

Heidi Anttila

STANDARDIN UL 508A MUKAISET TEOLLISUUDEN
JAKOKESKUKSET

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2011

STANDARDIN UL 508A MUKAISET TEOLLISUUDEN JAKOKESKUKSET

Anttila, Heidi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2011
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 65
Liitteitä: 20

Asiasanat: teollisuuden ohjauspaneelit, UL 508A, sähköjärjestelmät, sähkölaitteet, suunnittelu

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää, miten jakokeskukselle saa UL hyväksynnän, ja miten hyväksyttämisen prosessi etenee. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, mitä määräyksiä tulee ottaa huomioon jakokeskusten suunnittelussa ja kokoonpanossa siltä osin kuin ne poikkeavat Suomessa käytettävistä standardeista.

Tutkimuksen kohteena olivat englanninkieliset standardit UL 508A ja NFPA 79. Niissä kohdin, kun standardin NFPA 79 määräykset olivat tiukempia kuin standardin UL 508A, niitä pidettiin määräävämpinä. Tutkimuksessa käytettiin suuntaa-antavana apuna Siemens AG:n tekemää ohjekirjasta, joka joissain kohdin ilmaisi selvemmin standardin UL 508A asetuksia.

UL hyväksynnän saaminen keskukselle on tärkeää silloin, kun suunnataan Pohjois-Amerikan markkinoille. Underwriter Laboratory'n (UL) standardit ovat tärkeitä Yhdysvalloissa, sillä UL on yksi kansallisesti arvostetuista koestuslaboratorioista, jotka vahvistavat tuotteiden standardinmukaisuuden ja turvallisuuden.

INDUSTRIAL CONTROL PANELS ACCORDING TO STANDARD UL 508A

Anttila, Heidi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

November 2011

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 65

Appendices: 20

Keywords: Industrial control panel, UL 508A, electric systems, electrical appliance, design

The purpose of this thesis was to find out how one can get an UL approval for industrial control panels and how the approval process proceeds. In addition, the aim was to find out what regulations need to be considered when designing and assembling industrial control panels as they differ from those regulations in the standards being used in Finland.

The subjects of this research were two standards, the UL 508A and the NFPA 79. The regulations in standard NFPA 79 were considered to be dominant if they were more strict than those of the UL 508A. In this research a book by Siemens AG was used as guideline as it clarified some statements of the UL 508A as the language was sometimes complex and hard to understand.

UL approval is important when the company is going to the North American market. Underwriter Laboratory's (UL's) standards are important in the US as UL is one of the nationally valued testing laboratories that makes sure that products are safe and according to standards.

SYMBOLIT JA LYHENTEET

AHJ	Authority Having Jurisdiction
ANSI	American National Standards Institute
CSA	Canadian Standard Association
IEC	International Electrotechnical Commission
NEC	National Electric Code (NFPA 70)
NEMA	National Electrical Manufacturer Association
NFPA	National Fire Protection Association
NFPA79	Electrical Standard for Industrial Machinery
UL	Underwriter Laboratories
UL 508A	Standard for Safety for Industrial Control Panels

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYKSEN ESITTELY.....	9
2.1	Satmatic Oy.....	9
2.2	AS Harju Elekter.....	10
3	UNDERWRITER LABORATORY.....	10
3.1	Underwriter Laboratory.....	10
3.2	UL merkit.....	11
3.2.1	UL Listing Mark.....	12
3.2.2	Yhdistetty UL merkki Eurooppaan, Kanadaan ja Yhdysvaltoihin.....	13
3.2.3	UL Recognized Component Mark.....	14
3.3	Tuotteen hyväksyttäminen.....	14
4	PIENJÄNNITEVERKKOJÄRJESTELMÄT YHDYSVALLOISSA.....	17
4.1	Verkkojärjestelmät.....	17
4.2	Verkon jännite ja taajuus.....	18
4.3	Pohjoisamerikkalainen sähköturvallisuusjärjestelmä.....	18
5	TEOLLISUUDEN OHJAUSPANEELIT.....	19
6	KOMPONENTIT JA LAITTEET.....	19
6.1	Hyväksytyt laitteet.....	20
6.2	Tunnistetut komponentit.....	20
6.3	Hyväksymättömät komponentit.....	21
7	JAKOKESKUSTEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA.....	23
7.1	Sisäiset päävirtapiirit.....	23
7.1.1	Johdin koot.....	23
7.1.2	Virtakiskot.....	23
7.2	Ohjausvirtapiirit.....	24
7.2.1	Ylivirtasuojan mitoitus.....	25
7.2.2	Ylivirtasuojaus ohjauspiireissä, joissa on muuntaja (eristetty toisio).....	26
7.2.3	Pienjännitteiset ja rajoitetun energian ohjauspiirit.....	27
7.2.4	Luokan 2 virtapiirit.....	28
7.2.5	Ohjauspiirin kytkinlaitteet.....	29
7.2.6	Alijännitesuojaus.....	30
7.2.7	Ohjauspiirin kuorma.....	30
7.2.8	Muut laitteet.....	31
7.3	Kotelon huoltovalaistus.....	32
7.4	Pinta- ja ilmapurkausvälit.....	33
7.5	Putkijohtojen läpivientieristimet.....	33

7.6	Keskusmerkinnät	33
7.6.1	Tekninen dokumentaatio	34
7.6.2	Avoimet ohjauspaneelit	34
7.7	Ohjauspaneelin virrattomat metalliosat	35
7.7.1	Metalliosien välisten kytkentöjen jatkuvuuden testaus	35
7.8	Ovet ja peitelevyt	36
7.9	Ohjauspaneelin kotelon aukot ja niihin asennettavat komponentit	37
7.9.1	Tuuletusaukot	37
7.9.2	Tuulettimet ja puhaltimet	38
7.9.3	Tarkkailuikkuna	39
7.10	Muut kiinteät laitteet	39
7.10.1	Ohjauspaneelin kotelon ilmastointilaite	39
7.10.2	Kaapin lämmittimet	39
7.10.3	Ilmansuodattimet	40
7.10.4	Lämpöeristys keskuskoteloissa	40
7.11	Korkeimmat sallitut oikosulkuvirrat	41
7.11.1	Yksittäisten päävirtapiirin komponenttien oikosulkuvirta-arvot	41
7.11.2	Oikosulkuvirtaa rajoittavat syöttöpiirin komponentit	42
7.11.3	Koko kaapin oikosulkuvirran arvon määrittäminen	44
7.11.4	Oikosulkuvirran merkitseminen	45
7.12	Katkaisijat syöttöpiirissä	45
7.12.1	Vaatimukset pääkatkaisijan käyttökahvalle	46
7.12.2	Katkaisijoiden tyypit ja koot	47
7.13	Oven lukitus	48
7.13.1	Yksityiskohtaiset toiminnankuvaukset	49
7.14	Kombinaatio moottoriohjain	50
7.14.1	Kombinaatio moottoriohjaimen mitoitus	50
7.14.2	Katkaisukeinot	51
7.14.3	Haarotuspiirin suojaus	51
7.15	Ohjaus- ja merkinantolaitteet	56
7.15.1	START/STOP – painikkeet	56
7.15.2	Käsiikäyttöiset ohjauslaitteet	56
7.16	Säätölaitteisto	56
8	KESKUKSEN KOKOONPANOSSA HUOMIOITAVAA	57
8.1	Ulkoiset päävirtapiirit, kenttäkaapelointi	57
8.2	Sisäiset virtapiirit	58
8.2.1	Johtimet	58
8.2.2	Virtakiskot	59

8.3 Ohjausvirtapiirien ylivirtasuojaus.....	59
8.4 Kotelot ja kotelointiluokat	60
8.5 Johtimien värit	61
8.5.1 PE-johdin.....	61
8.5.2 N-johdin	62
8.5.3 Päävirtapiirin johtimien väri – sisäinen johdotus.....	62
8.5.4 Ohjausvirtapiirien johtimet	63
9 YHTEENVETO	64
LÄHTEET.....	65
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten teollisuuden jakokeskukselle saadaan UL hyväksyntä ja mitä vaatimuksia standardilla UL 508A on jakokeskusten suunnitteluun ja kokoonpanoon. Työn toimeksiantaja oli ulvilalainen Satmatic OY.

Kansainväliset määräykset ja standardit, kuten NEMA ja IEC, muodostavat perustan valmistajien tuotekehitykselle ja sitä seuraaville koestuksille. Kansallisesti arvostetut koestuslaboratoriot vahvistavat ja todistavat, että tuote vastaa sille asetettuja standardeja. Näin toimivat Pohjois-Amerikassa UL:n tai CSA:n kaltaiset järjestöt. Monissa käyttökohteissa vaaditaan käyttämään ainoastaan UL:n ja/tai CSA:n hyväksymiä tuotteita. Siksi UL-hyväksynnän saaminen on tärkeää suunnattaessa Pohjois-Amerikan markkinoille /1 s.1233./

Tutkimuksen kohteena oli englanninkielinen standardi UL 508A, sekä teollisuuskoneiden sähköstandardi NFPA 79. Edellä mainittujen määräysten mukaisesti valmistetulla jakokeskuksella on mahdollisuus saada UL hyväksyntä, ja sen saaneeseen keskuksen saadaan laittaa hyväksynnästä osoittava merkki.

UL 508A kuvaa teollisuudessa käytettävien koneiden ja laitteiden ohjauskaappeja ja on siten määräävä standardi kytkinlaitteiden valmistajalle. Standardi kuvaa teollisuuden yleisten käyttöalueiden ohjauslaitteita, joiden mitoitusjännite on enintään 600 V. Standardin mukaiset laitteet on tarkoitettu asennettavaksi tavallisiin tiloihin, joissa ympäristön lämpötila ei ylitä 40 °C enimmäisarvoa.

NFPA 79 koskee nimellisjännitteeltään 600 V tai alempijännitteisiä sähköisiä ja elektronisia laitteita tai teollisuuskoneiden järjestelmiä, ja antaa yksityiskohtaista tietoa niiden käytöstä. Standardi NFPA 79 on ollut virallisesti voimassa vuodesta 1962. Sen sisältö on hyvin samankaltainen kuin standardin IEC 60204-1 /2 s.41./

Tutkimusta tehtäessä syvennyttiin tarkasti standardin UL 508A määräyksiin ja siihen, miten ne eroavat Suomessa käytössä olevista standardeista. Standardin NFPA

79 määräyksien katsottiin olevan varmempia niissä tilanteissa, joissa sen asettamat säädökset olivat tiukemmat kuin standardin UL 508A. Suuntaa antavana oppaana käytettiin Siemensin kokoamaa englanninkielistä ohjeistusta teollisuuden jakokeskuksista Pohjois-Amerikan markkinoille. Tästä ohjeistuksesta oli suuresti apua, sillä monin paikoin se selvensi standardin UL 508A osin vaikeahkoa kieltä.

2 YRITYKSEN ESITTELY

2.1 Satmatic Oy

Satmatic Oy on johtava teollisuus- ja energiasektorin automaatio-, sähköistys ja sähkönjakelun keskusten ja kojeistojen valmistaja. Yritys on erikoistunut sähköistys- ja automaatioprojektointiin sekä alan valmistuspalveluihin. Se kehittää, valmistaa ja markkinoi automaatio- ja sähkökäyttökeskuksia, sähkökojeistoja sekä puistomuuntamoita /3./

Satmatic Oy on vuonna 1988 perustettu yhtiö, jonka toimitusjohtajana toimii Simo Puustelli. Satmatic siirtyi syksyllä 2002 virolaisen AS Harju Elekter Groupin omistukseen ja yritysjärjestely vahvisti Ulvilassa toimivan yrityksen asemaa sähkötekniisillä markkinoilla. Yrityksen pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Ulvilassa, Satakunnassa. Yrityksellä on myyntikonttori ja tuotantolaitos myös Keravalla. Tämä mahdollistaa parhaan mahdollisen palvelun pääkaupunkiseudun asukkaille. Ulvilassa ja Keravalla työskentelee noin 100 henkilöä /3./

Vuosi 2010 oli yritykselle menestyksenkäs. Taantumasta huolimatta yritys pystyi lisäämään liikevaihtoaan yli 13 %, 16,7 miljoonaan euroon. Alkuvuodesta 2010 tilanne markkinoilla oli epävakaa, mutta loppuvuodesta vientisektori kasvoi. Yrityksen tuotteita vietiin Ruotsiin, Turkmenistaniin, Malesiaan ja Yhdysvaltoihin /3./

Satmatic Oy:n laaduntakeena on vuonna 2003 myönnetty ISO 9000:2001 laatusertifikaatti /3/.

2.2 AS Harju Elekter

Harju Elekter Group perustettiin vuonna 1968 ja se on nykyään yksi suurimmista sähkölaitteiden ja materiaalien valmistajista Itämeren alueella. Yrityksen pääkonttori on Keilassa, Virossa. Konsernissa työskentelee lähes 500 ihmistä, joista 290 työskentelee Virossa, 100 Suomessa ja 80 Liettuassa. Harju Elekterin osakkeet on noteerattu Tallinnan Pörssissä. Vuonna 2009 yrityksen liikevaihto oli 40.4 miljoonaa euroa ja vuonna 2010 liikevaihto oli 40.9 miljoonaa euroa. Muutosta aikaisempaan vuoteen oli 1.1 % /4./

3 UNDERWRITER LABORATORY

3.1 Underwriter Laboratory

Underwriter Laboratory (UL) on vuonna 1894 perustettu maailmanlaajuinen yhtiö, jonka päätavoitteena on tuotteiden testaus yleisen turvallisuuden hyväksi /1 s.1233/. Yhtiö tarjoaa asiantuntemusta viidellä keskeisellä liiketoiminta-alueella, jotka ovat tuoteturvallisuus, ympäristö, elämä ja terveys, yliopisto ja verifikaatiopalvelut /5/. UL:llä on Yhdysvalloissa viisi koelaboratoriota ja tytäryhtiöitä ympärimaailman /1 s.1233./

UL:n tehtävä on työskennellä turvallisemman maailman puolesta. Seuraavat periaatteet ohjaavat UL:n päätöksentekoa:

- Turvallisen elämisen ja työympäristöjen edistäminen
- Tuotannon tukeminen ja sellaisten tuotteiden käyttö, jotka ovat fyysisesti ja ympäristön kannalta turvallisia
- Turvallisen tieteen kehittäminen tutkimuksien avulla
- Pyrkimysten ja resurssien keskittäminen yleiseen turvallisuuteen niillä alueilla, joihin on hyödyllistä panostaa
- Rehellisesti työskennellen ja laatuun keskittymällä lisätään luottamusta hyväksymis-merkkeihin

- Kohtuullisten hintojen veloittaminen, kehityksen ylläpitäminen ja turvalliseen tieteeseen ja koulutukseen panostaminen

Vuonna 2010 tuotteissa esiintyi 23 miljardia UL merkkiä, ja UL-hyväksytyjen tuotteiden valmistajia oli vajaat 70 000 /5/.

3.2 UL merkit

UL merkkejä on olemassa monenlaisia, ja niillä jokaisella on oma merkityksensä. Tuotteessa oleva UL merkki on ainoa tapa määrittää, onko kyseinen tuote UL:n hyväksymä. Joissain tapauksissa UL merkki saattaa olla vain tuotteen pakkauksessa /5./

Tuotteessa oleva UL merkki tarkoittaa, että UL on tutkinut ja arvioinut tuotetta edustavat näytteet, ja todennut niiden noudattavan UL:n vaatimuksia. UL tutkii tuotteet ajoittain useiden ohjelmien pohjalta valmistajan tiloissa, ja varmistaa, että ne ovat yhä vaatimusten mukaisia. UL merkkiä voidaan käyttää tuotteissa tai tuotteiden yhteydessä vain, kun ne ovat UL:n hyväksymiä. Merkkiä käytetään valmistajan ja UL:n välisen kirjallisen sopimuksen ehtojen mukaan /5./

Jotkin UL:n hyväksymät komponentit on tarkoitettu käytettäväksi valmiin ”Listed” -tuotteen valmistuksessa. Tällaisissa komponenteissa ei ole UL symbolia, mutta niissä voi olla UL:n tunnistaman tuotteen merkki, ”Recognized Component Mark” /5./

UL:n hyväksymien tuotteiden merkinnässä erotetaan hyväksytyt komponentit (Recognized Components) ja hyväksytyt laitteet (Listed Devices). Hyväksytyjen komponenttien merkintää käytetään tuotteisiin, joita ei voida käyttää sellaisenaan. Nämä tuotteet luetteloidaan UL:n ”keltaiseen komponenttitietokantaan”. Hyväksytyjen laitteiden merkintää puolestaan käytetään tuotteisiin, jotka ovat sellaisenaan täydellisesti toimivia yksiköitä. Nämä tuotteet luetteloidaan UL:n ”vihreään komponenttitietokantaan”. Laitteita voidaan käyttää testattujen mittaustietojen mukaisesti rajoituksetta /1 s.1233./

3.2.1 UL Listing Mark

UL Listing Mark on yksi yleisimmistä UL:n merkeistä. Kun tuote kantaa tätä merkkiä, se on UL:n turvallisuusvaatimusten mukainen. Mainitut vaatimukset ovat pääasiassa UL:n itse julkaisemia turvallisuusstandardeja /5./

Tällä merkillä on kolme muunnelmaa. Yhtä niistä käytetään vain Yhdysvalloissa, yhtä käytetään vain Kanadassa ja yhtä käytetään sekä Yhdysvalloissa että Kanadassa. C-UL –merkkiä käytetään tuotteissa, jotka on suunnattu Kanadan markkinoille. C-UL -merkillä varustetut tuotteet on hyväksytty Kanadan turvallisuusvaatimusten mukaan, jotka saattavat erota hieman Yhdysvaltojen määräyksistä. C-UL-US –merkki osoittaa, että tuote noudattaa sekä Kanadan että Yhdysvaltojen vaatimuksia /5./ Kaikki kolme UL Listing Mark –merkin muunnelmaa on nähtävissä kuvassa 1.

UL Listing Mark esiintyy lopputuotteissa ja valmiissa komponenteissa, jotka soveltuvat tehdas- ja kenttäasennuksiin. Kaikki tätä merkkiä kantavat lopputuotteet ja komponentit kuuluvat UL:n seurantaohjelmaan, joka varmistaa, että tuotteet valmistetaan UL:n vaatimusten mukaisesti. UL Listing Mark koostuu tyypillisesti neljästä vaaditusta elementistä:

- Ympyrä, jonka sisällä lukee UL
- Sana ”Listed”
- Tuotteen nimi tai yhtiön nimi/yrityksen rekisterinumero
- Julkaisu/sarjanumero tai aakkosnumeerinen tarkistusnumero /5./



Kuva 1. UL Listing Mark, kolme muunnelmaa /5./

3.2.2 Yhdistetty UL merkki Eurooppaan, Kanadaan ja Yhdysvaltoihin

Yhdistettyä Euroopan, Kanadan ja Yhdysvaltojen UL merkkiä voidaan käyttää tuotteissa, jotka ovat Kanadan ja Yhdysvaltojen UL Listing Mark –merkin ja seurantaohjelman mukaisia, sekä tuotteissa, jotka ovat UL:n EU Mark –merkin ja tehdastarkastusvaatimusten mukaisia. Tämä merkki on askel eteenpäin, kun puhutaan asiakkaiden toiveesta yhdestä hyväksyntämerkistä useille markkina-alueille. Tämä merkki pohjautuu yhdistettyyn Kanadan ja Yhdysvaltojen UL merkkiin ja se on ensimmäinen mannertenvälinen merkki UL:n valikoimassa /5./ Kyseessä oleva yhdistelmämerkki on nähtävissä kuvassa 2.

Yhdistelmämerkki sisältää yleensä seuraavat asiat:

- Ympyrän sisään kirjoitettu UL ja tunnukset ”C”, ”US” ja ”EU”
- Sana ”Listed”
- Aakkosnumeerinen tarkastusnumero
- Valmistajan nimi tai tunnusmerkki
- Kaavanumero
- Tuotekategorian nimi (tuotetunnus) /5./

Yhdistelmämerkkiä saa käyttää vain niin kauan, kun tuote pysyy kaikkien UL:n hyväksymisohjelmien mukaisena. Jos tuote ei pysy näiden mukaisena, niihin voidaan silti laittaa erilliset UL merkit hyväksymisohjelmien mukaisesti, kunhan tuote yhä noudattaa UL:n vaatimuksia /5./



Kuva 2. Yhdistetty UL merkki Eurooppaan, Kanadaan ja Yhdysvaltoihin /5/.

3.2.3 UL Recognized Component Mark

UL Recognized –merkkiä käytetään komponenttiosissa, jotka ovat osa suurempaa tuotetta tai järjestelmää. Näiden komponenttien suorituskyvyssä voi olla rajoituksia tai ne voivat olla rakenteellisesti vaillinaisia /5./

UL Recognized –merkillä on kolme muunnelmaa. Yksi vain Yhdysvaltoihin tarkoitettu, yksi vain Kanadaan tarkoitettu ja yksi, jota voidaan käyttää kummassakin. C-UR –merkkiä käytetään komponenteissa, jotka on suunnattu Kanadan markkinoille, ja jotka on arvioitu Kanadan standardien mukaan. C-UR-US -merkki osoittaa sekä Kanadan että Yhdysvaltojen vaatimusten noudattamista /5./ Kyseisen merkin kaikki kolme muunnelmaa on nähtävissä kuvassa 3.

