis ei tohi vähendada vastava seadme plahvatuskindlust ega vastavaid õhk- ja roomevahemikke.

Juhtide ühendamise erinõudeid plahvatusohupiirkonna tsoonides 0, 1 ja 2, vt standardi EVS-EN 60079-14, punktid 9.3 ja 12.

22.5.4 KÜTTESEADMETE PAIGALDISED

Kütteseadmete paigaldamisel tuleb järgida juhistiku (kaabli) tootja paigaldusjuhendit ja kütteseadmete tootjajuhendeid.

Temperatuuri reguleerimisseadmed, kui need on vajalikud, tuleb ühendada otse või kaudselt kütteseadme juhistikuga. Reguleerimisseadmed peavad olema käsitsi ennistatavad.

Lisaks liigvoolukaitsele ning võimalike maaühendusvoolude ja lekkevoolude termilise toime piiramisele, peavad kütteseadmed olema kaitstud järgmiselt:

- TN- ja TT-süsteemides tuleb kasutada rikkevoolukaitset, mille rakendumisvool on alla 300 mA, (soovitatavalt rakendumisvooluga 30 mA).
- IT-süsteemis tuleb kasutada isolatsioonikontrolli süsteemi, mis lülitab toite välja, kui isolatsioonitakistus on seadme nimipinge ühe volti kohta väiksem kui 50 Ω.

22.5.5 LIIGVOOLUKAITSE

Juhistik peab olema kaitstud liigkoormuse, lühise ja maaühendusrikete kahjulike mõjude eest.

Kõik elektriseadmed peavad olema kaitstud lühise ning maaühendusrikete kahjulike mõjude eest.

Pöörlevad elektrimasinad peavad olema kaitstud ka liigkoormuse eest, välja arvatud juhul, kui nimipingel ja -sagedusel masin talub liigkuumenemata käivitusvoolu, või kui on tegemist generaatoriga. Liigkoormuskaitsel peab olema:
- kolmefaasiline viitega liigvoolurelee, mille rakendumisvool sätitakse masina nimivoolule vastavaks ja mis 1,2-kordse nimivoolu puhul rakendub vähemalt 2 tunni jooksul, kuid 1,0-kordse nimivoolu puhul ei rakendu 2 tunni jooksul, või
- temperatuuri jälgimissüsteem, mille korral temperatuuri mõõtmine toimub otse masinasse paigaldatud temperatuurianduritega, või
- muu samalaadne seade.

Trafosid tuleb kaitsta samuti liigkoormuse eest, välja arvatud juhul, kui nominaalse sisendpinge ja sageduse juures need liigselt soojenemata taluvad sekundaarpoole kestvat lühisvoolu või kui nendega ühendatud koormused ei tekita liigkoormust.

Lühis- ja maaühendusrikke kaitseseadmed peavad olema sellise ehitusega, et nende automaatne ennistumine rakendumise järel on blokeeritud.

Mitmefaasiliste (nt kolmefaasiliste) elektriseadmete kasutamisel peab tagama edasise talitlemise blokeerimise, kui ühe või mitme faasi katkemine võib põhjustada liigkuumenemist. Olukordades, kus elektriseadme automaatne rakendumine tekitab suuremat kui üksnes süttimisohtu, võib automaatse väljalülitamise asemel kasutada alarmiseadet, mille rakendumine on hästi märgatav ja saab kohe rakendada vastavaid meetmeid ohu kõrvaldamiseks.

22.5.6 KAITSEMAANDUS JA POTENTSIAALIÜHTLUSTUS

Kaitsemaandus

Plahvatusohupiirkonnas on eriti oluline, et elektriseadmed nende tavakasutusel ega ka rikke korral ei põhjustaks olukorda, kus võiks tekkida ohtlik sädelus. Seepärast on plahvatusohupiirkonnas nendele ruumidele esitatavad kaitsemaandamise ja potentsiaaliühtlustuse nõuded ning nendega seotud kontrollinõuded rangemad kui tavaoludes samaväärsetele ruumidele esitatavad nõuded.

TN-juhistikusüsteem

TN-süsteemi kasutamisel plahvatusohupiirkonnas tuleb kasutada TN-S süsteemi. TN-S-süsteemis tuleb neutraal- ja kaitsejuhi vahelist isolatsioonitakistust enne kasutuselevõttu mõõta. Neutraal- ja kaitsejuhi isolatsiooni püsimise ning äärejuhi ja kaitsejuhi (maa) vahelise isolatsioonitaseme jälgimiseks soovitatakse standardis EVS-EN 60079-14 näiteks koguvoolul mõõtmisel põhinevat rikkevoolu jälgimissüsteemi.

IT-juhistikusüsteem

IT-süsteemi kasutamisel plahvatusohupiirkonnas, tuleb esimese maaühenduse tekke avastamiseks kasutada vähemalt isolatsioonikontrolliseadet.

Ka IT-süsteemis tuleb pingealtid osad kaitsemaandada ning kasutada vajadusel lisapotentsiaaliühtlustust.

Potentsiaaliühtlustus

Potentsiaaliühtlustamine tähendab eri elektriseadmete ligipääsetavate pingealtide osade ja muude juhtivate osade ühendamist omavahel nii, et nende vahel ei saa tekkida elektrilaengute erinevust nt äikese, staatilise elektri või rikkevoolude tõttu. Üksikasjalikumalt on potentsiaaliühtlustust käsitletud Soome SFS-käsiraamatus 118.

Praktiline rakendamine

Plahvatusohupiirkonnas tuleb suletud metallist mahutid, torustikud ja masinate metallist või samaväärsed ulatuslikud metallkonstruktsioonid, mis ei ole elektriseadmete tööpingealtid osad, ühendada omavahel kokku terviklikku juhtivasse potentsiaaliühtlustussüsteemi. Ka väikesed metallosad (nt plasttorudel olevad äärikud ja ventiilid) tuleb ühendada potentsiaaliühtlustussüsteemiga juhul kui staatiline elekter võib põhjustada ohtu. Potentsiaaliühtlustussüsteem tuleb ühendada elektrivõrgu kaitsemaandussüsteemiga.

Terviklikud metallkonstruktsioonid tuleb ühendada vähemalt ühes kohas potentsiaaliühtlustussüsteemiga. Suurte konstruktsioonide puhul on vaja rohkem ühenduskohti. Keevitatud, needitud, poltliitega või muul samaväärsel viisil tehtud ühendused loetakse piisavalt juhtivateks. Kui torustikus on isoleerivad ühendusäärikud, tihendid või muud Isoleermaterjalist vaheosad või muud halvasti elektrit juhtivaid torustiku osad, või kui potentsiaaliühtlustussüsteemi juhtiv ühendus mõne torustiku osaga võib katkeda ajutiselt või alaliselt, tuleb niisugused kohad sillata juhtiva ühendusega või tuleb torustiku eri osad ühendada eraldi potentsiaaliühtlustussüsteemiga.

Plahvatusohupiirkonnas tuleb elektriseadmete metallkered ja -ümbrised ja ühendada eraldi juhtmega potentsiaalühtlustussüsteemiga. Ühendamine tuleb teha vaatamata sellele, et pingealtid osad on kaitsemaandatud.

See nõue ei kehti elektriseadmete kohta, mis on maandatud konstruktsioonidega töökindlalt ja hea juhtivusega ühendatud.

Potentsiaaliühtlustusjuht

Potentsiaaliühtlustusjuhte saab valida vastavalt üldistele paigaldusnõuetele. Kohtades, kus esineb juhtmete mehaaniliste vigastuste oht, on soovitav kasutada tublisti suurema ristlõikepinnaga potentsiaaliühtlustusjuhte või kaitsta neid mehaaniliselt, sarnaselt juhistikega.

Potentsiaaliühtlustusjuhi pinnakate peab olema kolla-roheliste pikitriipudega.

Juhtide liitmikud

Maandus- ja potentsiaaliühtlustusjuhtide hargnemis- ja jätkamisliitmikud peavad olema piisava elektrijuhtivusega, võttes arvesse võimalikke lekke- ja piksevoole. Oluline on, et liitmikud oleksid mehaaniliselt usaldusväärsed ja kaitstud lahtituleku vastu. Pinnasesse jäävate liitmike puhul ei ole klemmide kasutamine soovitatav.

Maanduselektroodid

Maandurina võib kasutada rõngakujulist elektroodi selliselt et rõngaskontuur ümbritseks kogu elektripaigaldist, seadmestikku või selle osa. Võib kasutada ka teistsuguseid horisontaal- või püstelektroode ning maanduselektroodi võib valada ka vundamendibetooni.

Vasest maanduselektroodide ristlõikepindala peab olema vähemalt 16 mm^2 või roostevaba- või kuumtsingitud terase, tsinkkattega vähemalt 60 µm, korral 35 mm^2

Peamaanduslatt

Elektripaigaldise peajaotla vahetus läheduses peab olema potentsiaaliühtlustuse jaoks peamaanduslatt.

Peamaanduslatile lisaks võib kasutada mitut potentsiaaliühtlustuslatti, kui see on süsteemi ratsionaalseks ja säästlikuks realiseerimiseks vajalik.

Maandus-, potentsiaaliühtlustusjuhtide jms ühendused maanduslatiga, maanduselektroodidega ja torustikega vms tuleb teha töökindlalt, kasutades mehaaniliselt vastupidavaid ning piisava juhtivusega liitmikke. Need ei tohi kahjustada elektroode ega torustikke jms ning võivad olla lahtiühendatavad ainult spetsiaalse tööriistaga.

Peamaanduslatt peab asuma kergesti ligipääsetavas kohas, peajaotla läheduses. Maandusjuhid peavad olema paigaldatud nii, et neid saab eemaldada maandustakistuse mõõtmiseks või elektroodi korrasoleku tuvastamiseks, näiteks maandussilmuse takistuse mõõtmiseks.

22.5.7 HÄDATEAVITAMINE JA HÄDAVÄLJALÜLITAMINE

Standard EVS-EN 60079-14 näeb ette, et hädaolukorras tuleb Ex-tsooni toide välja lülitada ohutsoonist väljapool oleva ühe või mitme hädalülitiga. Kui seadme või süsteemi toimimine on vajalik ohuolukorra süvenemise vältimiseks, ei tohi seda toidet ühendada hädateavitusahelasse. Niisuguseks süsteemiks on näiteks avariivalgustus.

Standardi EVS-EN 60079-14 kohaselt peab hädalülitusseade lahutama ka võimaliku neutraaljuhi. See on tingitud sellest, et neutraaljuhis on sageli ebasümmeetrilisest koormusest tulenev vool, mis võib põhjustada ootamatut sädelemist.

22.5.8 DOKUMENTEERIMINE

ATEX-keskkonnadirektiiv nõuab plahvatusohupiirkonna elektripaigaldise tõendusdokumentatsiooni koostamist. Direktiiv määratleb, mida vastav dokumentatsioon peab sisaldama.

Plahvatusohupiirkonna elektripaigaldise kasutamise ja hooldamise kord näeb muu hulgas ette järgmiste andmete ja dokumentide olemasolu:
- ruumide liigitusjoonised,
- ainete omadused (leektäpp, plahvatusgrupp, süttimiskategooria),
- maanduste ja maakaablite plaan,
- maandus- ja potentsiaaliühtlustussüsteemi joonised ning vajalikud mõõtmisprotokollid,
- plahvatusohukaitsega elektriseadmete loend,
- elektrijoonised,
- kontrollaktid,
- Ex-seadmete tüübikinnituse dokumendid,
- võimalikud erivabadused või erandload,
- paigaldusjuhised,
- kasutusjuhised,
- hooldusjuhised,
- Ex-seadmete ümberehitust või kapitaalremonti käsitlev kirjavahetus.

Kõik seadmetele tehtud muudatused, nt ümberliigitamine, samuti lisandused, parandused, tuleb dokumenteerida pärast seda, kui on kontrollitud, et seade vastab endiselt nõuetele.

EN-standardite kohaselt heakskiidetud seadmete sertifitseerimistunnistuses on võimalikud seadmete kasutamist või paigaldamist käsitlevad eritingimused. Muude standardite kohaselt sertifitseeritud seadmete kohta võivad reguleerivad eritingimused olla antud ka muul viisil.

22.6 PLAHVATUSKAITSEVIISID

22.6.1 ÜLDIST

Elektriseadmete valikul ja paigaldamisel plahvatusohupiirkonda on vajalik tunda plahvatuskaitsega elektriseadmete ehitust.

Plahvatuskaitset saab tagada kahel eri põhimõttel. Esimesel juhul tagatakse, et keskkonnas ei teki ohtlikku temperatuuri ega sädet. Selle põhimõte järgi toimivad Exe (plahvatust takistava ehitusega) ja Exi (sädemeohutu ehitusega) seadmed. Teise põhimõtte kohaselt isoleeritakse seadmetes ohtlik temperatuur või säde nii, et need ei saa panna plahvatama seadmevälist plahvatusohtlikku segu. Sellesse seadmerühma kuuluvad plahvatuskindlad (Exd), pulbertäidisega (Exq) ja õlitäitega (Exo) seadmed, kaitseventileeritavad seadmed (Exp) ja valutäitega (Exm) seadmed. Spetsiaalse kaitseviisiga (Exs) konstruktsiooni võib tagada ükskõik kumba olulist põhimõtet järgides.

Tabelis 22.1 on esitatud EN-standarditele vastavad Ex-kaitseviisid ja nende tähised Eestis enamlevinud keeltes.

Tabel 22.1. EN-standarditele vastavad Ex-kaitseviisid ja tähised Eestis enamlevinud keeltes.

Tunnus	Eestikeelne nimetus	EN-standard	EN standardile vastavad nimetused			
			Saksa	Inglise	Prantsuse	Soome
Exd	Plahvatus-rõhukindel ümbris	EN 50018	Druckfeste Kapselung	Flameproof enclosure	Enveloppe anti-dé flagrante	Räjihdys-paineen kestävä
Exe	Plahvatust takistav	EN 50019	Erhöhte Sicherheit	Increased safety	Sécurité augmentée	varmennettu rakenne
Exi	Sädeme-ohutu	EN 50020	Eigen sicherheit	Instrinsic safety	Sécurité	luonnostaan vaaraton
Exi	Sädeme-ohutud elektrisüs-teemid	EN 50039	Eigensichere Elcktrische Systeme	Instrinsically safe electrical systems	Systèmes electrique de sécurité intrinséque	Iuonnostaan vaaraton järjestelma
Exo	Õlitäitega	EN 50015	Ölkapselung		Immersions dans I'huile	Öljy-täytteinen
Exp	Survestatud	EN 50016	Überdruck Kapselung	Pressurized apparatus	Surpression interne	Suoja-tuuletettu
Exq	Pulbertäitega	EN 50017	Sand-kapselung	Powder filling	Remplissage pulvérulent	hiekka-täytteinen
Exm	Valutäitega	EN 50028	Verguss kapselung	Encapsulation	Encapsutage	Massaan valettu
Exs	Eriehitusega					Erikois-rakenne

22.6.2 PLAHVATUSRÕHUKINDEL ÜMBRIS (KERE), Exd

Elektriseade, mille plahvatuskindlus on tagatud plahvatusrõhule vastu pidava ümbrisega, võib tavakasutuses tekitada sädemeid või sisaldada kuumi osi, mis võivad süüdata ümbrise sees oleva plahvatusohtliku gaasisegu. Gaasi juurdepääs kere sisse pole tõkestatud, kuid kere sees toimunud plahvatus ei tohi levida sellest väljapoole. Kere peab vastu pidama mitmele sisemisele plahvatusele, ilma et selle plahvatuskindluse omadused halveneksid. Keres tekkiv plahvatusrõhk vabaneb tavaliselt keres olevate pikkade ja kitsaste pilude kaudu. Pilud on valitud ja vormitud nii, et põlevad gaasid kustuvad ja jahtuvad kiiresti ning ei süüta välist plahvatusohtlikku segu. Sisemises plahvatuses tekkinud hõõguvad osad ei tohi samuti sattuda ümbrisest väljapoole.

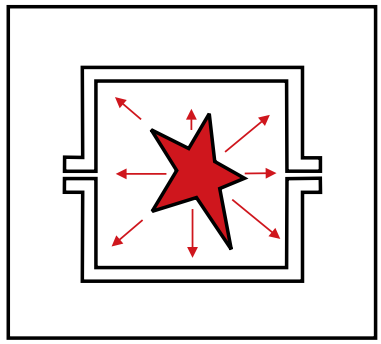
Exd-kaitseviisiga seadmete puhul on oluline märkida missugusesse seadmerühma A, B või C, need kuuluvad. Eri plahvatusrühmad erinevad üksteisest pilude suurima lubatud mõõtmete poolest nii, et A rühma korral on lubatav pilu suurim ja C rühma korral väikseim.

Lisaks on Exd-kaitseviisiga seadme puhul oluline selle temperatuuriklass T1-T6 või kõrgeim pinnatemperatuur. Temperatuuriklass või kõrgeim pinnatemperatuur määratakse tavaliselt mõõtmistega kere välispinnalt.

Plahvatusrõhku taluva seadme kere on tavaliselt kallis, kuid kogukulusid vähendab see, et kere sees võib kasutada tavalisi, mitteohtlikusse piirkonda ettenähtud komponente. Neid ei tohiks siiski meelevaldselt kere sisse paigaldada, sest temperatuur võib tõusta liiga kõrgeks.

Tüübikinnitatud tervikkonstruktsioon tagab teataval määral, et seadmed säilitavad peale plahvatust töövõime. Tootjad püüavad luua selliseid konstruktsioone, et selle töövõime säiluks ka mitme sise-plahvatuse järel. Kallimate seadmete puhul seatakse eesmärk, et sisemise plahvatuse võimalus oleks väike.

Exd-kaitseviisi kasutatakse tavaliselt lülitite, mootorite, valgustite, kütteseadmete jne puhul.



Joonis 22.3. Exd-kaitseviisi põhimõte

22.6.3 PLAHVATUST TAKISTAVA EHITUSEGA SEADMED, Exe

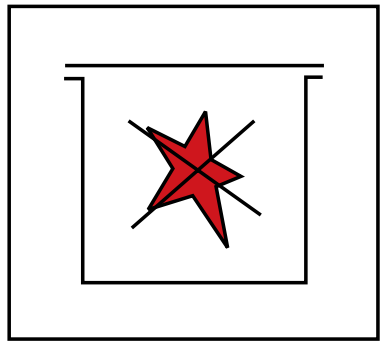
Plahvatust takistava ehitusega elektriseadmetes ei tohi tavaliselt esineda sädemeid, elektrikaari ega kuumi pindu, mis võiksid süüdata seadme sees või väljapool seda esineva plahvatusohtliku segu nii normaaltalitlusel kui ka määratletud mittenormaalsetes oludes. Plahvatusohtliku keskkonna ligipääs seadme sisse pole tõkestatud. Seadme projekteerimisel ja ehitamisel on püütud rakendada erimeetmeid, et vältida vigu, mis põhjustavad lekkevoolu või ülelööke, samuti lahtitulnud liitmikest põhjustatud sädemeid või liiga kõrgeid temperatuure.

Exe-kaitseviisiga seadmeid ei jagata seadmerühmadesse A, B või C, sest kaitse põhineb sädemete või kaare tekke vältimises.

Exe-kaitseviisiga seadmetele märgitakse temperatuuriklass T1-T6 või seadme kõrgeim temperatuur. Temperatuuriklass või kõrgeim temperatuur määratakse tavaliselt seadme välis- või sisepinnalt. Tavaliselt loetakse normaalkasutuseks ka näiteks

mootori käivitamist. Lühisrootoriga asünkroonmootorite kaitset ja käivitamist käsitletakse täpsemalt peatükis 22.8.5.

Exe-kaitseviisi kasutatakse tavaliselt lühisrootoriga asünkroonmootorite, valgustite, harukarpide, klemmkarpide jne puhul.



Joonis 22.4. Exe-kaitseviisi põhimõte

22.6.4 SÄDEMEOHUTU EHITUSEGA SEADMED, Exi

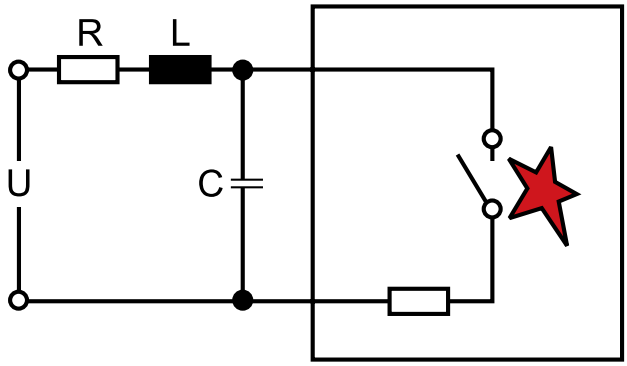
Selleks, et vooluahel oleks sädemeohutu, peab selle elektrienergiat piirama tasemeni, millega ei saa süüdata plahvatusohtlikke segusid. Energia piirnõue peab kehtima nii normaaltalitluses kui ka tootestandardile vastavate rikkeolude puhul. Energia piirnõue kehtib peale kõigi ohupiirkonnas olevate seadmete, elektriahelate, ka kaablite ja ohupiirkonnas olevate nn liiteseadmete kohta. Selle kaitseviisi tõhusus sõltub lisaks sellest, kuidas on Exi-kaitseviisiga ahelad paigaldatud muude elektripaigaldiste ja -seadmete suhtes ja ka sellest, kuidas hiljem rajatakse muid paigaldisi, et Exi-kaitseviisiga ahelates ei tekkiks ohtlikke häireid.

Exi-kaitseviisiga seadmed jagatakse seadmerühmadesse A, B või C, olenevalt sellest, kuivõrd on piiratud lubatud sädemeenergiat. C-rühma seadmete puhul on lubatud sädemeenergia kõige väiksem.

Exi-kaitseviisiga seadmetele, välja arvatud liiteseadmetele, peab olema märgitud temperatuuriklass T1-T6 või kõrgeim pinnatemperatuur. Kõrgeim pinnatemperatuur määratakse kas normaalkasutuses või rikkeolukorras seadme sise- või välispinnal.

Sädemeohutu kaitseviis jaguneb kaheks alakaitseviisiks Exia ja Exib. Nende peamine erinevus on see, et Exia-kaitseviisiga seade ei tohi põhjustada ohtu kahe suvalise vea samaaegsel esinemisel, samas kui Exib-kaitseviisiga seadmeid katsetatakse ainult ühte suvalist viga silmas pidades.

Exi-kaitseviisi kasutatakse eelkõige aparatuuri sisaldavate paigaldiste puhul. Kaitseviisi on võimalik kohaldada juhul, kui tarbimisvõimsus on alla 2 W ja pinge alla 30 V.



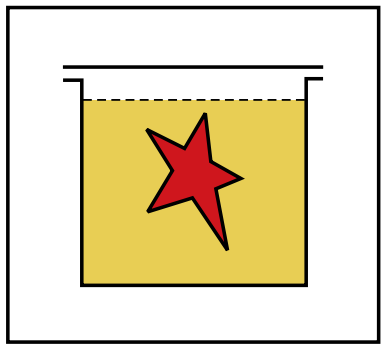
Joonis 22.5. Exi-kaitseviisi põhimõte

22.6.5 ÕLITÄITEGA SEADMED, Exo

Õlitäitega kaitseviisi puhul, nagu nimigi ütleb, on elektriseadme kõik sädemeid tekitavad või kuumad osad uputatud tootestandardis määratletud õlisse. Klemmkarbid, lülitite ümbrised või muud samaväärsed tarvikud on tavaliselt plahvatusrõhukindla Exe-kaitseviisiga.

Exo-kaitseviisi puhul ei kasutata seadmerühmadesse jaotamist. Seevastu on märgitud seadmele temperatuuriklass T1-T6 või kõrgeim pinnatemperatuur. Kõrgeim pinnatemperatuur määratakse tavaliselt seadme välispinnalt. Õli temperatuur ei tohi üheski osas, sõltuvalt õli kvaliteedist, tõusta üle 105-115 °C. Paigaldise kui terviku temperatuuriklassi võib siiski määrata nt Exe-kaitseviisiga klemmkarbi järgi.

Exo-kaitseviis on tänapäeval harvaesinev, kuid see võib olla kasutusel nt trafode või lülitusaparaatide korral.



Joonis 22.6. Exo ja Exq-kaitseviiside põhimõte

22.6.6 KAITSEVENTILEERITAVAD e SURVESTATUD SEADMED, Exp

Kaitseventileeritava seadme kere võib sisaldada elemente, mis tavaliselt tekitavad sädemeid või kuumenevad sedavõrd, et need võivad süüdata plahvatusohtliku segu. Plahvatusohtliku segu juurdepääsu kere sisse saab vältida ülerõhu tekitamisega keres, tavaliselt puhta õhu abil ventileerimisega. Enne toite sisselülitamist kere sees olevatele plahvatuskaitseta osadele, ventileeritakse seadme keret torude kaudu nii, et ollakse kindlalt allpool alumist süttimispiiri. Seejärel saab vajalikku kaitset säilitada kas süsteemi pideval ventileerimisel puhta õhuga (dünaamiline kaitseventileerimine), või väljavoolava õhu kompenseerimisega (staatiline kaitseventileerimine).

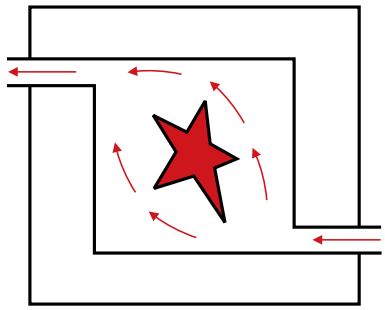
Mõlema süsteemi puhul tuleb kontrollida kas ülerõhku või gaasi voolu.

Exp-kaitseviisi ei jaotata seadmerühmadesse, kuid jaotus temperatuuriklassidesse T1-T6 toimub normaalkasutuses kere kõrgeima pinnatemperatuuri järgi või kere sees olevate, ning ka pärast ülerõhu kadumist pingestatuks jäävate, seadmete kõrgeima temperatuuri järgi.

Exp-kaitseviisi kasutatakse mootorite, automaatikakaablite, aparaadipaigaldiste jne puhul.

Exp-kaitseviisi võib kasutada ka seadmete korral, kus on nn siseheitmeid. Niisugused seadmed on näiteks erinevad analüüsi- ja proovivõtuseadmed. Nendes rakendustes tuleb tagada piisav ventileerimine, et seadme sees vastava aine sisaldus poleks üle 25 % plahvatusohu alampiirmäärast.

Exp-kaitseviisi teine erirakendus on kaitseventileeritavad ruumid. Näiteks, seadmete järelevalveruumi või terve hoone võib ehitada kaitseventileeritava kaitseviisiga. Juhised kaitseventileeritavate ruumide ja hoonete kasutamise kohta on antud Soome standardis SFS 5005.



Joonis 22.7. Exp-kaitseviisi põhimõte

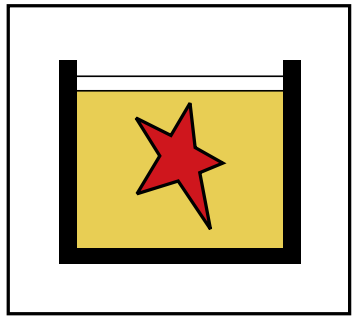
22.6.7 PULBERTÄIDISEGA SEADMED, Exq

Pulbertäidisega kaitseviis on põhimõtteliselt sarnane õlitäidisega kaitseviisile. Erinevus on ainult selles, et õli asemel kasutatakse täidisena standardiga määratletud liiva. Sellist kaitseviisi kasutatakse sulavkaitsmete, küttekehade jms puhul.

22.6.8 VALUTÄITEGA SEADMED, Exm

Valutäitega Exm-kaitseviisi puhul on elektriseadme osad, mis eralduvate sädemete või kuumenemise tõttu võivad süüdata plahvatusohtliku segu valatud tervikmassi nii, et süttimist ei saa toimuda. Valutäite kvaliteet ja paksus peab vastama standardi nõuetele. Kaitseviisi võib kasutada näiteks väiksemaid elektroonikakomponente sisaldavates seadmetes.

Exm-kaitseviisiga seadmeid ei jaotata plahvatusrühmadesse. Temperatuuriklasside T1-T6 aluseks olev kõrgeim temperatuur määratakse kas normaaltingimustes või standardiga määratletud rikkeoludes.



Joonis 22.8. Exm-kaitseviisi põhimõte

22.6.9 PLAHVATUSKAITSEVIIS "n", Exn

Selle, EN-standardi kohaselt projekteeritud, uusima kaitseviisiga seadmed on mõeldud kasutamiseks plahvatusohutsoonis 2, s.t seadmed on normaaltingimustes ohutud - ei ole võimelised süütama ümbritsevat plahvatusohtlikku keskkonda. Seega käsitleb standard suures osas samu kaitseviise, mida kasutatakse plahvatusohutsooni 1 oludes. Nõudeid on siiski vähendatud ja rikkeolukordade kontrolli pole vaja teostada.

22.6.10 ERISEADMED, Exs

Exs-spetsiaalkaitseviisiga seadmed on ehitatud viisil, mis täielikult või osaliselt erinevad standardkaitseviisidest. Sellise kaitseviisiga seadme kohta peab siiski olema tunnustatud katsetuslabori tõend selle kohta, et selline seade on sama ohutu kui standardsed Ex-kaitseviisid. Spetsiaalkaitseviis võib ka täielikult erineda standardsetest kaitseviisidest juhul, kui selle tähis on Exs. Spetsiaalkaitseviis võib erineda standardsetest ka ainult osaliselt juhul, kui see on tähistatud ühendtähisena, nt Exds. Seadmerühma ja pinnatemperatuuri määrab sellisel juhul katsetuslabor oma äranägemise järgi.

22.6.11 MÄRGISTAMINE

Ex-seadme tõene ja piisav märgistamine on oluline osa turvalisuse tagamisel. Märgis peab andma võimalikult lühidalt infot elektriseadme põhiomaduste kohta nii, et õige seadme saaks valida õigesse kohta ja et selle seadme hilisem kasutamine, hooldus ja remont oleksid asjakohased.

Standardis EVS-EN 50014 on toodud märgistamise üldnõuded, mida on täiendatud vastavates tootestandardites. Juhul kui elektriseade tuleb paigaldada nii, et märgis ei jää nähtavaks, peavad plahvatuskaitse seisukohalt olulised märgised olema ühel või teisel viisil nähtavad seadme läheduses. Uusi silte ei tohi paigaldada nii, et need võiksid mõjutada seadme plahvatuskaitseomadusi. Kahtluse korral on kõige parem pöörduda seadme tootja poole.

Ex-seadme märgistamine

Standardi EVS-EN 50014 nõuetekohasel seadmel peavad olema järgmised andmed:

1 Tootja nimi või registreeritud kaubamärk.

2 Tootja tähis (või kaubamärk).

3 EEx kood, mis näitab, et seade vastab ühele või mitmele standardis EVS-EN 50014 sätestatud plahvatuskaitseviisile. EL-riikide katsetuslaborites heakskiidetud seadmetel võib olla veel lisaks ka märgis εx. See tähendab, et Euroopa Liidu direktiivide kohaselt valmistatud seadme vaba liikumist ei tohi turvalisuse huvides Euroopa Majandusühenduse ETA-riikides takistada.. Märk on EL komisjoni poolt kaitstud ja seda tohib praegu kasutada ainult EL-i ja ETA-riikide katsetuslaborite poolt heakskiidetud elektriseadmetel.

4 Kasutatud plahvatuskaitseviisi tähis, nt ´d´. See tähis on kohe koodi EEx järel.

Näide: **EEx d**

5 Seadmerühmad . **I seadmerühma** seadmed on ette nähtud kasutamiseks kaevanduste plahvatusohupiirkondades.; **II seadmerühma** või **IIA**, **IIB** või **IIC** seadmed on mõeldud paigaldamiseks plahvatusohtlikku gaasikeskkonda. Kui elektriseadmes või selle osas on kasutatud kaitseviise Exd, Exia või Exib, peab seadmerühma tähiseks olema IIA, IIB või IIC. Seevastu kaitseviiside Exe, Exo, Exp ja Exq korral piisab ka alajaotusteta II seadmerühma tähisest. Kui seade on tüübikatsetatud konkreetse gaasi suhtes, peab lisaks II seadmerühma tähisele olema selle järel lisainfo gaasi keemilise valemi või nimetusega. Seadmerühma tunnusele järgneb plahvatusstruktuuri tunnus.

Näide: **EEx d IIA või EEx d II (CH6H12)**

6 Temperatuuriklass T1-T6, või kõrgeim temperatuur °C kraadides või need mõlemad. Kui kõrgeim temperatuur on üle 450 °C, peab olema märgitud ainult kõrgeim temperatuur. Temperatuuritähist ei pea olema elektriseadmetel, mis on ette nähtud ainult konkreetse ainega töötamiseks. Temperatuuriklass märgitakse seadmerühma tähise järele.

Näited: **EEx d IIA T3, EEx d IIA 260 °C, EEx d IIA 260 °C (T3) või EEx d II (CH6H12)**

7 Tavaliselt tootenumber. Erandiks on ühendustarvikud ja väga väikesed seadmed, millel on vähe ruumi.

8 Katsetuslabori tunnus ja seadme kontrollisertifikaadi number järgmisel kujul: väljastamise aasta, mille järel on nn standardne põlvkonnatunnus (A, B, C, D või E), vastav aasta ja tunnistuse number.

9 Näide: **VTT No. Ex-99.E.034**

10 Tähis X, kui katselabori arvates on vaja anda kasutamisega seotud eritingimusi.

11 Näide: **VTT No. Ex-97.D.123X**

12 Asjakohasele plahvatuskaitsestandardile vastav lisamärge.

Lisaks tähised, mis on seadmel vajalikud tavalise tootestandardi järgi.

Kui elektriseadme eri osades kasutatakse erinevaid plahvatuskaitseviise, peab igas seadme osas olema eraldi plahvatuskaitseviisi tunnus.

Kui elektriseadme põhi- ja lisaosades on kasutatud erinevaid plahvatuskaitseviise, tuleb seadme põhiosa andmesildile märkida põhiosa kaitseviis ja selle järele muude lisaosade kaitseviisid ja seadmerühmad. Nt mootor, millel on plahvatuskindla ehitusega klemmikarp märgitakse: EEx de IIA T3.

Ex-komponentide märgistamine

Standardis EVS-EN 50014 on määratletud, et Ex-komponendiks on plahvatuskaitsega elektriseadme osa, mida ei saa üksinda kasutada plahvatusohtlikus keskkonnas ja mis nõuab eraldi heakskiitu iga seadme puhul, milles seda kasutatakse. Näiteks Ex-komponendiks on Exe-kaitseviisiga klemmliist või Exd-kaitseviisiga klemmkarp.

Ex-komponendid tuleb nähtavas kohas asjakohaselt märgistada. Märgistus peab olema selge ja püsiv ning see peab sisaldama vähemalt järgmisi andmed:

Tootja nimi või registreeritud kaubamärk
1 Tootja liigi märgis
2 Tunnus EEx
3 Kaitseviisi tähis
4 Seadmerühma tähis
5 Katsetuslabori nimi või logo
6 Sertifikaadi number, mille järel on täht U.
7 Asjakohase plahvatuskaitsestandardi alusel nõutav lisatähis
8 Tootestandardiga nõutav märgistus.

Ex-komponendid peavad seega alati olema märgitud sertifikaadi numbri, tähe U järel.

Väikesemõõtmeliste seadmete tähistamine

Väga väikeste elektriseadmete ja Ex-komponentide puhul, millel on vähe ruumi, võib katsetuslabor lubada lihtsustatud tähistust, mis siiski peab sisaldama järgmist:

1 Tähis EEx
2 Katsetuslabori nimi või logo
3 Kontrolli sertifikaadi number
4 Elektriseadmetel X, kui see on vajalik, Ex-komponentidel U, kui see on vajalik
5 Tootja nimi või registreeritud kaubamärk.

Struktuurile vastav lisamärgistus

Lisaks standardile EVS-EN50014 vastavatele üldkasutatavatele tähistele nõutakse Ex-seadmete eristandardites lisamärgistust, et tagada seadme õige kasutamine ja kontrollitud kaitseviiside säilimine pärast paigaldamist.

22.7 SEADMETE VALIK PLAHVATUSOHTLIKUS KESKKONNAS

22.7.1 ÜLDIST

Ka SELV- või PELV-kaitseväikepingega töötavad seadmed peaksid vastama Ex-seadmete paigaldusnõuetele, sest väikepinge kasutamine ei välista plahvatuse tekkimise ohtu.

Nõuded puudutavad nii statsionaarseid kui ka teisaldatavaid elektriseadmeid.

22.7.2 TULEOHTLIKUD VEDELIKUD, GAASID, AURUD JA SUDU

Plahvatusohu tsoonid

Tsooni 0 lubatakse paigaldada ainult Exia või sellesse tsooni spetsiaalselt ette nähtud Exs-kaitseviisiga elektriseadmeid.

Tsooni 1 lubatakse paigaldada tsooni 0 lubatud kaitseviisiga elektriseadmeid ning lisaks ka EN-standardite alusel väljatöötatud järgmiste kaitseviisidega elektriseadmeid: Exib, Exd, Exe, Exm, Exo, Exp ja Exq, või muid samaväärsed.

Tsooni 2 lubatakse paigaldada lisaks tsooni 1 lubatud kaitseviisiga elektriseadmetele kasutada ka tsooni 2 jaoks projekteeritud ja toodetud Exn-kaitseviisiga elektrisead-

meid. Peale selle võib selles tsoonis kasutada ka tööstustes kasutatavaid tavaseadmeid, milledel ei esine tavapäraselt süütamisvõimelisi kuumi pindu ja

- mis tavaoludes ei tekita elektrikaart ega sädemeid, või
- mis normaalkasutuses tekitavad elektrikaart või sädemeid, kuid mille ahelate elektrilised parameetrid ei ületa standardiga IEC 60079-11 määratletud väärtusi.

Andmed seadmel või selle dokumentatsioonis peavad näitama, et eespool viidatud hindamise on läbi viinud isik, kes tunneb kõiki vastavate standardite nõudeid.

Seadmete plahvatusrühmad

Plahvatusrühmad (IIA, IIB ja IIC) näitavad seadmete plahvatuskaitseviiside Exd ja Exi puhul struktuurseid omadusi, mis Exd-kaitseviisi korral näitab seadme kesta/kere lubatud suurimat mõõdet ja Exi-kaitseviisi puhul väikseimat süttimisvoolu. Põlevad vedelikud ja gaasid on jaotatud samal põhimõttel.

Termini „Plahvatusrühm“ asemel võib erinevates normdokumentides kohata ka samatähenduslikke termineid „plahvatusgrupp“ või „plahvatusklass“.

Elektriseadmete valikul vastavalt plahvatusrühmale tuleb Exd- ja Exi-kaitseviiside ning vajaduse korral Exs-kaitseviisi puhul arvestada, et kasutatavate seadme plahvatusrühmad (IIA, IIB või IIC) vastaksid paigalduskoha gaasi/auru/ või tolmu kategooriale. Sellise kaitseviisiga seadmetel on vastav märgis missugusesse plahvatusrühma seade kuulub. Seadmeid võib kasutada vastavalt tabelile 22.2.

Tabel 22.2. Elektriseadme valik vastavalt plahvatusrühmale

Seadme plahvatusrühm	Põleva gaasi või vedeliku plahvatusrühm, kus seadet tohib kasutada
IIA	IIA
IIB	IIA, IIB
IIC	IIA, IIB, IIC

Seadme temperatuuriklass ja pinnatemperatuurid

Temperatuuriklass (T1-T6) näitab seadme maksimaalset temperatuuri, mis elektriseadmele on lubatud, või vastavat madalaimat temperatuuri, mille juures plahvatusohtlik segu süttib. Samal viisil on jaotatud ka põlevad vedelikud ja gaasid.

Tabel 22.3. Temperatuuriklassidele vastavad temperatuurid.

Temperatuuriklass	Gaasi (auru) süttimistemperatuur °C	Elektriseadme suurim lubatud pinnatemperatuur °C
T1	>450	450
T2	300—450	300
T3	200—300	200
T4	135—200	135
T5	100—135	100
T6	85—100	85

Kõikide elektriseadmete valikul vastavalt temperatuuriklassile tuleb hoolitseda selle eest, et seadme temperatuuriklass vastaks paigalduskoha tsooni temperatuuriklassile, st ruumis leiduvate gaaside ja tolmu süttimistemperatuuridele Seadmetele tuleb märkida, missugusesse temperatuuriklassi see kuulub. Süttimisrühma asemel võib näidata ka aine või gaasi, mille jaoks seade on ette nähtud, või seadmes esineva temperatuuri, kui suurimat ohtu tekitava süütamistemperatuuri. Seadet saab kasutada vastavalt tabelile 22.4.

Tabel 22.4. Elektriseadme valik temperatuuriklassi järgi.

Seadme temperatuuriklass	Põleva vedeliku, auru temperatuuriklass, kus seadet tohib kasutada
T1	T1
T2	T1,T2
T3	T1,T2,T3
T4	T1,T2,T3,T4
T5	T1,T2,T3,T4,T5
T6	T1, T2, T3, T4, TS, T6

22.7.3 SEADMETE VALIK TOLMPLAHVATUSOHTLIKES PIIRKONDADES

Tolmplahvatusohtlike ruumide seadmete valikut ja paigaldamist käsitletakse standardis EVS-EN 61241-14.

Tolmplahvatusohtlikes piirkondades kasutamiseks valitud elektriseadmed peavad olema ühe või mitme järgmise plahvatuskaitseviisiga:
a) tolmukindla, mittesüttiva ümbrisega (Ex tD), vastavalt standardile IEC 61241-1;
b) valutäitega (Ex mD), vastavalt standardile IEC 61241-18;
c) sädemeohutu ehitusega (Ex iD) vastavalt standardile IEC 61241-11;
d) kaitseventileeritavad e survestatud (Ex pD), mis vastab tolmplahvatusohtliku keskkonna nõuetele vastavalt standardile IEC 61241-2.

Täiendavaid nõudeid seadmete valiku ja paigaldamise kohta, vt EVS-EN 61241-14.

22.7.4 LÕHKETARVIKUTE RUUMID

A-klass

A-klassi piirkonda võib paigaldada ainult neid elektriseadmeid, mis kasutamise seisukohalt peavad seal olema. Elektriseadmed peavad olema sobiva mehaanilise tugevusega, tööstuslikuks kasutamiseks kontrollitud ja kaitseastmega vähemalt IP54.

B-klass

B-klassi piirkonna elektriseadmete ümbrised peavad olema kaitseastmega vähemalt IP54.

Need nõuded ei kehti juhul kui:

Exi-plahvatusohukaitseastmega ümbrises oleva seadme kaitseaste võib olla IP20 tingimusel, et ruum on kuiv ja seadme kasutamise seisukohalt on nii madal kaitseaste kas majanduslikult või tehnoloogiliselt õigustatud. Kui seadme plahvatuse suhtes tundlik osa on kokkupuutes plahvatava ainega ja sel juhul ei tekita ohtu, võib seade olla ilma ümbriseta.

Tehaste järelevalvatavates ruumides, kus lõhkematerjalid ja -ained on suletud mahutites, pakendites või tootega seotud tihedas ümbrises nii, et lõhkeaine tolmu või hajumist ümbritsevasse keskkonda ei saa toimuda, on siiski lubatud tavalise puutekaitsega (IP20) elektriseadmete kasutamine nagu lauavalgustid, pistikupesad, jootekolvid, märgistajad jne. Sama kehtib ka laboriruumide kohta, kus käsitsetakse väikestes kogustes lõhkematerjale. Niisuguste ruumide hulka ei loeta siiski kaupluste B-klassi laoruume.

Valik temperatuuri järgi

A- ja B-klassi piirkondades peab elektriseadme pinnatemperatuur olema plahvatava aine süttimistemperatuurist kuni 2/3 madalam.

Kui tehnilistel või majanduslikel põhjustel on vaja kasutada kõrgema pinnatemperatuuriga (üle 2/3) seadet, tohib see siiski olla lõhkeaine süttimistemperatuurist enimalt 90 %.

22.8 EX-TOOTESTANDARDITE MÕJU PAIGALDUSNÕUETELE

22.8.1 ÜMBRUSTEMPERATUUR

Tootestandardites loetakse projekteerimisel normaalseks temperatuurivahemikuks -20 kuni +40 °C. Kui tegelik ümbrustemperatuur on väljapool seda temperatuurivahemikku, tuleb esmalt tagada elektriseadme kasutuskõlblikkus vastaval temperatuuril.

22.8.2 ÜMBRISE KAITSEASTE

Elektriseadmed peavad Ex-piirkondades lisaks plahvatuskaitsele olema kaitstud ka tolmu ja vee sissetungi eest. Tuleb märkida, et plahvatuskaitse üksi ei taga kaitset võõrainete sissetungi eest ning alati tuleb vajaduse korral üle vaadata seadme ümbrise kaitseaste.

Järgnevalt on EN standardite põhjal toodud seadmete erinevate Ex-kaitseviisidele vastavad ümbrise minimaalselt lubatud kaitseastmed. Sõltuvalt kasutuskohast võivad need miinimumnõuded olla mittepiisavad ja konkreetne rakendus võib seega nõuda kesta kõrgemat kaitseastet.

Exd: Miinimumnõuded puuduvad.
Exe: Paljaid pingestatud osi sisaldavad ümbrised - IP54.
Isoleeritud pingestatud osi sisaldavad ümbrised - IP44.

Erandid:
- elektrimootorid (va klemmkarbid, ja ka paljaid pingestatud osi sisaldavad muud ümbrised), mis paigaldatakse puhtasse ruumi ja mida pidevalt jälgitakse - IP20.
- käivitustakistite ümbrised - IP22.

Exi: Kui ümbris on nõutav, siis - IP20.
Exo: Õlisse ei tohi sattuda tolmu ega vett - ümbrise kaitseaste pole määratud.
Exp: Ümbris, välja arvatud ventilatsioonikanalite sisend- ja väljundavad - IP40.
Exq: Ümbris - IP54.

22.8.3 KAABLI LÄBIVIIGUD

Kaablite ühendamisel Ex-seadmega tuleb läbiviigutarvikud valida nii, et need ei halvendaks seadme plahvatuskaitse taset. Oluline on, et kasutatakse seadme kindlale plahvatuskaitseviisile ettenähtud tarvikuid.

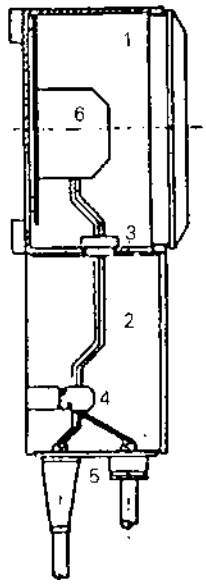
Exd-kaitseviisiga seadmete ühendamine

Kaabli ühendamisel otse Exd-kaitseviisiga seadmega, tuleb kasutada ainult sertifitseeritud või paigaldamisjuhendis nimetatud heakskiidetud tarvikuid ja kaablitüüpe. Kui ümbrise plahvatuskindlus sõltub täielikult paigaldamiskvaliteedist, tuleb täpselt järgida paigaldusjuhendit.

Kui Exd-kaitseviisiga seadmes on Exe-kaitseviisiga klemmkarp, võib ühenduse teha vastavalt Exe-kaitseviisile vastavatele nõuetele.

Exd-kaitseviisiga seadmete ühenduse elektrivõrguga saab teha kolmel tunnustatud viisil:
- saksa tava,
- prantsuse tava,
- itaalia tava.