Komponentit, jotka kuuluvat UL:n Recognized Component –ohjelmaan, on tarkoitettu asennettavaksi toiseen laitteeseen, järjestelmään tai lopputuotteeseen. Kyseiset komponentit pitää asentaa tehtaassa ja niillä voi olla rajallinen suorituskyky, joka rajoittaa niiden käyttöä. Valmista, edellä mainittuja komponentteja sisältäviä tuotteita tai järjestelmiä arvioitaessa lopputuotearviointi voidaan virtaviivaistaa /5./



Kuva 3. UL Recognized Component Mark –merkin kolme muunnelmaa /5./

3.3 Tuotteen hyväksyttäminen

UL Listing Mark –merkkiä voidaan hakea laajalle valikoimalle suunnitelmia, ainutlaatuisista kaapeista standardoituihin suunnitelmiin, joihin tehdään vain pieniä muutoksia. UL Listing Mark on saatavilla teollisuuden ohjauskaappien koteloihin, koteloituihin teollisuuden ohjauskaappeihin ja avoimiin teollisuuden ohjauskaappeihin. UL myös auttaa valmistajia heidän kohdatessaan kriittisiä ongelmia teollisuuden ohjauskaappien valmistuksessa /6./

Hyväksytysprosessin ensimmäinen askel on täyttää tarjouspyyntölomake. Se opastaa valmistajaa antamaan UL:lle yksityiskohtaisesti ne tiedot, joita tarvitaan hakemuksen valmistamiseksi. Listan tarvittavista tiedoista saa myös paikallisesta UL:n asiakaspalvelusta. Tarjouspyynnön lähettämisen jälkeen UL:n osakas lähettää tarjouksen palveluista. Tyypillisesti tarjous sisältää projektin hinnoittelun ja vakio otaksumat UL:n palveluille. Kun tarjous hyväksytään, UL:n insinööri ottaa valmistajaan yhteyttä varmistaakseen tämän tarpeet, keskustellakseen projektin laajuudesta ja tarkistaakseen muut tärkeät asiat, kuten testisuunnittelu, näytevaatimukset ja tuotantopäivämäärät. Jos valmistajalla on tietty takaraja, jonka hän yrittää tavoittaa, hänen pitäisi tässä vaiheessa ilmoittaa siitä UL:lle, jotta he voivat ottaa sen huomioon laatiessaan arvioinnin valmistuspäivää. Kun UL vastaanottaa allekirjoitetut hakemukset, sopimukset, tarpeellisen ennakkotalletuksen ja vaaditut näytekappaleet ja tekniset tiedot, UL:n insinöörit voivat aloittaa tuotteen tutkimisen. Normaalisti tutkimus kestää noin kuusi viikkoa allekirjoitetun hakemuksen saamisesta /6./

Kun tuotteen testaus on valmis, projekti-insinööri ilmoittaa valmistajalle täyttääkö tuote UL:n vaatimukset. Jos tuote täyttää vaatimukset, projekti-insinööri kehittää muodollisen raportin, joka pohjautuu testituloksiin. Valmistajalle annetaan arviointiraportti. Ennen kuin valmistaja laskee markkinoille tuotteet, joissa on UL:n hyväksynnästä ilmoittava merkki, UL pistää alulle seurantaohjelman, jossa UL:n kenttäedustaja tekee ajoittaisia tuotteen tarkastuksia tehtaalla. Testituloksia käytetään kehitettäessä seurantaohjelmaa sekä seurantaohjelma –dokumenttia. Seurantaohjelma –dokumentti kuvaa yksityiskohtaisesti testatun ja UL:n vaatimukset täyttävän tuotteen rakenteen. UL:n kenttäedustaja käyttää kyseistä dokumenttia suorittaessaan ajoittaisia UL:n hyväksymien tuotteiden tarkastuksia tehtaalla.

Ennen kuin UL:n insinöörit testaavat tuotetta, valmistajan täytyy suostua osallistumaan UL:n seurantaohjelmaan. Valmistaja osoittaa halukkuutensa osallistua allekirjoittamalla ja palauttamalla maailmanlaajuisen palvelusopimuksen (Global Service Agreement) tai paikallisen sopimuksen. Tarkastusten yhteydessä edustaja vastaa myös kysymyksiin koskien standardia UL 508A. Käytetyistä UL Recognized –merkityistä komponenteista on hyvä pitää listaa, joka voidaan esittää UL:n edustajalle tarkastusten yhteydessä. UL:n Internet-sivuilla on hakemisto hyväksytyistä tuotteista. UL:n hyväksyntä jatkuu, kunnes valmistaja haluaa lopettaa prosessin, tai niin

kauan kuin tuotteet täyttävät vaatimukset. Hyväksyntä päättyy, kun tuotteet eivät ole vaatimusten mukaisia. UL:n täytyy arvioida muutokset tiettyjen tuotteiden kohdalla, ennen kuin muokattuun tuotteeseen saadaan laittaa UL merkki /6./

Kustannusraja, joka on määritetty tarjouksessa, laaditaan siihen olettamukseen perustuen, että kaikki kaapissa käytetyt komponentit ovat joko UL Listed tai UL Recognized –merkittyjä, ja että niitä on käytetty, kuten on tarkoitettu ja niiden luokitusten puitteissa. Lisämaksut, joita ei ole otettu huomioon kustannusrajassa, sisältävät matkakustannukset ja muita maksuja. Seurantaohjelman maksut, tehdastarkastuksia varten, alkavat, kun tuote on hyväksytty ja siinä saa olla UL-merkki. Seurannasta maksetaan joko vuosittainen maksu tai jokaisen tarkastuksen yhteydessä sekä nimellinen maksu merkeistä /6./

Jos tuote ei jostain syystä täytä UL:n vaatimuksia, valmistaja saa kirjeen UL:ltä, joka kuvaa ne vaatimukset, joita tuote ei täyttänyt. Jos valmistaja haluaa muokata tuotetta ja on kiinnostunut sen uudelleentestauksesta, hän voi ottaa yhteyttä tuotteen uudelleentestauksesta tai uudelleentutkimisesta UL:n projekti-insinööriin, joka alun perin testasi tuotteen /6./

Jos testattavan tuotteen näytekappale ei ole valmis vähään aikaan, on kannattavaa viivyttää hakemuksen palauttamista ja ennakkomaksun maksamista, kunnes tuotteen valmistumiseen on enää kaksi viikkoa /6./

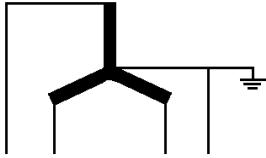
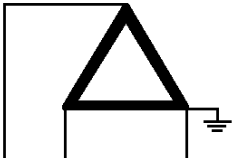
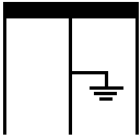
On helpompaa suunnitella tuote UL:n vaatimukset mielessä kuin suunnitella tuote uudelleen täyttämään vaatimukset. UL:ltä voi pyytää myös ennakoarvioinnin, jos UL on uusi tuttavuus tai jos on epävarma tuotteen rakenteesta. Ennakkotestaus opastus on taloudellisesti kannattavaa ja voi usein tasoittaa lopullisia testausmaksuja /6./

4 PIENJÄNNITEVERKKOJÄRJESTELMÄT YHDYSVALLOISSA

4.1 Verkkojärjestelmät

USA:ssa on useita verkkojärjestelmiä, mutta 3-vaiheiset verkot, jotka toimivat 240 ja 480 V jännitteellä ja joissa on kolmen ja neljän johdon järjestelmiä ovat niistä tärkeimmät. 208 V ja 600 V verkot ovat vähemmän tärkeitä. 208 V verkko on käytössä pääasiassa vanhemmissa Yhdysvaltojen kaupungeissa ja 600 V käytetään yhä Kanadassa. Yksivaiheisia 120 V – 240 V järjestelmiä käytetään pääasiallisesti asuntojärjestelmissä /2 s. 28./ Kuvassa 4 on esitelty Yhdysvaltojen pääasialliset verkkotyypit.

Kun teollisuuden jakokeskukset sisältävät komponentteja, joihin on merkitty nimellijännite kauttaviivan kanssa, kuten 120/240, 480Y/277 tai 600Y/347, niiden tulo liittimiin pitää merkitä: ”Vain jäykästi maadoitetun tähtipisteisen lähteen käyttöön” tai vastaavasti /7 s.104A./

Teollisuus- ja liiketoiminnalliset rakennukset		Asuinrakennukset
		
3 vaihetta, 4 johdinta	3 vaihetta, 3 johdinta	1 vaihe, 3 johdinta
Tähtipisteestä maadoitettu tähtikytkentä Varoitus: PE-johtimessa ei saa kulkea virtaa. PEN-johtimia ei käytetä. PE- ja N-johtimien pitää olla erillisiä johtimia.	Kulmasta maadoitettu kolmiokytkentä	Yksivaihe, 120/240 V, maadoitettu keskipiste Esimerkki: 120 V käytetään seinäpistorasioissa ja 240 V helleissa, ilmastointilaitteilla ja kuivureilla
208Y / 120 V	240 V	240 V vaihe johdinta vasten
240Y / 131 V	480 V	120 V maata vasten
480Y / 277 V	600 V	
600Y / 347 V		
Y kuvaa tähtipisteestä maadoitettua piiriä. Esimerkiksi, jännite vaiheiden välillä on 480 V, mutta vaiheen ja maan välinen jännite on vain 277 V.		

Kuva 4. USA:n pääasialliset verkkotyypit /2 s.28/.

4.2 Verkon jännite ja taajuus

ANSI standardi C 84.1 määrää USA:n verkkojärjestelmistä.

Pohjois-Amerikassa käytetty verkkotaajuus on 60 Hz. Jännitteet voidaan määrittellä ”jakelujännitteiksi”: 120, 208, 240, 480 ja 600 V, kuten esimerkiksi katkaisijoissa on määriteltä. ”Käyttöjännite” on aina annettu moottorien kilvissä. Se on 115, 200, 230, 460 tai 575 V. (Käyttöjännite = jakelujännite – 4 %) /2 s.30./

Puhuttaessa sitten 460 tai 480 V jännitteestä, kyseessä on sama verkko. Kytkeinlaitteet testataan aina enimmäisjännitteellä ja enimmäisvirralla. Tämä tarkoittaa, että jokaista standardinmukaista 460 V vaihtovirtamoottoria voidaan pyörittää 480 V syötöstä /2 s. 30./

4.3 Pohjoisamerikkalainen sähköturvallisuusjärjestelmä

Paikallinen asianomainen tarkastaja, AHJ, tarkastaa kaikki sähkölaitteistot (koneet/järjestelmät) ennen käyttöönottoa. Tarkastajalla on lopullinen päätäntävalta käyttöönotosta. Kaikki AHJ:t perustavat toimintansa NFPA 70 –standardiin, jota pidetään yleisesti kansallisena NEC –lainsäädäntönä. NFPA 70 on siten tärkeä perusta UL 508A:lle /1 s.1233./

UL-hyväksytyjen tai UL:n tunnistamien komponenttien käyttö on AHJ:lle tärkeä merkki siitä, että järjestelmä vastaa NFPA 70:n turvallisuusvaatimuksia. Tämä säästää aikaa laitteiston rakentamisessa ja käyttöönotossa ja siten myös kustannuksia, koska UL-merkinnät osoittavat, ettei komponenttien ja/tai järjestelmän testauksessa ole ilmennyt ennakoitavia tulipalo-, sähköisku- tai näiden seurauksiin liittyviä vaaroja /1 s.1233./

5 TEOLLISUUDEN OHJAUSPANEELIT

Teollisuuden ohjauspaneeli koostuu kahdesta tai useammasta päävirtapiirin komponentista, tai ohjauspiirin komponenteista, tai pää- ja ohjausvirtapiirien yhdistelmästä ja niihin liittyvistä johdotuksista ja liittimistä. Päävirtapiirin komponentteja ovat esimerkiksi moottorin ohjaimet, ylikuormitusreleet, sulakkeilla varustetut erotuskytkimet ja katkaisijat. Ohjauspiirin komponentteja ovat esimerkiksi painonapit, merkkivalot, valintakytkimet, ajastimet ja säätöreleet /7 s.11./

Standardin UL 508A vaatimukset kattavat teollisuuden paneelit, jotka on tarkoitettu yleiseen teollisuuden käyttöön ja joita käytetään enintään 600 V jännitteellä. Tällaiset ohjauspaneelit on tarkoitettu asennettavaksi tavallisiin tiloihin, joissa ympäristön lämpötila ei ylitä 40 °C (104 °F) enimmäisarvoa /7 s.11./

Standardi UL 508A ei koske räjähdysvaarallisen tilan laitteita. Näihin järjestelmiin keskitytään standardissa UL 698. Standardi ei koske myöskään paloruisku-ohjaimia, joita käsitellään standardissa UL 218 /7 s.11 – 12./

6 KOMPONENTIT JA LAITTEET

Laitteet, jotka voidaan asentaa jakokeskuksiin standardin UL 508A mukaisesti, on listattu standardin UL 508A liitteen SA taulukkoon SA1.1. Taulukko osoittaa kappaleviittauksen, standardin, jonka mukaan laite on listattu, kategoriatarkistusnumeron ja olosuhteet, joissa laitetta voidaan käyttää. Kategoriatarkistusnumeroa käytetään etsittäessä keskukseen asennettavia laitteita UL:n Internet-sivuilta. Kaikkia UL:n hyväksymiä tai tunnistamia komponentteja ei voida automaattisesti asentaa keskukseen. Laitteiden pitää olla sovelluskohteeseen hyväksytyjä. Käyttäjän tulee myös ottaa huomioon pinta- ja ilmapurkausvälit /7 liite SA; 2 s.100./

6.1 Hyväksytyt laitteet

Kun hyväksyttyä laitetta on käytetty jakokeskuksessa, eikä erityisiä komponenttivaatimuksia ole kuvattu standardissa UL 508A, mitä tahansa hyväksyttyä komponenttia voidaan käyttää. Kuitenkaan sellaisia laitteita, jotka on tarkoitettu kytkettäväksi yli 600 V syöttölähteeseen, ei saa käyttää. Kiellettyjen laitteiden listalla ovat myös kulluttajalaitteisiin ja asuntoihin tarkoitettut laitteet, sekä seuraavat vaarallisten olosuhteiden laitteet, ja niihin liittyvät laitteet:

- a) Räjähdyssuojattu kotelo, joka on tarkoitettu luokan I vaarallisiin olosuhteisiin (tai tyyppi 7)
- b) Pöly- ja syttymissuojattu kotelo, joka on tarkoitettu luokan II vaarallisiin olosuhteisiin (tai tyyppi 9)
- c) Suojus, joka antaa luonnostaan vaarattoman syöttö/tulo kytkennän käytettäväksi luokan I, II ja III vaarallisissa olosuhteissa /7 liite SA./

Kaikkien hyväksytyjen laitteiden pitää:

- a) Käyttää niin kuin hyväksytyyn laitteen valmistaja on tarkoittanut
- b) Asentaa valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti, mukaan lukien kiinnitystavat, sähköjohtojen kytkennät ja kulkureitit, ilmanvaihto, vaaditut välit komponenttien välillä ja vaaditut suojalaitteet; ja
- c) Ei pidä ylittää niille merkittäviä sähkö- ja ympäristöluokituksia

Koteloitu-tyyppiset hyväksytyt laitteet, jotka on tarkoitettu asennettavaksi koteloituun teollisuuden ohjauspaneeliin, on mahdollista asentaa niin, että kotelo on kokonaan tai osittain otettu pois kun laite noudattaa standardin UL 508A etäisyysvaatimuksia /7 liite SA/.

6.2 Tunnistetut komponentit

Tunnistetut komponentit, jotka noudattavat standardin UL 508A määräyksiä, on määritetty standardin UL 508A liitteen SA taulukossa SA1.1. Tämän taulukon ku-

vaamat komponentit, jotka vaativat menettelykuvausta, pitää kuvata valmistajan työnsuoritusmenetelmässä, jotta niitä voidaan käyttää. Muiden kuin kyseisessä taulukossa kuvattujen tunnistettujen komponenttien pitää olla tutkittuja ja kuvattu valmistajan työnsuoritusmenetelmässä. Näitä komponentteja pitää käyttää niille asetettujen sähköluokitusten puitteissa. Keskuksen kotelon seinän lävitse asennetun komponentin oletetaan olevan käytettävissä vain tyyppin 1 kotelolla huolimatta merkinnöistä ja kirjallisuudesta, jolleivät komponentti ja sen ympäristöluokitus ole erityisesti sisällytetty valmistajan työnsuoritusmenetelmään /7 liite SA./

Kuitenkin, tunnistettua komponenttia, joka on merkitty kotelotyyppin sijoituksen mukaan, voidaan käyttää sen luokituksen mukaisesti lisäämättä sitä valmistajan työnsuoritusmenetelmään. Jollei standardissa UL 508A tai valmistajan työnsuoritusmenetelmässä ole muutoin määritetty, tunnistettujen komponenttien liittimiä käytetään vain sisäisen johdotuksen kytkemiseen /7 liite SA./

6.3 Hyväksymättömät komponentit

Näitä vaatimuksia ei voida soveltaa komponenteille:

- a) Joiden toiminta aiheuttaa piirin aukeamisen ylikuormitus- (myös käyvän moottorin ylikuormitus), oikosulku- tai maasulkutilanteessa
- b) Joita käytetään piireissä, joissa on erityiset turvallisuussäännöt, esim. katodisädeputki, helposti syttyvät nesteet ja kaasut, korkea paine eli paine, joka on suurempi kuin 2.08 MPa
- c) Jotka on tarkoitettu ja testattu muuhun käyttöön
- d) Joilla on sähköisiä yhteyksiä päävirtapiiriin
- e) Jotka on sijoitettu kokonaan piiriin, joka on eristetty ohjauspiiriin jännitteestä, johon vikavirtakatkaisin on asennettu /7liite B./

UL-hyväksymättömiä sähkölaitteita voidaan käyttää joko piirissä, jonka jännite on vaihtojännitteellä enintään $30 V_{\text{rms}}$ ($42.4 V_{\text{peak}}$) tai tasajännitteellä enintään $42.4 V_{\text{DC}}$ tai piirissä, jonka jännite on 115/120 V ja 230/240 V. Kun kyseessä on 115/120 V ja 230/240 V piirit, ne pitää olla suojattu vikavirtakatkaisijalla (UL luokka A, 6 mA).

Hyväksymättömien komponenttien pitää olla kokonaan koteloituja keskuksen sisällä. Vaihtoehtoisesti, komponentit voivat jatkaa keskuksen kotelon aukon läpi, jos ne ovat muovisia ja ne eivät ole suurempia kuin 194 cm^2 tai jos ne ovat metallia tai lasia ja ne eivät ole suurempia kuin 645 cm^2 . Teholähteenä on muuntaja, jossa on eristetty toisiokäämitys ja jonka toision yksi puoli on maadoitettu /7 liite B; 2 s.87./

Vikavirtakatkaisin on koestettava ja tämä testi kirjataan raporttiin. Valmistajan tarvitsee pitää yllä luetteloä käytetyistä komponenteista, jotka eivät ole UL hyväksytyjä, UL:n edustajaa varten. Sen pitää olla samankaltainen kuin taulukon 1 esimerkki /7 liite B./

Varoituskyltti keskuksessa osoittaa hyväksymättömän komponentin. Keskuksen pitää merkitä seuraavat:

- a) ”VAROITUS” – Seuraavien komponenttien käyttö on riippuvainen lisäsuojauksesta, jonka tarjoaa vikavirtakatkaisin ja ylivirtasuojalaite. Älä poista tai ohita näitä suojalaitteita.” Tätä merkintää pitäisi seurata taulukointi komponenteista, jotka vaativat vikavirtakatkaisijan käyttöä. Pitää merkitä myös piirikaavioviittaus, laitteen tyyppi, valmistajan nimi ja valmistajan osanumero.
- b) ”Vikavirtakatkaisin pitäisi tarkastaa ajoittain sen oikean toiminnan varmistamiseksi.” /6 liite B./

Taulukko 1. Tieto arvioimattomista komponenteista /7 liite B/.

Komponentin nimi	Komponentin valmistaja	Luettelo nimi	Käytettyjen lukumäärä	Keskuksen tunnistus	Vikavirtasuojan testaus päivämäärä

7 JAKOKESKUSTEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA

7.1 Sisäiset päävirtapiirit

Kaikkien johtimien ja virtakiskojen pitää olla kuparisia ja niitä pitää saada kuormittaa käytetyllä jännitteellä /7 s.50/. Eli kaikkia samassa sähkökourussa olevia johtimia pitäisi kuormittaa pienimmällä käyttöjännitteellä. Taulukko 2 liitteessä 1 määrittelee kenttäkaapelointiliittimien ja kotelon seinän välisen etäisyyden jakokeskusten sisällä.