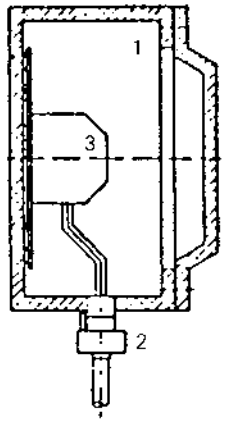
Kuna seadme korrektne ühendamine toitekaablitega on ohutuse seisukohalt oluline, käsitletakse järgnevalt eespool viidatud ühendusviise.



Joonis 22.9. Saksa ühendusviis

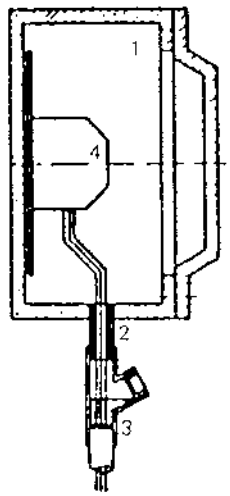
Saksa, ehk nn. kaudse ühendusviisiga seadmes on vastavalt joonisele 22.9 plahvatusrõhku taluv Exd-kaitseviisiga pool ja plahvatust takistava Exe-kaitseviisiga ühendus-

kamber, kus toitekaabli ühendusklemmidena kasutatakse Exe-kaitseviisiga riviklemme vms. Tänu sellele saab plahvatusrõhku taluva seadmeosa valmistada juba tehases, kus nõuetekohane plahvatuskindlus tagatakse valmistusmenetluse ja katsetustega, ning seda ei jäeta paigaldaja hooleks. Kaabli läbiviiguavadega Exe-kaitseviisiga klemmikarbi kaitseaste on tavaliselt IP54. Ühendamine toimub samuti nagu tavaseadmete korral ning paigaldajalt ei nõuta eriteadmisi ja -oskusi.



Joonis 22.10. Prantsuse ühendusviis

Prantsuse nn. otsesel ühendamisel tehakse seadmeühendused plahvatuskindlas Exd-kaitseviisiga keres, otse seadme klemmidel ning kaablisisseviik keresse tehakse plahvatuskindla Exd-kaitseviisiga läbiviigutarvikuga. Sel juhul pole vaja kasutada eraldi ühenduskambrit, kuid seadme plahvatuskaitse tase sõltub paigaldaja hoolsusest ja oskustest.



Joonis 22.11. Itaalia ühendusviis

Itaalia ühendusviis on sarnane Ameerika ühendusviisile. See meenutab ka Prantsuse ühendusviisi, kuid kaabli ühendamiseks kasutatakse spetsiaalset torusisseviiku, mis teostatakse samuti plahvatuskindlalt. Seetõttu pole juhistiku sisseviikude kaitseks peale toru vaja kasutada muud mehaanilist kaitset, nagu see oli vajalik teiste eespool selgitatud ühendusviiside puhul. Plahvatuskaitse tase sõltub eeskätt paigaldaja oskustest.

Exe-kaitseviisiga seadmete ühendamine

Exe-kaitseviisiga seadmete kaabli sisseviigud tuleb teha Exe-kaitseviisi nõuetele vastavate tarvikutega.

22.8.4 Exd-KAITSEVIISIGA SEADMETE PAIGALDUSKOHA VALIK

Exd-kaitseviisiga seadmete paigaldamisel tuleb tähele panna, et nende väljapurskepilud ei oleks liiga lähedal muudele jäikadele esemetele, nagu teraskonstruktsioonidele, ehitise osadele, vihmaveetõketele või torustikele. Seejuures tuleb järgida järgmisi minimaalseid vahekaugusi:

Plahvatusrühm IIA: 10 mm.
Plahvatusrühm IIB: 30 mm.
Plahvatusrühm IIC: 40 mm.

Uuringud on näidanud, et väljapurskepilude lähedal olevad tahked esemed võivad avaldada negatiivset mõju plahvatusgaaside vabanemisele kerest.

Välioludes tuleks Exd-kaitseviisiga seadmeid kaitsta vihma eest.

Väljapurskepilude kaitsmiseks korrosiooni eest tuleb neid õlitada või määrida mittekõvastuva määrdega või tootja poolt ettenähtud vahendiga. On eriti oluline, et kasutatav vahend säilitaks oma pehmuse kogu tööea jooksul, nii et pilude omadused ei muutu.

Exd-kaitseviisiga seadmeid ei tohi värvida, lakkida või töödelda kõveneva määrdeainega.

22.8.5 Exe-KAITSEVIISIGA MOOTORI TEMPERATUURIKONTROLL

Plahvatusohtlikus piirkonnas asuvat elektrimootorit tuleb alati kaitsta mootorikaitselüliti või mõne muu seadmega, mis kiiresti ja kindlalt katkestab toiteahela enne kui mootoris toimub ohtlik liigkuumenemine. Ohtlik liigkuumenemise tähendab olukorda, kus temperatuur ületab Ex-keskkonna temperatuuriklassile vastavat temperatuuri. Exe-kaitseviisiga mootorite puhul tuleb kaitsta ka mootori mähiseid, sest selliste mootorite kere pole kaitstud plahvatusohtliku gaasisegu sissetungi eest.

Liigtemperatuurikaitsena võib kasutada
- voolust sõltuvat liigvoolukaitset, mis on seadistatud mootori nimivoolule,
- mootori staatorimähistes olevaid termistore, millega juhitakse sobivat peavooluahelat katkestavat lülitit; termistori tüüp antakse tüübikinnitustunnistusel,
- muid kaitseseadmeid, mis tagavad samasuguse kaitse nagu eespool mainitud seadmed; süsteemil peab kindlasti olema tüübikinnitustunnistus.

Mootori peavooluahela lülitusaparaatide lahutus- ja sisselülitusvõime peavad vastama mootori käivitusvoolule või olema sellest suuremad.

Pärast termokaitse rakendumist ei tohi mootor automaatselt taaskäivituda. Kaitseaparaadi vabasti võib siiski automaatselt ennistuda talitlusolekusse.

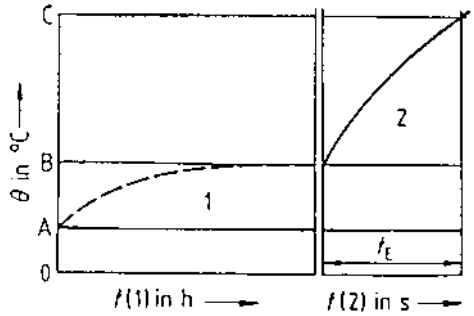
Juhul kui kasutatakse liigvoolureleega varustatud mootorikaitselülitit, peab see vastama järgmistele tingimustele:

- kui mootorikaitselüliti paigaldatakse plahvatusohupiirkonda, peab tal olema piirkonnale vastav Ex-kaitseaste.

- liigvoolurelee rakendustunnusjoone valikul tuleb arvestada mootori käivitusvoolu ja nimivoolu suhet (I_A / I_N) ning soojenemisaega t_E.

Exe-kaitseviisiga lühisrootoriga asünkroonmootoritel peab olema märgitud käivitus- ja nimivoolu suhe I_A / I_N ja soojenemisaeg t_E. Neid andmeid arvestatakse siiski vaid juhul, kui mootor pole identne tüübikatsetatud mootoriga ja seda pole koos lahutava kaitseaparaadiga heaks kiidetud.

Soojenemisaeg t_E on aeg, mille jooksul mootori mähised soojenevad suurima lubatud ümbrustemperatuuri juures, alates normaalsest töötemperatuurist kuni mootori temperatuuriklassile vastava lubatud temperatuurini juhul, kui mootorit läbib pidurdatud rootori korral käivitusvool I_A. Vaata joonis 22.12.



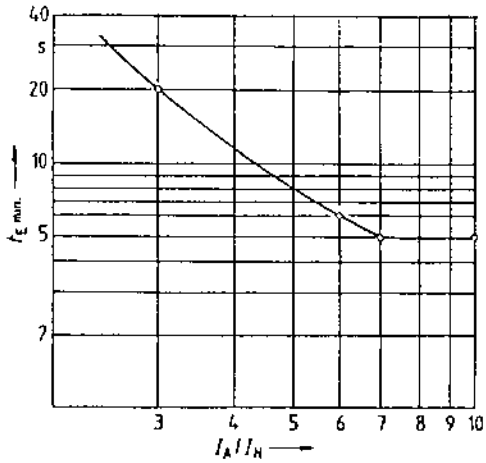
A = suurim lubatud ümbrustemperatuur (+40 °C, kui mootorile pole märgitud muud)
B = nominaalne töötemperatuur
C = suurim lubatud pinnatemperatuur või temperatuuriklassile vastav temperatuur
1 = B – A = soojenemine nominaaltalitluses
2 = C – A = soojenemine pidurdatud rootoriga
t_E = soojenemisaeg

Joonis 22.12. Soojenemisaja t_E määramine

Kaitselüliti rakendumiskõver peab seega näitama, et lüliti rakendumisaeg mootori käivitus- ja nimivoolu teatud või I_A / I_N suhte juures on lühem kui mootori soojenemisaeg t_E.

Tavalist liigvoolureleed saab üldjuhul kasutada siis, kui mootori tegelik soojenemisaeg t_E on pikem kui joonisel 22.13 näidatud voolude suhte I_A / I_N funktsioonina leitud soojenemisajast t_E.

Kui tüübikatsetustel selgub, et t_E väärtus on lühem kui joonisel 22.13 järgi leitud väärtus, siis niisugust mootorit ei tohi kasutada koos tavalise liigvoolureleega.



Joonis 22.13. Standardile EN 50019 vastav minimaalne soojenemisaeg t_E sõltuvalt voolude I_A / I_N suhtest juhul kui mootori kaitseks kasutatakse tavalist liigvoolureleed

Standardi EN 50019 järgi ei tohi katsetuslabor heaks kiita Exe-kaitseviisiga mootorit, mille soojenemisaeg t_E aeg on alla 5 s või mille voolude I_A / I_N suhe on suurem kui 10.

Liigvoolurelee rakendumiskõver peab olema määratud alates ümbrustemperatuurist 20 °C ning see peab hõlmama voolude I_A / I_N suhteväärtusi vähimalt vahemikus 3-8. Liigvoolurelee tegelik rakendumisaeg peab järgima kõverat, kusjuures kõrvalekalle ei tohi olla üle 20 %.

Liigvoolurelee rakendumissäte ei tohi olla mootori nimivoolust suurem. Rakendumine peab toimuma ka juhul kui ühe faasijuhi ahel on katkenud.

Voolust sõltuvat liigkoormuskaitset võib üldjuhul kasutada vaid mootorite puhul, mis on mõeldud pidevtalitluseks koos harvade kergekäivitustega, mis ei põhjusta lisasoojenemist. Mootorid, mis on ette nähtud rasketeks käivitusoludeks ja sageli toimuvaks käivitamiseks, peavad olema varustatud erikaitseseadmetega, millega tagatakse, et mootorile lubatud temperatuuri ei ületata. Käivitusolud loetakse raskeks, kui eespool sätestatud korras valitud tavaline liigvoolukaitse rakendub juba mootori käivitamise algetapil. See juhtub tavaliselt siis, kui mootori käivitusaeg on pikem kui 1,7 x t_E.

Enne mootori kasutamist tuleb mõõtmistega üle kontrollida, et rakendumisaeg antud voolude I_A / I_N suhte korral on väiksem kui ettenähtud soojenemisaeg t_E. Mõõtmisi tuleks teha ka korrapärase kontrollimise käigus. Rakendumisaega ei pea eraldi mõõtma, kui valitud kaitselüliti rakendumisaeg ei ületa 80 % soojenemisajast t_E.

22.8.6 VALGUSTID

Plahvatusohtlikus keskkonnas kasutatavate valgustite puhul peab valgusallika ümber alati olema kaitsekate. Juhul kui valgustit võivad tõenäoliselt tabada löögid, peab kaitsekate olema löögikindlast materjalist või on valgusti tervenisti varustatud vastava kaitsekestaga.

Valgusteid, mille heakskiidu sertifitseerimisnumbri järel on X-täht, on löögikatsetatud väikese löögienergiaga ja neid võib kasutada ainult kohtades, kus mehaanilise vigastusohu tõenäosus on väike.

Plahvatusohtlikes piirkondades kasutamiseks mõeldud valgustid ei tohi olla madalrõhu naatriumlampidega, sest need sisaldavad nii palju naatriumi, mis lambist vabanemisel ja veega reageerides süttib põlema.

22.9 SAGEDUSMUUNDURIGA AJAMID

Traditsioonilised kaitseaparaadid ei tööta sagedusmuunduritega ajamites alati korrektselt, sest elektroonilise juhtimise tõttu on voolu- ja pingekõverate kuju ja sagedus normaalsest erinevad.

Näited:

- Toiteahela alalisvoolukomponendid häirivad voolumõõteahelate kaudu toimivaid liigvoolu- ja maaühendusvoolu kaitseaparaatide talitlust.
- Piirvoolu väärtuse tuvastamine elektronseadmetega piirab osaliselt kaitseaparaatide kasutamist liigvoolukaitseks.
- Mootori liigkoormuskaitsena kasutatav termorelee ei reageeri liigkoormusele, mis tekib mootori väikestel töösagedustel ebapiisava jahutuse tõttu.

Seetõttu tuleb plahvatusohtlikes kohtades pöörata erilist tähelepanu sagedusmuunduriga ajamite kaitsele ja süsteemide heakskiitmisele nende vastuvõtmisel.

Praegu pole sel alal olemas rahvusvahelisi soovitusi. Soomes on püütud järgida tabelis 22.5 ettenähtud korda.

Tabel 22.5. Sagedusmuunduriga toidetavate mootorilülituste heakskiitmine plahvatusohupiirkondades.

Mootor Plahvatusohtu tekitav aine / seadme kaitseviis, kesta kaitseaste		Exp	Exd	Exe	IP65	IP54	IP44 (klemmikarp IP54)
Põlevad vedelikud ja gaasid	1	a või c	a või b	a	e	e	e
	2	a või c	a või b	a või b	a või b	a või b	a või b
Lõhketarvikud ja -ained	A	a või c	a või b	a või b	a või b	a või b	e
	B	a või c	a või b	a või b	a või b	a või b	a või b
Põlevad õlid	10	a või c	a või b	a või b	a või b	e	e
	11	a või c	a või b	a või b	a või b	a või b	a või b

a heakskiitmine toimub eeldusel, et niisuguse ajamikogumi (mootor, inverter, kaitseseadmed) kaitse toimimise kohta on erapooletu katsetuslabori kinnitav tunnistus (tüübikinnitus).

b heakskiitmine toimub eeldusel, et mootori pinnatemperatuuri kontrollitakse näiteks termistoriga. Temperatuuriandurid on mootorisse paigaldanud tootja või need tuleb valida ja paigaldada vastavalt mootori tootja või katsetuslabori poolt eraldi vastuvõetud juhistele.

c heakskiitmine toimub eeldusel, et kaitseventileeritava ruumi välispinna temperatuuri kontrollitakse vajaduse korral näiteks termistoriga.

e heakskiitmist ei toimu.

Juhul kui Exd-kaitseviisiga mootori temperatuuri kontrollitakse staatorimähistes olevate temperatuurianduritega, mis toimivad temperatuuril kuni 155 °C, võib mootorit kasutada koos temperatuuriklassi T3, T2 ja T1 kuuluvate ohtlike ainetega. Sel viisil kinnitatud kaitse tõhusus tuleb tagada. Mootori temperatuuriklassi muutmisel tuleb sellele taotleda uus sertifikaat ja muuta nimesildi märgistust, et fikseerida uuele kasutusolukorrale vastavaid väärtusi.

Ex-kaitsega mootorid ja nende klemmikarbid peavad vastama ka keskkonnanõuetele, nt lõhkematerjali või tolmu olemasolule ruumis.

22.10 RISKIDE HINDAMISE VARIANTMEETOD NING Ex-SEADMETE PLAHVATUSKAITSETASEMED (EPL) VASTAVALT STANDARDILE EVS-EN 60079-14

22.10.1 SISSEJUHATUS

Käesolevas peatükis tutvustatakse riskide hindamise mõistet ja plahvatuskaitsetasemete (*Explosion protection level,* ***EPL***) kasutamist selles kontekstis. Need plahvatuskaitsetasemed on loodud selleks, et praeguse seadmevaliku meetodi kõrval oleks ka alternatiivne meetod.

22.10.2 ÜLDIST

Ex-seadmete heakskiitmiseks mõeldud riskide hindamise meetod, mis ühendab omavahel seadmed ja plahvatusohupiirkondade tsoonid, on loodud alternatiivse meetodina praeguse piiratud ning suhteliselt jäiga meetodi kõrvale. Selleks on loodud plahvatuskaitsetasemete süsteem, mis annab selge ülevaate seadme süttimisriskist, olenemata sellest, missugune on seadme plahvatuskaitseviis.

22.10.3 GAASID (II seadmerühm)

EPL Ga

"Väga kõrge" ohutustasemega plahvatusohtliku gaasi ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole tõenäoline süütamisallikas normaalkasutuses ega harvade rikkeolukordade puhul.

EPL Gb

"Kõrge" ohutustasemega plahvatusohtlikku gaasi ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole tõenäoline süütamisallikas normaalkasutuses ega eeldatavate rikkeolukordade korral. Rikete esinemine ei pea tingimata olema regulaarne.

TÄHELEPANU. Sellise plahvatuskaitsetaseme tagavad seadmetele enamik standardseid kaitseviise.

EPL Gc

"Kõrgendatud" ohutustasemega plahvatusohtlikku gaasi ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole tõenäoline süütamisallikas normaalkasutuses. Lisaks võib seade olla kaitstud ka nii, et see ei muutu süütamisallikaks teatud seaduspärasusega eeldatavatel juhtumitel (nt lambi purunemisel või selle tööea lõppemisel).

TÄHELEPANU. Tavakriteeriumite järgi on niisugune seade Exn-kaittseviisiga seade.

22.10.4 TOLM (I seadmerühm)

EPL Da

"Väga kõrge" ohutustasemega plahvatusohtliku tolmu ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole süütamisallikaks normaalkasutuses ega harvades rikkeolukordades.

EPL Db

"Kõrge" ohutustasemega plahvatusohtliku tolmu ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole süütamisallikaks normaalkasutuses ja tõenäoliste rikkeolukordade puhul. Rikked ei pea tingimata esinema regulaarselt.

EPL Dc

"Kõrgendatud" ohutustasemega plahvatusohtliku tolmu ja õhu segule ettenähtud seade, mis pole süütamisallikaks normaalkasutuses. Seade võib olla kaitstud ka nii, et see ei muutu süütamisallikaks tõenäoliselt regulaarselt eeldatavatel juhtumitel.

Enamikul juhtudel, kui plahvatuse võimalikud tagajärjed on tüüpilised, on ette nähtud, et eri ohutustasemete puhul kasutatakse seadmeid vastavalt järgmisele tabelile (seda sätet ei kohaldata ohtlikes kaevandustes esinevatele kaevandusgaasidele, kuna nendele tavaliselt ei kohaldata plahvatusohutsoonide liigitust).

Vaata tabel 22.6.

Tabel 22.6. Plahvatuskaitsetasemetele vastavad ohutustasemed (riskide hindamist ei toimu).

Seadme plahvatuskaitsetase	Plahvatusohutsoon
Ga	0
Gb	1
Gc	2
Da	20
Db	21
Dc	22

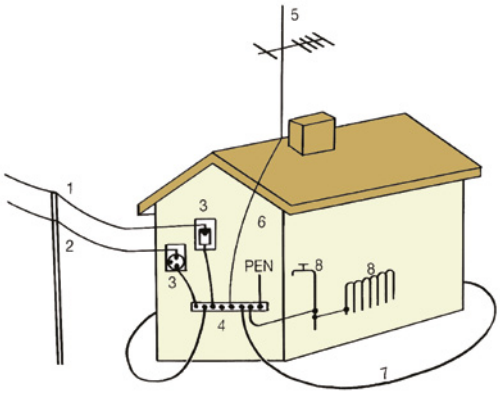
Tabel 22.7. Vajalikud kaitsetasemed kaitsmisel võimalike süttimisriskide eest

Kaitsetase	Plahvatuskaitse tase, plahvatusrühm	Kaitse omadused	Toimimise tingimused
Väga kõrge	Ga plahvatusrühm II	Kaks iseseisvat kaitseviisi ehk seade on turvaline kui kaks teineteisest sõltumatut riket esinevad samaaegselt.	Seade toimib plahvatusohu tsoonides 0, 1 ja 2.
Väga kõrge	Da plahvatusrühm III	Kaks iseseisvat kaitseviisi ehk seade on turvaline kui kaks teineteisest sõltumatut riket esinevad samaaegselt.	Seade toimib plahvatusohu tsoonides 20, 21 22.
Kõrge	Gb plahvatusrühm II	Sobib normaalkasutuseks ja sageli esinevate häiretega seadmete puhul, mil rikkeid võetakse tavaliselt arvesse.	Seade toimib plahvatusohu tsoonides 1 ja 2.
Kõrge	Db plahvatusrühm III	Sobib normaalkasutuseks ja sageli esinevate häiretega seadmete puhul, mil rikkeid võetakse tavaliselt arvesse.	Seade toimib plahvatusohu tsoonides 21 ja 22.
Kõrgendatud	Gc plahvatusrühm II	Sobib normaalkasutuseks	Seade toimib plahvatusohutsoonis 2.
Kõrgendatud	Dc plahvatusrühm III	Sobib normaalkasutuseks	Seade toimib plahvatusohutsoonis 22

23

PIKSE- JA LIIGPINGEKAITSE

Hoonete kaitsmiseks kasutatakse otseseid piksekaitsesüsteeme, mille eesmärk on kaitsta hoonet kas välgulöögi otsetabamuse eest või hoone lähedust tabava välgulöögi mõju eest, ning peale selle piirata ka liigpingekaitse abil hoone elektri- ja sidesüsteemidesse levivaid liigpingeid, vt joonis 23.1. Liigpingepiirikute eesmärk on kaitsta ka hoone elektri- ja sidesüsteeme välgulöögi tabamuse puhul hoonesse või selle vahetusse lähedusse.



1 = toitekaabel
2 = sidekaabel
3 = liigpingekaitse
4 = peamaanduslatt (peapotentsiaaliühtlustuslatt)
5 = otsest pikselööki vastuvõttev struktuur ehk piksevarras, antud juhul antenn
6 = antenni maandusjuht
7 = hoone maandur
8 = hoone kõrvalised juhtivad osad, PEN = ühendus peakeskuse PEN- või PE-juhiga

Märkus: Kui antenni kandekonstruktssiooni kasutatakse hoone piksekaitsesüsteemis piksevardana, nagu joonisel näidatud, tuleb selle maandusjuht ühendada vahetult hoone maanduriga pinnases, mitte hoone peapotentsiaaliühtlustuslatiga.

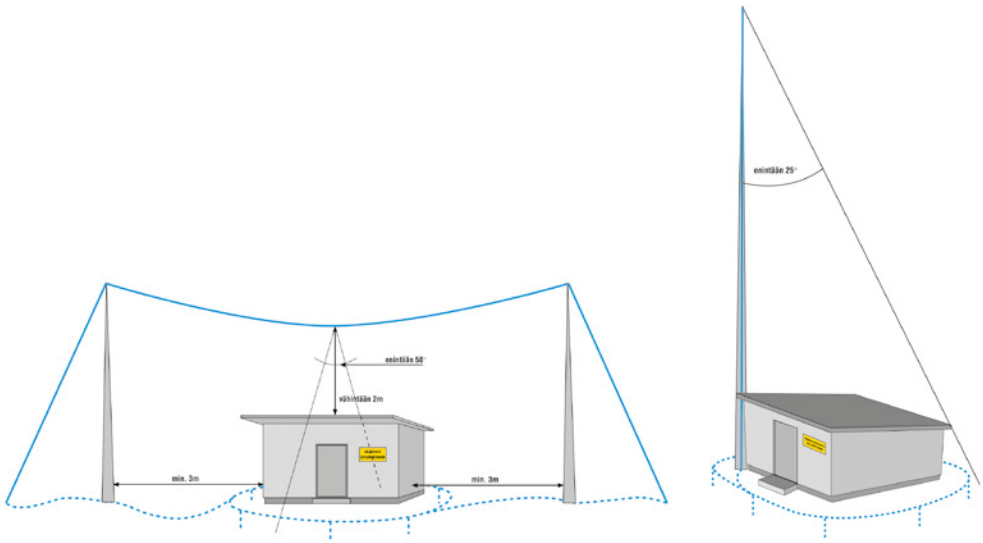
Pilt 23.1. Hoone piksekaitse põhimõtteskeem

23.1 PIKSEKAITSE REGULATSIOON

Eestis on piksekaitsesüsteemide rajamise vajadust reguleeritud Vabariigi Valitsuse määrusega VVm nr 315 „Ehitisele ja selle osale esitavad tuleohutusnõuded“. Määruse kohaselt sõltub selle vajadus ehitise või selle osa ehituskonstruktsioonide tulekindlusest (TP) ning ehitise kasutamisotstarbest. See on jagatud seitsmeks erinevaks kasutusviisiks (I-VII). Kui nimetatud määruse põhjal selgub, et hoones või rajatises on piksekaitse vajalik, tuleb see projekteerida ja ehitada vastavalt standardisarja **EVS-EN 62305:2007/A11:2009 ”**Piksekaitse” nõuetele.

Soomes on enam kui 40 aasta jooksul avaldatud hoonete piksekaitse eeskirju, kõigepealt *Elektrikontrollikeskuse* väljaannetes, hiljem SFS-käsiraamatus 33. Hoonete piksekaitse on hakanud üha enam huvi äratama ning 1970. ja 1980. aastatel avaldasid paljud riigid oma siseriiklikke piksekaitsestandardeid. Ilmselt on see ka põhjuseks, miks rahvusvaheline standardimisorganisatsioon IEC on asunud koostama hoonete piksekaitse soovitusi. IEC on avaldanud piksekaitse standardisarja IEC 62305, mille alusel Soomes on avaldatud käsiraamat SFS 609 „*Hoonete ja rajatiste piksekaitse*“.

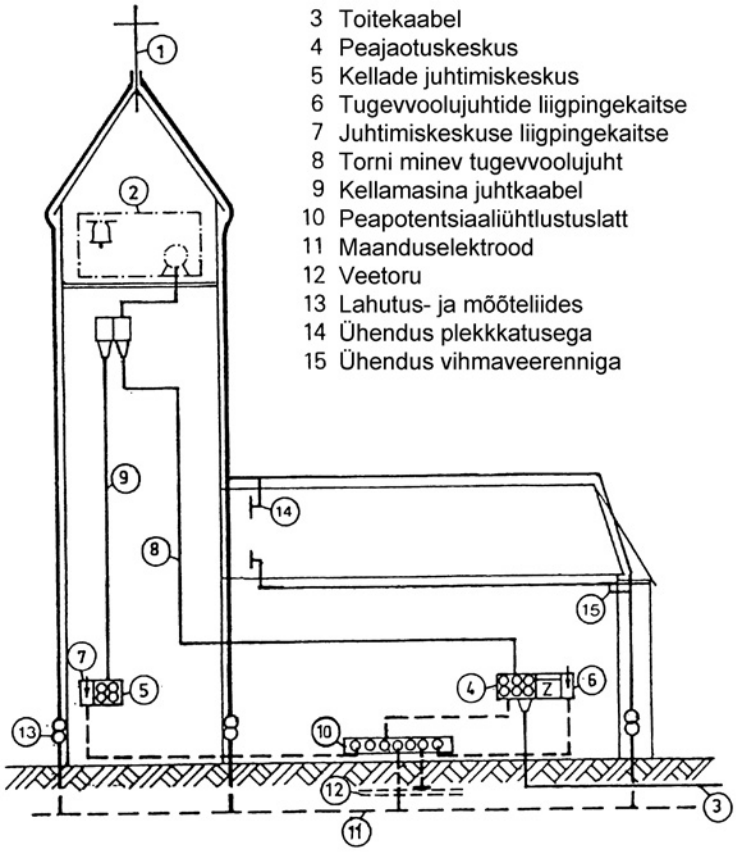
Vastavalt seadusandlikele ja normatiivaktidele nõutakse teatud ehitiste ja rajatiste puhul nende varustamist piksekaitsega. Niisuguste objektide näiteks on keskkonnale ohtlikud, rohkem kui 500 kg lõhkematerjale sisaldavad, hoidlad ja üle 50 kg keskkonnale ohtlikke lõhkematerjale sisaldavad hooned. Lõhkeainete ja lõhketarvikute valmistamise piirkonnas võib siseministeerium oma määrusega nõuda ka muude läheduses asuvate hoonete kaitsmist välgulöögi mõju eest. Soome turvakeskus TUKES on avaldanud juhendi lõhkeaineladude piksekaitse kohta.



Joonis 23.2. Näide lõhkeaineladude piksekaitse kohta (allikas TUKES)

TUKES - Soome turvakeskus, Finnish Safety and Chemicals Agency

Kaitset välgulöögi mõju eest nõutakse Soomes tavaliselt ka tegevuslubade andmisel põlevat vedelikku tootvale või kasutavale ettevõtetele ning suurematele põlevaid vedelikke säilitavatele ladudele. Üldiselt soovitatakse kaitsta suure rahvamajandusliku väärtusega, kultuurilooliselt olulisi või suuri inimhulki sisaldavaid hooneid ning ka oluliste funktsioonidega piksealteid, tule- ja plahvatusohtlikke hooneid. Niisuguste ehitiste näiteks on kirikud, kõrged korstnad, tuumaelektrijaamad, serverikeskused, kõrghooned, vaatetornid jne.



Joonis 23.3. Näide kiriku piksekaitse kohta

Kaitse välgulöögi otsetabamuse eest õnnestub kõige paremini siis, kui pikilainena levivat liigpingeimpulssi õnnestub jagada mitme elektrijuhi kaudu mitme maanduselektroodi haru vahel. Üksik, väikese takistusega maanduselektrood pole kaitseomaduste poolest sobiv, sest pinge suuruse määrab üksiku maanduselektroodi lainetakistus pinge moodustumisprotsessi alguses.

Põlevaid vedelikke käsitlevas Soome vastavas määruses nõutakse vähem kui 20-oomilist maandustakistust. See piirväärtus on aluseks ka käsiraamatute juhistele. Juhul kui kaitstava seadme vahetus läheduses olev pinnas ei võimalda selle piirväärtusnõude täitmist mõistlike kuludega, võib aluseks võtta ehituslahenduste standardites ja juhendites ettenähtud, muu kontrollitava ohutustaseme näitaja.

23.2 VÄLINE PIKSEKAITSESÜSTEEM

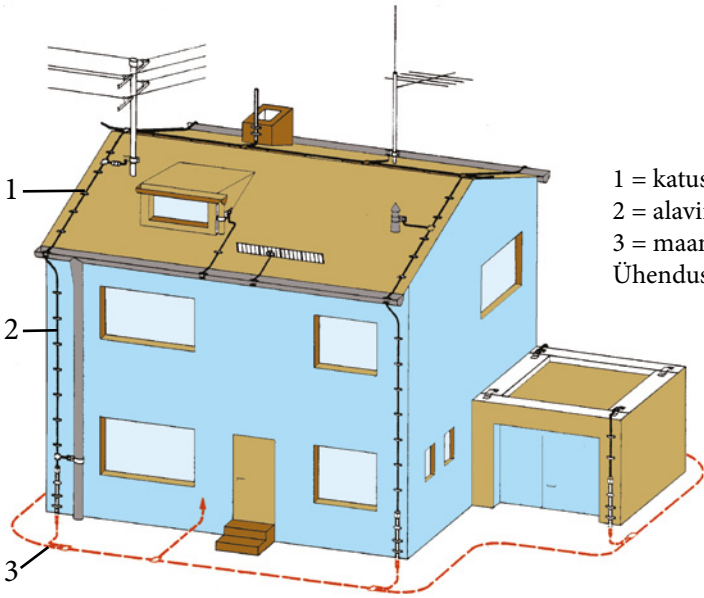
Välise piksekaitse eesmärk on vältida kaitstavas kohas otsese välgulöögi tagajärjel tekkida võivaid kahjusid.

Välise piksekaitse hulka kuuluvad kõik hoonevälised seadmed ja tarvikud, mis tõmbavad välgulööki ligi ja juhivad välguvoolu maandusvõrku.

Kui uue ehitatava objekti puhul on teada liigpingeohule altid süsteemid, ja hoone kaitseks välgulöögi eest hakatakse rajama välist piksekaitset, siis on majanduslikult ja esteetiliselt parimaks lahenduseks ehitusjärgus hoone oma teraskonstruktsioonide kasutamine, nagu nt. betooni terassarruse kasutamine, välise piksekaitse osana (nt allaviigujuhina). Kui hoone väline piksekaitse rajatakse hiljem, on kulud võrreldes piksekaitse ehitusaegse rajamisega kuni viis korda suuremad.

Välises piksekaitsesüsteemis kasutatavate juhtide paigutus on aluseks piksekaitse projekteerimisele. Juhtide paigutus sõltub kaitstava hoone kujust, soovitavast kaitseklassist ja valitud kaitsemeetoditest.

Piksekaitse kavandamine on selle projekteerimise esimene etapp mille käigus moodustatakse katusejuhtide ja muude valitud välguvoolujuhtide abil kaitstava objekti jaoks välgulöögi eest kaitstud ala. Eesmärk on, et võimaliku välgulöögi korral tabab välk välguvoolujuhti, mitte aga kaitstavaid objekte.



1 = katusejuhid
2 = alaviigujuht
3 = maanduselektrood
Ühendus potentsiaaliühtlustuslatiga

Joonis 23.4. Ehitisevälised piksekaitsesüsteemi osad

Piksekaitse välgupüüduri asukoha projekteerimisel võib kasutada järgmisi meetodeid kas üksikult või mistahes kombinatsioonina:
- võrkmeetod (Faraday puur) meshed cage (Faraday cage),
- kaitsenurga meetod,
- kerameetod.

23.2.1 VÕRKMEETOD

Tavapärane meetod hoone piksekaitse valikul on välguvoolujuhtide võrkkonstruktsiooni kasutamine välgupüüdurina. Võrk koosneb katusejuhtidest moodustatud võrgu silmadest, mille äärejuht on võimalikult lähedal katuse servale. Vajaduse korral täiendatakse võrgu silmasid ristuvate juhtide lisamisega.

Juhul kui piksekaitseks on valitud võrkkaitsemeetod ja soovitud piksekaitsesüsteemi klassiks on nt II klass, siis leitakse tabeli 23.1 alusel võrgu silma külje pikkus 10 m. Pikim külg ei tohi siiski olla tabeli väärtuse suhtes kahekordne, st II klassi korral 20 m. Selle külje kaugus ruudu mistahes punktist ei tohi olla suurem tabelis antud väärtusest (10 m). Võrgu silma maksimaalsed mõõtmed on 10 x 20 m (II klass). Võrgukujulise välgupüüduri kasutamine sobib ka kõrgetele hoonetele.

23.2.2 KAITSENURGAMEETOD

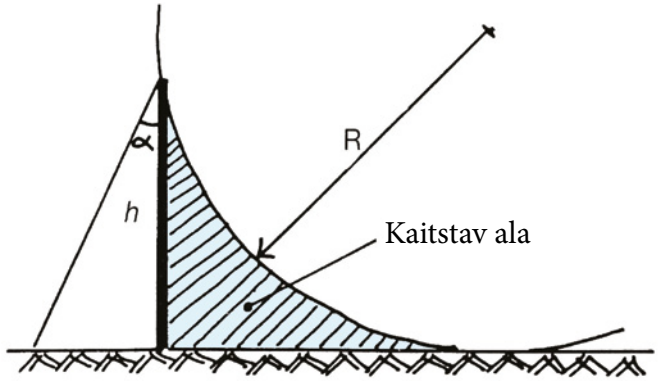
Piksekaitse üksik varras moodustab oma vertikaaltelje ümber koonuselise kaitseala, mida iseloomustab kaitsenurk. Projekteerimisel kasutatava kaitsenurga suurus sõltub valitud piksekaitsesüsteemi klassist. Tavaliselt valitakse kaitsenurga suuruseks 45-kraadi. Sõltuvalt piksevarda kõrgusest ja valitud piksekaitsesüsteemi klassist tuleb kaitsenurga meetodi kasutamisel arvestada tabelis 23.1 ja kaasneval joonisel näidatud piirangud.

23.2.3 KERAMEETOD

Kerameetod on muutunud viimastel aastatel rahvusvaheliselt populaarseks projekteerimismeetodiks. Seda kasutatakse siis, kui kaitstav hoone on oma kujult keeruline või kui tabeli 23.1 kohaselt pole kaitsenurgameetodi kasutamine võimalik.

Kerameetodi puhul näitab kera asukoht kaitstava objekti suhtes välgu eeldatavat lähimat mahalaadimiskohta maapinnal. Kohtades, kus soovitud piksekaitsesüsteemi klassi järgi valitud kera raadius puudutab hoonet, pole piksekaitse täielik. Nendes kohtades vajab piksekaitsesüsteem täiendamist. Kohtades, kus kera ei puuduta piksevardaid, on aga piksevardad tarbetud.

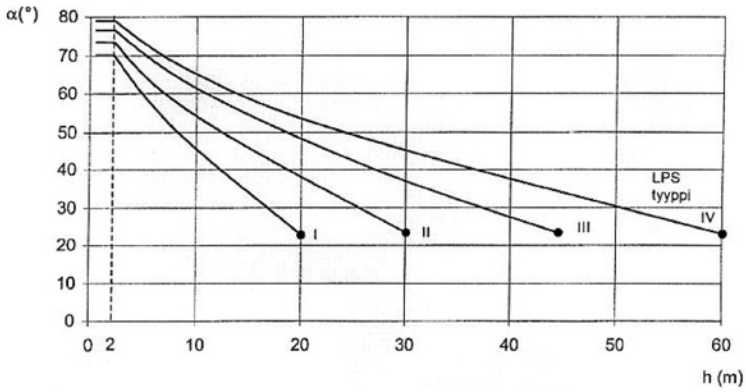
Kui soovitakse parandada ohutustaset, valitakse kera raadius väiksem, kuid siis on vaja kasutada rohkem piksevardaid ning ka piksekaitse ehituskulud on suuremad.



Joonis 23.5. Kaitsenurga (α) või kera raadiusega (R) määratud kaitsetsoon.

Tabel 23.1. Piksevarraste paigutus sõltuvalt soovitavast ohutustasemest. α = kaitsenurk kraadides, h varda, masti jms, kõrgus (hoone kõrgus tuleb arvesse võtta kui varras vms on hoone katusel).

Piksekaitsesüsteemi klass	Kaitsemeetod		
	Kera raadius *R* m	Võrgusilma *M* suurus, m	Kaitsenurk *α* (kraadides)
I	20	5 x 5	vt alljärgnevat joonist
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	



23.2.4 PIKSEKAITSE RAKENDAMINE

Piksekaitse realiseeritakse välgupüüdurite või nende kombinatsiooniga ning neid ühendavate katusejuhtidega. Välgupüüdurite eesmärk on võtta vastu välgulöök. Nende õige kuju ja paigutus vähendab kaitstavas kohas välgukahju tekkimise tõenäosust.

Välgupüüduritena võivad toimida
- katusejuhid, (võrk)
- piksevardad,
- piksetrossid,
- antennimastid.

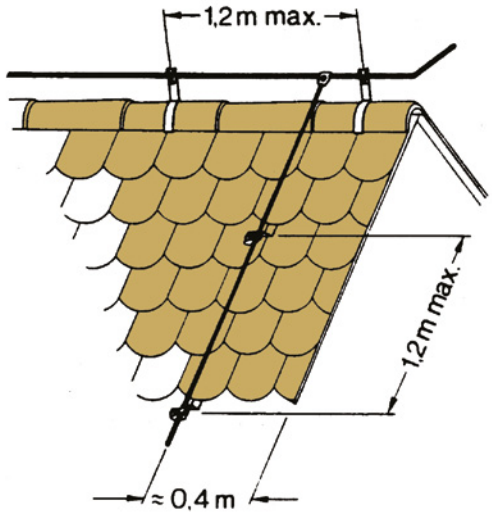
Katusejuhid

Välise piksekaitse katusejuhid ja muud paigaldised tuleb ehitada nii, et neid ei kahjustaks nt tuul, lumi ega jää.

Paigaldamisel kasutatavad juhid, klemmid ja paigaldustarvikud peavad olema niisugused, et nende kokkupuutepindadel ega ka nende ja hoone metallkonstruktsioonide kokkupuutekohtades ei tekiks korrosiooni. Galvaniseeritud terase ja vase vahelised kokkupuutepinnad on eriti vastuvõtlikud korrosioonile, ja seetõttu tuleb neid vältida.

Katusel olevad antennid ja antennimastid ei asu tavaliselt piksekaitse kaitse-tsoonis. Seetõttu on need altid pikselöökidele. Antennimast tuleb maandada, ühendades see katuse piksekaitsejuhistikuga. Sel juhul muutub see välgupüüduri osaks ning selle maandusjuht ühendatakse vahetult ehitise maanduriga pinnases. Kui hoones puudub väline piksekaitsesüsteem, ühendatakse antenni maandusjuht otse potentsiaaliühtlustuslatile. Selleks, et vältida välgu otsese löögi tagajärjel tekkida võivaid välguvoolu kahjustusi, peab antennimaandusjuht olema vähemalt 16 mm^2 ristlõikega vaskjuht (Cu).

Maandusjuht, antennikaabel ja elektrivõrk moodustavad induktsioonisilmuse, kuhu välguvool võib indutseerida isegi kümnete kilovoltideni ulatuva pinge. Ohtlik indutseeritud pinge võib tekkida siis, kui tegemist on pikse lähilöökidega . TV-, video-, HI-FI või muid samaväärseid seadmeid, saab liigpingete eest kaitsta võrgust lahutamisega või nende toiteahelasse lülitatava komplektse liigpinge kaitseseadme abil, mis kaitseb elektroonikaseadmeid nii elektrivõrgust kui ka antennist tuleva liigpinge eest.



Joonis 23.6. Harja- ja katusejuhtide kinnitus

Piksevardad

Piksevarraste kasutamine põhineb kaitsenurgameetodil. Varraste abil on saab kaitsta neid katusel olevaid seadmeid või konstruktsioone, mis oma mõõtmete või asukoha tõttu pole kaitstavad nt võrkpüüduriga. Kaitstav objekt peab tervikuna asuma varda ümber moodustuvas kaitsetsoonis.

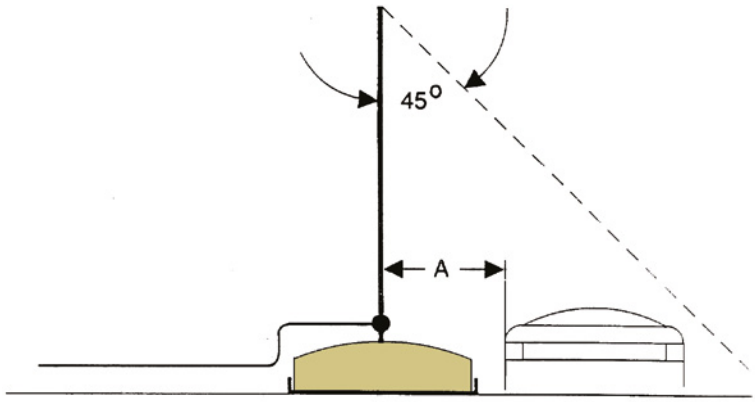
Kaitstavas piirkonnas on sageli objekte, mis on altid pikselöökidele. Sellised on muuhulgas korstnad, trepid, piirded, liftide siinid ja ventilatsioonikanalid. Kui niisuguseid struktuure ei saa ühendada ühtsesse piksekaitsejuhtide süsteemi, tuleb neid kaitsta täiendavalt kaitsenurga meetodil.

Välise piksekaitse projekteerimisel ja ehitamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata katusel olevate seadmete ja struktuuride kaitsele ja piisavate eralduskaitsevahemike olemasolule.

Piksekaitse välissüsteemi ja katusel või siseruumides paikneva kaabli või muude juhtivate konstruktsioonide vahelisi ohtlikke läbilööke saab vältida, kui kasutada kontrollpunktides potentsiaaliühtlustust või piisavaid vahekauguseid. Need peavad olema suuremad standardiga määratud eraldusvahemikest. Praktikas loetakse piisavaks vahekauguseks 0,8-1,0 m.

Eraldatud välisest piksekaitsest räägitakse siis, kui välgupüüdurid ja allaviigujuhid on eraldatud või isoleeritud kaitstavast ehitisest nii, et välguvoolu kulgemistee ei puutu kokku kaitstava alaga.

Eraldatud piksekaitse teostatakse üldjuhul objekti kõrval asuvate piksemastidega ja/ või objekti kohale riputatud piksetrosside abil.



Joonis 23.7. Ventilatsiooni ülemise sissetõmbeava kaitse piksevardaga. A on vajalik eraldusvahemik.

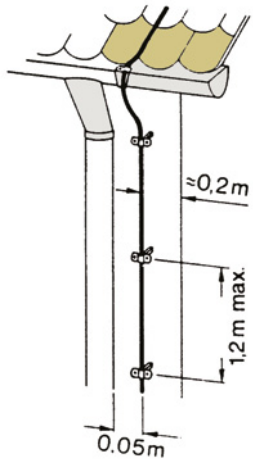
Allaviigujuhid

Allaviigujuhtide ülesanne on juhtida välguvool välgupüüdurist maandussüsteemi.

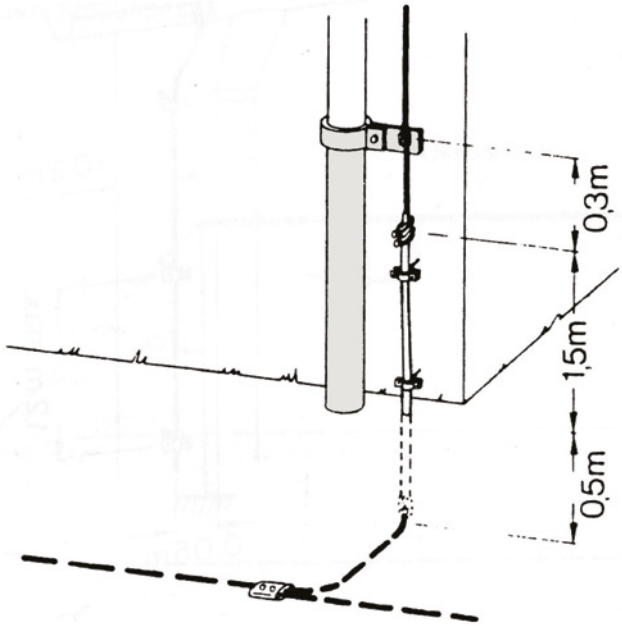
Allaviigujuhid paigaldatakse mööda lühimat teed seina pinnale, vältides seejuures järske kõverusi e aasasid. Allaviigud püütakse paigutada hoone nurkadesse (maks. 0,2 m nurgast) ja võimalikult ühtlase jaotusega hoone külgedele.

Kui välgupüüdurina kasutatakse katusejuhtidest koosnevat võrku, püütakse allaviigujuhid paigaldada ja ühendada võrgu nurkadesse ja sõlmpunktidesse.