7.1.1 Johdin koot

Päävirtapiirin johtimien pitää olla vähintään kokoa 14 AWG (2.1 mm²). Poikkeuksena ovat teollisuuskoneisiin tarkoitetut keskukset, joiden päävirtapiirit voidaan suunnitella kokojen 16 AWG ja 18 AWG johdoilla, mikäli ne noudattavat taulukon 3 (Liite 2) ehtoja.

Sisäpuolisten johtojen koot voidaan määrittää taulukosta 4 (Liite 3) /7 s.52B/. Moottorikuormien kanssa on käytettävä taulukkojen 5 ja 6 (Liitteet 4 ja 5) normitetuista arvoja. Kaikkien kuormien yhteenlasketut virta-arvot pitää ottaa huomioon määrittäessä johdon virtaa. Kaikkien johtojen tulee olla UL hyväksytyjä, olivat ne sitten AWG:n tai metrijärjestelmän mukaisia. UL merkki on sijoitettu suoraan johdon eristyksen tai rullaan. Jos merkki on rullassa, sitä ei pidä heittää pois vaan säilyttää mahdollista UL:n tekemää tarkastusta varten /2 s.61./

7.1.2 Virtakiskot

UL tyyppitestaamattomien virtakiskojen koskettimien kuormitettavuus voi olla enintään 1000 A poikkileikkauksen neliötuumaa (6.45 cm²) kohti. Testaamattomat kiskot voidaan altistaa enintään 10 kA oikosulkuvirralla /7 s.52 – 53./

7.2 Ohjausvirtapiirit

Luokan 1 ohjausvirtapiirillä eli tavallisella ohjauspiirillä tarkoitetaan piiriä, joka on kytketty ylivirtasuojauksen kuorman puolelle. Tämän piirin jännite saa olla enintään 600 V, piirin virtaa ja tehoa ei ole rajoitettu /7 s.12B./

Luokan 2 ohjauspiirissä piiriä syötetään enintään 30 V_{rms} virtalähteestä. Laitteet, joita on sallittua käyttää luokan 2 ohjauspiireissä tai vastaavissa pitäisi kytkeä tällaiseen energialähteeseen /7 s.12B./

Matalajännitteisellä rajoitetun energian piirillä tarkoitetaan ohjauspiiriä, jolla on ”suojattu” jännite. Tällaisen piirin jännite on enintään 42.4 V peak tai DC, tai sen enimmäisteho on 100 VA, tai sen virta on 5 A kun jännite on 20 V tai alempi /7 s. 14./ Kuitenkin on huomattava, että laite on standardin NFPA 79 mukainen silloin, kun ohjausjännite on rajoitettu 120 V_{AC} /8 s.23/.

Moottorin ohjauspiiri on piiri, joka haaroittaa kuorman puolen haaroituspiirin suojauksesta, ja jota käytetään ohjaamaan moottorille kytkettyä ohjauslaitteistoa. Tätä piiriä ei sinänsä pidetä haarana. Apukosketinlohkoille ei ole määritelty oikosulkusuojasta /2 s. 69./ Ulkoisten johtimien sallitut poikkipinnat katsotaan taulukoista 4 ja 7 (Liitteet 3 ja 6). Alle 10 A piireillä johtimien poikkipinnat voidaan valita taulukon 8 (Liite 6) mukaan /7 s.77./

Sisäisten johtimien koon valinta riippuu suojalaitteen nimellisvirrasta ja muuntajan tai tehonlähteen toision nimellisvirrasta. Johtimen poikkipinta valitaan kuormitusvirran mukaan taulukoista 4 ja 7 (Liitteet 3 ja 6) /7 s.79./

Erillisestä tehonlähteestä syötetyssä ohjauspiirissä pitää olla katkaisin, joka noudattaa katkaisijoille annettuja määräyksiä /7 s.80./

7.2.1 Ylivirtasuojan mitoitus

Haaroituspiirin suojalaitteen enimmäiskoko on asetettu 20 ampeeriin. Ylivirtasuoja mitoitetaan johtimen jatkuvan kuormitettavuuden ja kytkettyjen laitteiden sallitun virrankulutuksen enimmäisluokituksen mukaan. Ohjauspiirissä olevien yleiskäytön pistorasioiden ylivirtasuojaus ei saa ylittää pistorasian arvoa. Näiden pistorasioiden käyttö pitää olla rajoitettu ohjelmointi- ja vianmäärityslaitteiden käyttöön ja ne pitää merkitä sen mukaisesti /7 s.81./

Ohjauspiirin johtimien, jotka ovat haarauttaneet kuorman puolen haaroituspiirin suojalaitteesta, ylikuormitussuoja pitää mitoittaa ohjauspiirin johtimien kuormitettavuuden mukaisesti. Kuormitettavuudet on määritetty taulukoissa 4 ja 7 (Liitteet 3 ja 6) /7 s.82./

Poikkeuksena on ohjauspiiri, joka on kytketty myötäsuuntaan haaroituspiirin suojauksesta. Jos tämä piiri on vain ja ainoastaan keskuksen sisällä, eli se ei poistu keskukselta, johtimien poikkipinnat voidaan valita taulukon 9 mukaan. Tässä yhteydessä suojalaitteen enimmäismitoituksella tarkoitetaan moottorin haaroituspiirin suojauksen nimellisvirtaa /7 s.82; 2 s.72./

Taulukko 9. Yleisen ohjauspiirin moottorin haaroituspiirin suojaus ilman erillisiä ohjauslaitteita /7 s.82/.

Ohjauspiirin johdinten koko		Suojalaitteen enimmäismitoitus, ampeereja
AWG	mm ²	
22	0.32	12
20	0.52	20
18	0.82	25
16	1.3	40
14	2.1	100
12	3.3	120

Toisena poikkeuksena on ohjauspiiri, joka on kytketty myötäsuuntaan haaroituspiirin suojalaitteesta keskuksen ulkopuolella. Jos tämä piiri poistuu keskukselta, johtimien poikkipinnat voidaan valita taulukosta 10. Tässä yhteydessä suojalaitteen enimmäis-

mitoituksella tarkoitetaan moottorin haaroituspiirin suojalaitteen nimellisvirtaa /7 s. 82; 2 s.73./

Taulukko 10. Moottorin haaroituspiirin suojaus ohjauspiirissä, jossa on erillisiä ohjauslaitteita /7 s.83/.

Ohjauspiirin johdinten koko		Suojalaitteen enimmäismitoitus, ampeereja
AWG	mm ²	
22	0.32	3
20	0.52	5
18	0.82	7
16	1.3	10
14	2.1	45
12	3.3	60

7.2.2 Ylivirtasuojaus ohjauspiireissä, joissa on muuntaja (eristetty toisio)

7.2.2.1 Säättömuuntaja

Säättömuuntajan tulee noudattaa joko standardia UL 506 tai standardia UL 1516 /7 s. 83; 2 s.74./ Ensikäämillä pitää olla erillinen ylivirtasuojaus, jossa kulkee vain ensiövirta ja joka on mitoitettu taulukon 11 (Liite 7) mukaan. Erillistä ylivirtasuojasta ei kuitenkaan tarvita, jos vastasuunnan ensiön ylivirtasuojaus tarjoaa vaaditun suojan /7 s. 83./

Sekä ensiö- että toisiopuolella on omat ylivirralla suojaavat laitteensa. Suojalaitteet mitoitetaan taulukon 12 (Liite 7) mukaisesti. Mikäli säättömuuntajassa on useita toisiopuolen kytkentöjä, jokaiseen kytkentään on asennettava oma suojalaitteensa. Jos käytetään useampaa kuin yhtä suojalaitetta, niiden yhteenlaskettujen nimellisvirtojen summa ei saa ylittää taulukon 12 arvoja /7 s. 84./

Toisiopuolta ei tarvitse maadoittaa, mikäli muuntaja syöttää vain laitteita, jotka ovat osa ohjattua laitetta (ei muita laitteita tai piirejä) ja jos muuntajassa on joko maavias-ta ilmoittava merkkilamppu tai maasulkukatkaisin /7 s.120A./

7.2.2.2 Teholähteet

Teholähteen, jossa on kiinteä erotusmuuntaja, pitää olla joko standardin UL 1012 tai standardin UL 1950 mukainen. Siltatasasuuntaimen, joka on asennettu maadoitettuun, metalliseen jäähdytyslevyyn, pitää olla standardin UL 1012 tai standardin UL 1557 mukainen. Teholähteet asennetaan koteloon, joka on joko

1. Tuulettamaton,
2. Tuuletetty, mutta jossa ei ole tuuletinta, tai
3. Tuuletetty, jossa on tuuletin ja suodattimet niiden yhteydessä /7 s. 84A – 85./

Teholähdettä ei pitäisi kuormittaa yli 50 prosentilla sen nimellisvirrasta ja jos laitteella on useita ulostuloja, niistä jokaista pitäisi kuormittaa vain 50 prosentilla. Kuitenkin teholähdettä, joka on standardin UL 508 mukainen, voidaan kuormittaa 100 prosentilla sen nimellisvirrasta /7 s.85./

Jokaisella ulostulopiirillä pitää olla oma suojalaitteensa, jos kaikkien kuormien nimellisvirtojen summa ylittää enimmäiskuormitusvirran tai jos ulostulopiiri on tarkoitus kytkeä keskuksen ulkopuolisiin kuormiin. Toisiojohtimien kuormitettavuus katsotaan taulukosta 4 tai 7 (Liitteet 3 ja 6) /7 s. 85./

7.2.3 Pienjännitteiset ja rajoitetun energian ohjauspiirit

Pienjännitteisessä rajoitetun energian piirissä enimmäisarvo tyhjäkäynnin toisiojännitteelle on $30V_{\text{rms}}$, $42.4 V_{\text{peak}}$ tai $42.2 V_{\text{DC}}$. Tällaisen piirin ylivirtasuojaus mitoitetaan taulukon 13 mukaisesti. Piiriä syötetään yhdellä seuraavista:

- a) Säättömuuntaja (kohdan 7.2.2.1 mukainen)
- b) Teholähde (kohdan 7.2.2.2 mukainen)
- c) Suljettu akku, joka on standardin UL 1989 mukainen
- d) Litium akku, joka on standardin UL 1642 mukainen
- e) Virtamuuntaja, joka on standardin UL 506 mukainen
- f) Virtamuuntaja, jossa on 5 A toisiovirta /7 s.86; 2 s. 78./

Taulukko 13. Ylivirtasuojaus pienjännitteisessä rajallisen energian piirissä /7 s.87/.

Tyhjäkäynnin aikainen toisiojännite voltteja (peak)	Suurin ylivirtasuojalaite, ampeereja
0 - 20	5
20.1 - 42-4	$100/V^a$
^a Kun "V" on yhtä kuin tyhjäkäynnin aikaisen toisiojännitteen V_{peak} tai V_{DC} arvo.	

Nämä virtapiirit pitää reitittää niin, että ne on eristetty muista virtapiireistä ja niitä pitää syöttää eristetystä toisiovirtalähteestä. Kuitenkin hyväksytyt kaapelimateriaalit voidaan reitittää yhteen kaapelikanavaan muiden sähkövirtapiirien kanssa, jos ne on suunniteltu kaikkien virtapiirien suurimmalle jännitteelle /2 s. 78./

Kokonaan pienjännitteisen, rajallisen energian ohjauspiirin sisällä olevia laitteita ja johtoja ei vaadita UL:n tutkittavaksi. Ne voivat sisältää laitteita ja johtoja, jotka eivät ole UL:n hyväksymiä /7 s.87; 2 s.79./

7.2.4 Luokan 2 virtapiirit

Luokan 2 virtapiirejä käytetään, mikäli käytettävät laitteet, kuten sensorit, sitä edellyttävät. Näitä ovat:

- Standardin UL 1310 mukaiset luokan 2 tehollähteet
- Standardin 1585 mukaiset luokan 2 ja luokan 3 muuntajat
- Lämpötila-anturit (PTC termistorianturit)
- Tietotekniikan laitteita varten olevat tietokoneen tehollähteet /7 s. 87; 2 s. 80./

UL ei tutki sellaisia komponentteja ja johtoja, jotka on kokonaan sijoitettu luokan 2 piiriin /7 s.88/. Luokan 2 piirien kenttäkaapelointiliittimet suositellaan eristettäväksi muista liittimistä. Sopiva etäisyys olisi 2 tuumaa (50.8 mm) /2 s. 80./

7.2.5 Ohjauspiirin kytkinlaitteet

Ohjauspiirin kytkinlaitteen pitää olla:

- Yleiseen teolliseen käyttöön tarkoitettu, standardin UL 508 mukainen ylikuormitusrelekosketin, painonappi, verkkovirralla toimiva kuivaliitosrele ja relekanta, apukosketin, aikarele ja puolijohdinrele tai aikakytkin, tai ohjelmoitava säädin
- Standardin UL 1054 mukainen erikoiskytkinlaite
- Standardin UL 917 mukainen aikakytkin
- Standardin UL 873 mukainen lämpötilan säädin /7 s. 88./

Kytkeinlaitteella nimellisjännite ei saa olla pienempi kuin nimelliskuorma ja nimellisvirta ei saa olla pienempi kuin kytkinlaitteen kautta kulkevien nimellisvirtojen summa. Kytkinlaitteella pitää olla taulukon 14 (Liite 8) mukaan määräytyvä arvo, joka vastaa ohjatun kuorman tyyppiä /7 s. 89; 2 s. 81./

Nimellisarvokoodit AC ohjauspiirien koskettimille 50 Hz ja 60 Hz taajuuksilla nähdään taulukosta 15 (Liite 8). DC ohjauspiirien koskettimien kosketinvirtanormitus koodit nähdään taulukosta 16 (Liite 9). Taulukko 17 on muuntotaulukko, josta nähdään hevosvoimaa vastaava näennäisteho /7 s. 90./

Taulukko 17. Muunnos hevosvoimista VA kuormitettavuuteen /7 s.91/

Kytkenä arvo, hevosvoimaa	Vastaava näennäisteho arvo, VA
1/10	144
1/8	182
1/6	211
1/4	278
1/3	345
1/2	470
3/4	662
1	768

Kaikki ohjauspiirin koskettimet pitää järjestää niin, että ne avaavat käämin maadoittamattoman johtimen /7 s.91/. Periaatteessa maadoittamattomien piirien pitää aina

olla kytkentäisiä /2 s.84/. Tätä sääntöä ei kuitenkaan tarvitse noudattaa, kun kyseessä on:

1. Moninopeusmoottorin ohjaimessa olevat sähköiset lukituskoskettimet, kun näiden koskettimien johdotus ei poistu ohjaimen kotelosta
2. Ylikuormitusrelekoskettimet, kun niiden johdotus ei poistu ohjaimen kotelosta
3. Moninapaisten ohjauspiirien kytkinlaitteiden koskettimet, kun ne avaavat samanaikaisesti ohjauspiirin molemmat puolet
4. Maasulkuilmaisimet
5. Testikytkimet, näissä tapauksissa solenoidiventtiilit
6. Käämit tai koskettimet sähköisissä ohjauspiireissä
7. ”Start” – painonapit kaksinkäsinkäyttöön, kun jokainen johdin on ylivirtasuojattu /7 s.91; 2 s.84./

7.2.6 Alijännitesuojaus

Alijännitelaukaisun, vaihevian tai ylikuormituksesta johtuvan laukeamisen jälkeen eivät moottorit eivätkä moottorikäyttöiset kuormat saa käynnistyä automaattisesti. Tätä sääntöä ei tarvitse noudattaa kun on kyseessä:

1. Puhaltimen moottorit, kunhan liikkuvat osat on suojattu kosketukselta
2. Pumput
3. Valaistusasennukset /7 s.92./

7.2.7 Ohjauspiirin kuorma

Ohjauspiirin kuormien pitää toimia kuten jokin seuraavista:

- UL 508 mukaiset merkkivalot
- UL 496 mukaiset lampunpitimet
- UL 429 mukaiset solenoidiventtiilit
- UL464 mukaiset akustiset signaalilähettimet

- UL 863 mukaiset ajanottolaitteet ja laskurit
- Toiseen ohjauspiiriin kytkinlaitteeseen tai kuormanohjaimen menevä käämi tai tulovirtapiiri /7 s.92./

Jokainen sähkömekaaninen osa pitää olla suoraan kytketty ohjauspiiriin maadoitettuun puoleen. Tämä ei koske edellä mainittuja poikkeuksia ohjauspiiriin koskettimien paikkaan, jotka voidaan sijoittaa käämin ja ohjauspiiriin maadoitetun puolen väliin /7 s.93./ Ohjauspiiriin kuorman arvo määritetään laitteen virta-, näennäisteho- ja tehoarvoista. Jos laitteeseen ei ole merkitty näitä, käytetään taulukkoa 18 /7 s.93./

Taulukko 18. Rele tai kontaktori – kela –arvot /7 s.93; 2 s.86/.

Releen tai kontaktorin koskettimien max. nimellisvirta, ampeereja	Kela, VA
10	30
30	30
50	75
100	100
150	100
300	125
(kuormakoskettimien kytkentäkyky)	(solenoidin tehonkulutus)

7.2.8 Muut laitteet

Ylijänniterajoittimien pitää olla UL 1449 mukaisia. EMC suodattimien pitää olla UL 1283 mukaisia. Kuivakondensaattorien pitää olla UL 508 mukaisia /7 s.94./

Kaikkien laitteiden nimellisvirtojen pitää olla vähintään sen ohjauspiiriin jännitteen suuruinen, jossa niitä käytetään. EMC suodattimien nimellisvirran pitää olla vähintään yhtä suuri kuin niiden läpi kulkevien kuormavirtojen summa tai vähintään niihin kytketyn johdon nimellisvirran suuruinen /7 s.94./

7.3 Kotelon huoltovalaistus

Seuraavat vaatimukset koskevat keskuksen sisällä olevaa valaistusta:

- Hehkulampun lampunpitimien pitää olla standardin UL 496 ehtojen mukainen
- Loistevalaistuksen pitää olla standardin UL 1598 ehtojen mukainen
- Hehkulampun ja loistevalaisimen, jotka on tarkoitettu käytettäväksi teollisuuden jakokeskuksissa, pitää olla standardin UL 508 ehtojen mukainen /7 s.41./
- Hehkulampun jännite ei saa nousta yli 150 voltin /7 s.42./

Keskuksen valaistuspiirit mitoitetaan päävirtapiirin ehtojen mukaan. Poikkeuksen tekee 120 V valaistuspiiri, joka sopii käytettäväksi vain kotelon sisällä. Se voidaan kytkeä muuntajaan, jonka toisiopiiri on eristetty ja mitoitettu samalla tavoin kuin päävirtapiiri /7 s.42./

Jos valaistuksen yhteydessä on pistorasia:

- a) Päävirtapiiriin sijoitettuna pistorasia pitää suojata haaroituspiirin suojalaitteella, jonka virta-arvo ei ole suurempi kuin pistorasian. Suojalaitteiden pitää olla standardin UL 489 mukaisia ja sulakkeiden pitää olla standardin UL 248 mukaisia. Poikkeuksellisesti 20 A suojalaitetta voidaan käyttää pistorasiassa, jonka luokitus on 15 A. On mahdollista käyttää suojalaitetta, jolla on pienempi virtaluokitus kuin pistorasialla. Tällöin pistorasiaa käytetään vain erityisellä laitteella, johon on merkitty ylivirtasuojan virta-arvo ja pistorasian aiottu käyttötarkoitus /7 s.62 ja 105./
- b) Ohjauspiiriin sijoitettuna pistorasialla pitää olla ylivirtasuoja, joka ei ylitä pistorasian luokitusta ja se pitää olla rajoitettu vain ohjelmointi- ja vianmäärityslaitteiden käytettäväksi. Pistorasiaan pitää olla merkitty ylivirtasuojan virta-arvo ja pistorasian käyttötarkoitus /7 s.81 ja 105./

7.4 Pinta- ja ilmapurkausvälit

Käsitteellä syöttöpiiri tarkoitetaan yleisesti sitä osaa virtapiirissä, joka sijaitsee ennen viimeistä ”ylikuormitukselta suojaavaa laitetta”. Käsitteellä ”haaroitus- ja ohjauspiirit” tarkoitetaan sitä osaa virtapiirissä, joka sijaitsee viimeisen ”ylikuormitukselta suojaavan laitteen” takana /1 s.1234./

Standardi UL 508A määrittää sähköpiirien syöttöpiirien sekä haaroitus- ja ohjauspiirien erot pinta- ja ilmapurkausväleissä /7 s.22 - 23/. Syöttöpiireissä erityiset kenttäkaapelointiliittimet, varokealustat ja virtakiskot pitää sijoittaa kauas toisistaan. Suojalaitteiden pitää olla listattuja /2 s.92/. Taulukosta 19 (Liite 9) nähdään syöttöpiireissä käytettävät etäisyydet. Haaroituspiireissä haaran sisälle voidaan valita laitteita ja virtakiskoja, joissa on pienemmät etäisyydet. Haaroituspiirin suojalaitteen tuloliittimissä pitää kuitenkin olla suuremmat etäisyydet /2 s.92./ Taulukosta 20 (Liite 10) nähdään haaroitus- ja ohjauspiireissä käytettävät etäisyydet.