Allaviigujuhid võib kinnitada otse seinale, kui seinakate pole tuleohtlik. Juhul kui on tegemist puuseina või muu tuleohtliku materjaliga, ja allaviigujuhtide kuumenemine välguvoolu tõttu võib olla ohtlik, tuleb allaviigujuhtide kinnitamiseks kasutada kinnitusdetaile, mis tagavad igas punktis juhtide ja seinapinna vahel vähemalt 10 cm vahemiku. Kinnitused võivad olla metallist.



Joonis 23.8. Allaviigujuhi kinnitus. Katusejuht ja vihmaveerenn on ühendatud allaviigujuhiga



Joonis 23.9. Ühendamine vihmaveetoruga

Maanduselektroodid

Selleks, et välguvool hajuks maasse laiali, tekitamata ohtlikku liigpinget, on maandussüsteemi kujul ja mõõtmetel olulisemgi tähtsus kui süsteemi maandustakistuse teatud väärtusel. Väike maandustakistuse väärtus on siiski soovitatav. Maandussüsteem ühendatakse hoone potentsiaaliühtlustussüsteemiga.

Eelistatuimaks maanduriks on vundamendimaandur, mis osutub võimalikuks vaid siis, kui seda tehakse koos uusehitise rajamisega.

Kui vundamendimaanduri rajamine ei ole võimalik, on parimaks variandiks rõngasmaanduselektroodi kasutamine. Sel juhul on kaitstav hoone ümbritsetud suletud rõngasmaanduskontuuriga, millega on hoone eri paigus ühendatud kõik allaviigujuhid. Rõngaselektroode võib olla mitu, ja neid saab täiendada vertikaal- ja/või radiaalelektroodidega.

Maandamine võib olla teostatud ka ainult radiaalsuunaliste- või püstelektroodidega. Iga allaviigujuht ühendatakse vähemalt ühe eraldi maanduriga, milles peab olema vähemalt kaks elektroodi.

Maanduselektroodid paigaldatakse vähemalt 0,5 m sügavusele ja umbes 1 m kaugusele hoone vundamendist. Mitu nõuetekohaselt paigaldatud maanduselektroodi on parem kui üks pikk elektrood. Maanduselektroodide minimaalsed pikkused sõltuvad valitud piksekaitsesüsteemi klassist ja pinnase eritakistusest.

23.3 PIKSEKAITSE SISESÜSTEEMID

Hoone piksekaitse sisesüsteem põhineb potentsiaaliühtlustamisel ja/või eraldusvahemike säilitamisel. Viimati nimetatud on vajalikud ohtliku sädelemise vältimiseks siis, kui potentsiaaliühtlustust ei saa kasutada.

Potentsiaaliühtlustusel on väga oluline tähtsus inimeste kaitsmisel, ning tule- ja plahvatusohu vähendamisel kaitstava ala piires. Potentsiaaliühtlustus võib olla vajalik ka juhul, kui väline piksekaitsesüsteem pole kasutusel.

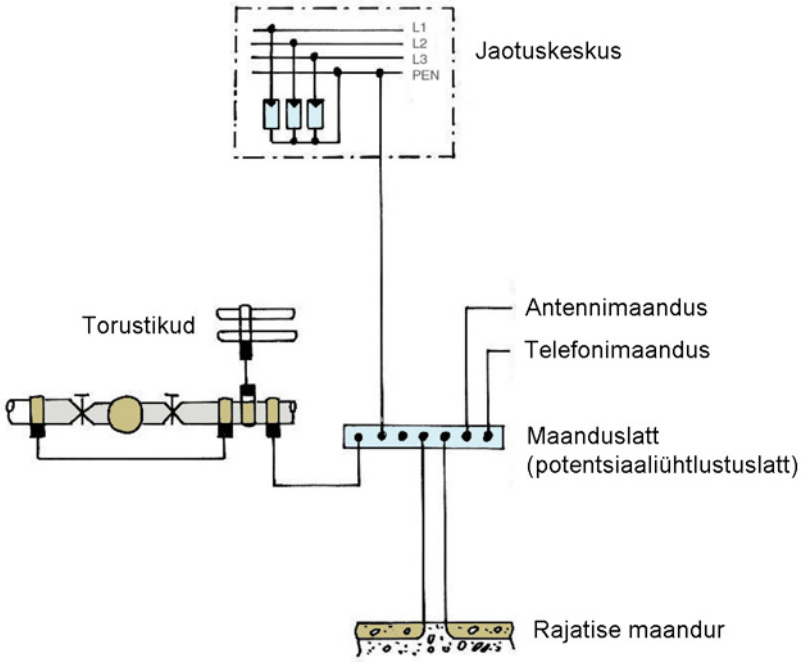
Potentsiaaliühtlustus tehakse elektrivõrgu PE- ja PEN-juhtide, nõuetele vastava maandusjuhi ja maaga juhtivas ühenduses olevate metalltorustike, kaablite metallkaitsekatete ühendamise teel hoone peamaanduslatiga. Piksekaitseks tuleb tavaliselt ka elektrijuhtide tööjuhid ja sidevõrkude juhid liigpingekaitseseadme kaudu ühendada maanduslatiga.

Eesti standard EVS-HD 60364-5-534:2008 „Liigpingekaitsevahendid“ annab liigpingepiirikute valikuks ja paigaldamiseks täpsemaid soovitusi. Detailse ülevaate nendest küsimustest annab ka EETEL´i teaberaamat 7 „LIIGPINGEKAITSE“, Tallinn 2007.

Eraldamata piksekaitse välissüsteemide puhul tuleb potentsiaaliühtlustus ette näha

- nullnivoole või keldrikorrusele, st sellel tasandil olevad allaviikude ristühendusjuhid ühendatakse potentsiaaliühtlustuslatiga, mis omakorda ühendatakse kokku hoone maanduriga,
- suurtes ehitistes/hoonetes (pikemad või kõrgemad kui 20 m), soovitatakse ette näha täiendavad potentsiaaliühtlustuslatid, millega ühendatakse selle nivoo allaviikude ristühendusjuhid. Lisaks ühendatakse omavahel kokku kõik potentsiaaliühtlustuslatid.

Lisaks nõuab piksekaitsestandard potentsiaaliühtlustussüsteemi kokkuühendamist näiteks betooni terassarruse või hoone teraskonstruktsioonidega juhul, kui eri metallosade vahelised minimaalsete vahekauguste nõuded pole täidetud. Siiski lubatakse ainult maa tasandil tehtud potentsiaaliühtlustust juhul, kui on tegemist eraldatud piksekaitse välissüsteemiga. Kui oluline osa välguvoolust, vähemalt 25%, läbib potentsiaaliühtlustusjuhti, peab selle juhi ristlõikepind olema vähemalt sama suur kui allaviigujuhil, muudel tingimustel aga 6-16 mm^2.



Joonis 23.10. Potentsiaaliühtlustus TN-C süsteemis

Hoone välised juhtivad osad ühendatakse potentsiaaliühtlustussüsteemiga kohas, mis asub hoone kaablite läbiviigukohale võimalikult lähedal. Samasse ruumi tulevate, häirekindlate või torusse paigaldatud elektri- ja kaugsidekaablite puhul piisab tavaliselt kaitsekatete (varjestuse v torustiku) ühendamisest potentsiaaliühtlustussüsteemiga, tingimusel et võimalik potentsiaalide erinevus ei ohusta kaableid ja nendega ühendatud seadmeid.

Elektrivõrgu liigpingekaitse

Hoonete elektrivõrgus esinevate lühiajaliste liigpingete põhjuseks võivad olla piksest või lülitusprotsessidest tingitud mõjurid. Välgu põhjustatud liigpinge võib edasi kanduda hoone elektrivõrku toitvas jaotusvõrgus.

Liigpinget võivad hoone elektrivõrgus põhjustada ka pikse otselöögid hoonesse. Lülitusliigpinge tekib elektrivõrguga ühendatud induktiivsete elektriseadmete väljalülitamisel. Lülitusliigpinged on oluliselt väiksemad kui välguliigpinged ning tavaliselt pole nende jaoks eraldi kaitsemeetmeid vaja rakendada.

Nõutud või soovitavat liigpingekaitse taset mõjutavad näiteks järgmised asjaolud:
- kasutatavate elektriseadmete tundlikkus,
- elektriseadmete kahjustuste lubatavus,
- piirkonna äikeseintensiivsus,
- elektrivõrgu omadused (õhuliinid või maakaablid).

23.4.1 ELEKTRISEADMETE LIIGPINGETALUVUS

Elektriseadmete liigpingekaitse realiseeritakse seadmete õige valiku ning vajaduse korral liigpingekaitseaparaatide kasutamisega. Elektrivõrk ja sellega ühendatavad elektriseadmed jagatakse liigpingetaluvuse järgi impulsitaluvuskategooritesse (I-IV), mis on määratletud järgmiselt:

Impulsitaluvuskategooria IV: Elektriseade, mis saab toidet paigaldise liitumispunktist või selle läheduses oleva peajaotuskeskuse toitepoolelt. Näiteks sisendkaablid, juhtmed ja voolulatid, elektriarvestid, lülitusaparaadid, primaarpoole liigvoolukaitseseadmed ja harmoonilisi komponente piiravad seadmed.

Impulsitaluvuskategooria III: Jaotus-ja lõppahelate kohtkindlad elektriseadmed. Näiteks madalpingelised jaotuskeskused, lahklülitid (kiirlahutid), juhistikusüsteemid, kaablid, latid, harukarbid, lülitid, pistikupesad ja tööstuslikud seadmed ning mõned muud seadmed, nagu kohtkindlad mootorid.

Impulsitaluvuskategooria II: Elektritarvitid. Näiteks majapidamisseadmed, käsitööriistad jms.

Impulsitaluvuskategooria I: Valdavalt nõrkvoolu ja elektroonikakomponente sisaldavad elektriseadmed, mis on ette nähtud ühendada hoone statsionaarsesse elektrivõrku. Erikaitse lülitusliigpingete eest realiseeritakse väljapool seadet, kas statsionaarses paigaldises või paigaldise ja seadme vahel.

Standardile EVS-HD 60364-4-443 vastavad nimi-impulsitaluvuspinged on esitatud tabelis 23.2.

Tabel 23.2. Elektriseadmete nõutav nimi-impulsstaluvuspinge

Impulsitaluvuskategooria	230/400 V	400/690 V	1000 V
IV	6 kV	8 kV	12 kV
III	4 kV	6 kV	8 kV
II	2,5 kV	4 kV	6 kV
I	1,5 kV	2,5 kV	4 kV

23.4.2 LIIGPINGEKAITSE VAJALIKKUS

Liigpingekaitse vajadus põhineb suures osas seadmete liigpingetaluvusel. Kui elektrivõrguga ühendatud elektriseadmetelt eeldatakse suuremat liigpingetaluvust, siis saab eraldi liigpingekaitsega antud võrguosas piirata liigpinget niisuguse tasemeni, mis on seadmetele vastuvõetav. Tuleb siiski rõhutada, et liigpingekaitse ja liigpinge piiramine impulsitaluvuskategooriaga ette nähtud l tasemest allapoole ei aita, kui seade ei vasta nõutavale nimi-impulsstaluvuspingele.

Õigesti valitud impulsitaluvuskategooriaga seadmete enda liigpingetaluvus loetakse tavaliselt piisavaksjuhul, kui elektripaigaldisega pole ühendatud madalpingelisi õhuliine. Eraldi liigpingekaitset õhuliinidega toite korral ei peeta vajalikuks ka siis, kui antud regiooni äikesepäevade arv aastas on väike.

Vastavalt standardile , nõutakse hoonete elektrivõrgus liigpingekaitseseadmete kasutamist juhul, kui hoone asukohas on enam kui 25 äikesepäeva aastas ja kui selle paigaldise toiteks või selles paigaldises endas on kasutusel madalpingeõhuliinid.

Eestis on 14-22 äikesepäeva aastas, Soomes on aga keskmiselt 12 äikesepäeva aastas. Äikesepäevade arv on piirkonniti erinev. Lisateavet piirkonna äikeseaktiivsusest võib saada näiteks meteoroloogiateenistustest või piirkonna jaotusvõrguettevõttest.

Eestis ja Soomes on seega äikese intensiivsus nii madal, et täiendava liigpingekaitse paigaldamine selle alusel ei ole kohustuslik. Juhul, kui paigaldises on väärtuslikke või tundlikke elektroonikaseadmeid, on kaitse rakendamine siiski soovitatav.

Täiendava liigpingekaitse rajamine võib põhineda ka riskide hindamisel. Standardis EVS-HD 60364-4-443 on toodud riskide hindamisel põhinev liigpingekaitse vajaduse määramise meetod, kuid selle kasutamine pole siiski üheselt kohustuslik.

Täiendava liigpingekaitse vajadust mõjutavad muu hulgas liigpingest põhjustatud tagajärjed, mille puhul võib olla

a) mõju inimeludele, nt turvasüsteemidele, haiglate meditsiiniseadmetele;
b) mõju avaliku elektrivarustuse pidevusele, , infotehnikakeskustes, arvutifarmides, muuseumides;
c) mõju äri- või tööstustegevusele, nt hotellides, pankades, tööstusettevõtetes, ärikeskustes, taludes;

d) mõju inimrühmadele, näiteks suurtes elamutes, kirikutes, büroodes, koolides;
e) mõju üksikisikutele, näiteks väikestes ja keskmise suurusega elamutes, väikestes büroodes.

Mõjude a, b ja c korral tuleb rakendada liigpingekaitset. Mõjude d ja e korral sõltub täiendava liigpingekaitse vajadus arvutustulemustest. Standard EVS-HD 60364-4-443 sisaldab vajalikke arvutusvalemid.

23.4.3 LIIGPINGEKAITSE RAKENDAMINE

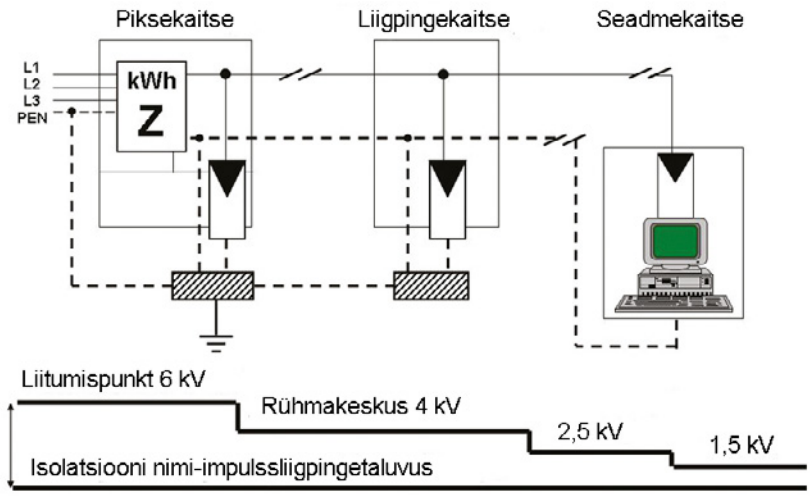
Liigpingekaitse realiseeritakse selliselt, et selleks kasutatakse jadamisi erinevatele impulsitaluvuskategooriatele ja paigalduskohas tõenäolist esinevatele impulsspingetele vastavaid kaitseseadmeid.

Hoone elektrivõrgu täielik liigpingekaitse realiseeritakse kahe- või kolmeastmelisena. Suurem osa impulssvoolu poolt põhjustatud energiast püütakse hajutada toiteahela sisendis, piirates selleks toimiva liigpinge amplituudväärtust kuni paigaldise ja seadmete nõutava impulsstaluvuspinge tasemeni. Järgmiste kaitseastmetel piiratakse vajaduse korral vastavate piirikutega liigpingeimpulsside amplituudväärtuste taset veelgi. Kuna toiteahelas tagapool olevate kaitseastmetega ei saa tavaliselt kogu vooluimpulsi energiat piirikuid kahjustamata hajutada, siis on peajaotuskeskuses liigpingekaitse rakendamine vältimatult vajalik.

Mitmeastmelise liigpingekaitse saab realiseerida ka ühise kaitseseadme abil.

Joonisel 23.11 on näidatud elektrivõrgu kolmeastmeline liigpingekaitse.

Isolatsiooni koordineerimine toimub standardi EVS-HD 60364-5-534järgi.



Joonis 23.11. 230/400 V elektrivõrgu kolmeastmeline kaitse

Madalpingevõrgu liigpingekaitse piirab tavaliselt liigpinget kuni väärtuseni 1,5 kuni 3 kV. Traditsiooniliste seadmete isolatsioon talub niisugust pinget, kuid elektroonikaseadmete impulsspingetaluvus võib olla oluliselt väiksem. Sel juhul võib hoone sisevõrgus rakendada mitmeastmelist liigpingekaitset, kuni vastava seadme liigpingekaitseni välja. Mitmeastmelist liigpingekaitset on vaja selleks, et jääkliigpinge tase oleks võimalikult väike ja eelnevates kaitseahelates summaarselt vabanenud energia piisavalt suur. Nüüdishoonete peajaotuskeskusesse paigaldatava liigpingekaitsega saavutatakse jääkliigpinge tase alla 1 kV, mistõttu seadmepõhist kaitset pole tavaliselt vaja rakendada. Seadmekaitse võib siiski olla vajalik eelkõige elektri- ja sidevõrguga ühendatud elektroonikaseadmete puhul. Kõige tõhusam on kaitse siis, kui seda rakendatakse nii elektri- kui ka sidevõrgus ja kui võrkude vahel on olemas ka potentsiaaliühtlustus.

Praktikas kasutatakse äikese ajal sageli ühe seadmekaitsevõttena seadmete lahutamist toitevõrgust. Sel viisil kaitstakse küll seadmeid, kuid mujal, näiteks pistikupesas, võib liigpinge põhjustada ülelööke, ja tekitada selle läbi ka tuleohtu. Kõigi seadmete, näiteks statsionaarselt ühendatud elekterkütteseadmete, puhul ei saa siiski kaitsemeetmena võrgust eraldamist rakendada. Samas on moodsad elektriradiaatorid varustatud peamiselt elektroonilise termostaadiga, mis on aga väga tundlikud pikseliigpingetele.

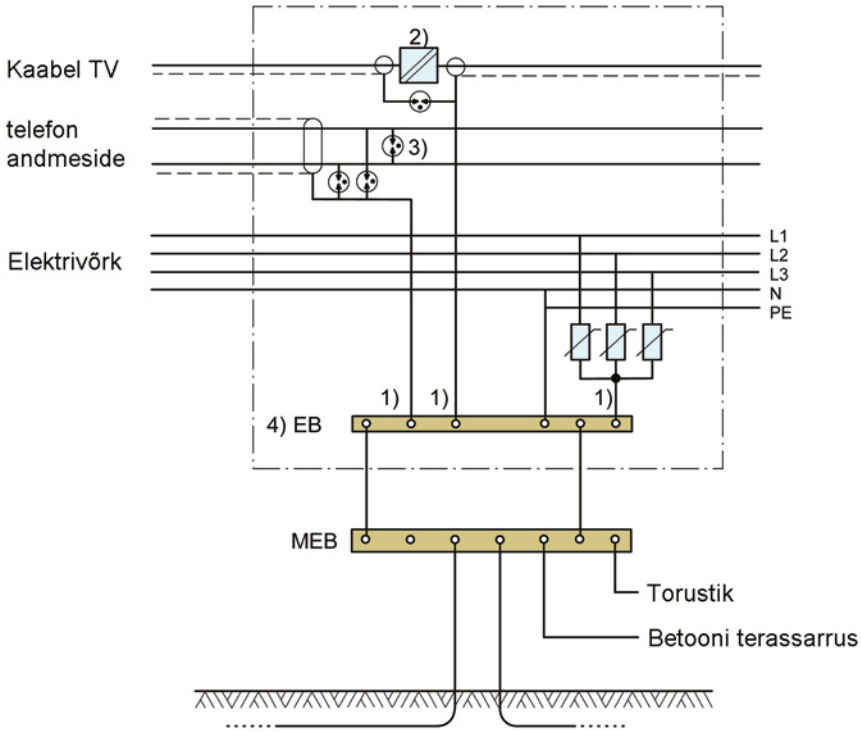
Peale äikese võivad liigpingeimpulsse tekitada ka muud nähtused, näiteks lülitusprotsessid. Eeskätt induktiivsete ahelate väljalülitamine tekitab madalpingevõrgus liigpingeimpulsse, mis võivad kahjustada tundlikke, elektroonikat sisaldavaid elektriseadmeid. Tänapäeval on selles mõttes olukord muutunud, et varem täiesti ohutud lülitustoimingud võivad nüüd põhjustada lubamatuid liigpingeid, nt liiga suure lülituskiiruse tõttu. Võimalike probleemide põhjustajateks madalpingevõrgus võivad olla ka gaaslahenduslampidega valgustid, mitmesugused pooljuhtmuunduritega ajamid, keevitustrafod, mootorid jne. Eriti tundlikud häiretele on tavaliselt mõõtmis-, reguleerimis-, juhtimis- ja andmeedastusahelad, kus toitevõrgus esinev liigpinge avaldab neile mõju galvaanilise, mahtuvusliku või induktiivse sidestuse kaudu. Need ahelad taluvad liigpinget oluliselt halvemini kui madalpingevõrk.

Liigpingekaitseseade valitakse põhimõtteliselt alati vastavalt suurimale kestvalt lubatud tööpingele ja kaitseseadme tüübile. Lisaks tuleb pöörata tähelepanu liigpingepiiriku nimivoolule, kaitse plahvatuskindlusele e piirlahendusvoolule, võimele pärssida püsiva maaühendusvoolu tekkimist ning piiriku enda rikete avastamise lihtsusele.

Traditsioonilise liigpingekaitse realiseerimisel paigaldatakse esimene piirik peajaotuskeskusesse, teine piirik alajaotuskeskusesse ja seadmepiirik kaitstava seadme lähedale. Kaitseastmete omavaheline koordineerimine saavutatakse kaitsete vaheliste ahelate sobiva pikkuse valikuga e induktiivsusega.

Sageli võib lähim alajaotuskeskus asuda otse peajaotuskeskuse e liitumispunkti kõrval, peajaotuskeskusest võidakse toita elektriseadmeid rühmajuhtmed otse lõppahelate kaudu, või hoones võibki olla ainult üks elektrikilp. Seepärast paigaldatakse sellisel juhul nii pikseliigpingekaitse kui ka kesksed liigpingekaitsed kõik ühte peajaotuskeskusesse. Kuna kaitseastmete vaheliste juhtide induktiivsus pole sel juhul piisav, tuleks kasutada selleks otstarbeks spetsiaalselt välja töötatud tüüpi 1+2 kuuluvat piirikut.

Kui liigpingeimpulss tuleb hoonesse elektrivõrgu kaudu, saab liigpinget piirata juba peakeskuses. Kui on ette näha maapotentsiaali tõusu, näiteks pikse otseselöögi tagajärjel, tuleb kaitsta kõiki vahetult pea-potentsiaaliühtlustuslati abil maandatud keskusi.



1) Maandusjuhtide lubatud maksimaalne pikkus on 1 m (EVS-EN 62305-5)
2) Galvaaniline isolatsioon vajaduse korral
3) ISDN-või ADSL-ühendus e horisontaalne liigpingekaitse
4) Kui liigpingekaitse kaugus peamaanduslatist on üle 1 m, kasutatakse potentsiaaliühtlustuslatti EB

Joonis 23.12. Näide liigpingekaitseseadmete paigalduse kohta. Kõikehõlmav liigpingekaitse nõuab ka kaitset antenni ja sidevõrgu kaudu saabuvate liigpingete eest.

Kirjandus:

EVS-HD 60364-4-534:2008 Liigpingekaitsevahendid
EVS-HD 60364-4-443:2007 Kaitse pikse ja lülitusliigpingete eest
EVS-EN 62305:2007/A11:2009 Piksekaitse
Hoonete pikse-ja liigpingekaitse. Elektri-ja Sideettevõtjate Liit STUL ry
Käsiraamat SFS 609 Hoonete ja rajatiste piksekaitse, SFS

24

ELEKTRIPAIGALDISTE KASUTUSELEVÕTUKONTROLL

24.1 ÜLDIST

Eestis kehtiva Elektriohutusseaduse alusel peab elektritöö ettevõtja pärast elektritöö tegemist veenduma mõõtmis- ja katsetulemuste, visuaalkontrolli ning elektriseadmete või –paigaldiste dokumentatsiooni alusel, et elektriseade või –paigaldis või tehtud elektritöö vastab Elektriohutusseaduse ja selle alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele ning seda kirjalikult deklareerima (kinnitama). Selline ehitajapoolne

Elektripaigaldise kasutuselevõtukontrolli eesmärk on tagada elektripaigaldise vastavus kehtivate normdokumentide nõuetele, st kõrvaldada kõik ehitustööde käigus ja selle järel esilekerkinud puudused. Kasutuselevõtukontrolli viib läbi ja vastutab selle õigsuse eest elektripaigaldise ehitaja, reeglina elektritööde ettevõtja. Kasutuselevõtukontrolliga saab ettevõtja tellijale tõendada, et tööde tellija poolt soovitud objekti elektripaigaldustööd on teostatud kehtestatud nõuete kohaselt ja kõrge kvaliteediga. Kui elektritööde ettevõtja tahab tegutseda tunnustatud ettevõtjana, peab ta juhtima paigaldistes kasutuselevõtukontrolli läbiviimist.

Elektripaigaldise kogu kasutuselevõtukontroll dokumenteeritakse konkreetse paigaldise ehitaja poolt, kes koostab kontrolliprotseduuri käigus nõuetekohasuse deklaratsiooni ja visuaalkontrolli protokolli.

Nimetatud kaks dokumenti ning Elektriohutusseaduse nõuetele vastava katselabori poolt teostatud asjakohased elektripaigaldise kontrollmõõtmiste, teimide ja katsetuste protokollid koos kokkuvõtva aruandega esitatakse hiljem elektritööde ettevõtja poolt muude nõutud dokumentide hulgas elektripaigaldise tehnilise kontrolli läbiviijale.

Kasutuselevõtukontroll koosneb elektripaigaldise visuaalkontrollist ning elektripaigaldises läbiviidavatest mõõtmistest ja katsetustest ning sellist kontrollitoimingut nõutakse alati enne elektripaigaldise üleandmist tellijale so enne selle kasutuselevõttu ja kasutamist.. Kasutuselevõtukontrolliga seotud õigusaktid ja normdokumendid on ranged. Elektritööde puhul on kasutuselevõtukontrolli toiming vältimatu. Õigusaktid ei näe selles osas ette mingeid kompromisse, ka siis kui on tegemist isegi väikesemahuliste elektritöödega. Samuti on loomulik, et kui kasutuselevõtukontrolliga avastatakse ohtlikke, paigaldise pingestamist välistavaid puudusi, tuleb need kõrvaldada enne tehnilise kontrolli läbiviimist ja paigaldise lõplikku kasutusele võtmist..

On üsna iseloomulik, et paigalduskohal tuleb osa elektripaigaldisi pingestada ja ajutiselt kasutusele võtta juba ehituse ajal. Isegi kui sel juhul ei ole tegemist paigaldise üleandmisega lõpptarbijale kasutamiseks, tuleb nendes paigaldistes enne ajutist kasutuselevõttu teha kasutuselevõtukontroll.

Ka ehitusobjektide (ehitusplatside) ehitusaegsetele elektripaigaldistele tuleb teha kasutuselevõtukontroll, enne nende ajutist elektrivõrku ühendamist. Väikeobjektidel on tavaliselt kombeks luua töökoha ajutine elektrivõrk, kasutades selleks kinnistu alalist peajaotuskeskust (nt välisjaotlat). Sel juhul tuleb läbi viia vähemalt objekti liitumiskaabli (toitekaabli) ja objekti peajaotuskeskuse kasutuselevõtukontroll. Kasutuselevõtukontrolli korraldab objekti ajutise elektripaigaldise paigaldustöid teinud elektritööettevõtja.

Mõnel juhul võib osa kasutuselevõtuga seotud katsetustoiminguid jätta tegemata. Samas ei tohi paigaldise ohutus selle all kannata. Need saavad siiski vaid üksikjuhtumid, kus osa mõõtmisi võib näiteks asendada arvutustel põhineva kontrolliga.

24.2 ELEKTRIPAIGALDISE VISUAALKONTROLL

Visuaalkontroll toimub sõltumata paigalduskohast või tehtavast tööst kogu ehitustööde kestel. Kontrolli läbiviiv isik peab olema kvalifitseeritud elektrik, kes tunneb vajalikus ulatuses selle tööga seotud õigusakte, nõudeid, juhiseid ja normdokumente. Reeglina peaks neid protseduure korraldav isik omama vastavat pädevustunnistust.

Juhised elektripaigaldise visuaalkontrolli läbiviimiseks on toodud Eesti standardis EVS-HD 60364-6:2007 „Kontrollitoimingud“.

Visuaalkontroll peab toimuma enne mõõtmisi, katsetamisi ja üldreeglina enne paigaldise või selle osa pingestamist. Praktikas teostatakse visuaalkontrolli juba jooksvalt paigaldise ehituse käigus ning tuvastatud puudused kõrvaldatakse jooksvalt, hiljemalt enne elektripaigaldise esitamist tehnilise kontrolli läbiviijale.

Paigaldatavate seadmete, tarvikute vastavus nõuetele

Juba enne elektriseadmete ning elektritarvikute paigaldamist tuleb veenduda, et need vastavad kehtestatud ohutusnõuetele. Seda saab kõige paremini kindlaks teha paigaldataval seadmel või selle pakendil oleva CE-vastavusmärgi järgi, millega tootja kinnitab seadme vastavust madalpingedirektiivi ja EMC-direktiivi ja standardite olulistele nõuetele.

CE märgiga koos seadmel olev katsetusasutuse sertifitseerimismärgis annab tõendust, et seadme tüübikatsetus on läbi viidud erapooletus ja nõuetele vastavas katsetusasutuses.

Kui seadme nõuetele vastavuse kohta pole kindlust, on põhjust nõuda seadme maaletoojalt selgitusi nõuetele vastavuse kohta.

Teatavate elektriseadmete juures peavad olema tootja paigaldusjuhised. Alati peavad elektriseadmetega kaasas olema tootja kasutusjuhised, mis tuleb säilitada ka hilisemaks kasutamiseks.

Elektriseadmete puhul tuleb kontrollida, et nende nimiväärtused ja muud omadused on paigaldamiseks sobivad. Samal ajal kontrollitakse, et elektriseadmed poleks kahjustatud või muul viisil mittetöökõlbulikud.

Joonis 24.1. Seadmel või pakendil peab olema CE-märk

Kaitse elektrilöögi eest

Elektrilöögivastase kaitse üks oluline põhitingimus on, et seadme põhikaitse oleks tagatud, st et seadmete ümbrised peavad olema terved ja juhtmete isolatsioon peab vastama nõuetele. Lisaks põhikaitsele tuleb tagada, et rikkekaitseks kasutatakse projektile ja oludele vastavaid heakskiidetud kaitseviise.

Uusehitistes tuleb kaitsemeetodina kõne alla enamasti kaitse automaatse väljalülitamisega, mis eeldab kaitsemaandatud seadmete kasutamist. Vanemates hoonetes võivad veel kaua aega kasutusel olla kaitsekontaktita pistikupesad, mis olid ette nähtud 0-klassi elektriseadmete ühendamiseks. Alates 1994 aastast ei ole Eestis 0-klassiga elektriseadmete kasutamine lubatud, samuti ka uutes ja rekonstrueeritavates ehitistes ei tohi luua selliste pistikupesade abil võimalust nende kasutamiseks. Automaatse väljalülitamise korrektseks talitluseks on vaja lisaks läbi viia ka vastavad mõõtmised.

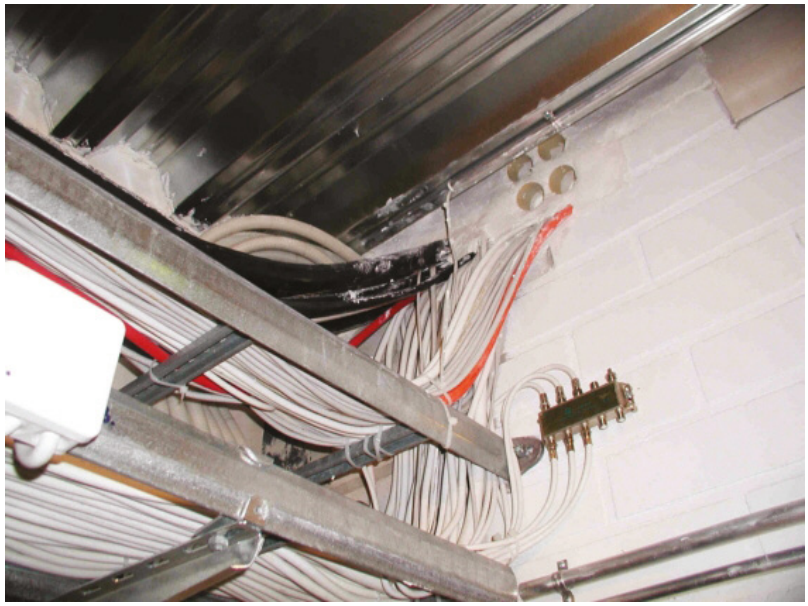
Tulekaitse

Ülevaatusega kontrollitakse, et elektriseadmeid ei oleks paigaldatud nii, et nendest eralduv soojus võib põhjustada keskkonna või seadme enda ohtlikku kuumenemist. Kontrollitakse, et soojust eraldavate seadmete, nt kütteseadmete, saunakeriste või halogeenvalgustite paigaldusvahemaad ehituskonstruktsioonidest ja teistest seadmetest vastaksid tootja juhistele. Tuleohtlikes ruumides tuleb näiteks tagada, et nendes ruumides kasutatakse vaid selleks ettenähtud valgusteid.

Kaabli läbiviikude puhul tuleb tagada, et seinte, lagede ja põrandapindade nõutav tulekindlusklass jääks püsima (joonis 24.2).

Juhtmed ja kaablid valitakse vastavalt lubatud kestvale koormusele, lubatud pingelangule ja varjestuse vajadusele.

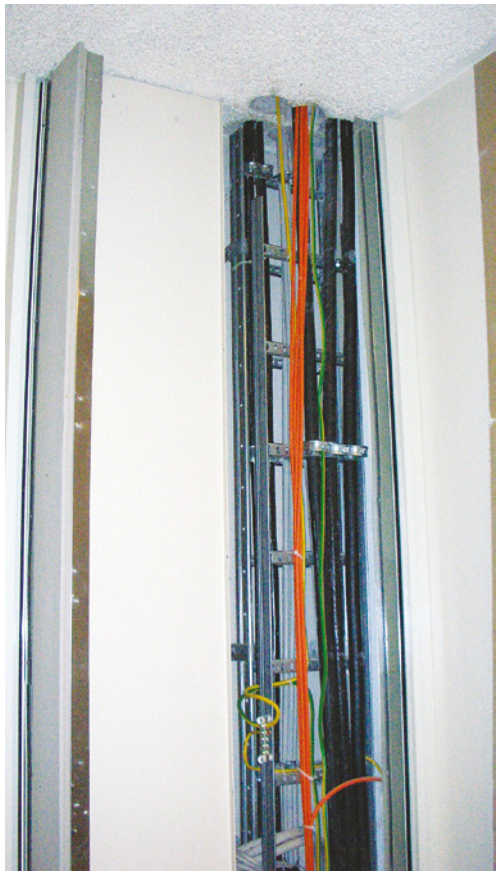
Juhtmete koormatavust kontrollitakse visuaalse ülevaatusega, et paigaldamisel on kasutatud juhtide projektikohaseid ristlõikepindu ja paigaldusviise. Paigaldamise ajal tuleb tagada, et paigaldusteed ei erine projektis ettenähtust ning, et juhtmete koormatavus vastaks nõuetele. Samuti tuleb tagada, et kaablid poleks paigaldatud soojusisolatsiooni sisse.



Joonis 24.2. Kui seinale nähakse ette teatav tulekindlusklass, siis kaabli paigaldamine ei tohi seina tulekindlust vähendada.

Pingelangu kohta pole olemas erinõudeid. Soovituslikult loetakse elektriseadmete liitumispunkti ja elektriseadme vaheliseks normaalseks pingelanguks kuni 4 % elektriseadmete nimipingest.

Kaablite liigil ja kaablite paigaldamisviisil on oluline mõju paigaldise häirekindlusele. Kontrollitakse, et kaabli ühendusviisi valikul on järgitud tootja juhiseid (näiteks sagedusmuunduriga ajamid) ja et kaablite paigaldusel oleks arvestatud häirekaitse e elektromagnetilise ühilduvuse nõuetega.



Joonis 24.3. Kaablite valimisel ja paigaldamisel tuleb arvestada vastavaid elektromagnetilise ühilduvuse nõudeid, kui ümbrusolud seda nõuavad

Väliste tegurite mõju

Seadmete valikut oluliselt mõjutavateks välisteguriteks on niiskus, tolmusisaldus, ümbruse temperatuur, mehaaniliste vigastuste oht ja varjestusega seotud nõuded.

Visuaalse ülevaatuse käigus tuleb selgitada, kas ümbruse olusid arvestades valitud elektriseadmed sobivad ruumi, kuhu need on paigaldatud. Seadmete elektriohutuse kaitseklass peab olema piisav. Nõuded ümbrise kaitseastmele (IP) sõltuvad peamiselt keskkonna niiskusest, tolmusisaldusest ja ruumi tule- või plahvatusohust ning seadmetega kokkupuutuvate isikute elektriohuteadlikkusest.

Juhtmete valikul tuleb arvestada võimalikku väliste tegurite mõju, nt saunades peavad enam kui 1 meetri kõrgusele paigaldatud elektriseadmed taluma vähemalt 125 °C temperatuuri.

Paigaldustoruta maapinda või kiviehitistesse paigaldatavad kaablid peavad olema piisava mehaanilise vastupidavusega.

Ripplagede peale paigaldatavad kaablid ei tohi oma kaalu tõttu tekitada vigastuste ohtu.

Elektriseadme häirekindlus peab vastama ruumide kasutusotstarbele ja standardiga määratletud nivoole.

Kaitse- ja juhtimisseadmete valik

Jaotuskeskustes tuleb kontrollida, et paigaldatud kaitseaparaadid vastavad projektile. Kui paigaldamisel on kasutatud projektist erinevad kaitseseadmeid, tuleb kontrollida, et nende nimiparameetrid on sobivad. Näiteks liigvoolu-kaitseaparaadi tüübi vahetamine võib põhjustada seda, et rikkekaitse ei tööta nõutud viisil.

Kui remondi- või laiendustööde käigus, nt osa korkkaitsmetest, asendatakse liigvoolu-kaitseautomaatidega, tuleb arvesse võtta nende erinevaid soojenemis- ja jahutusomadusi.

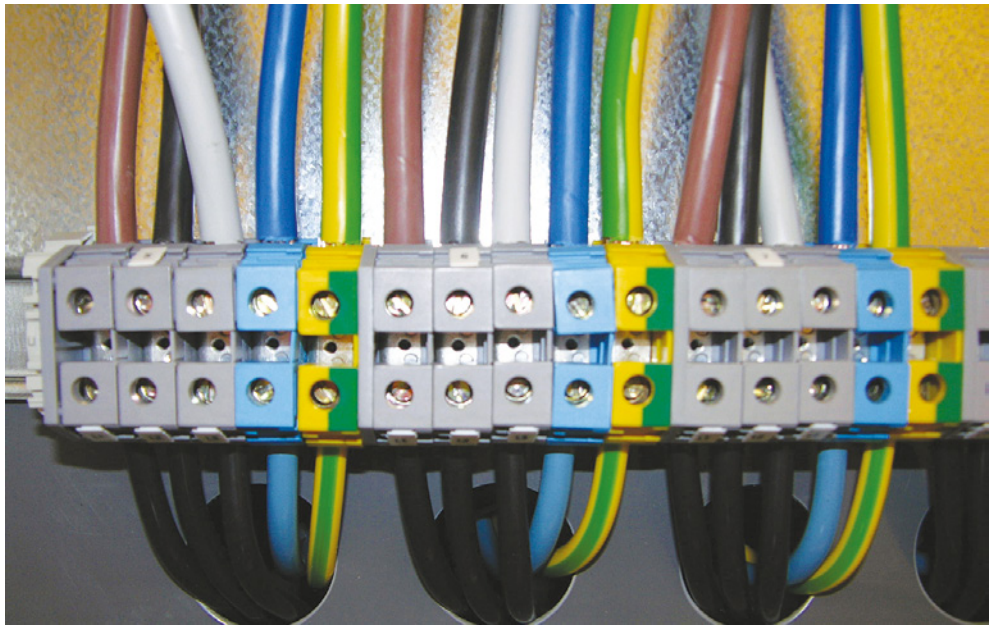
Lülitusseadmete visuaalkontroll

Ülevaatuse käigus kontrollitakse, et elektripaigaldises kasutatakse nõuetekohaseid lülitusaparaate. Masinate elektritoiteahela sisendis peab olema kaitselahutuslüliti. Kontrollitakse, et juhul kui väikeses jaotuskeskuses vajalik kaitselahutuslüliti puudub, on jaotuskeskusel olemas sellekohane nõuetele vastav märgistus.

Joonis 24.4. Elektrijaotussüsteemide lõppahelates peab olema toiteahela kaitselahutamise võimalus

Neutraal-ja kaitsejuhid

Ülevaatuse käigus kontrollitakse, kas juhtide tunnusvärvid vastavad nõuetele ja kas lülituskappides on nõutav märgistus. Kõige lihtsam on seda teha jooksvalt paigaldustööde käigus. Kontrollitakse, et neutraal- ja kaitsejuhid oleksid nõuetekohaselt äratuntavad ja eristatavad.



Joonis 24.5. Juhul kui juhte ei saa tuvastada nende asukoha järgi soovitatakse neutraal- ja kaitsejuhid varustada lisaks rühma tunnusmärkidega

Skeemide, hoiatussiltide või muu taolise teabe olemasolu

Paigaldise hooldamise seisukohalt on oluline, et paigaldise joonised hoitakse jätkuvalt ajakohastena.. Elektripaigaldiste puhul vajatakse tavaliselt vähemalt jaotuskeskuse põhimõtte- ja paigaldusjoonist ning maanduspaigaldise skeeme. Sageli on vaja teada ka jaotuskeskuse enda elektriskeemi ja juhistike paigaldusjooniseid. Paigaldises peavad olema selgesti nähtavad vajalikud hoiatussildid või plakatid, näiteks hoiatus selle kohta, et pealüliti väljalülitamisel ei katkeks pinge arvesti juhtimis- ja mõõteahelates või muude oluliste seadmete ahelates.

Paigaldise valmimisel kontrollitakse nõutavate siltide paigalduse ja märgistuse vastavust tegelikkusele. Ahelate märgistusest peab selguma, millisesse ahelasse kaitseaparaadid kuuluvad, milliseid seadmeid ahela kaudu toidetakse ning missugused on nende nimiandmed. Tuleb jälgida ka standardi EVS-HD 60364-5-51 jaotise 514.5 nõuete täitmist.

Vooluahelate, kaitsmete, lülitite ja pistikühenduste tuvastamine

Kaitseseadmete tuvastamiseks peab jaotuskeskustes olema piisav tähistus.

Juhtide liidete sobivus

Nõuetele vastavate liidete tagamiseks tuleb kasutada antud elektrijuhi tüübile ja materjalile sobivaid ühenduskontakte. Visuaalsel ülevaatusel tuleb seda kontrollida enne harukarpide ja ümbriste sulgemist. Kahtluse korral on soovitav mõõta liidete aktiivtakistust. Paigaldustööde ajal tuleb ka jälgida, et ühendusliited ei satuks sellisesse kohta, kus nendele pole kontrolliks, katsetamiseks või hooldamiseks juurdepääsu.

Kaitse- ja potentsiaaliühtlustusjuhtide olemasolu ning nõuetele vastavus

Kontrollitakse, et paigaldises on olemas vajalikud kaitse- ja potentsiaaliühtlustusjuhid ning nende ristlõikepinnad on nõuetele vastavad.

Elektripaigaldise käiduks ja hoolduseks vajaliku ligipääsu olemasolu

Juba paigaldise ehitamise ajal tuleb kontrollida, et käitatav elektriseade, aparaat paigaldatakse nii, et vajalikke käidu- ja hooldustöid saab teha ohutult ning et käitaja neile kergesti ligi pääseks Selle eelduseks on näiteks jaotuskeskuse ees olev piisav teenindus-hooldusruum.

Eriruumide puhul (plahvatusohtlik keskkond, meditsiiniasutused) vaadatakse läbi nende rajatistega seotud lisanõuete täitmine.

24.3 KATSETAMINE

24.3.1 ÜLDIST

Eeldatavalt on katsetest kõige olulisemad kasutuselevõtukontrolliga seotud mõõtmised. Pinge polaarsuse ja suuruse ning vajaduse korral ka seadmete funktsionaalsete omaduste kontroll kuulub samuti standardsete katsetuste hulka. Katsetused, nagu ka visuaalkontroll, viiakse läbi vähemalt osaliselt või ka täielikult ehitustööde tegemise ajal, mitte ainult ehitustegevuse lõppjärgus. Õigeaegset mõõtmiste ja katsetamise vajadust tuleb arvestada juba paigaldustööde kavandamisel.

Kuna katsetused toimuvad suures osas ehitusperioodil, viib see paratamatult selleni, et katsete teostamise oskust ning sellega seotud oskusteavet nõutakse praktikas kõikidelt elektriala spetsialistidelt. Kuigi seni pole veel saavutatud olukorda, mil paigaldaja ise näeb ja teab, millal ja missugusteks katsetustoiminguteks on õige aeg, tuleb selle

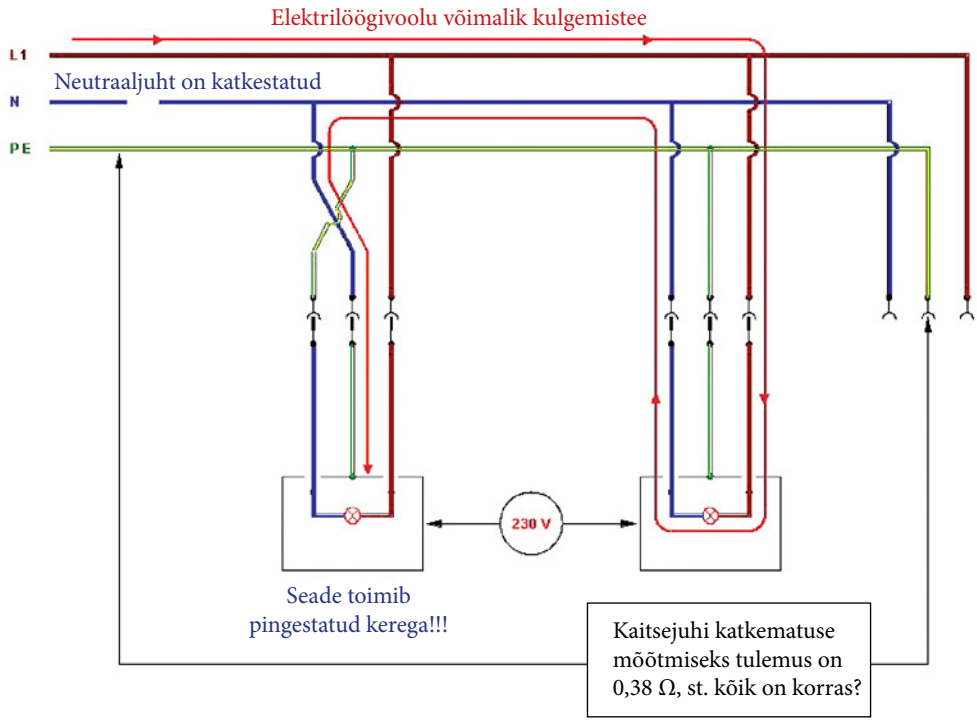
poole igal võimalusel püüelda.. Õigeaegselt avastatud puuduste märkamine hõlbustab ja sageli ka kiirendab nende kõrvaldamist ning vähendab muudatustega seotud kulutusi.