7.5 Putkijohtojen läpivientieristimet

Ohjauskaapin kotelossa johdotusjärjestelmiä varten olevilla aukoilla pitää olla tasainen ympäröivä pinta, jotta putkijohtojen läpivientieristimet voidaan sijoittaa niihin kunnolla. Läpivientieristimien ulottuvuudet on esitetty taulukossa 21 (Liite 11) /7 s.24./

7.6 Keskusmerkinnät

Jakokeskuksessa pitää olla arvokilpi, joka sisältää seuraavat asiat:

- Valmistajan nimi
- Yksityiskohtaisesti sähköiset ominaisuudet jokaisesta tulevasta syötöstä
- Kenttäkaapelointikaavion numero tai merkintä
- (Valmistuspaikka, jos valmistaja tuottaa jakokeskuksia useilla paikoilla)
- Kotelon tyyppiluokitus eli jakokeskuksen kotelointiluokka
- Oikosulkuvirta-arvo

- Kenttäkytkentöjen teho, ohjausvirta, maadoitus ja nollajohdin
- Sulaketaulu sekä sulakeluokat ja –koot
- Varoittavat merkinnät, esimerkiksi virtapiireistä, jotka eivät kytkeydy pois päältä pääkatkaisijasta
- Kaikki laitteet, jotka eivät ole osa keskusta, mutta jotka täytyy kytkeä keskukseen asennuspaikalla

Muut merkinnät voidaan katsoa taulukosta 22 (Liite 12)/ 7 s.99 – 100 ja liite B; 2 s.95./

7.6.1 Tekninen dokumentaatio

UL 508A sisältää vähän vaatimuksia siitä, mitä dokumentteja jakokeskuksessa pitää olla. Yleisesti oletetaan, että piirikaavio, osaluettelo, varaosaluettelo sekä asennettujen laitteiden toimintaohjeet toimitetaan jakokeskuksen mukana esimerkiksi ovitas-kussa. NFPA 79 määrittää, että riippuen järjestelmän monimutkaisuudesta, pitää toimittaa joukko testidokumentteja, asennusohjeet, yleiskaavio, piirikaavio, virtapiiriin ominaisuudet, toimintaohjeet, huolto-ohjeet sekä varaosalista /2 s.96; 8 s.48./

Valmistaja ja käyttäjä sopivat, mitä dokumentteja tarvitaan. Jos käyttäjä hyväksyy, IEC standardien mukaiset piirikaaviot voidaan toimittaa keskuksen mukana / 2 s.96./

7.6.2 Avoimet ohjauspaneelit

Teollisuuden ohjauspaneeleita, joita ei ole kokonaan koteloitu, pidetään avoimina ohjauspaneeleina. Yleiset ehdot, kuten korroosiosuojaus ei eroa paljoa muista ANSI säännöksistä. Tältä osin Pohjois-Amerikan säännökset eroavat IEC standardeista /2 s.96./

7.6.2.1 Korroosiosuojaus

Rauta- ja teräsosat pitää suojata korroosiolta lasittamalla, galvanoidulla, metallonilla, tai muulla vastaavalla tavalla. Tätä sovelletaan kaikkiin jousiin ja muihin osiin, joita vaaditaan oikeaan mekaaniseen toimintaan. Tämä vaatimus ei kuitenkaan koske laakereita, lämpöelementtejä, nivelien liukupintoja, akseleita tai samankaltaisia osia, kun tällainen suojaus on mahdoton toteuttaa. Vaatimus ei koske myöskään pieniä rauta- tai teräsosia, kuten aluslevyjä, ruuveja, pultteja, tai vastaavia osia, kun niissä ei kulje virtaa tai kun ne tukevat tai ylläpitävät eristämättömien jännitteisten osien tai komponenttien keskinäistä asemaa. Myös ruostumattomasta teräksestä valmistetut osat ovat tämän vaatimuksen ulkopuolella /7 s.20./

7.7 Ohjauspaneelin virrattomat metalliosat

Kaikki virrattomat metalliosat pitää maadoittaa, jos on olemassa vaara, että ne tulevat jännitteisiksi syistä kuten eristyksen hajoaminen tai löysät johdotuskytkennät, ja jos ne voivat siten tuottaa vaaratilanteen /7 s.26A/. Jos hallintalaitteet (painonapit, merkikilamput) on asennettu oviin, joihin on asennettu laitteita joiden jännite on yli $30 V_{rms}$, ne pitää kytkeä ohjauspaneeliin käyttämällä maadoitusjohtoja /7 s.120A/. KytKentäjohtimen poikkipinnat nähdään taulukosta 23 (Liite 13).

7.7.1 Metalliosien välisten kytkentöjen jatkuvuuden testaus

Maadoituksen jatkuvuuden varmistamisessa on käytettävä yhtä seuraavista menetelmistä:

- 1) Käytetään impedanssimittauslaitetta ja otetaan huomioon kaikki mittausspiirin impedanssit. Mitattu impedanssin arvo ei saa olla korkeampi kuin 0.1Ω .
- 2) Käytetään ainakin 10 A virtaa, 50 Hz tai 60 Hz, joka saadaan SELV lähteestä. Testaukset tehdään maadoitusliittimen ja maadoituspiirin merkityksellisten pisteiden välillä. Liittimen ja pisteiden väliltä mitattu jännite ei saa ylittää taulukossa 24 annettuja arvoja /8 s.48./

Taulukko 24. Maadoituspiirin jatkuvuuden varmistaminen /8 s.48/.

Pienin maadoitusjohdin (AWG)	Suurin sallittu jännitteenalenema (V)*
18	3.3
16	2.6
14	1.9
12	1.7
10	1.4
>8	1.0
*Arvot on annettu 10 A testivirrälle	

7.8 Ovet ja peitelevyt

Keskuksen ovilla pitäisi olla sidoskiinnikkeet, joita voidaan käyttää käsin tai yksinkertaisella työkalulla, kuten ruuvimeisselillä. Lukituksen pitäisi lukita ovi sen koko pituudelta. Yli 1.2 m (48 tuumaa) pitkässä ovesa, joka on mitattu saranoidusta päädyistä, pitäisi olla kaksi tai useampia kiinnikkeitä, jotka pitävät oven kiinni kahdesta tai useammasta kohtaa. Jokaisen oven pitää voida avautua vähintään 90 astetta kiinniasennosta /7 s.113 ja 114A./

Keskuksessa pitää olla ovi, kun keskus sisältää seuraavat laitteet:

- a) Tehosulakkeita;
- b) Päävirtapiirin katkaisijat, jotka vaativat uusimista tai kuittausta kotelon sisällä;
- c) Moottorin ylikuormitusreleet, jotka vaativat uusimista tai kuittausta kotelon sisällä; tai
- d) Muut komponentit, kuten aikareleet ja tallenne laitteet, jotka vaativat huoltoa tai käyttöä keskuksen sisällä /7 s.30A./

Poikkeuksellisesti, ovea ei tarvita:

- a) Kun keskuksen sisälle pitää päästä vain silloin, kun sulake pitää vaihtaa oikosulun jälkeen;
- b) Jos sulake suojaa ainoastaan keskuksen sijoitettua ohjauspiiriä; tai
- c) Ylivirtasuojalaitteet voidaan palauttaa keskuksen ulkopuolelta.
- d) Jos siirrettävällä peitelevyllä on lukitus käyttökahvan kautta, eli peitelevy voidaan poistaa vasta, kun keskus on tehty jännitteettömäksi /7 s.30A./

7.9 Ohjauspaneelin kotelon aukot ja niihin asennettavat komponentit

Ohjauspaneelin aukkoihin asennettavilla laitteilla pitää olla sama koteloluokitus. Muiden kuin tyyppin 1 koteloiden kaapelijohtoaukkojen ja asennuksien pitää noudattaa taulukon 25 (Liite 14) vaatimuksia. Paneelin aukot, jotka on tarkoitettu asennettaville komponenteille, pitää peittää komponenteilla, jotka on tarkoitettu sellaiseen asennukseen. Taulukossa 26 (Liite 15) on määritetty kotelotyypit ja niiden komponenttien merkinnät, joilla voidaan sulkea aukot, jotka on tarkoitettu komponenteille sekä tuuletusaukoille tai tarkkailuikkunoille. Taulukossa 27 (Liite 15) määritetään seurauksena oleva kotelo tyyppi, kun kotelossa käytetään komponentteja tai varusteita, jotka eivät ole taulukkojen 25 ja 26 mukaisia /7 s.31 – 33./

7.9.1 Tuuletusaukot

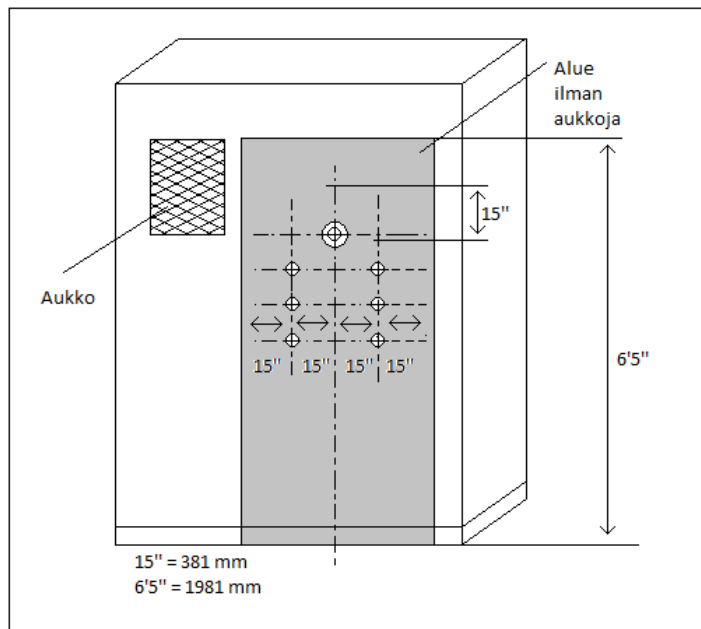
Tuuletusaukot ovat sallittuja, mutta niille on rajoituksia.

Tuuletusaukon saa sijoittaa keskuskotelon päälle vain siinä tapauksessa, että sille on asennettu peitelevy, joka suojaa putoavalta lialta. Suojusta ei kuitenkaan tarvitse asentaa silloin, kun se on sellaisen keskuksen osaston päällä, jossa ei ole lainkaan eristämättömiä jännitteisiä osia. Tuuletusaukkoja ei saa suunnata sille alueelle, jota laitteen käyttäjä käyttää, eli aukon vieressä ei saa olla yhtään ohjauselementtiä, kuten käyttökahvoja, painonappeja tai merkkivaloja /7 s.35./

Vähimmäisetäisyys laitteiden, joissa on kaareutuvia osia (kuten katkaisijat, sähkömagneettisäätimet) ja aukkojen välillä on 305 mm (12 tuumaa). Jos etäisyys ei ole tämän mukainen, pitää käyttää suojuksia /7 s.36./ Keskuksen tuulettamiseen tarkoitettut metalliset tai muoviset verkkolevyt saavat olla kooltaan korkeintaan 305 mm (12 tuumaa) pitkiä ja alueen koko ei saa ylittää 0.129 m^2 (200 neliötuumaa) /7 s.35./

Poistoilman ilmanpoistoaukkoa ei saa suunnata alueelle, jota laitteen käyttäjä käyttää (ilmanpoistoaukon vieressä ei saa olla mitään ohjauslaitteistoa, kuten käyttökahvoja, painonappeja tai merkkivaloja). Horisontaalisesti, alue kattaa yhteensä 762 mm (30 tuumaa) ohjauselementin tai merkin keskipisteen kummallakin puolen, eli 381 mm

(15 tuumaa) kummallekin puolen. Vertikaalisesti alue kattaa seinään asennetun kaappin koko korkeuden tai kun kaappi seisoo maassa, alueen korkeus on korkeintaan 1981 mm (6 ½ jalkaa). /7 s. 35./ Tätä on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Ilmanpoistoaukon sijoittaminen /2 s.105/.

7.9.2 Tuulettimet ja puhaltimet

Tuulettimien pitää olla standardin UL 507 mukaisia ja puhaltimien moottorien pitää olla standardin UL 1004 mukaisia. Jokaisen tuulettimen tai moottorin pitää sisältää yksi seuraavista oikosulkusuojauksen muodoista:

- Lämpösuoja, joka on standardin UL 2111 mukainen, kun moottoriin on merkitty ”lämpösuojattu” tai ”T.P.”; tai
- Impedanssisuoja, joka on standardin UL 2111 mukainen, kun moottoriin on merkitty ”impedanssisuojattu” tai ”Z.P.”; tai
- Tavanomainen moottorin ylikuormitussuoja, esimerkiksi bimetalli tai PTC termistorianturi /7 s.39; 2 s.106./

7.9.3 Tarkkailuikkuna

Tarkkailuikkuna pitää olla hyväksytty tyypin 1 komponentiksi.

Tarkkailuaukkoa peittävä lasi ei saa olla yli 102 mm (4 tuumaa) miltään suunnalta (myöskään diagonaalisesti) ja sen pitää olla vähintään 1.40 mm (0.055 tuumaa) paksu. Vaihtoehtoisesti, lasi ei saa olla yli 305 mm (12 tuumaa) miltään suunnalta (myöskään diagonaalisesti) ja sen pitää olla vähintään 2.92 mm (0.115 tuumaa) paksu /7 s.36A./

Jos tarkkailuaukkoa peittää muovi, sen pitää olla vähintään 3.2 mm (1/8 tuumaa) paksu ja sen syttymisarvon pitää olla 5 VA. Muovin koko ei saa ylittää 2452 mm² (380 neliötuumaa) /7 s.36B./

7.10 Muut kiinteät laitteet

7.10.1 Ohjauspaneelin kotelon ilmastointilaitte

Ohjauspaneelin koteloon asennetun ilmastointilaitteen pitää olla standardin UL 484 mukainen. Se pitää laittaa teollisuuden ohjauspaneelin valmistajan UL tiedostoon (kaapin hyväksyntätiedostoon), kohtaan ”erikoistyyppi” /7 s.40./

7.10.2 Kaapin lämmittimet

Sähkölämmittimien pitää noudattaa standardin UL 499 ehtoja ja ne pitää asentaa vähintään 50.8 mm (2 tuumaa) päähän muoviosista ja johdotuksesta. Sisäisen johdotuksen pitää olla lämpötilahyväksytyjä yli 200°C (pätee vain, kun johtimet on kytketty itse lämmittimeen, esimerkiksi liuskakuumentimeen) /7 s.40; 2 s.107./

7.10.3 Ilmansuodattimet

Kaikkien tuuletusaukkojen yhteyteen pitää asentaa ilmansuodattimet vähentämään saastumisastetta, mikäli kotelo sisältää PLC:tä, teholähteitä, IT laitteita tai elektronisen muuttamisen laitteita (konverttereita). Ilmansuodatinta ei kuitenkaan tarvitse asentaa ilmastointiaukon yhteyteen silloin, kun kotelossa tai missään laitteessa kotelon sisällä ei ole tuuletinta /7 s.40./

7.10.4 Lämpöeristys keskuskoteloissa

Kun keskuskotelon sisään on asennettu lämpöeristävää materiaalia, sen pitää:

- Olla tuettu mekaanisesti, ei vain liimalla niin, että eristys ei ole kosketuksissa eristämättömien jännitteisten osien kanssa kotelon sisällä; ja
- Olla 12.7 mm (½ tuumaa) tai enemmän eristämättömistä jännitteisistä osista ja 305 mm (12 tuumaa) tai enemmän kaareutuvista osista /7 s.41./

7.10.4.1 Eristepalkit

Eristepalkkeja käytetään jännitteisten osien välillä sekä maata vasten. Näin saadaan lisättyä pinta- ja ilmapurkausvälejä. Eristävän materiaalin pitää voida olla suorassa kosketuksessa jännitteisten osien kanssa. Materiaali ei tarjoa fyysistä tukea laitteiden ja osien asennuksessa eikä se ylläpidä sähköisiä etäisyyksiä. Sopivat materiaalit ja niiden vähimmäispaksuudet nähdään taulukosta 28 /7 s.25./

Taulukko 28. Generic materials for use as barriers /7 s.25/.

Generic material	Paksuus vähintään	
	mm	tuumaa
Aramid Paper	0.25	0.010
Electrical Grade Paper	0.71	0.028
Epoxy	0.71	0.028
Mica	0.15	0.006
Mylar (PETP)	0.18	0.007
RTV	0.71	0.028
Silicone Rubber	0.71	0.028
Vulcanized Fiber	0.71	0.028

Niitä materiaaleja, jotka tukevat suoraan eristämättömiä jännitteisiä osien, käytetään asentamisessa ja sähköisten etäisyyksien ylläpidossa /7 s.25; 2 s.108/.

7.11 Korkeimmat sallitut oikosulkuvirrat

Taulukosta 29 (Liite 16) nähdään oletetut suurimmat merkitsemättömien komponenttien oikosulkuvirtojen arvot /7 liite SB/.

Koko teollisuuden ohjauspaneelin oikosulkuvirran arvo määritetään seuraaviin perustuen:

- a) Ensiksi, todetaan yksittäisten päävirtapiirin komponenttien oikosulkuvirtojen arvot, kuten kohdassa 7.12.1 on määritetty.
- b) Toiseksi, saatavilla olevat oikosulkuvirrat muunnetaan ohjauskaapin piirin osan sisällä mukanaolevan virtarajoituksen takia.
- c) Kolmanneksi, koko kaapin oikosulkuvirta-arvo määritetään, kuten kohdassa 7.12.3 /7 liite SB/.

7.11.1 Yksittäisten päävirtapiirin komponenttien oikosulkuvirta-arvot

Kaikilla päävirtapiirin komponenteilla pitää olla suurin sallittu oikosulkuvirta-arvo. Kyseisiä komponentteja ovat esimerkiksi katkaisijat, pääkatkaisijat, haaroituspiirin suojalaitteet, varokealustat, kuormanohjaimet, moottorin ylikuormitusreleet, liittimet ja virtakiskot. Kuitenkaan tehomuuntajissa, konverttereissa, kuivakondensaattoreissa, vastuksissa, varistoreissa ja jännitemittareissa ei tarvitse olla oikosulkuvirta-arvoa. Myöskään tähti-kolmiokytkentäisen moottorin ohjaimen ”S” kontaktorissa ei tarvitse olla oikosulkuvirta-arvoa /7 liite SB./

Jos tietylle laitteelle on annettu suurin sallittu oikosulkuvirran arvo, sitä pitää käyttää. Nämä arvot on usein esitetty laitteen nimikyltissä tai UL raportissa. Arvot on annettu ampeereina tai kiloampeereina ja esimerkiksi yhtenä tai useampana jännitteenä. Jos laitteelle ei ole saatavissa oikosulkuvirran arvoa, käytetään taulukon 29 (Liite 16) alempia ohjearvoja. UL:n testaamien ja hyväksymien käynnistinkombinaatioiden suurimpina oikosulkuvirran arvoina käytetään relevantteja UL raportin arvoja, vaikka

kombinaatiolle oleva arvo on suurempi kuin tämän kombinaation yksittäisten laitteiden arvot. Kombinaation pitää olla konfiguroitu ja sitä pitää käyttää valmistaja määrittysten mukaan /7 liite SB./

Suurinta sallittua oikosulkuvirran arvoa, joka on suurempi kuin UL 508A:n ohjearvo sähkömagneettisäätimille, bimetalli releille tai käynnistinkombinaatioille, voidaan käyttää, jos käytetään UL raportissa määritettyä haaroituspiirin suojalaitetta /7 liite SB./

Poikkeus 1: Haaroituspiirin suojalaite, joka on määritetty korkeille oikosulkuvirtarvoille, on luokan CC, G, J, C, RK1, RK5 tai T sulake. Muut sulakkeet ovat myös sallittuja, mikäli niiden kytkinlaitteen rajoittama katkaisuvirta (I_p = huippu arvo) ja kytkinlaitteen rajoittama katkaisuenergia (I^2t) ovat yhtä suuria tai pienempiä kuin taulukon 29 (Liite 16) vakiosulake /7 liite SB./

Poikkeus 2: Haaroituspiirin suojalaite, joka on määritetty, voidaan asentaa myös kaapin ulkopuolelle ("kentällä annettu"), kunhan kaappi on merkitty kohdan 7.12.4 mukaisesti /7 liite SB./

Poikkeus 3: Jos korkealle oikosulkuvirran arvolle määritetty haaroituspiirin suojalaite on oikosulkuvirtaa rajoittava, hyväksytty katkaisin, tämä laite pitää merkitä sanoilla "virtaa rajoittava" nimikyltissä ja osoittaa UL raportissa. Lisäksi, relevantit kytkinlaitteen rajoittamat katkaisuvirratt (I_p = huippu arvo) ja kytkinlaitteen rajoittamat katkaisuenergian arvot (I^2t) pitää olla määritettynä. Jos käytetään vaihtoehtoisia oikosulkuvirtaa rajoittavia katkaisijoita, niiden I_p ja I^2t pitää olla yhtä kuin tai pienempiä kuin määritetyt laitteen arvot /7 liite SB./

7.11.2 Oikosulkuvirtaa rajoittavat syöttöpiirin komponentit

UL 508A:n mukaan kaapeleita, virtakiskoja, bimetalli laitteita ja samankaltaisia laitteita ei pitäisi ajatella laitteina, jotka rajoittavat oikosulkuvirran arvoa /7 liite SB./

Kun haaroituspiiriä syötetään tehomuuntajasta, jonka toisio on eristetty, oikosulkuvirran arvon muuntajan vaiheiden puolella pitää olla yksi seuraavista:

- a) Tehomuuntajalla, joka on nimellisesti korkeintaan 10 kA, ja jonka toisiopiirin kaikkien komponenttien oikosulkuvirtojen arvot ovat vähintään 5 kA, ensisijainen ylivirralla suojaavan laitteen oikosulkuvirran arvo voidaan määrätä tehomuuntajapiirin vaiheiden puolelle.
- b) Tehomuuntajalla, joka on nimellisesti korkeintaan 5 kA ja 120 V on suurin toisiojännite, ja jonka toisiopiirin kaikkien komponenttien oikosulkuvirtojen arvot ovat vähintään 2 kA, ensisijainen ylivirralla suojaavan laitteen oikosulkuvirran arvo voidaan määrätä tehomuuntajapiirin vaiheiden puolelle.
- c) Piireillä, jotka eivät ole kohdan a tai b mukaisia, toisiopiirin komponenttien alimmat oikosulkuvirran arvot määrätään tehomuuntajapiirin vaiheiden puolelle.

Kun haaroituspiiriä syötetään syöttöpiirissä olevasta hyväksytystä katkaisijasta, johon on merkitty ”virtaa rajoittava”, katkaisijoiden vaiheiden puolen suurimman sallitun oikosulkuvirran arvo on:

- a) Suurin sallittu syöttöpiirin katkaisijan oikosulkuvirran arvo, jos
 - i. kaikilla katkaisijan kuorman puolella olevilla laitteilla on suurempi oikosulkuvirran arvo kuin katkaisijan kytkinlaitteen rajoittama katkaisuvirta, ja
 - ii. haaroituspiirin suojalaitteen suurin sallittu oikosulkuvirran arvo on suurempi kuin syöttöpiirin katkaisijan oikosulkuvirran arvo.

Haaroituspiirin suojalaitteille, joihin ei ole merkitty oikosulkuvirran arvoa, käytetään taulukon 29 (Liite 16) arvoja;

- b) Syöttöpiirin katkaisijan kuorman puolella olevien haaroituspiirin suojalaitteiden pienimmät oikosulkuvirran arvot, jos a-kohdan ensimmäisen kohdan ehtoja noudatetaan, mutta ainakin yhden haaroituspiirin suojalaitteen suurin sallittu oikosulkuvirran arvo on pienempi kuin syöttöpiirin katkaisijan. Jos haaroituspiirin ylivirralla suojaaviin laitteisiin ei ole merkitty oikosulkuvirran arvoa, ne katsotaan taulukosta 29;

- c) Minkä tahansa haaroituspiirin suojalaitteen pienin oikosulkuvirran arvo, kun kohtien a ja b ehtoja ei täytetä /7 liite SB./

Syöttöpiirissä olevan, luokan CC, G, J, L, RK1, RK5 tai T haaroituspiirin sulakkeen oikosulkuvirran arvon sulakkeen vaiheiden puolella pitää olla:

- a) Suurin sallittu syöttöpiirin sulakkeen oikosulkuvirran arvo, jos
- i. Kaikilla sulakkeen kuorman puolella olevilla laitteilla on suurempi oikosulkuvirran arvo kuin sulakkeen kytkinlaitteen rajoittama katkaisuvirta (näissä tapauksissa tulisi käyttää vain taulukon 30 (Liite 17) arvoja); ja
 - ii. Haaroituspiirin suojalaitteen suurin sallittu oikosulkuvirran arvo on suurempi kuin syöttöpiirin sulakkeen oikosulkuluokitus.

Pitäisi käyttää vain niitä kytkinlaitteen rajoittamia katkaisuarvoja, jotka on annettu relevantille sulakkeelle taulukossa 30.

- b) Kaikkien haaroituspiirin suojalaitteiden pienin oikosulkuvirran arvo pätee, jos myös kohdan a ensimmäinen osa pätee, mutta suurin sallittu haaroituspiirin suojalaitteiden oikosulkuvirran arvo on suurempi kuin syötön elementin. Jos haaroituspiirin ylivirralla suojaaviin laitteisiin ei ole merkitty oikosulkuvirran arvoa, ne katsotaan taulukosta 29;
- c) Kaikkien haaran laitteiden pienin oikosulkuvirran arvo, kun kohtien a ja b ehtoja ei noudateta /7 liite SB./

7.11.3 Koko kaapin oikosulkuvirran arvon määrittäminen

Mitä kaikkiin haaroituspiirin suojalaitteella suojattuihin haaroituspiireihin tulee, tämä on pienin kaikkien päävirtapiirin suojalaitteen kuormanpuolella olevien laitteiden suurimmista sallituista oikosulkuvirran arvoista. Koko ohjauskaapin oikosulkuvirran arvo on:

- a) Kaapeilla, joissa on vain yksi haara, eikä yhtään haaroituspiirin suojalaitetta, arvo on kaikkien päävirtapiirin laitteiden ja ohjauspiirin suojalaitteen suurin sallittu oikosulkuvirran arvo.

- b) Kuten kohdassa a, mutta kaapissa on haaroituspiirin suojalaite. Arvo määritetään kohdan 7.12.3 alun mukaisesti.
- c) Kaapeilla, joissa on useita haaroitus- ja syöttöpiirejä, kuten katkaisijoita, sulakkeita ja ylivirralla suojaavia laitteita, suurin sallittu oikosulkuvirran arvo on:
 - i. Kaikkien haarojen suurimmista sallituista oikosulkuvirran arvoista pienin.
 - ii. Syöttöpiirin laitteen suurin sallittu oikosulkuvirran arvo, kun kohta i ei ole mahdollinen ja ohjauspiirin suojaus on kytketty syötinlaitteen kuorman puolelle /7 liite SB./

7.11.4 Oikosulkuvirran merkitseminen

Teollisuuden ohjauskaappien nimikylteissä pitää olla suurin oikosulkuvirran arvo. Se annetaan seuraavasti:

”Oikosulkuvirta: ____ kA rms symmetrinen, ____ V enintään” tai vastaavasti.

Teollisuuden ohjauskaappiin, joka on merkitty korkealla oikosulkuvirran arvolla, ja jossa ei ole vaadittua haaroituspiirin suojalaitetta, pitää merkitä vaaditun, kentällä asennettavan haaroituspiirin suojan tyyppi ja koko /7 liite SB./

7.12 Katkaisijat syöttöpiirissä

Jokaisessa järjestelmässä pitää olla pääkatkaisin /7 s.55/. Jos järjestelmiä on kaksi tai enemmän, katkaisijoita pitää asentaa kaksi tai enemmän. Pääkatkaisijan pitää sammuttaa kaikki sähkövirtapiirit mukaan lukien ohjauspiirit. Kuitenkaan syöttöpiirin pääkatkaisijan ei tarvitse erottaa seuraavia piirejä:

- 1) Valaistusvirtapiirit, jotka antavat tarvittavan valon huollon tai korjauksen aikana
- 2) Pistokytkimet, jotka on tarkoitettu yksinomaan korjaus- tai huoltotyökalujen ja laitteiden kytkemiseen

- 3) Alijännitteen suojauspiirit, joita käytetään vain automaattiseen irrotukseen, jos syöttöpiirissä tapahtuu häiriö
- 4) Piirit, jotka syöttävät laitteita, joiden pitää pysyä jännitteellisinä toimiakseen tyydyttävästi.

Näitä piirejä sisältävään ohjauspaneeliin pitää laittaa varoituskilpi pääkatkaisijan käyttökahvan viereen, joka ilmaisee, että nämä sähköpiirit pitää kytkeä irti erikseen. Nolla-johtimen käyttö pitää selvästi merkitä laitteen tekniseen dokumentaatioon, kuten asennuskaavioon ja piirikaavioon. Nolla-johtimelle pitää olla erillinen, eristetty liitin /8 s.14./

Jos pääkatkaisijoita käytetään hätä-seis – katkaisijoina:

- Niiden pitää olla näkyviä ja helposti luoksepäästäviä
- Käyttökahvan pitää olla punainen ja kahvan ympärillä olevan taustan pitää olla keltainen
- Katkaisijan pitää olla hyväksytty kombinaatio moottoriohjain (UL tyyppi E tai F) tai hyväksytty katkaisin (jossa on käänteinen aikakatkaisu yksikkö) tai hyväksytty katkaisija ilman katkaisu yksikköä (kompaktikatkaisija) /8 s.29./

7.12.1 Vaatimukset pääkatkaisijan käyttökahvalle

Kun pääkatkaisijan käyttökahvaa käytetään pystysuorasti eikä pyörivästi tai vaakasuorasti, käyttökahvan ”ylös” asento tarkoittaa ”on” (kiinni) asentoa. Katkaisijassa pitää olla merkki, joka osoittaa onko se auki (”off) vai kiinni (”on”) asennossa. Käyttökahva pitää pystyä myös lukitsemaan ”off” tai auki asentoon. Kun katkaisijan käyttökahvan keskiosa on korkeimmassa asennossa, sen etäisyys kotelon pohjasta ei saa olla enempää kuin 201 cm (79 tuumaa). Jos useille syöttöpiireille on asennettu kaksi tai useampia katkaisimia, ne pitää ryhmittää yhteen paikkaan keskuksessa /7 s.55 – 56./

7.12.2 Katkaisijoiden tyypit ja koot

Seuraavat laitteet hyväksytään pääkatkaisijaksi:

- a) UL 489 mukainen katkaisin (käänteisaikakatkaisin)
Standardin mukaista katkaisijaa pitäisi kuormittaa vain 80 % sen nimellisvirrasta. Esimerkiksi 125 A katkaisijaa pitäisi kuormittaa vain 100 A. Kuitenkin, joillekin katkaisijoille hyväksytään 100 % kuormitus. Kuitenkin, vähimmäisvaatimuksena nämä pitää nimetä UL raporttiin (katkaisijoista).
- b) UL 489 mukaiset kompaktikatkaisijat
Näillä katkaisijoilla ei ole ylikuormituslaukaisu yksikköä. Niillä voi kuitenkin olla ei-säädettävä (kiinteä) pikalaukaisuyksikkö.
- c) Käynnistin, tyyppi E
Itsesuojattua kombinaatio moottorihjainta voidaan käyttää pääkatkaisijana standardin UL 508A mukaisesti, jos vain **yhtä** moottoria käytetään keskuksen kautta. Tyypin E käynnistimet pitäisi mitoittaa 100 % moottorin täyskuormitus virralle taulukon 5 (Liite 4) mukaisesti.
- d) UL 98 mukaiset katkaisijat (katkaisija tai kytkinyksikkö)
- e) UL 977 mukaiset katkaisijat (yli 600 A virroille)
- f) UL 1066 mukainen ilmakatkaisija (tehokatkaisijat)

Kohtien b, d, e, ja f katkaisijat mitoitetaan seuraavasti:

- I. Yksi tai useampi moottoriton kuorma
 - 100 % kytkimille, joissa ei ole integroitua varoketta
 - 80 % kytkimille, joissa on integroitu varoke
- II. Vain yksi moottorikuorma
 - hevosvoimaluokitus, joka on suurempi tai yhtä suuri kuin moottorin luokitus
 - vähintään 115 % moottorin täyskuormitusvirrasta taulukon 5 (Liite 4) mukaisesti
 - pienin nimellinen taajuusmuuttajan tulovirta

III. Useampi kuin yksi moottori tai sekakuormat (moottori ja moottoriton)

- vähintään 115 % moottorin täyskuormitusvirrasta taulukon 5 (Liite 4) mukaisesti
- Taajuusmuuttajan nimellinen tulovirta plus muiden moottorittomien kuormien virtojen summa
- Katkaisijan sallittu LRC (lähtövirta) ei saa olla alempi kuin kaikkien moottorien kaikkien lähtövirtojen summa plus kaikkien muiden kuormien nimellisvirrat

Yksi-vaiheisille moottoreille: $LRC = 6 \times$ täyskuormitusvirta taulukon 5 (Liite 4) mukaan

Kolmi-vaiheisilla moottoreilla LRC perustuu taulukkoon 31 (Liite 18) /7 s.53 – 54; 2 s.123 - 125./

7.13 Oven lukitus

Ohjauskaapin ovi voidaan lukita kolmella tapaa: mekaanisesti, sähköisesti tai edellisten yhdistelmällä. Sähköiselle lukitukselle on samat ehdot kuin mekaaniselle. Siksi seuraavat komponentit ovat vähimmäisvaatimuksia sähköistä lukitusta asennettaessa:

- 1 avaimella toimiva painonappi, joka käynnistää hylkäysmekanismin
- 1 aikarele (säädettävä aika noin 0 – 10 s), tänä aikana hylkäysmekanismi on aktiivinen
- Alijännitelaukaisin jokaiseen pääkatkaisijaan
- Useita lisäreleitä
- Asemakytkin jokaiseen oveen, mieluiten lukkiutuva

Lukkiutumattomia asemakytkimiä ei pitäisi käyttää, sillä kaapin ovi pitäisi saada auki vain silloin, kun pääkatkaisin on irtikytetty /2 s.127./

Avaimella toimivaa painonappia pitäisi käyttää ohittamaan oven lukittuva asemakytkin ja alijännitelaukaisimet vain lyhyeksi ajaksi. Mitkä tahansa ovet, jotka eivät aukea tällä jaksolla, on lukittu vielä kerran. Avoimissa ovissa, lukittuvat asemakytkimet pitää jättää auki ja lukita uudelleen, kun ovet on suljettu /2 s.127./

Sillä aikaa, kun ovet avataan ja kun ne oikeasti ovat auki, alijännitelaukaisin ei saa laueta. Samankaltaista kytkentätyyppiä pitäisi käyttää myös päällekytkennässä, kun ovet ovat auki. Tavoitteena on:

1. Estää valtuuttamatonta henkilöä avaamasta ohjauskaapin ovea, kun hän ei joko tiedä miten se tehdään tai hänellä ei ole avainta.
2. Estää tarkoituksellista toiminnasta johtuva tahaton tai tapaturmainen kytkeminen silloin, kun ovet ovat auki /2 s.127./

7.13.1 Yksityiskohtaiset toiminnankuvaukset

1. Mekanismin pitää olla luoksepäästävä milloin tahansa riippumatta oven asennosta /7 s.124/.
2. Kytkinlaite ja pyörivä käyttökoneisto muodostavat erillisyyksikön, eikä niitä voi erottaa normaaleissa käyttöolosuhteissa /7 s.124/.
3. Teollisuuden ohjauskaapin ovet pitää saada lukittua pääkatkaisijan ”ON” asennolla niin, että yhtäkään ovista ei voi avata /7 s.119/.
4. Kohdan kolme lukitus pitää voida ohittaa niin, että teollisuuden ohjauskaappi voidaan avata huoltoa ja ylläpitoa töitä varten silloin, kun pääkatkaisin on ”ON” asennossa. Tämän toiminnon pitää toimia työkalulla, kuten ruuvimeiselillä /2 s.128/.
5. Kohdan 3 lukituksen pitää mennä automaattisesti päälle kun kaapin ovet suljetaan /2 s.128/.
6. Pyörivä käyttökoneista pitää voida sulkea milloin tahansa riippumatta siitä, onko ovi auki vai kiinni /7 s.124/.
7. Pyörivä käyttökoneisto pitää voida lukita vain riippulukolla kiinni –asentoon /2 s.128/.
8. Pitää olla mahdollista kytkeä pääkatkaisin päälle ilman työkaluja. Korkeintaan voidaan vaatia riippulukon poistoa /2 s.128./
9. Pääkatkaisijan ollessa auki kaapin ovet pitää voida avata kokonaan, ilman että tarvitsee poistaa mahdollinen riippulukko. Jos useampaa kuin yhtä riippulukkoa on käytetty, niiden ei tarvitse mennä oven läpi /2 s.128./

10. Kaapin oven ollessa auki pitää käyttää mekaanista lukitusta, jolla estetään pääkatkaisijan päälle kytkeminen. Tämä lukitus pitää voida ohittaa ilman työkaluja. Lukituksen pitää kytkeytyä pois päältä myös silloin, kun ovet suljetaan uudelleen /7 s.119./

7.14 Kombinaatio moottorihjain

Kombinaatio moottorihjaimella tarkoitetaan yhtä tai useampaa laitetta, jotka on koottu antamaan katkaisukeino, ylivirtasuojaus, moottorin ohjaus ja moottorin ylikuormitussuoja erillismoottoripiirille.

UL 508A:n mukaan kombinaatio moottorihjaimien mitoituksessa pitäisi käyttää vain standardista katsottavaa täyskuormitusvirtaa (FLC). Tässä yhteydessä on suositeltavaa katsoa taulukkoa 5 (Liite 4). Ainoa poikkeus liittyy moottorin ylikuormitussuojaukseen ja tällöin pitäisi käyttää nimikyltissä ilmoitettua täyskuormitusvirtaa (FLA) /2 s.139./

Moottorin lähtövirta on suurin virta, jonka moottori voi ottaa kun moottorin akseli on lukittu. Tämä arvo pitäisi antaa moottorin nimikyltissä tai ohjelehdessä. Jos kummasakaan ei ole tietoa, käytetään taulukkoa 31 (Liite 18). Yksivaiheisilla moottoreilla lähtövirta on normaalisti kuusi kertaa nimellisvirta /2 s.142./

7.14.1 Kombinaatio moottorihjaimen mitoitus

Ainoastaan kuparikaapelit sallitaan. Kaikkien samassa putkijohdossa tai putkessa olevien kaapelien pitää olla hyväksytyjä käytettäväksi suurimmalla esiintyvällä jännitteellä kyseisessä sijainnissa. Tämä tarkoittaa, että 24 V_{DC} ja 480 V_{AC} piirit voidaan aina asentaa yhteen putkeen tai putkijohtoon. Jos muut olosuhteet, kuten EMC, tekee piirien erottamisen tarpeelliseksi, se voidaan tehdä milloin tahansa /7 s.50; 2 s.143./

Kuormapiirissä johtimen pienin mahdollinen poikkipinta on 14 AWG, eli noin 2.1 mm². Johtimien eristysmateriaalien pitää olla suunniteltuja kestävänsä ainakin 90 °C (154 °F) lämpötilaa. Johtimien pitää olla jotain seuraavista:

- Standardin UL 1063 mukainen työstökonejohto
- Standardin UL 44 mukainen kumieristeinen johto
- Standardin UL 83 mukainen kestopuovinen eristys
- Hitsauskaapeli /7 s. 50./

7.14.2 Katkaisukeinot

Katkaisijoiksi sallitut laitteet ovat seuraavia:

- UL 489:n mukaisia katkaisijoita
 - Käänteisaikakatkaisin
 - Katkaisin
- UL 489:n mukaisia käynnistyskombinaatioita varten olevia ei-automaattisia katkaisimia
Näillä katkaisijoilla ei ole ylikuormituslaukaisu yksikköä. Niillä voi kuitenkin olla säädettävä pikalaukaisuyksikkö.
- UL 489:n mukainen ei-automaattinen katkaisija, esimerkiksi kompaktikat-
kaisija /7 s.53./

Katkaisijat mitoitetaan samoin kuin pääkatkaisijat. Yksi laite voi olla usean moottorin katkaisin /2 s.144/

7.14.3 Haaroituspiirin suojaus

Haaroituspiirin suojaksi hyväksytyt laitteet ovat:

- UL 489:n mukaisia katkaisijoita
- UL 489:n mukaisia käynnistinkombinaatioiden katkaisijoita
- UL 248:n mukainen sulake ja sitä vastaava UL 512 mukainen varokealusta
- UL 508:n mukaisia itsessään suojattuja kombinaatiomoottoriohjaimia /7 s.56 – 57./

UL 1077:n mukaisia pienoiskatkaisijoita, UL 508:n mukaisia moottorinkäynnistimen suoja ja UL 248 – 14:n mukaisia muita sulakkeita tai pienoissulakkeita ei saa käyttää haaroituspiirin suojana /7 s.57/.

7.14.3.1 Mitoitus

Suurimmat moottorin haaroituspiirin laitteen arvot nähdään taulukosta 32 (Liite 19). Yli 1000 ampeerin sovelluksissa katkaisijalla pitää olla maasulkusuojaus /7 s.57/.

Viivästys- ja pikalaukaisimella varustetun katkaisijan mitoitus:

Valintaa tehtäessä pitäisi ottaa huomioon korkeintaan 250 % ja vähintään 125 % moottorin nimellisvirrasta. Näitä enimmäisarvoja ei kuitenkaan käytetä, jos ohjaimen tai ylikuormitusreleeseen on merkitty sulakkeen tai katkaisijan enimmäiskoko, joka on pienempi kuin edellä käsitellyt arvot.