24.3.2 PINGEVABADE AHELATE MÕÕTMISED

Kõnealuste mõõtmiste hulka kuuluvad kaitsejuhiahela katkematuse kontrollmõõtmine, selle madala-oomilise takistuse tuvastamiseks, paigaldiste isolatsioonitakistuste mõõtmised, SELV-, PELV-ahelate või mittejuhtiva e isoleeritud ümbrusega piirkondade põranda- ja seinapindade isolatsioonitakistuse mõõtmised, , maandurite maandustakistuse mõõtmised ning võrgupinge mõõtmised.
Kaitsejuhiahela katkematuse mõõtmised ja paigaldiste isolatsioonitakistuse mõõtmised on kompleksmõõtmised, st neid ei saa teostada ainult osaliselt, vaid tuleb läbi viia kogu paigaldise ulatuses korraga. SELV- ja PELV-ahelate või elektriliselt eraldatud ahelate isolatsioonitaseme mõõtmised, isoleeritud ümbrusega piirkondade põranda- ja seinapindade takistuse mõõtmised, maanduri maandustakistuse mõõtmised ning võrgupinge mõõtmised on praktikas vähem ettetulevad, kuid vaatamata sellele, tuleb ka neid mõõtmisi teha põhjalikult. Järgnevalt käsitletakse kasutuselevõtukontrolliga seotud mõõtmisi ja katsetusi detailsemalt standardi EVS-HD 60364-6:2007 nõuete alusel.

24.3.3 KAITSEJUHTIDE KATKEMATUSE KONTROLLIMINE

Kaitsejuhid liigitatakse maandusjuhtideks, kaitsemaandusjuhtideks, PEN-juhtideks ja potentsiaaliühtlustusjuhtideks. Kaitsejuhi katkematust kontrollitakse seadmete kaupa, sest nt kaitsejuhi katkematust tuleb kontrollida jadamisi asuvate pistikupesade rühma puhul igas pistikupesas eraldi.



Joonis 24.6. Kui kaitsejuhiahela katkematuse mõõtmine viiakse läbi vaid jadamisi asuvate pistikupesade rühmaliini lõpust, võib joonisel kirjeldatud väärühendus jääda avastamata ning samas on see eluohtlik, pingealdiste osade vaheline pinge võib tõusta kuni 230 V.

TN-S-juhistikusüsteemis kaitsejuhiahela kontrollmõõtmisel. tuleb neutraal- ja kaitsejuhi omavaheline ühendus kindlasti lahti võtta nii ahelakatkematuse mõõtmise kui ka selle isolatsioonitakistuse mõõtmise ajaks. Kui seda ei tehta, siis ei saa neutraal- ja kaitsemaandusjuhi võimalikku omavahelist segiminekut mõõtmiste järgi tuvastada.

Mõõta tuleb standardi EVS-EN 61557 nõuetele vastavate mõõteriistadega. See nõue kehtib kõikide kasutuselevõtuga seotud mõõtmiste puhul ning tähendab, et nt kaitsejuhiahela katkematuse mõõtmisel tuleb kasutada vähemalt 200 mA katsevoolu, eriotstarbelistes elektripaigaldistes, näiteks meditsiinipaigaldistes 10 A.

Tabel 24.1. Vask- ja alumiiniumjuhtide takistused pikkusühiku kohta

Juhtide ristlõikepind mm²	Vaskjuhid		Alumiiniumjuhid	
	Takistus meetri kohta (Ω/m)	Takistus 100 meetri kohta (100 Ω/m)	Takistus meetri kohta (Ω/m)	Takistus 100 meetri kohta (100 Ω/m)
1,5	0.0115	1,15		
2,5	0.0069	0,69		
4	0.0043	0,43		
6	0,0029	0.29		
10	0.0017	0,17		
16	0,0011	0.11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08		
25	0.0007	0.07	0,0011	0,11
35	0,0005	0.05	0,0008	0.08
41	0.0004	0,04		
50	0,00035	0.035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03		
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95			0,0003	0,03
120			0,00024	0.024
150			0,00019	0,019
185			0,00015	0,015

Kasutatavate mõõtejuhtide takistust saab sõltuvalt mõõteaparaadist kas kompenseerida või tuleb mõõtejuhtide takistus arvutuste teel arvesse võtta ja mõõtmistulemustest maha lahutada. Esimene mõõtmine on soovitatav alati läbi viia otstest lühistatud mõõtejuhtmetega. Sel juhul saab ka teada, kas mõõteriist kompenseerib mõõtejuhtmete takistust või teisalt, leitakse kasutatavate mõõtejuhtmete takistuse väärtus, mis tuleb meelde jätta ja hiljem saadud mõõtmistulemusest maha lahutada.

Mõõtmisel tuleb pöörata tähelepanu ka mõõteahelasse jäävate kontaktide, liideste korralikule ühendusele, sest isegi nende väike üleminekutakistus võib saadud mõõtetulemust väga oluliselt mõjutada.

Kasutatavate mõõteotsikute valik peab olema piisavalt suur, et alati saaks valida mõõdetavale objektile kõige paremini sobiva mõõteotsiku. Kui mõõteotsikut on vaja mõõtmiste ajal vahetada, siis tuleb veenduda, kas mõõtejuhtide takistust kompenseeritakse või tuleb mõõtejuhtide takistust otsiku vahetamisel uuesti mõõta.

Kasutuselevõtukontrolli mõõtmistulemuse protokoll peab näitama, et kaitsejuhiahela katkematuse mõõtmised on läbi viidud jaotuskeskustele ettenähtud nõuete kohaselt.

Kuna kõik katsete tulemused tuleb vajaduse korral üle anda elektripaigaldise omanikule, tuleks enne esimest mõõtmist tutvuda antud omaniku poolt järgitava tavaga. Loomulikult on teiseks võimaluseks alati kõik mõõtmistulemused korralikult dokumenteerida/salvestada , mis salvestavate mõõteseadmete puhul on üsna lihtne tegevus.

Kontrollitavate ahelate suure pikkuse korral on mõistlik kasutada abimõõtejuhte, nt sama kaabli ühe faasijuhi soont. Kui faasi- ja kaitsejuhtide ristlõikepindalad on erinevad, tuleb mõõta kahest faasijuhist koosneva ahela takistust ning faasi- ja kaitsejuhi ahela takistust. Kaitsejuhi takistuse lõplik väärtus, kui seda on vaja teada, leitakse nende mõõtmistulemuste põhjal arvutustega. Sama metoodika kasutamine võib osutuda vajalikuks olukorras, kus faasi- ja kaitsejuht ei ole samast materjalist.

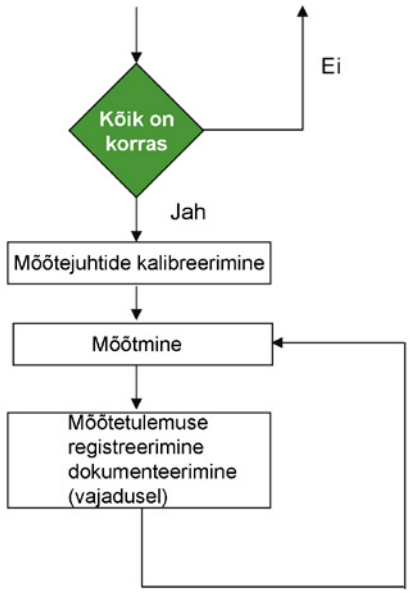
Üksiku kaitsejuhiahela mõõtmisel võib sageli vaja minna kaitsejuhi kogupikkusele vastava pikkusega abijuhti, mis mõõtejuhtmete väikese pikkuste puhul on tavaliselt lihtsaim lahendus. Mõõtejuhtmete suurema pikkuse korral võib kaitsejuhi lõpusosa mõõtmisel abiks olla juba eespool mõõdetud võrdluspunkt, et nii vältida pikkade abijuhtide kasutamist.

Juhul kui kaitsejuhtide ühendused asuvad seadmete kerede või muude ümbriste sees, võib olla parimaks viisiks mõõta ahela katkematust sisselülitatud olekus seadmega, sest nii saab vältida tarbetut seadme ümbrise avamist ja taassulgemist ainult mõõtmise otstarbel. Samuti võib mõningatel juhtudel olla parimaks variandiks kaitsejuhi katkematuse mõõtmine seadme juhtiva kere kaudu.

TN-S-süsteemis nõutakse neutraal- ja kaitsejuhi vahelise silla lahtiühendamist. Pärast seda kui muid pingevabas olekus ettenähtud mõõtmisi enam ei tehta, tuleb meeles pidada, et neutraal- ja kaitsejuht silla abil uuesti kokku ühendatakse. Kui see ühendamine unustatakse teha ja elektripaigaldis või selle osa pingestatakse , võib halvimal juhul neutraaljuhi ja mõne faasijuhi vaheline pinge tõusta üle 250 V. Sel juhul on nt seadmete riknemine liigpinge tõttu väga tõenäoline. Et vältida seda tüüpi probleeme, on soovitatav enne seadme või paigaldise pingestamist neutraal- ja kaitsejuhi on kokkuühendatust mõõtmistega kontrollida, , kuigi standard sellist kontrolli tingimata ette ei näe.

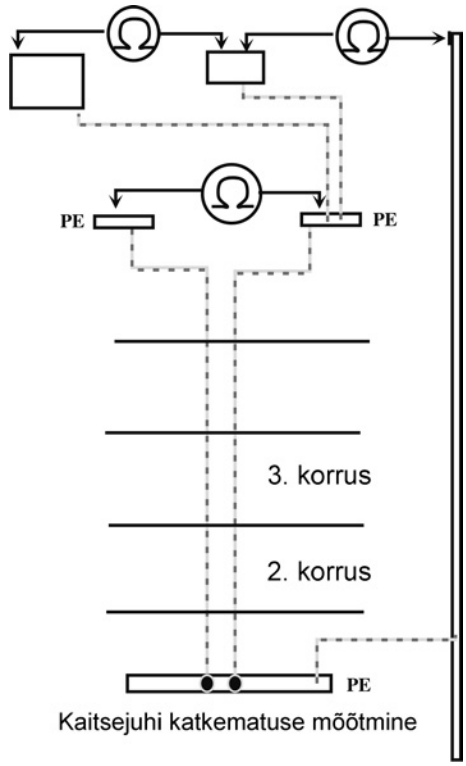
KAITSEJUHTIDE KONTROLLIMINE

Mõõtmiste ettevalmistamine
- Vajalikud dokumendid ja protokollid
- Vajalikud mõõteseadmed, mõõtejuhud ja mõõteotsikud
- Nende korrasolu kontroll
- Objekti pingevaba oleku kontrollimine ja vajadusel
- Objekti tegemine pingevabaks
- N- ja PE-juhtide lahutamine.



Korratakse kuni kõigi kaitsejuhtide kõik mõõtepunktid on üle mõõdetud.
NB! KÕIKEHÕLMAV MÕÕTMINE.

Joonis 24.7. Kaitsejuhiahelate katkematuse kontrollimine



Joonis 24.8. Alternatiivne kaitsejuhi katkematuse kontrollimine pikkade ahelate korral

24.3.4 ISOLATSIOONITAKISTUSE MÕÕTMINE

Kuigi standardis EVS-HD 60364-6 soovitatakse isolatsioonitakistust mõõta peale kaitsejuhiahela katkematuse mõõtmist, on eriti väiksemate paigaldiste puhul mõistlik isolatsioonitakistuse mõõtmine läbi viia esimese mõõtmisena. Sellise võimaluse näeb ette ka standard.

Kui isolatsioonitakistuse mõõtmine toimub esimese mõõtmisena, tuleb tagada, et neutraal- ja PE-juhid on teineteisest lahutatud, so neid ühendav sild on lahti võetud. Isolatsioonitakistust tuleb mõõta kõigi pingestatud juhtide ja maa vahel. TN-S süsteemis loetakse PE-juht maa osaks, samuti nagu TN-C süsteemis loetakse maa osaks PEN-jht. TN-S-süsteemis loetakse ka neutraaljuht voolujuhiks. Mõõtmise ajal saab kõik äärejuhid ja neutraaljuhi rööbiti kokku ühendada. Kui mõõdetavad ahelad sisaldavad elektroonilisi seadmeid, tuleb seda nende rikkeohu vältimiseks kindlasti ka teha. Tuleb siiski meeles pidada, et täielikult ei taga ka see meede elektroonikaseadmete võimalikke rikkeid. Paigaldamisel tehtud teatud väärühenduste korral võivad elektroonikaseadmed saada rikutud ka vaatamata sellele, et äärejuhid ja neutraaljuht on kokkuühendatud.

Elektroonikakomponente sisaldavate seadmete ahelates võib olla mõistlik, teha esimene korraline mõõtmine standardile vastavast katsepingest madalama pingega, mil seadmete riknemise risk on väiksem.

Elektrienergia mõõte- ja programmjuhtimisseadmete neutraaljuht võib olla ühendatud toiteahela PEN-juhiga. Sel juhul tuleb see neutraaljuht PEN-juhist lahti ühendada, et vältida mõõtmistel nende seadmete kahjustamist. Teiselt poolt tuleb arvestada asjaoluga, et lahtiühendamata juhtide ja seadmete kaudu moodustub maa kaudu juhtiv ühendus, mis võib põhjustada mõõtmistulemuse täpsuse vähenemist alla lubatud väärtuse.

Ettevalmistuste hulka kuulub ka kõikide kaitsmete, kaitselülitite, rikkevoolukaitsmete, juhtimis- ja käivituslülitite jne viimine suletud asendisse. Mõõtmiste ajal peab paigaldis olema toiteallikast lahutatud.

Enne esimest tegeliku mõõtmist on soovitav läbi viia üks mõõtmine, otstest lühistatud mõõtejuhtmetega. Sellega kontrollitakse mõõteseadme enda sätteid ja mõõtepiirkondade valikuid ning kasutatavate mõõtejuhtmete õigsust ja seisundit. Tuleb arvestada, et näiteks isolatsioonitakistuse mõõtmisel saadakse katkise mõõtejuhtmega näiliselt suurepäraseid tulemusi.

Väiksemates paigaldistes võib optimaalsel juhtumil osutuda piisavaks ka üks ainus isolatsioonitakistuse mõõtmine. Seda juhtub siiski harva. Kui elektriseadmed sisaldavad SELV- või PELV-ahelaid või elektriliselt eraldatud süsteeme: releesid, kontaktoreid või ainult trepivalgustite veksellülitite paari, tuleb mõõtmisi teha rohkem kui üks.

Kui relee või kontaktori kontakte saab sulgeda nt kruvikeeraja vajutusega, võib seda sel viisil ka teha. Mõõtmistel suletakse üks kontaktor korraga. Ülejäänud paigaldis võib olla mõõtmisse kaasatud, kui saadud mõõtmistulemused rahuldavad nõutud väärtusi. Sel juhul on siiski oluline teada üksikuid mõõtmistulemusi, et hiljem saaks selgitada, missugune relee või kontaktor on teatud juhtumil olnud suletud. Praegu on kasutusel ka niisugused releed ja kontaktorid, mida ei saa mehaaniliselt sulgeda. Sel juhul tuleb relee või kontaktori järel olevat ahelat mõõta eraldi. Sellistes olukordades tuleb meeles pidada, et enne releed või kontaktorit tehtud äärejuhtide ja neutraaljuhi ühendused enam ei mõjuta relee või kontaktori järel olevat ahelat.

Isolatsioonitakistuse väikseimad lubatud väärtused on esitatud tabelis.

Tabel 24.2. Isolatsioonitakistuse vähimalt nõutavad väärtused

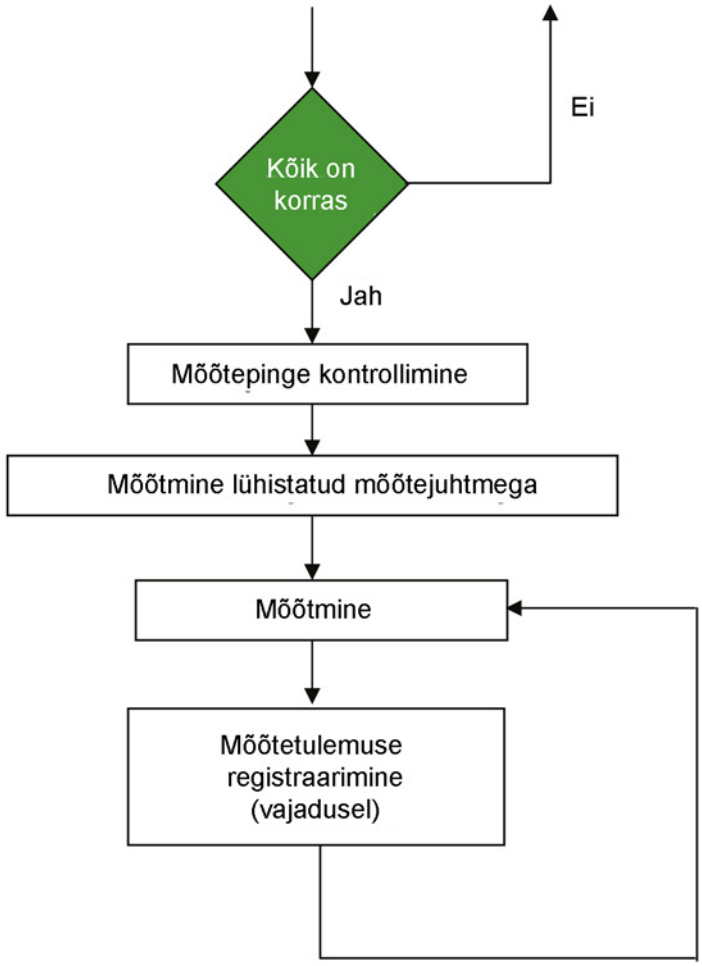
Vooluahela nimipinge V	Mõõte-alalispinge V	Isolatsioonitakistus MΩ
SELV ja PELV ahelad	250	≥0,5
Kuni 500 V pingega ahelad, sealhulgas FELV (välja arvatud SELV ja PELV ahelad)	500	≥1,0
Üle 1500 V	1000	≥1,0

Kui mõõteahelates on liigpingekaitse või elektroonikaseadmeid, mis võivad mõjutada negatiivselt mõõtmistulemusi või rikkuda seadmeid ja mida ei saa mõõtmise ajaks ilma suure lisatööta lahti ühendada, võib mõõtmisi läbi viia, kasutades 500 V teimipinge asemel 250 V teimipinget. Isolatsioonitakistus peab ka sel juhul olema ≥ 1,0 MΩ.

Kui paigaldise kogu seadmestikku haarava mõõtmise puhul ei saavutata tabelile vastavaid isolatsioonitakistuse väärtusi, tuleb mõõtmised läbi viia väiksema seadmerühmaga korraga nii, et saavutatakse tabelis toodud minimaalselt lubatud väärtused. Mõõdetav ala ei tohi siiski olla väiksem üksiku seadmerühma ahelatest. Kui seejuures ikka ei saavutata standardiga nõutavaid isolatsioonitakistuse väärtusi, tuleb selle põhjus välja selgitada ja kõrvaldada see enne objekti üleandmist ja kasutuselevõttu. Sellega kaasnevat veaotsingut antud juhul ei käsitleta.

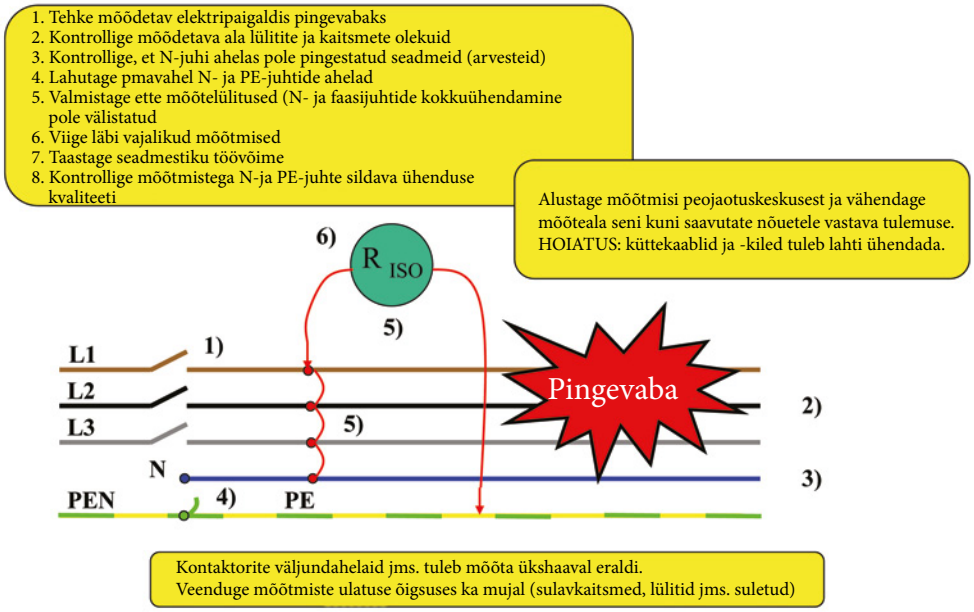
ISOLATSIOONITAKISTUSE MÕÕTMINE

Mõõtmiste ettevalmistamine
- Vajalikud dokumendid ja protokollid
- Vajalikud mõõteseadmed, mõõtejuhud ja mõõteotsikud
- Nende korrasolu kontroll
- Objekti pingevaba oleku kontrollimine ja vajadusel
- Objekti tegemine pingevabaks
- N- ja PE-juhtide lahutamine
- PEN ahelaga ühendatud N-juhtme lahtiühendamine (vajadusel)
- N- ja L-juhtide kokkuühendamine
- sulavkaitsmete, lülitite jms. ahelate sulgemine



Korratakse kuni kõikide ahelate isolatsioonitakistus on mõõdetud.
(sealhulgas ka kontaktorite ja releede väljundahelad)
NB! KÕIKEHÕLMAVAD MÕÕTMISED

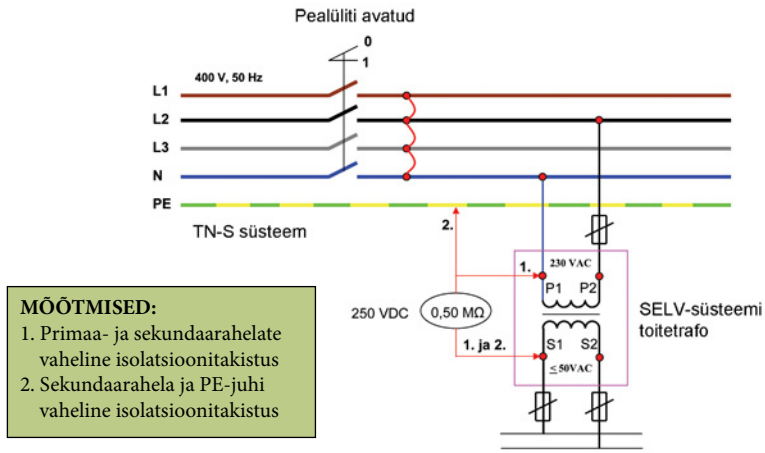
Joonis 24.9. Isolatsioonitakistuse mõõtmine



Joonis 24.10. Mõõtelülitus isolatsioonitakistuse mõõtmisel

SELV-juhistikusüsteem

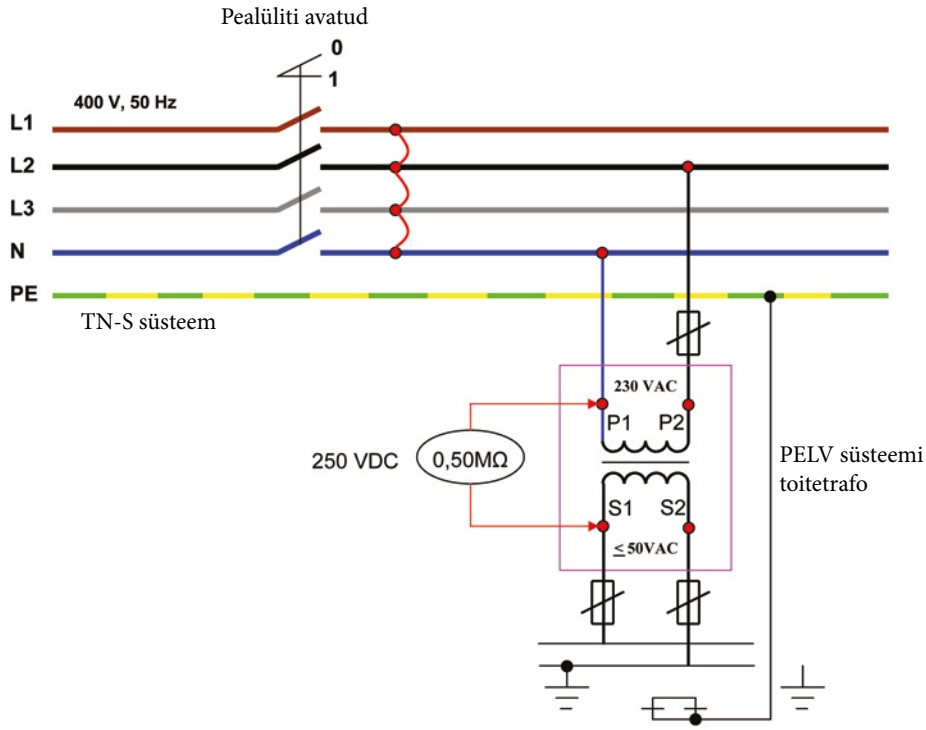
SELV-süsteemis kasutatakse kaitseks elektrilöögi eest kaitseväikepinget (U ≤ 50 V vahelduvvoolu puhul või ≤ 120 V alalisvoolu puhul). Väikepinget saadakse tavaliselt vastava trafo vahendusel elektripaigaldise jaotusvõrgust ja seepärast peab kasutatav trafo vastama eraldustrafodele esitatavatele nõuetele. Paigaldise kasutuselevõtuga seotud mõõtmisel tuleb kontrollida SELV-ahela primaar- ja sekundaarpoole elektrilist eraldatust ja sekundaarpoole elektrilist eraldatust kaitsemaandusjuhist. Kasutatava mõõtepinge ja takistuse väärtused peavad vastama tabelis 24.2 esitatud nõuetele.