Jos moottorin käynnistysvirta laukaisee katkaisijan, katkaisija voidaan ylimitoitaa:

- Korkeintaan 100 A nimellisvirta → 400 % max
- Yli 100 A nimellisvirta → 300 % max

Pikalaukaisimella varustetun katkaisijan mitoitus:

Katkaisin pitäisi olla konfiguroitu 115 % lämpöluokitellulle laukaisuyksikölle. Magneettinen laukaisu pitäisi konfiguroida enintään 800 % FLA:sta. Jos moottorin käynnistysvirta laukaisee katkaisijan, katkaisija voidaan ylimitoitaa:

- Korkeintaan 1300 % kaikille moottoreille
- Korkeintaan 1700 % mallille B (korkean hyötysuhteen moottorit)

Viivesulakkeen mitoitus:

Sulakkeet pitää konfiguroida vähintään 125 % ja korkeintaan 175 % moottorin nimellisvirrasta. Sulakkeen nimellisvirtaa voidaan kuitenkin kasvattaa 225 % moottorin nimellisvirrasta.

Tyyppien E ja F kombinaatio-ohjainten mitoitus:

Tämä valikoima perustuu 100 % moottorin nimellisvirrasta /7 s.60 – 61./

7.14.3.2 Sähkömagneettisäätimet ja ohjauslaitteet

Kaikkien kuormien suoraan kytkemiseen tarkoitettujen laitteiden pitää olla UL 508:n mukaisia /7 s.65/.

Valaistuksen sähkömagneettisäätimien pitää olla UL 508:n mukaisia. Sähkömagneettisäätimiä, joissa on nimikyltti moottoreille, ei voida käyttää. /7 s.65./

Lämmitykseen tarkoitettujen sähkömagneettisäätimien pitää olla UL 508:n mukaisia. Jos sähkömagneettisäätimessä on nimikyltti moottoreille, sitä ei voida käyttää. Jokaiseen yksittäiseen lämmityspiiriin voidaan laittaa enintään 60 ampeerin sulake, eli toisin sanoen niitä voidaan käyttää enintään 48 A virralla /7 s.65./

Määräkäyttöisiä sähkömagneettisäätimiä pidetään parempina HVAC:n (Lämmitys, Tuuletus, Ilmastointi) muunnelmina. Ne konfiguroidaan mieluummin täyskuormitusvirran ja käynnistysvirran pohjalta kuin hevosvoimien pohjalta. Niitä voidaan käyttää ainoastaan kytkemään hermeettisesti suljettuja jäähdytysjärjestelmän kompressorimoottoreita /7 s.65./

Laskettaessa sähkömagneettisäätimen kytkentäkapasiteettia jännitettä vastaava hevosvoima ja siihen liittyvä virta katsotaan taulukosta 5 (Liite 4) /7 s.66/.

7.14.3.3 Moottorin ylikuormitussuojaus

Jokaisella moottorilla pitää olla oma ylikuormitussuoja. Poikkeuksen tekevät moottorit, joissa on ”T.P” hyväksyntä (lämpösuojattu), tai joissa on ”Z.P” hyväksyntä (impedanssisuojattu). Poikkeuksen tekevät myös ne moottorit, joissa on sisäänrakennettu ylikuormitussuoja, sekä moottorit, joita käytetään moottorin ohjaimella, kuten taajuusmuuttajalla, jossa on hyväksytty sisäänrakennettu ylikuormitussuoja /7 s.71 – 72./

Moottorin ylikuormitusuoja pitää asettaa niin, että se reagoi 115 % tai 125 % /7 s.71/. Tähti-kolmiokytkentäisten kytkimien ylikuormitusreleet pitäisi kytkeä sähkömagneettisäätimen M1 kuorman puolelle. Ne asetetaan 0.557 moottorin täyskuormitusvirrasta. Laukaisuluokka pitäisi huomioida /7 s.72./

7.14.3.4 Ryhmäasennus

On mahdollista ryhmittää kuormat yhteen, sitä kutsutaan ryhmäasennukseksi. Ryhmäasennuksella tarkoitetaan joko

- Kahta tai useampaa moottoria; tai
- Yhtä moottoria ja muita kuormia.

Tällaista ryhmää voidaan suojata yhdellä haaroituspiirin suojalaitteella. Suojalaite voi olla UL 248:n mukainen sulake tai UL 248:n mukainen käänteisaikatoiminnallinen katkaisija /7 s.61./

Haarajohtimien, yksittäisiin kuormiin menevien sisäisten johtimien, jatkuvan kuormitettavuuden pitää olla vähintään 1/10 haaroituspiirin suojan nimellisvirrasta jokaisessa moottoripiiriryhmässä, jossa on manuaalinen moottorin ohjain, ja johon on merkitty ” soveltuu haarajohtimien suojaksi ryhmäasennuksessa” ja joka on UL 508:n mukainen /7 s.62/.

7.14.3.5 Tähti-kolmiokytkentäinen sähkömagneettisäädin

Tähti-kolmiokytkentäinen moottorinkäynnistin on suosittu tapa vähentää käynnistysvirtaa. UL 508A kuvaa kaksi kytkentää, virtakatkottoman ja virtakatkoksisen, kytkettäessä tähdestä kolmioon: ”katkollinen” ja ”katkoton”.

Katkottomassa kytkennässä moottori pysyy kytkettynä syöttävään järjestelmään ylimääräisen sähkömagneettisäädin – vastus kombinaation kautta (ei suunniteltu täyskuormitusvirroille) sillä aikaa, kun kytkentä vaihdetaan tähdestä kolmioon. Katko-

tonta kytkentää käytetään, kun virtapiikkejä ei sallita. Virtapiikkejä voi syntyä suurilla moottoreilla vaihdettaessa tähdestä kolmioon /7 s.68; 2 s.163./

Kun tähti-kolmiokytkentäisen kontaktorikombinaation välissä on lukitus, sen pitää olla joko mekaaninen tai sähköinen /7 s.68/. Suuntaa vaihtavassa moottoriohjaimessa ja tähti-kolmio kytkimissä pitää olla sekä mekaaninen että sähköinen lukituskeino /7 s.126/. Mekaaninen ja sähköinen lukitus on määritetty vain, jos moottori voi pyöriä rotaation vastasuuntaan /8 s.26/.

7.14.3.6 Haaroituspiirin suojaus moottorittomilla kuormilla

Kun kyseessä on lämmitinkuorma, haaroituspiirin suojalaite mitoitetaan seuraavasti:

- Vähintään 125 % lämmitinkuorman virrasta
- Korkeintaan 60 ampeerin nimellisvirta
- Korkeintaan lämmitinkuormalle menevän kenttäkaapeloinnin kuormittavuuden mukaisesti /7 s.63./

Yhden ei-moottorikäyttöisen laitteen suojaus mitoitetaan seuraavasti:

- Laitteen teknisten tietojen mukaan
- Korkeintaan 20 A virralle laitteilla, joiden nimellisvirrat ovat alle 13.3 ampeeria, kun laitteen dokumentit eivät sisällä relevantteja tietoja
- 150 % laitteilla, joiden nimellisvirrat ovat yli 13.3 ampeeria, kun laitteen dokumentit eivät sisällä relevantteja tietoja

Poikkeuksena tälle ovat laitteet, joissa on verkkojohto. Niiden ei tarvitse noudattaa edellä olevia vaatimuksia, sillä kytkentään käytetty pistorasia itsessään on suojattu. /7 s.63./

Yksittäisten, moottorikäyttöisten laitteiden suojat mitoitetaan seuraavasti:

- Laitteen teknisten tietojen mukaan; tai
- Kombinaatio moottoriohjaimiin liittyvien vaatimusten mukaan; tai

- Pistorasioihin liittyvien vaatimusten mukaan /7 s.64./

7.15 Ohjaus- ja merkinantolaitteet

7.15.1 START/STOP – painikkeet

START – Käynnistystoiminto pitää sijoittaa siihen liittyvän pysäytyspainikkeen yläpuolelle tai sen vasemmalle puolelle. Ohjauspaneeleissa, jossa on toiminnan ohjauksia, pitää olla myös hätäseispainike. Hätäseispainikkeella pitää olla ohjain, joka on sienimäinen tai palmumainen ja itselukittuva. Hätäseispainikkeen pitää olla punainen keltaisella taustalla /7 s.128./

7.15.2 Käsikäyttöiset ohjauslaitteet

Käsikäyttöisten ohjauslaitteiden ohjaimet pitää valita ja asentaa seuraavasti:

- 1) Ne ovat vähintään 0.6 m korkeudella huoltotasosta ja ne ovat käytettävissä käyttäjän normaalista työasennosta
- 2) Käyttäjää ei aseteta vaaratilanteeseen hänen käyttäessään niitä
- 3) Huolimattoman käytön mahdollisuus on minimoitu /8 s.27 - 29./

Ohjauslaitteiden värikoodaus katsotaan taulukosta 33 (Liite 20).

7.16 Säätölaitteisto

Avoimilla, kaareutumattomilla, paljailla jännitteisillä osilla, jotka toimivat 50 V ac-jännitteellä (rms arvo), 60 V dc-jännitteellä tai korkeammalla jännitteellä keskuskotelon tai osaston sisällä, pitää olla vähintään 13 mm (1/2 tuumaa) ilmatila niiden ja eristämättömien keskuskotelon seinien tai osaston seinien (mukaan lukien asennusputkitarvikkeet) välillä. Eristämättömien keskuskotelon ovien ilmatilan pitää olla vähintään 25 mm (1 tuuma). Kun metallikotelojen tai osastojen ja kaareutuvien osien

välillä tarvitaan suojuksia, niiden pitää olla paloa hidastavia, karbonoimattomia eristäviä materiaaleja /8 s.30./

8 KESKUKSEN KOKOONPANOSSA HUOMIOITAVAA

8.1 Ulkoiset päävirtapiirit, kenttäkaapelointi

Standardi UL 508A käsittelee ainoastaan keskuksen sisäistä johdotusta.

Kaikki kenttäkaapelointi liittimet tulee merkitä osoittamaan syötön, kuorman ja ohjauspiirin oikeaa kytkentää. Kaikkiin kenttäkaapeloinnin liittimiin pitää merkitä onko kyseessä vaiheliitin (line terminal) vai kuormaliitin (load terminal), naparuuvilta vaadittu kiristysmomentti sekä johtimen lämpötilamitoitus. Johtomateriaaliksi merkitään joko kupari (copper), alumiini (aluminum) tai kuparipäällysteinen alumiini (copper-clad aluminum). Merkintä voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

LINE TERMINALS

AWG # 14 – AWG # 3/0

Use 75 °C Copper wire only,

Terminal Torque: 45 – 50 Lb.-in.

/7 s. 101 ja 104A/

Myös maadoitusliitin pitää merkitä, joko kirjaimilla “G”, “GRD” tai “GND”, sanalla “Ground” tai IEC symbolilla 5019 (Kuva 6) /7 s. 103; 8 s. 22./



Kuva 6. IEC symboli 5019 /6 s.104/.

Maadoitusjohtimen pienimmät sallitut poikkipinnat on ilmaistu taulukossa 24 (Liite 15). Suurempia poikkipintoja voidaan valita milloin tahansa, mutta maadoitusjohdin ei saa olla yhtään pienempi kuin taulukossa 24 sanotaan /7 s. 27./

Teollisuuden ohjauspaneelissa PE - johtimet voidaan ohjata sarjaan, ketjuttaa. Tällöin pitää varmistaa, että yhden laitteen poistaminen ei häiritse maadoitusta /8 s. 23./

8.2 Sisäiset virtapiirit

8.2.1 Johtimet

Kaikilla sisäpuolella olevilla johdoilla pitää olla ainakin 90 % lämpöluokitus ja johdojen pitää olla jotakin seuraavista:

- 1) Standardin UL 1063 mukainen työstökonejohto
- 2) Standardin UL 44 mukainen kumieristeinen johto
- 3) Standardin UL 83 mukainen kestopuovinen eristys
- 4) Standardin UL 758 mukainen laitteen johdotus materiaali (ei NFPA 79:n ehdoissa)
- 5) Hitsauskaapeli /7 s. 50./

Johdotusmenetelmien säännökset ovat samankaltaisia kuin mitä yleisesti Euroopassa käytetään /2 s. 59/. UL 508A hyväksyy useiden johtojen liittämisen yhteen liittämispisteeseen sillä edellytyksellä, että ne on kytketty turvallisesti /7 s.52/. Johdot pitää ohjata pois päin terävistä kulmista eli kaikkien kosketuskohtien pitäisi olla teräväreunattomia ja rei'issä pitäisi käyttää kumiholkkeja /7 s.52A./

Päävirtapiirin johtimien pitää olla vähintään kokoa 14 AWG (2.1 mm²). Johtimien koot määritetään taulukosta 4 (Liite 3) /7 s.52B./ Poikkeuksena ovat teollisuuskoneisiin tarkoitettut keskukset, joiden päävirtapiirit voidaan suunnitella kokojen 16 AWG ja 18 AWG johdoilla, mikäli ne noudattavat taulukon 3 (Liite 2) ehtoja. Moottori-

kuormien kanssa on käytettävä taulukkojen 5 ja 6 (Liitteet 4 ja 5) normitettuja arvoja /2 s.61./

8.2.2 Virtakiskot

Kaikkien virtakiskojen pitää olla kuparisia ja ne tulee asentaa niin, että niitä tukevat eristimet, joille sallitaan käytetty jännite ja joilla on ainakin 90 °C (194 °F) lämpöluokitus. Vähimmäisvaatimus on, että virtakiskojen kosketuspinnat pitää päällystää joko tinalla, hopealla tai nikkelillä, jos niiden on tarkoitus kuljettaa yli 600 A virtaa. Poikkeuksena tälle ovat sellaiset kiskot, jotka on käsitelty sellaisella aineella, joka estää hapettumista ja kuparikiskot, joissa kulkee alle 225 A kannatinpintaa kohti /7 s.52 – 53./

8.3 Ohjausvirtapiirien ylivirtasuojaus

Ylivirtasuojaukseen voidaan käyttää seuraavia komponentteja:

1. Haaroituspiirin suojaus

Sulakkeen pitää noudattaa soveltuvin osin standardisarjaa UL 248. Jos se sijoitetaan tasavirtapiiriin, tasajänniteluokitus pitää merkitä.

2. Suojakatkaisin (käänteisaikatoimintainen)

Käänteisaikatoimintaisen suojakatkaisimen pitää olla standardin UL 489 mukainen. Pikalaukaisukatkaisijoiden, yhdistettynä moottorin ohjaimeen ja ylikuormituslaitteeseen, pitää lisäksi olla standardin UL 508 mukaisia.

3. Erityissulake, joka on standardin UL 248 – 14 mukainen

4. Täydentävä suojalaite, joka on standardin UL 1077 mukainen.

Jos käytetään varokealustoja, niiden pitää olla UL 512 mukaan hyväksytyjä /7 s.80 ja 56./

Edellä mainittujen, kohtien 1 ja 2 mukaiset haaroituspiirin suojalaitteet pitää asentaa jokaiseen vaihejohtimeen ohjauspiirissä, jota syötetään erillisestä teholähteestä /7 s.80/. Jos johtimen poikkipinta on pienempi kuin sen pitäisi olla vastasuunnan suoja-

laitteella, sopiva ylivirtasuojaja pitää asentaa sinne, missä johtokoko on vähentynyt /2 s.71/.

8.4 Kotelot ja kotelointiluokat

Jos keskuksessa on eristämättömiä, virrallisia johtimia, keskuksessa pitää olla katto, joka suojaa putoavalta liialta. Jos katossa on tuuletusaukko ja sen alla eristämättömiä osia, aukko pitää suojata kuomulla tai suojakilvellä /7 s.35; 2 s.98./

Nivelasentoisten asennuspaneelien pitää olla mahdollista kääntyä yli 110 astetta. Sisäinen johdotus ei saa estää liikettä /7 s.119/.

Koteloiden lisävarusteiden, kuten tuulettimien, ilmastointilaitteiden ja lämmityslaitteiden, pitää olla UL:n hyväksymiä /7 s.39 - 41; 2 s.97/.

Vertailu IP suojausten ja koteloluokituksen välillä on pelkästään karkea arvio, sillä niiden testaukset ja hyväksytyt/hylätyt –kriteerit ovat erilaiset. Taulukko 34 antaa yleiskuvan eri suojausasteista. Vastaavuussuhteen on tehnyt NEMA. Taulukkoa voidaan käyttää vain suuntaan NEMA:sta IP-luokitukseen, ei päinvastoin. Kotelot, joissa on vain IP tiedot, myönnetään automaattisesti vain koteloluokitus 1 riippumatta IP-luokituksen tasosta /2 s.97./

Taulukko 34. Kotelon tunnistaminen ja koteloluokitukset, tyyppisuojaus – IP suojaus /2 s.97/.

UL/NEMA*		Asennuspaikka	Suojaus	Vastaava IP koteloin-tiluokka
Tyyppi				
1	Yleiskäyttö	Sisätiloissa	Suojattu vahingossa tapahtuvalta jännitteisten osien kosketukselta ja putoavalta lialta	IP20
2	Suojaus tippuvalta vedeltä	Sisätiloissa	Suojattu tippuvalta vedeltä ja putoavalta lialta	IP22
3R	Sade, rakeet, jää	Ulkotiloissa (pumpunkäynnistin)	Suojattu pölyltä ja tuulen puhaltamalta sateelta, jäätymissuojattu	
4	Pölytiivis, vesitiivis	Sisä-/ulkotiloissa (elintarviketeollisuus)	Suojattu sateelta, roiskevedeltä ja vesisuihkulta, ei vahingoitu jäänmuodotumisesta	IP65
4x	Pölytiivis, vesitiivis, korroosiokeskittävä	Sisä-/ulkotiloissa (vedenpuhdistamot, lannoitetuotanto)	Suojattu sateelta, roiskevedeltä ja vesisuihkulta, ei vahingoitu jäänmuodotumisesta, ruostesuojattu	Ei ole olemassa
12	Suojattu tippuvalta vedeltä, pölytiivis, öljytiivis, jäähdytysvesitiivis	Sisätiloissa (työstökoneet)	Suojattu tippuvalta vedeltä, pölyltä, öljyltä ja jäähdytysnesteeltä	IP54 (IP55)
13	Suojattu tippuvalta vedeltä, pölytiivis, öljytiivis, jäähdytysvesitiivis	Sisätiloissa (työstökoneiden hallintalaitteet)	Suojattu tippuvalta vedeltä, pölyltä, roiskuvalla öljyltä ja jäähdytysnesteeltä	IP54+

* 3RX, 3SX ja 3X ovat tyyppiä 3, jossa lisäkorroosiosuojausvaatimuksia (ei listattu)

8.5 Johtimien värit

8.5.1 PE-johdin

Amerikassa ei käytetä PEN-johtimia.

Eristettyjen maadoitusjohtimien pitää olla vihreitä, joissa ei ole yhtään tai on yksi tai useampi keltainen raita. Vain maadoitusjohtimet ovat tämän värisiä /7 s.29./ Keltaisen elementin ei pitäisi peittää yli 50 % johtimesta. Tällöin kelta-vihreä johdin on myös IEC:n mukainen /2 s.199./

Poikkeus 1: Eri väriä olevien, kokoa 4 AWG tai suurempien johtimien kumpikin pää pitää pysyvästi merkitä vihreällä eristysteipillä /7 s.29/.

Poikkeus 2: UL:n hyväksymien laitteiden sisäisten johdotusten ei tarvitse täyttää tätä vaatimusta /7 s.29/.

Poikkeus 3: Kaupallisesti saatavilla olevia johdin tyyppejä, joita ei valmisteta tämän värisinä, kuten SIS kaapelit, voidaan käyttää, mutta niiden kumpikin pää pitää pysyvästi merkitä vihreällä eristysteipillä /7 s.29./

8.5.2 N-johdin

Eristetyt nollajohtimet tunnustetaan valkoisesta tai harmaasta eristyksestä. Vaihtoehtoisesti, mitä tahansa muuta väriä paitsi vihreää voidaan käyttää, mutta silloin kaapeli pitää merkitä koko pituudeltaan kolmella valkoisella raidalla /7 s.29./

Poikkeus 1: Eri väriä olevien, kokoa 4 AWG tai suurempien johtimien kumpikin pää pitää pysyvästi merkitä valkoisella eristysteipillä /7 s.29/.

Poikkeus 2: UL:n hyväksymien laitteiden sisäisten johdotusten ei tarvitse täyttää tätä vaatimusta /7 s.29/.

Poikkeus 3: Kaupallisesti saatavilla olevia johdin tyyppejä, joita ei valmisteta tämän värisinä, kuten SIS kaapelit, voidaan käyttää, mutta niiden kumpikin pää pitää pysyvästi merkitä valkoisella eristysteipillä /7 s.30./

8.5.3 Päävirtapiirin johtimien väri – sisäinen johdotus

Kaikkien vaihejohtimien tulee olla mustia jännitteestä huolimatta. AC virtaa kuljettavien päävirtapiirin N-johtimien tulee olla väriltään valkoisia tai harmaita tai niissä pitää olla kolme jatkuvaa raitaa muissa kuin vihreissä, sinisissä, oransseissa tai keltaisissa johtimissa /7 s.122./

Poikkeus: Eri väriä olevien, kokoa 4 AWG tai suurempien johdinten kumpikin pää pitää merkitä valkoisella eristysteipillä /7 s.122./

8.5.4 Ohjausvirtapiirien johtimet

Ohjausvirtapiirien johtimien värit katsotaan taulukosta 35.

Poikkeuksellisesti testattujen komponenttien johtojen, monijohdinkaapelien, johtojen, joita käytetään yhdistämään elektronisia laitteita ja johtimia, jotka ovat kokoa 20 – 30 AWG, ei tarvitse täyttää tätä vaatimusta /7 s.127/.

Taulukko 35. Johtimien värit ohjauspiireissä /7 s.127/.

Väri	Johdin	Huomio
Vihreä ilman tai yhden tai useamman keltaisen raidan kanssa	Maadoitusjohdin Voi olla virrallinen vain hätätapauksessa	Vihreä-keltaisuus on sallittu IEC 60204-1 – standardin mukaisesti
Musta	Kaikki ohjauspiirin johtimet, jotka toimivat syöttöjännitteellä	
Punainen	Kaikki maadoittamattomat AC ohjauspiirin kaapelit toimivat syöttöjännitettä alemmalla jännitteellä	
Sininen (tumma sininen)	Maadoittamattomat DC ohjauspiirin kaapelit	
Keltainen tai oranssi	Maadoittamattomat ohjauspiirin kaapelit, jota ovat virrallisia kun pääkatkaisin on ”off” asennossa	Standardissa IEC 60204-1 tähän käytetään oranssia
Valkoinen tai harmaa tai kolme valkoista raitaa johtimessa, joka EI ole vihreä, sininen, oranssi tai keltainen	AC virtaa kuljettava ohjauspiirin N-johdin jännitteestä huolimatta	
Valkoinen, jossa sinisiä raitoja	DC virtaa kuljettava N-johdin	Standardissa IEC 60204-1 tähän käytetään vaaleansinistä
Valkoinen, jossa oransseja tai keltaisia raitoja	AC virtaa kuljettava N-johdin, joka pysyy virrallisenä, kun pääkytkin on ”off” asennossa	

9 YHTEENVETO

Työ toteutettiin pääosin standardin UL 508A pohjalta. Standardi oli englanninkielinen, joten välillä oli hieman hankalaa saada selville asetusten tarkoituksia monimutkaisen kielirakenteen takia. Työn myötä englanninkielinen sähköalan sanasto on tullut aika tutuksi, ja koen tutkimuksen kehittäneen myös kielitaitoani. Tutkimus keskittyi teollisuuden jakokeskuksiin, joten ne tulivat myös melko tutuiksi. Työn myötä olen saanut enemmän tietoa keskuksien sisällöstä ja rakenteesta, ja tietysti niille asetetuista vaatimuksista. Ennen tätä työtä jakokeskukset olivat minulle aika vieras asia. Ehkä siksi työn alkuun pääseminen oli hieman hidasta, kun en oikein tiennyt mistä kannattaisi lähteä liikkeelle. Kun tutustuin paremmin materiaalin sisältöön, oli helpompaa päättää mistä aloittaa.

LÄHTEET

1. Rittal Oy. Pääluettelo 32, 2008. 1348 s.
2. Siemens AG. Industrial Control Panels for the North American market. Saksa: Siemens AG, 2010. 206 p.
3. Satmatic Oy:n sivut. [Viitattu 28.9.2011]. Saatavissa: <http://www.satmatic.fi>
4. Harju Elekter Groupin sivut. [Viitattu 15.11.2011]. Saatavissa: <http://www.harjuelekter.ee>
5. UL:n www-sivut. [Viitattu 16.11.2011]. Saatavissa: <http://www.ul.com>
6. UL:n www-sivut. [Viitattu 19.5.2011]. Saatavissa: <http://www.ul.com>
7. UL 508A. UL Standard for Safety for Industrial Control Panels. 1.p. Underwriter Laboratories, 2001. 160 p.
8. NFPA 79. Electrical Standard for Industrial Machinery. National Fire Protection Association, 2007. 49 p.

Taulukko 2. Johdon taivuttamiseen tarvittava tila kenttäkaapelointiliittimissä /6 s.38/

Johdon koko		Pienin taivuttamiseen vaadittava tila, liittimestä seinään, tuumia (mm)			
AWG tai MCM	(mm ²)	Johtoja per liitina			
		1	2	3	4 tai enemmän
14 - 10	(2.1 - 5.3)	ei määritetty	a	a	a
8 - 6	(8.4 - 13.3)	1-1/2 (38)	a	a	a
4 - 3	(21.2 - 26.7)	2 (51)	a	a	a
2	(33.6)	2-1/2 (64)	a	a	a
1	(42.4)	3 (76)	a	a	a
1/0	(53.5)	5 (127)	5 (127)	7 (178)	-
2/0	(67.4)	6 (152)	6 (152)	7-1/2 (191)	-
3/0	(85.0)	7 (178)	7 (178)	8 (203)	-
4/0	(107.2)	7 (178)	7 (178)	8-1/2 (216)	-
250	(127)	8 (203)	8 (203)	9 (229)	10 (254)
300	(152)	10 (254)	10 (254)	11 (279)	12 (305)
350	(177)	12 (305)	12 (305)	13 (330)	14 (356)
400	(203)	12 (305)	12 (305)	14 (356)	15 (381)
500	(253)	12 (305)	12 (305)	15 (381)	16 (406)
600	(304)	14 (356)	16 (406)	18 (457)	19 (483)
700	(355)	14 (356)	16 (406)	20 (508)	22 (559)
750 - 800	(380 - 405)	18 (457)	19 (483)	22 (559)	24 (610)
900	(456)	18 (457)	19 (483)	24 (610)	24 (610)
1000	(506)	20 (508)	-	-	-
1250	(633)	22 (559)	-	-	-
1500 - 2000	(760 - 1013)	24 (610)	-	-	-

HUOMAA: ”-” tarkoittaa ei vakiinnutettua arvoa
a Kokoa 1/0 AWG pienempiä johtimia ei pidä kytkeä rinnakkain.

Taulukko 3. Johdin koko ja johtimen kuormitettavuus, poikkeukset /6 s.123/.

Johdin		Kuormatyyppi	max virta luokitus ryhmäjohtosuojaukseen	Moottorin ylikuormituslaukaisu luokka
Koko	Kuormitettavuus			
16 AWG	8	ei moottori	10a	-
	8	moottori	Taulukon 31.1 mukaan a	luokka 10
	5.5	moottori	Taulukon 31.1 mukaan a	luokka 20
18 AWG	5.6	ei moottori	7 b	-
	5	moottori	Taulukon 31.1 mukaan b	luokka 10
	3.5	moottori	Taulukon 31.1 mukaan b	luokka 20
a Käänteinen aikakatkaisin, joka on tarkoitettu käytettäväksi 16 AWG tai 18 AWG johtimien kanssa, luokan CC, J tai T sulake b Käänteinen aikakatkaisin, joka on tarkoitettu käytettäväksi 18 AWG johdinten kanssa, luokan C, J tai T sulake				

Taulukko 4. Eristettyjen johtimien jatkuva kuormitettavuus /6 s.44/.

Johtimen poikkipinta		60°C (140°F)		75°C (167°F)	
AWG	mm ²	Kupari	Alumiini	Kupari	Alumiini
14	2,1	15	-	15	-
12	3,3	20	15	20	15
10	5,3	30	25	30	25
8	8,4	40	30	50	40
6	13,3	55	40	65	50
4	21,2	70	55	85	65
3	26,7	85	65	100	75
2	33,6	95	75	115	90
1	42,4	110	85	130	100
1/0	53,5	-	-	150	120
2/0	67,4	-	-	175	135
3/0	85,0	-	-	200	155
4/0	107,2	-	-	230	180
250 kcmil	127	-	-	255	205
300	152	-	-	285	230
350	177	-	-	310	250
400	203	-	-	335	270
500	253	-	-	380	310
600	304	-	-	420	340
700	355	-	-	460	375
750	380	-	-	475	385
800	405	-	-	490	395
900	456	-	-	520	425
1000	506	-	-	545	445
1250	633	-	-	590	485
1500	760	-	-	625	520
1750	887	-	-	650	545
2000	1013	-	-	665	560

HUOM -

1 Päistään samankokoisten (1/0 AWG tai suurempien) nippujohtimien jatkuva kuormitettavuus on sama kuin tässä taulukossa annettu arvo sellaiselle johtimelle kerrottuna liittimeen sijoitettavissa olevien johtimien määrällä.

2 Nämä jatkuvan kuormitettavuuden arvot pätevät vain silloin kun enintään kolme johdinta on tarkoitus asentaa jälkikäteen kaapeliputkeen. Kun neljä tai useampi johdinta, muu kuin nolla, jossa kulkee epätasainen virta, on tarkoitus asentaa kaapeliputkeen (ulkopuolisessa laitteessa olevien kaapeliputkinapojen määrän, tietyissä monivaiheisissa järjestelmissä olevien tarpeellisten johtojen lukumäärän tai muiden syiden takia), jokaisen johtimen jatkuva kuormitettavuus on: 80 % näistä arvoista, jos kyse on 4 - 6 johtimesta, 70 % näistä arvoista, jos kyse on 7-24 johtimesta, 60 % näistä arvoista, jos kyse on 25 - 42 johtimesta ja 50 % näistä arvoista, jos kyse on 43 tai useammasta johtimesta.

Taulukko 5. Täyskuormitus moottorin pyöritys virrat ampeereina ja vastaavina useina ac hevosvoima luokkina /6 s.96/.

Hevosvoima	110-120 Volttia		200 Volttia		208 Volttia		220-240 Volttia ^a		380-415 Volttia		440-480 Volttia		550-600 Volttia	
	Vaiheita:		Vaiheita:		Vaiheita:		Vaiheita:		Vaiheita:		Vaiheita:		Vaiheita:	
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
1/10	3.0	-	-	-	-	-	1.5	-	1.0	-	-	-	-	-
1/8	3.8	-	-	-	-	-	1.9	-	1.2	-	-	-	-	-
1/6	4.4	-	2.5	-	2.4	-	2.2	-	1.4	-	-	-	-	-
1/4	5.8	-	3.3	-	3.2	-	2.9	-	1.8	-	-	-	-	-
1/3	7.2	-	4.1	-	4.0	-	3.6	-	2.3	-	-	-	-	-
1/2	9.8	4.4	5.6	2.5	5.4	2.4	4.9	2.2	3.2	1.3	2.5	1.1	2.0	0.9
3/4	13.8	6.4	7.9	3.7	7.6	3.5	6.9	3.2	4.5	1.8	3.5	1.6	2.8	1.3
1	16.0	8.4	9.2	4.8	8.8	4.6	8.0	4.2	5.1	2.3	4.0	2.1	3.2	1.7
1-1/2	20.0	12.0	11.5	6.9	11.0	6.6	10.0	6.0	6.4	3.3	5.0	3.0	4.0	2.4
2	24.0	13.6	13.8	7.8	13.2	7.5	12.0	6.8	7.7	4.3	6.0	3.4	4.8	2.7
3	34.0	19.2	19.6	11.0	18.7	10.6	17.0	9.6	10.9	6.1	8.5	4.8	6.8	3.9
5	56.0	30.4	32.2	17.5	30.8	16.7	28.0	15.2	17.9	9.7	14.0	7.6	11.2	6.1
7-1/2	80.0	44.0	46.0	25.3	44.0	24.2	40.0	22.0	27.0	14.0	21.0	11.0	16.0	9.0
10	100.0	56.0	57.5	32.2	55.0	30.8	50.0	28.0	33.0	18.0	26.0	14.0	20.0	11.0
15	135.0	84.0	-	48.3	-	46.2	68.0	42.0	44.0	27.0	34.0	21.0	27.0	17.0
20	-	108.0	-	62.1	-	59.4	88.0	54.0	56.0	34.0	44.0	27.0	35.0	22.0
25	-	136.0	-	78.2	-	74.8	110.0	68.0	70.0	44.0	55.0	34.0	44.0	27.0
30	-	160.0	-	92	-	88	136.0	80.0	87.0	51.0	68.0	40.0	54.0	32.0
40	-	208.0	-	120	-	114	176.0	104.0	112.0	66.0	88.0	52.0	70.0	41.0
50	-	260.0	-	150	-	143	216.0	130.0	139.0	83.0	108.0	65.0	86.0	52.0
60	-	-	-	177	-	169	-	154.0	-	103.0	-	77.0	-	62.0
75	-	-	-	221	-	211	-	192.0	-	128.0	-	96.0	-	77.0
100	-	-	-	285	-	273	-	248.0	-	165.0	-	124.0	-	99.0
125	-	-	-	359	-	343	-	312.0	-	208.0	-	156.0	-	125.0
150	-	-	-	414	-	396	-	360.0	-	240.0	-	180.0	-	144.0
200	-	-	-	552	-	528	-	480.0	-	320.0	-	240.0	-	192.0
250	-	-	-	-	-	-	-	604	-	403.0	-	302.0	-	242.0
300	-	-	-	-	-	-	-	722	-	482.0	-	361.0	-	289.0
350	-	-	-	-	-	-	-	828	-	560.0	-	414.0	-	336.0
400	-	-	-	-	-	-	-	954	-	636.0	-	477.0	-	382.0
450	-	-	-	-	-	-	-	1030	-	-	-	515	-	412
500	-	-	-	-	-	-	-	1180	-	786.0	-	590.0	-	472.0

^a Jotta saavutetaan täyskuormitusvirrat 265 ja 277 voltin moottoreille, vähennys, joka vastaa 220 – 240 voltin luokkaa on 13 ja 17 prosenttia tässä järjestyksessä.

Taulukko 6. DC hevosvoima luokkia vastaavat täyskuormitustilanteen moottorinpyöritysvirrat ampeereina /6 s.97/.

Hevosvoima	90 voltia	110 - 120 voltia	180 voltia	220 - 240 voltia	500 voltia	550 - 600 voltia
1/10	-	2.0	-	1.0	-	-
1/8	-	2.2	-	1.1	-	-
1/6	-	2.4	-	1.2	-	-
1/4 a	4.0	3.1	2.0	1.6	-	-
1/3	5.2	4.1	2.6	2.0	-	-
1/2	6.8	5.4	3.4	2.7	-	-
3/4	9.6	7.6	4.8	3.8	-	1.6
1	12.2	9.5	6.1	4.7	-	2.0
1-1/2	-	13.2	8.3	6.6	-	2.7
2	-	17	10.8	8.5	-	3.6
3	-	25	16	12.2	-	5.2
5	-	40	27	20	-	8.3
7-1/2	-	58	-	29	13.6	12.2
10	-	76	-	38	18	16
15	-	110	-	55	27	24
20	-	148	-	72	34	31
25	-	184	-	89	43	38
30	-	220	-	106	51	46
40	-	292	-	140	67	61
50	-	360	-	173	83	75
60	-	-	-	206	99	90
75	-	-	-	255	123	111
100	-	-	-	341	164	148
125	-	-	-	425	205	185
150	-	-	-	506	246	222
200	-	-	-	675	330	294

a Täyskuormitusvirta 1/4 hevosvoimaiselle, 32-voltiselle tasasähkömoottorille on 8.6 ampeeria.

Taulukko 7. Ohjausvirtapiirin johtimien jatkuva kuormitettavuus /6 s.79/.

Jatkuva kuormitettavuus, ampeereja	Johtimen koko	
	AWG	mm ²
10	16	1.3
7	18	0.82
5	20 ^b	0.52
3	22 ^b	0.32
2	24 ^b	0.20
1	26 ^b	0.13
0.8	28 ^{a,b}	0.08
0.5	30 ^{a,b}	0.05

a Missä johtimet käsittävät vaipalla varustetun monijohdinkaapeli kokonaisuuden.

b Nämä johdinkoot on tarkoitettu vain sähköisesti ohjelmoitavien sisään-/ulostulojen ja staattisen ohjauksen (ei liikkuvia osia) ohjauspiirien kytkentään.

Taulukko 8. Alle kokoa 14 AWG (2.1 mm²) olevien kenttäkaapelointijohtimien jatkuva kuormitettavuus /6 s.77/.

Ohjausvirtapiirin suurin jatkuva kuormitettavuus, ampeereja	Pienin liitinjohdon vaihteluväli		Merkintä vaadittu
	AWG	mm ²	
10	16	1.3	kyllä
10	16 - 14	1.3 - 2.1	ei
7	18	0.82	kyllä
7	18 - 14	0.82 - 2.1	ei
5	20 - 18	0.52 - 0.82	kyllä
5	20 - 14	0.52 - 2.1	ei
3	22 - 18	0.32 - 0.82	kyllä
3	22 - 14	0.32 - 2.1	ei
2	24 - 18	0.20 - 0.82	kyllä
2	24 - 14	0.20 - 2.1	ei
1	26 - 18	0.13 - 0.82	kyllä
1	26 - 14	0.13 - 2.1	ei
0.8	28 - 18	0.08 - 0.82	kyllä
0.8	28 - 14	0.08 - 2.1	ei
0.5	30 - 18	0.05 - 0.82	kyllä
0.5	30 - 14	0.05 - 2.1	ei

Taulukko 11. Ylivirtasuojan mitoitus ainoastaan säätömuuntajan ensiöpuolelle /6 s.84/.

Säätömuuntajan ensiövirta, ampeereja	Ylivirtasuojan mitoitus, prosentteja (enintään) ensiövirrasta
9 tai enemmän	125 ^a
2 - 8.99	167
vähemmän kuin 2	500

^a Kun laskettu ylivirtasuojan, haaroituspiirin tai täydentävä, koko ei vastaa suojalaitteen standardoitua¹ kokoa, voidaan käyttää seuraavaksi isompaa.

Taulukko 12. Säätömuuntajan ensiö- ja toisiopuolen ylivirtasuojan mitoitus /6 s.84/.

Ensiökäätitys		Toisiökäätitys	
Nimellisvirta, ampeereja	Ylivirtasuojaus, prosenttia nimellisvirrasta	Nimellisvirta, ampeereja	Ylivirtasuojaus, prosenttia nimellisvirrasta
9 tai enemmän	250	9 tai enemmän	125 ^a
2 - 8.99	250	alle 9	167
alle 2	500	-	-

^a Kun laskettu ylivirtasuojan, haaroituskytkennän tai täydentävä, koko ei vastaa standardoituja¹ suojalaitteen kokoa, voidaan käyttää seuraavaksi isompaa kokoa.

¹ Standardoidut virta-arvot sulakkeille ja käänteisaikatoimintaisille katkaisijoille ovat: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 601, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 ja 6000. Sulakkeiden lisäarvot ovat 1, 3, 6 ja 10 /6 s.60./

Taulukko 14. Tarpeelliset säätimen arvot useille kuorma tyypeille /6 s.89/.

Säätimen luokitus		Ohjauspiirin kuorma tyypit	Mitoitus
Tyyppi	Yksikkö		
ac resistiivinen	ac ampeereja	ac ohjausmuuntaja, teholähde, puolijohdepiirin laite, merkkivalo tai LED, merkinantolaite tai summeri	jopa 10 % nimellisvirrasta
ac yleiskäyttö	ac ampeereja	ac ei-moottorikäyttöinen laite-ohjattu muuntaja, teholähde, puolijohdepiirin laite, ac merkkivalo tai LED, ac merkinantolaite tai summeri	jopa 10 % nimellisvirrasta
ac yleiskäyttö	ac ampeereja	solenoidi, venttiili, releen kela	jopa 10 % nimellisvirrasta
dc yleiskäyttö	dc ampeereja	dc ei-moottorikäyttöiset laitteet, dc puolijohdepiirin laite, dc merkkivalo tai LED	jopa 10 % nimellisvirrasta
ac ohjain käyttö	kosketusarvokoodi, "valo tehtävä," "vakio tehtävä," "raskas tehtävä," hevosvoima	ac rele tai kontaktorikäämi, säätömuuntaja, puolijohdepiirin laite, merkkivalo tai LED, merkinantolaite tai summeri	VA luokitus taulukon 15 muk. 125 VA 360 VA 720 VA VA luokitus taulukon 17 muk.
dc ohjain käyttö	kosketusarvokoodi	DC rele tai kontaktorikäämi	VA luokitus taulukon 16 muk.

Taulukko 15. Nimellisarvokoodit AC ohjauspiirien koskettimille 50 ja 60 Hz taajuuksilla /6 s.90/.

Kosketimen nimellisarvokoodin merkintä ^a	Lämpökestoisuuden testivirta, ampeereja	Enimmäisvirta, ampeereja								Enimmäisnäennäistehto, VA	
		120 Volttia		240 Volttia		480 Volttia		600 Volttia		Make	Break
		Make ^b	Break ^b	Make	Break	Make	Break	Make	Break		
A150	10	60	6.0	-	-	-	-	-	-	7200	720
A300	10	60	6.0	30	3.0	-	-	-	-	7200	720
A600	10	60	6.0	30	3.0	15	1.5	12	1.2	7200	720
B150	5	30	3.0	-	-	-	-	-	-	3600	360
B300	5	30	3.0	15	1.5	-	-	-	-	3600	360
B600	5	30	3.0	15	1.5	7.5	0.75	6	0.60	3600	360
C150	2.5	15	1.5	-	-	-	-	-	-	1800	180
C300	2.5	15	1.5	7.5	0.75	-	-	-	-	1800	180
C600	2.5	15	1.5	7.5	0.75	3.75	0.375	3.0	0.30	1800	180
D150	1.3	3.6	0.60	-	-	-	-	-	-	432	72
D300	1.0	3.6	0.60	1.8	0.30	-	-	-	-	432	72
E150	0.5	1.8	0.30	-	-	-	-	-	-	216	36

^a Numeerinen jälkiliite tarkoittaa enimmäisjännitteen mitoitusarvoa, joka on 600, 300, 150 voltia jälkiliitteille 600, 300 ja 150 tässä järjestyksessä.