Joonis 24.11. SELV-süsteemi isolatsioonitakistuse mõõtmine

PELV-juhistikusüsteem

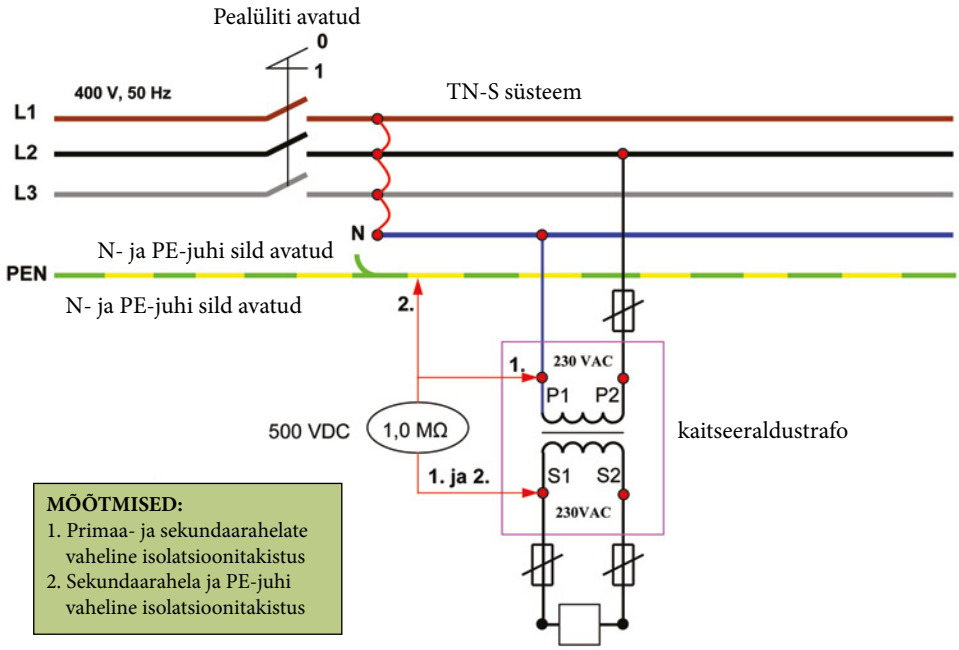
PELV-süsteemis kasutatakse kaitseväikepinget (U ≤ 50 V vahelduvvoolu puhul või U ≤ 120 V alalisvoolu puhul), nagu ka SELV-süsteemis. PELV-süsteemis võib siiski, ainult seadmete õige talitlemise eesmärgil, sekundaarpoole ühe pooluse maandada või pingealtid ligipääsetavad osad ühendada kaitsemaandusega. Sel juhul mõõdetakse isolatsioonitakistust trafo primaar- või sekundaarpoolel eraldi, analoogselt SELV-süsteemile.



Joonis 24.12. PELV-süsteemi isolatsioonitakistuse mõõtmine

Vooluahelate elektriline eraldamine

Vooluahelate elektrilise eraldamise kaitseviisi rakendamisel lahutatakse kaitse eesmärgil elektriahelad üksteisest galvaaniliselt. Pinged vastava eraldustrafo primaar- ja sekundaarpoolel on võrdsed , vahelduvvoolu puhul 230 V. Sel juhul tuleb mõõtmistega kontrollida, kas primaar- ja sekundaarpool on galvaaniliselt eraldatud ning kas sekundaarpool on galvaaniliselt eraldatud kaitsemaandusjuhtide ahelatest. Mõõtmised tuleb teha 500 V alaispingega ja isolatsioonitakistuse minimaalne väärtus peab olema Re ≥ 1,0 MΩ.



Joonis 24.13. Elektriliselt eraldatud vooluahelate isolatsioonitakistuse mõõtmine

Põranda ja seinapindade näivtakistus

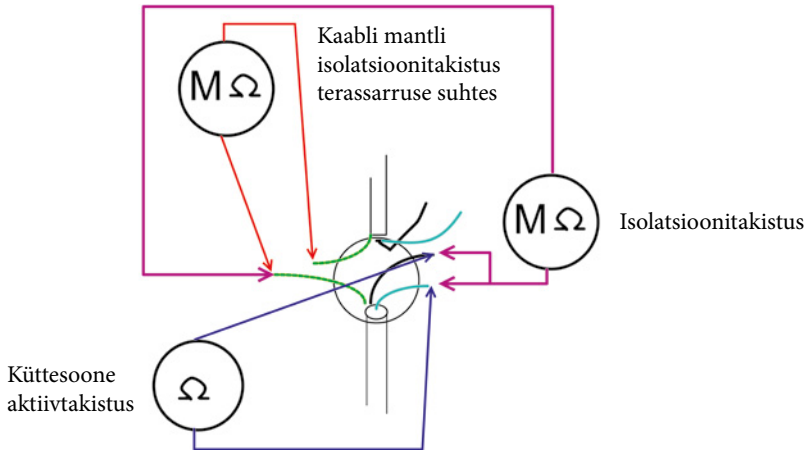
Elektriohutuse seisukohast tuleb aeg-ajalt kontrollida põranda- ja seinapindade takistust. Põrandapinna takistuse mõõtmine võib osutuda vajalikuks elektrilaborite ja remonditöökodade ruumides. Takistust tuleb sel juhul mõõta vähemalt kolmes punktis, millest üks mõõtmine tuleb teha umbes 1 m kaugusel kõnealuse objekti (seadme) mistahes muust ligipääsetavast juhtivast pingealtist osast. 500 V pingega mõõtmisel piisab kui isolatsioonitakistuse väärtus on sel juhul 50 kΩ. Mõõtmiste läbiviimisel tuleb kasutada standardile EVS-HD 60364-6 vastavaid mõõteelektroode.

Elekterküttekaablite ja pinnaküttekilede mõõtmised

Küttekaablite ja pinnaküttekilede puhul tuleb mõõtmisi teha ka nende paigaldamise ajal. Niisuguste nõutavate mõõtmiste hulka kuuluvad kile või küttekaabli silmustakistuse (küttesoone aktiivtakistuse) ja isolatsioonitakistuse mõõtmine kohe pärast nende paigaldamist (enne viimistlusmaterjaliga katmist) ning nii kiiresti kui võimalik ka pärast katmist.

Silmustakistuse mõõtmine toimub küttekaabli toitepoolsete otste (faasi- ja neutraljuhi) vahelt. Isolatsioonitakistust mõõdetakse ja faasi- ja kaitsejuhi ning ka neutraal- ja kaitsejuhi vahel. Lisaks soovitatakse küttekaablite isolatsioonitakistuse mõõtmist kaabli kaitsesuka ja kaabli juhtiva aluspinna (sageli betooni armatuuri) vahel. Mõõtmiste protokolli märgitakse kõik saadud tulemused. Lisaks on oluline mõõtmiste protokollis registreerida kaabli või kile andmesildile märgitud pinge, takistuse ja võimsuse väärtused. Näited tootja küttekaabli või -kile mõõteprotokollidest on lisades A ja B.

Enne katmist tehtud mõõtmiste põhjal tuleb veenduda mõõdetud takistuste väärtuste, andmesildil antud takistuste ja võimsuste ning paigaldusjoonisel antud võimsuste omavahelises vastavuses. Alles pärast kirjeldatud kontrollimeetmeid võib anda loa küttekaabli või -kile katmiseks.



Joonis 24.14. Küttekaabli takistuste mõõtmine

Maanduri takistuse mõõtmine

Kui maanduspaigaldise takistusele on projektis määratletud nõutav väärtus, siis tuleb maandustakistust mõõta sobiva meetodiga. Kuna TN-juhistikusüsteemiga madalpingepaigaldistes maanduri maandustakistuse väärtusi reeglina ei normita, siis ka selle mõõtmist uutes ja rekonstrueeritud elektripaigaldistes tavaliselt ei nõuta., Eeltoodud põhjusel ka vastavaid mõõtmismeetodeid antud juhul ei käsitleta.

24.3.5 PINGESTATUD AHELATE MÕÕTMISED

Toiteahela automaatsel väljalülitumisel põhinev kaitse

a) TN-süsteem

Kõige levinum viis toite automaatse väljalülitumise kontrollimiseks on rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmine, selle põhjal rikke korral tekkiva lühisvoolu suuruse määramine ja saadud tulemuse võrdlemine konkreetse vooluahela kaitseseadmete andmetega. Lisaks kontrollitakse liigvoolukaitseaparaadi toimimist.

Alati pole vaja teha standardikohaseid rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmisi. Seda siis, kui kaitsejuhi katkematust on eelnevalt mõõtmistega kontrollitud ning saadaval on ka rikkesilmuse juhtide (L-juhi ja PE-juhi) näivtakistuste arvutused. Lisaks tuleks vajadusel paigaldistes kontrollida ka ahelate tegelikku pikkust ja ristlõigete vastavust. Muidugi kuulub hea paigaldustava juurde ka see, et kasutatud arvestuslike lähteandmete tõepärasust saaks kontrollida mõõtmistega alates peajaotuskeskusest.

b) TT-süsteem

Eestis ja ka Soomes on selline juhistikusüsteem nii haruldane, et selle mõõtmisi siinkohal ei käsitleta.

c) IT-süsteem

Ka madalpingeline IT-süsteem on suhteliselt harva esinev, mistõttu selle mõõtmisi siinkohal ei käsitleta.

Rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmine

Juhul kui mõõdetakse rikkesilmuse näivtakistust, tuleb see mõõtmine läbi viia ahela nimisagedusel. Mõõtmised ei pea olema kõikehõlmavad. Äärmisel juhul võib olla vajalik ühe või mitme mõõtmise sooritamine iga kaitseaparaadi (nimivoolu ja tüübi) ning lühisahela juhi ristlõikepinna kohta. Seda juhul, kui muidu ei saa kõikidel võimalikel juhtumitel kontrollida kiire väljalülitumise toimimist. Seega tuleb mahukaid mõõtmist läbi viia siiski harva, ning suuremal osal juhtudest tuleb läbi viia vaid mõned mõõtmised.

Üldpõhimõttena saab rääkida mõõtmiste sooritamisest igas jaotuskeskuses ja mõnede mõõtmiste läbiviimisest paigaldise jaotusvõrgu hinnatud ebasoodsates punktides. Niisugused ebasoodsad punktid asuvad reeglina väikese ristlõikega juhtide alal. Mõõtmistulemustest võib seega järeldada, kas on vaja teha täiendavaid mõõtmisi või kas juba tehtud mõõtmistulemuste põhjal saab järeldada, et kiire väljalülitamine toimib projektiga ettenähtud ahelates kogu paigaldise ulatuses.

Mõõdetud rikkesilmuse näivtakistus peab olema TN-süsteemis niisugune, et toitepinge väljalülitumine toimuks standardile ja projektile vastavalt selleks ettenähtud aja jooksul. Lisaks tuleb arvestada võimalikust temperatuuri tõusust tulenevat näivtakistuse suurenemist rikke korral. Seda saab praktiliselt tagada juhul kui rikkesilmuse mõõdetud näivtakistuse väärtus ei ületa 80 % rikkesilmuse näivtakistuse arvutuslikust väärtusest. Nii peaks mõõtmistel leitava tegeliku lühisvoolu väärtus olema rakendumisvoolu piirväärtusest 1,25-korda suurem.

Elektripaigaldiste tavapärases madalpingevõrgus on kasutusel kaitseaparaatide kaks rakendumisaega: 0,4 s ja 5 s. Liigvoolukaitse korral pole kasutatavatel ajaväärtustel selles mõttes tähtsust, et kaitseseadmelt nõutava lühisvoolu väärtus on mõlema rakendumisaja korral üks ja sama. Korkkaitsmete ja käepidemega sulavkaitsmete puhul on olukord teine. Et saavutada lühemat rakendumisaega, peab korkkaitsmete ja käepidemega sulavkaitsmete lühisvoolu rakendumisväärtus (voolu kordsus) olema oluliselt suurem kui pikema rakendumisajaga kaitsmete puhul.

Millal siis kasutatakse 0,4 sekundilist ja millal 5 sekundilist rakendumisaega? 5 sekundilist rakendumisaega lubatakse TN-juhistike kõigis jaotusahelates ja lõppahelates nimivooluga üle 32 A. Muudel juhtudel, so lõppahelates nõutakse 0,4 sekundilist rakendumisaega. Selle nõude karmistamine, alates 2007.a., mõjutab gG-tüüpi kaitsmete kasutamist. Neid asjaolusid tuleb arvestada juba projekteerimise ajal, et vältida projekti elluviimise etapil üleliigseid muudatusi või täiendusi. Nõuete hulka võib kuuluda ka B-tunnuskõveraga kaitselülitite kasutamine rühmjuhtide kaitseks. Eelkõige pistikupesade rühma puhul võib B-tunnuskõveraga automaatkaitselüliti kasutamine tuua endaga kaasa probleeme ning seetõttu tuleb B-tunnuskõveraga kaitselülitite kasutamist pistikupesade rühma kaitseks kaaluda iga juhtumi puhul eraldi.

Tabel 24.3. Toiteahela automaatseks lahutamiseks vajalikud lühisvoolud ja nendele vastavad kaitselülitid.

Kaitselülitite vähimad talitlusvoolud ja nõutavad mõõdetavad väärtused								
Nimi-vool	B-tüüpi 0,4 s ja 5,0 s	Nõutav mõõte-väärtus	C-tüüpi 0,4 s ja 5,0 s	Nõutav mõõte-väärtus	K- ja G-tüüpi 0,4 s ja 5,0 s	Nõutav mõõte-väärtus	D-tüüpi 0,4 s ja 5,0 s	Nõutav mõõte-väärtus
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Tabel 24.4. Toiteahela automaatseks ja kiireks lahutamiseks vajalikud lühisvoolud ja nendele vastavad sulavkaitsmed.

gG-sulavkaitsmete vähimad talitlusvoolud ja nõutavad mõõdetavad väärtused				
Nimivool	gG-sulavkaitse 0,4 s	Nõutav mõõteväärtus	gG-sulavkaitse 5,0 s	Nõutav mõõteväärtus
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	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	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

Rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmise võib teatud erandjuhtudel (standardis esitatud nõuete täitmisel) asendada seadme pingealti osa ja potentsiaaliühtlustusahela lähima punkti vahelise takistuse R mõõtmisega. Kuna niisugused mõõtmised on suhteliselt harvaesinevad pole neid siinkohal otstarbekas käsitleda.

24.3.6 RIKKEVOOLUKAITSE TALITLUSE KONTROLLIMINE

Igat rikkevoolukaitselülitit tuleb katsetada. Lüliti korrasoleku (talitlemise) testimiseks on rikkevoolukaitselülitil olemas vastav testimisnupp. Lisaks tuleb mõõtmistega kontrollida, et seadme rakendumisvool ei ületaks nimi-rakendumisvoolu (10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA või 500 mA). Rikkevoolukaitselüliti võib olla A-tüüpi või B-tüüpi. Uutes paigaldistes on keelatud AC-tüüpi kaitselülitite kasutamine. Teatud juhtudel tuleb mõõta ka rikkevoolukaitsme rakendumisaega. Seetõttu soovitatakse kindluse mõttes mõõta rakendumisaega alati koos rakendumisvoolu mõõtmisega, et vältida teistkordseid mõõtmisi, juhul kui niisugune vajadus alles hiljem avastatakse.

Praktikas on tihti mõttekas teha täiendavaid mõõtmisi. Tüüpilisteks täiendavateks katseteks on nn. rambikatse ja rikkevoolukaitselüliti järgse neutraaljuhi ahela ja muude neutraaljuhi ahelate eraldatuse kontrollimine. Rambikatse abil saab tavaliselt teada rikkevoolukaitselüliti tegeliku rakendumisvoolu väärtuse ning rakendumise aja vastava nimi-rakendumisvoolu juures. Kui neid väärtusi kord juba mõõdetakse, on mõistlik ka need protokollis jäädvustada, et vajaduse korral saaks neid andmeid kasutada hilisemate võimalike kontrollitoimingute puhul. Rambikatse abil saab ka veenduda, et rikkevoolukaitselüliti ei oleks liiga tundlik. Tootestandardi järgi peab rikkevoolukaitselüliti rakendumisvool olema võrreldes nimi-rakendumisvooluga 0,5- kuni 1-kordne. Kontrollides rikkevoolukaitselüliti järgse neutraaljuhi ja muude neutraaljuhi ahelate eraldatust, saab vältida rikkevoolukaitselüliti otsest väärrakendumist, rikkevoolukaitselüliti järel olevate rühmade kasutuselevõtmisel.

24.3.7 MUUD KONTROLLIMEETMED

Polaarsuse kontroll

Ühepooluseliste lülitusaparaatide paigaldamine neutraaljuhi ahelasse on keelatud. Selle tingimuse täitmise kontrolliks on kontrollitoimingute standardis määratletud vastavad kasutuselevõtukontrolli meetmed. Praktikas tuleb vastav kontroll läbi viia lülitusaparaatide paigaldamisel. Seega jääb kontrolli teostamine sel juhul lülitusaparaadi paigaldaja või tööde üle järelvalvet teostava isiku ülesandeks.

Pinge kontroll

Pingetest tuleb teha paigalduskohal valmistatud või muudetud seadmele. Madalpingeseadmete puhul pole neid teste reeglina vaja teha ning seetõttu neid antud juhul lähemalt ei vaadelda.

Toimivuse kontroll

Erinevatele paigaldatud seadmetele, nagu näiteks lülitus-, ajami-, juhtimis- ja blokeerimisseadmetele tuleb teha toimivuse kontroll, tegemaks kindlaks, et need on vastavalt kehtestatud nõuetele paigaldatud ja seadistatud. Vajaduse korral tuleb talitluskatsed teha ka näiteks reguleeritava sättega kaitseaparaatidele, veendumaks, et need on õigesti paigaldatud ja seadistatud.

Talitluskatsetel kontrollitakse ka faasijärjestust nii kõikides 3-faasilistes jaotuskeskuses, kui ka 3-faasilistes pistikupesades. 3-faasiliste pistikupesade faasijärjestuse kontrollimiseks soovitatakse kasutada pistikusse sisseehitatud katseseadet. Seda ka seetõttu, et sageli on need pistikupesad kaitstud rikkevoolu- kaitselülitiga. Kui sel juhul üks mõõtejuhtmetest ühendatakse kogemata kaitsejuhiga, on tulemuseks rikkevoolukaitselüliti rakendumine. Jaotuskeskuste ja muude sarnaste kohtade faasijärjestuse õigsust on sageli lihtsam kontrollida kahe mõõtepeaga pingedetektorite abil.

Selleks, et kõiki neid talitluskatseid saaks teha, peavad kõik paigaldised olema valmis ehitatud ning nende juhtimis- jms süsteeme kontrollitud, võttes arvesse kõiki seadmeid ja nende nimiparameetreid . Suuremates ehitistes on elektripaigaldiste vastuvõtukontroll töömahukas toiming ja seetõttu tuleb ka talitluskatseteks jätta piisavalt aega. Ehitise kasutuselevõtu- etapis pretensioonidena esile tulevad talitlushäired tekitavad alati kahtlusi töövõtja oskuste suhtes ja peegeldavad üldiselt töövõtja tegevust vägagi negatiivsest küljest. Lisaks sellele põhjustab selliste rikete ja puuduste kõrvaldamine juba kasutusele võetud kohas tavalisest suuremaid kulutusi.

24.3.8 KASUTUSELEVÕTUKONTROLLI ARUANNE

Iga uue paigaldise või olemasoleva paigaldise laienduste või muutuste kohta tuleb koostada paigaldiste valmimist kinnitav aruanne.

Standardis EVS-HD 60364-6 nõutakse kontrolltoimingute käigus avastatud vead ja puudused tuleb kõrvaldada enne seda kui töövõtja deklareerib paigaldise vastavaks standardisarja EVS-HD 60364 nõuetele. Kasutuselevõtukontrolli aruandes ei saa seega olla ühtegi viidet elektripaigaldise sellistele vigadele või puudustele, mis on seotud elektripaigaldise ehitajaga.

Olemasoleva paigaldise muutuste või laienduste kasutuselevõtukontrolli aruanne võib vajaduse korral sisaldada soovitusi parandusteks ja täiustusteks.

Kasutuselevõtukontrolli aruanne peab sisaldama
- ülevaatuse protokolle,
- katsetatud ahelate ja katsetustulemuste protokolle.

Ahelate koostise ja katsetustulemuste kohta koostatud protokollid peavad sisaldama iga ahela andmeid, sealhulgas kaitseaparaatide tunnussuurusi, ning katsetuste ja mõõtmiste tulemusi.

Aruanne peab olema kokku pandud ja alla kirjutatud või muul viisil kinnitatud kontrollitoimingutes pädeva(te) isiku(te) poolt.
Märkus. Formularid, mida saab kasutada paigaldiste, eriti elamupaigaldiste kirjeldamisel vastuvõtu- ja korralisel kontrollil, on näidistena esitatud standardi EVS-HD 60364-6:2007 Kontrollitoimingud lisades **F**, **G** ja **H**.

Kirjandus:

EVS-HD 60364-4-41:2007 Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest
EVS-HD 60364-6:2007 Kontrollitoimingud
Elektriohutusseadus, 20.07.2007

D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastus, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
ST käsikirja: Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, Sähkötieto ry