^b Virta, joka jatkuvasti katkeaa tai keskeytyy ja havahtuu uudelleen. Sitä sovelletaan vain, kun ”make:t” ja ”break:t” seuraavat toisiaan suurella nopeudella, kuten induktiokelan tai napavaihtimen tms. toiminnassa.

Taulukko 16. DC ohjauspiirien koskettimien kosketinvirtanormitus koodit /6 s.90/.

Kosketin- virtanormitus koodi merkintä ^a	Lämpö- kestoisuuden testivirta, ampeereja	Enimmäis make tai break virta ^b , ampeereja			Enimmäis make tai break VA 300 voltilla tai alemmalla jännitteellä
		125 Volttia	250 Volttia	301 tai 600 Volttia	
N150	10	2.2	-	-	275
N300	10	2.2	1.1	-	275
N600	10	2.2	1.1	0.40	275
P150	5.0	1.1	-	-	138
P300	5.0	1.1	0.55	-	138
P600	5.0	1.1	0.55	0.20	138
Q150	2.5	0.55	-	-	69
Q300	2.5	0.55	0.27	-	69
Q600	2.5	0.55	0.27	0.10	69
R150	1.0	0.22	-	-	28
R300	1.0	0.22	0.11	-	28

^a Numeerinen jälkiliite tarkoittaa enimmäisjännitteen mitoitusarvoa, joka on 600, 300, 150 voltia jälkiliitteille 600, 300 ja 150 tässä järjestyksessä.

^b ”Make ja break” virralla tarkoitetaan virtaa, joka jatkuvasti katkeaa tai keskeytyy ja havahtuu uudelleen. Sitä sovelletaan vain, kun ”make:t” ja ”break:t” seuraavat toisiaan suurella nopeudella, kuten induktiokelan tai napavaihtimen tms. toiminnassa.

Taulukko 19. Pinta- ja ilmapurkausvälit syöttöpiirissä /6 s.23/.

Käytetty jännite	Vähimmäisetäisyydet, mm (tuumaa)		
	Vastakkaisnapaisten jännitteisten osien välillä		Jännitteisten osien ja maadoi- tettujen metalliosien välillä, pinta- ja ilmapurkausvälit
	Ilmaväli	Pintapurkausväli	
125 tai alempi	12.7 (1/2)	19.1 (3/4)	12.7 (1/2)
126 – 250	19.1 (3/4)	31.8 (1-1/4)	12.7 (1/2)
251 – 600	25.4 (1)	50.8 (2)	25.4 ^a (1) ^a

HUOM - Eristetyn jännitteettömän metalliosan, kuten ruuvikanta tai aluslevy, joka on asetettu vastakkaisnapaisten eristämättömien osien väliin tai eristämättömien jännitteellisten osien ja maadoitetun jännitteettömän metallin väliin, arvioidaan pienentävän etäisyyttä määrällä, joka on samansuuruinen kuin mittausreitillä varrella olevan väliin asetetun osan mitat.

^a Ilmaväli ei saa olla pienempi kuin 1/2 tuumaa katkaisijan jännitteisten osien tai sulakkeellisen katkaisijan ja maadoitetun metallin välillä, ja jakokeskuksen nollan välillä, joka on mitoitettu 277/480 V, 3 - vaiheiseksi, 4 - johtimiseksi.

Taulukko 20. Vaaditut pinta- ja ilmapurkausvälit haaroitus- ja ohjauspiireissä /6 s.22/.

Käytetty jännite volteina, V_{rms} , V_{AC} tai V_{DC}		Vähimmäisetäisyydet, mm (tuumaa)					
		A			B		C
		Yleiset keskuslaitteet			Laitteet, joilla rajoitetut arvot ^a		Kaikki piirit ^d
		51 - 150	151 - 300	301 - 600	51 - 300	301 - 600	0 - 50
Minkä tahansa eristämättömän jännitteisen osan ja vastakkaisnapaisen eristämättömän jännitteisen osa, eristämättömän maadoitetun osan joka ei ole keskuksen kotelo, tai avoimen metalliosan välillä. ^{f, g}	Ilmaväli (tai öljyväli)	3.2 (1/8) ^b	6.4 (1/4)	9.5 (3/8)	1.6 (1/16) ^b	4.8 (3/16) ^b	1.6 (1/16) ^b
	Pinta purkausväli	6.4 (1/4)	9.5 (3/8)	12.7 (1/2)	3.2 (1/8) ^b	9.5 (3/8)	1.6 (1/16) ^b
Minkä tahansa eristämättömän jännitteisen osan ja metallikotelon (mukaan lukien kaapelien liittimet) seinien välillä. ^{c, e}	Lyhin etäisyys	12.7 (1/2)	12.7 (1/2)	12.7 (1/2)	6.4 (1/4)	12.7 (1/2)	6.4 (1/4)

HUOMIOT

1 Rako, kouru tai vastaava aukko, 0.33 mm (0.013 tuumaa) leveä tai kapeampi eristävän materiaalin muodossa, jätetään huomioimatta mitattaessa pintapurkausvälejä.

2 Yhtä suuri tai pienempi kuin 0.33 mm:n (0.013 tuuman) ilmaväli jännitteisen osan ja eristävän pinnan välillä jätetään huomiotta mitattaessa etäisyyksiä pintaa pitkin.

^a Kolumnin B etäisyydet ovat sovellettavissa laitteilla:

1) Nimellistehoaan 1 hevosvoima (746 W hyötyteho) tai vastaava FLA tai pienempi, 720 VA:n katkaisu ohjaustehtävä tai pienempi, tai korkeintaan 15 ampeeria 51 – 150 V jännitteellä, 10 ampeeria 151 – 300 V jännitteellä, tai 5 ampeeria 301 – 600 V jännitteellä.

2) Kohdassa a) kuvattu tyyppi, joka ohjaa enempää kuin yhtä kuormaa, kun yhdellä kertaa vaiheeseen kytketty kokonaiskuorma ei ylitä 2 hevosvoimaa (1492 W hyötyteho), 1440 VA, tai sen virta-arvo ei ylitä 30 ampeeria 51 - 150 V jännitteellä, 20 ampeeria 151 – 300 V jännitteellä, tai 10 ampeeria 301 – 600 V jännitteellä.

^b Etäisyyksien vastakkaisnapaisten kenttäkaapelointiliittimien välillä ja etäisyyksien kenttäkaapelointiliittimien ja maadoitetun jännitteettömän metalliosan välillä pitää olla vähintään 6.4 mm (1/4 tuumaa), kun sellaisten liittimien oikosulkeminen tai maadoittaminen on seurausta ulostyöntyvistä johtosäikeistä. Piirien, joiden jännitteet ovat enintään 50 V_{rms} , 50 VAC tai 50 VDC, kenttäkaapelointiliittimien etäisyydet voivat olla 3.2 mm (1/8 tuumaa) ilmassa ja 6.4 mm (1/4 tuumaa) pinnalla.

^c Tätä vaatimusta varten, metalliosa tai komponentti, joka on kiinnitetty tai asennettu keskusoteloon, arvioidaan osana keskusoteloa, kun kotelon deformaatio vähentää etäisyyksiä eristämättömien jännitteisten osien välissä tai eristämättömien jännitteisten osien ja metalliosien välissä.

^d Etäisyydet eivät ole sovellettavissa pienjännitteisillä, rajoitetun energian piireillä eivätkä luokan 2 piireillä.

^e Sovellettavissa laitteilla, joissa on metallilevykotelo seinän paksuudesta huolimatta ja laitteilla, joissa on valumetallikotelo, joiden seinän paksuus on pienempi kuin 3.2 mm (1/8 tuumaa).

^f Nämä etäisyydet ovat sovellettavissa myös minkä tahansa eristämättömien jännitteisten osien ja valumetallikotelon seinien välillä. Kyseisen kotelon seinänpaksuuden on oltava vähintään 3.2 mm (1/8 tuumaa) laitteilla, joilla on rajoitetut arvot, jotka ovat huomion a mukaisia.

^g Nämä etäisyydet ovat sovellettavissa myös eristettyjen jännitteisten osien ja metallikotelon, johon komponentti on asennettu, seinien välillä. Kotelon deformaatio ei vähennä etäisyyksiä.

Taulukko 21. Lämpivientieristimien ulottuvuudet /7 s.24; 2 s.57/.

Putkijohtojen kaupalliset koot		Reiän halkaisija		Lämpivientieristimien ulottuvuudet			
				Kokonaisläpimitta		Korkeus	
[mm]	[tuumaa]	[mm]	[tuumaa]	[mm]	[tuumaa]	[mm]	[tuumaa]
21.3	1/2	22.3	7/8	25.4	1	9.5	3/8
26.7	3/4	27.8	1-3/32	31.4	1-15/64	10.7	27/64
33.4	1	34.5	1-23/64	40.5	1-19/32	13.1	33/64
42.3	1-1/4	43.7	1-23/32	48.2	1-15/32	14.3	9/16
48.3	1-1/2	50.0	1-31/32	56.0	2-13/64	15.1	19/32
60.3	2	62.7	2-15/32	68.7	2-45/64	15.9	5/8
73.0	2-1/2	76.2	3	81.3	3-7/32	19.1	3/4
88.9	3	92.1	3-5/8	96.4	3-7/8	20.6	13/18
101.6	3-1/2	104.8	4-1/8	112.7	4-7/16	25.8	15/16
114.0	4	117.5	4-5/8	126.2	4-31/32	25.4	1
127.0	4-1/2	130.2	5-1/8	140.9	5-35/64	27.0	1-1/16
141.3	5	142.9	5-5/8	158.0	6-7/32	30.2	1-3/16
168.3	6	171.5	6-3/4	183.4	7-7/32	31.8	1-1/4

Taulukko 22. Vaadittujen merkintöjen sijoitus /6 s.100 – 100A/.

Yleiskuvaus	Sijoituskategoriat (katso huomiot)	
	Suljettu paneeli	Avoin paneeli
Yleiset merkinnät		
Nimikyltti, joka osoittaa valmistajan, enimmäisjännitteen, kokonais FLA:n, suurimman moottori FLA:n, vaiheen, taa-juuden, kenttäkaapelointikaavion ja oikosulkuvirta-arvon	a tai b	f
Ulkoisten kuormien arvot	a, b, tai e	e tai f
Kotelomerkinnät		
Ympäristötyyppi	a tai b	-
Johdin navat tyyppien 2, 3R tai 3RX koteloidille	a, b, tai e	-
Johdin navat tyyppien 3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5 tai 12 koteloidille	a, b, tai e	-
Modulaariset kotelomerkinnät, erityisesti yhteenkytkentä	a tai b	-
Yhden kaapelijohdon sisääntulo, vain ei-metallisilla koteloidilla	a, b, tai e	-
Kaapelijohtimen sisääntulon sijoitus	a tai b	-
Ohjeet kenttäasenteisille liittämistavoille	a, b, tai e	-
Kenttäkaapelointiliittimien merkinnät		
Kenttäkaapelointiliittimien tunnistaminen	c	c
Kenttäkaapelointijohtimien tyypit, kenttäkaapeloinnin lämpötilaluokitus (vain päävirtapiirit), liittimien kiristysmomentit	b, c, tai e	c, e, tai f
Maadoitusliittimen tunnistaminen	c	c
Luokan 1 merkinnät	b, c, tai e	c, e, tai f
Luokan 2 merkinnät	b, c, tai e	c, e, tai f
Luokkien 1 ja 2 johtimien johdotus	b, c, tai e	c, e, tai f
Ohjauspiirin johdin koko [pienempi kuin 14 AWG (2.1 mm ²)]	b, c, tai e	c, e, tai f
Toision nollan kytkeminen maadoituselektrodijohtimeen	b, c, tai e	c, e, tai f
Nimellisjännite, joka on ilmoitettu kauttaviivan kanssa	a, b, tai e	e tai f
Varoitusmerkinnät		
Useita katkaisijoita merkintä	a	d
Polymeerinen kotelo, jossa useita johtimien sisääntuloja	b	-
Pikalaukaisukatkaisin, jota käytetään haaroituspiirin suoja-laitteena kombinaatio moottori ohjaimille	a, b, tai c	c tai d
Itse-suojaavat kombinaatio moottori ohjaimet, mukaan lukien manuaaliset tyypit	a, b, tai c	c tai d
Varokealustat		
Varokkeen vaihto merkintä	b tai c	c tai d
Kytkimet		
Katkaisijan kahva, ”on” ja ”off”	c	-
Manuaalinen kytkin, jota ei pidä käyttää kuormitettaessa	c	c
Syötön suunnan muutto katkaisin	a	d
Ylikuormitusreleen lämmitin taulukot		
Ylikuormitusreleen lämmitin elementti taulukko	b tai c	c tai d

Taulukko 22 jatkuu

Yleiskuvaus	Sijoituskategoriat (katso huomiot)	
	Suljettu paneeli	Avoim paneeli
Pistorasiat		
Yleiskäyttöön tarkoitetut päävirtapiirin pistorasiat	c	c
Moninapaiset pistorasiat, kuormakytkennän tunnistus	c	c
Yleiskäyttöön tarkoitetut ohjauspiirin pistorasiat	c	c
Pistorasia, jota ei saa käyttää kuormitettaessa	c	c
Kentällä varustettavat komponentit		
Erotuskytkin, haaroituspiirin suoja ja/tai ylikuormitusrele, jonka asentaja hankkii	e	e
Muut asentajan hankkimat laitteet	e	e
Piiri- ja Johdotus Kaaviot		
Koko piirikaavio	e	e
HUOMIOT		
a) Merkinnän pitää olla näkyvillä kotelon ulkopuolella (ei tarvitse avata ovea, että merkintä näkyy).		
b) Tämän merkinnän voi laittaa kotelon oveen tai peitelevyyn tai kotelon sisäseinään.		
c) Merkinnän pitää olla ko. komponentissa tai komponentin vieressä. Sulakkeen vaihto merkintä voi olla kaaviossa, kuten kohdassa b) on määritelty, kun jokainen varokealusta on merkitty selvästi erottuvalla merkinnällä, kuten F1. Avoimille paneeleille, kaavio voidaan toimittaa kuten kohdassa d) on kuvattu.		
d) Merkintä toimitaan erillisesti tarraetikettinä laitteen kanssa (tämä on tarkoitettu sijoitettavaksi kotelon sisä- tai ulkopuolelle).		
e) Merkintä pitää olla kenttäkaapelointikaaviossa, tulosteissa tai ohjeissa, jotka viittaavat paneelin nimikilpeen ja voidaan toimittaa paneelin kanssa (joko erillään, muovitaskussa tai kiinnitettynä kotelon sisälle).		
f) Merkintä pitää olla kojeiden aluslaatan komponenttien asennuspohjassa.		

Taulukko 23. Laitteen maadoitusliittimen koko /6 s.27/.

Ylivirtasuojan max virtamitoitus kenttäkaapelointi johtoja syöttäväl- lä paneelilla	Laitteen maadoitus- tai liitosjohtimen koko, vähimmäisarvo			
	Kupari		Alumiini	
	AWG tai kcmil	mm ²	AWG tai kcmil	mm ²
15	14	2.1	12	3.3
20	12	3.3	10	5.3
30	10	5.3	8	8.4
40	10	5.3	8	8.4
60	10	5.3	8	8.4
100	8	8.4	6	13.3
200	6	13.3	4	21.2
300	4	21.2	2	33.6
400	3	26.7	1	42.4
500	2	33.6	1/0	53.5
600	1	42.4	2/0	67.4
800	1/0	53.5	3/0	85.0
1000	2/0	67.4	4/0	107.2
1200	3/0	85.0	250 kcmil	127
1600	4/0	107.2	350	177
2000	250 kcmil	127	400	203
2500	350	177	600	304
3000	400	203	600	304
4000	500	253	800	405
5000	700	355	1200	608
6000	800	506	1200	608

Taulukko 25. Kaapelijohtokytcentöjä varten olevat aukot keskuskoteloissa, joiden ympäristöluokitus on muu kuin tyyppi 1 /6 s.31/.

Kotelotyyppi	Vaadittu rakenne
2, 3R, 3RX	a) Kaikkien kaapelijohtoa varten olevien reikien pitää olla kaikkien eristämättömien jännitteisten osien alapuolella; tai b) Alimpien eristämättömien jännitteisten osien yläpuolella olevissa kaapelijohtoaaukoissa pitää olla kaapelijohdon varusteet, joilla on taulukon 27 mukainen ympäristöluokitus; tai c) Kotelo pitää merkitä osoittamaan, että pitää käyttää joko sadetiiviitä tai märkien paikkojen napoja, jotka ovat UL 514B mukaiset tai napoja, joilla on sama luokitus kuin kotelolla. Varusteet asennetaan a- tai b-kohdan mukaisesti.
3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 12, 12K	d) Kaikissa kaapelijohtoa varten olevissa rei'issä pitää olla kaapelijohdon varusteet, joiden ympäristöluokitus on taulukon 27 mukainen tai kotelovalmistajan määrittämä; tai e) Kotelo pitää merkitä osoittamaan ohjeet, joista ilmenee tarkoin määrätyt navat tai varusteet, joita on tarkoitus käyttää tai että niillä pitää olla sama luokitus kuin kotelolla. Varusteet asennetaan kohdan d mukaisesti.
6, 6P	f) Kaikissa kaapelijohtoa varten olevissa rei'issä pitää olla kaapelijohdon varusteet, joilla on taulukon 27 mukainen ympäristöluokitus.
13	g) Kaikissa kaapelijohtoa varten olevissa rei'issä pitää olla kaapelijohdon varusteet, joilla on taulukon 27 mukainen ympäristöluokitus; tai h) Ei yhtään kaapelijohtoa varten olevaa reikää.

Taulukko 26. Komponentteja varten olevat aukot keskuskoteloissa, joiden ympäristöluokitus on muu kuin tyyppi 1 /6. s.32/.

Kotelo tyyppi	Aukot voidaan sulkea laitteilla, jotka on merkitty
2 ^a	2, 3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, 12K, 13, "Märkä sijainti" tai "Sadetiivis"
3	3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P
3R ^b	3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P, "Märkä sijainti" tai "Sadetiivis"
3RX	3RX, 3SX, 3X, 4X
3S ^c	3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P
3SX ^c	3SX, 3X, 4X
3X	3SX, 3X, 4X
4	4, 4X, 6, 6P
4X	4X
5	3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, 12K, 13, "Märkä sijainti" tai "Sadetiivis"
6	6, 6P
6P	6P
12, 12K	12, 12K, 13
13	13

^a Tyypin 1 komponentit, tuuletusaukot tai tarkkailuikkunat voidaan asentaa, kun niiden profiili kotelon ulkopuolella on täysin suojattu tiputussuojalla, joka estää veden tippumisen pystysuorasti yläpuolelta alas

^b Komponentteja, joihin on merkitty "säänkestävä" tai "sateenkestävä" voidaan asentaa kaikkien muiden jännitteisten osien alapuolelle kotelon sisällä.

^c Komponenttien, joissa on lisäkäyttömekanismeja, pitää olla tyyppiä 3S tai 3SX, kun niitä käytetään tyyppiä 3S kotelossa tai tyyppiä 3SX, kun niitä käytetään tyyppiä 3SX kotelossa.

Taulukko 27. Vaihtoehtoiset koteloluokitukset /6 s.33/.

Kotelotyyppi (mukaan lukien komponentit ja varusteet, jotka ovat taulukoiden 26/27 mukaisia)	Komponenttien/varusteiden luokituksen, kun ne eivät ole taulukoiden 26/27 mukaisia	Seurauksena oleva koteloluokitus
3, 3RX, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6, 6P	3R, "Märkä sijainti", "Sadetiivis", "Säänkestävä" ^c , "Sateenkestävä" ^c	3R ^{a, b, c}
4X	3RX, 3SX, 3X, 4X	3RX ^{a, b}
4, 4X, 6, 6P	3, 3S	3 ^b
4X	3X, 3SX	3X ^b
6, 6P	4, 4X	4
6P	6	6
13	12, 12K	12
12, 12K, 13	3, 3S, 4, 4X, 5, 6, 6P, "Märkä sijainti", "Sadetiivis"	5 ^b

^a Kun on lisätty vesikouru.

^b Kun sopimukseen on tehty ehto oven lukituksesta (kuten silmukka riippulukolle, avaimella lukittava kahva tai salpa) tai kotelon avaamiseen tarvitaan työkaluja.

^c Komponentit, joihin on merkitty "Säänkestävä" tai "Sateenkestävä" pitää asentaa kaikkien muiden jännitteisten osien alapuolelle kotelon sisällä. Kaapelijohtoaukkojen tai kaapelijohdon varusteiden pitää noudattaa huomioita a, b, tai c taulukossa 26 tyyppiä 3R koteloille.

Taulukko 29. Lasketut suurimmat merkitsemättömien komponenttien oikosulkuvirtojen arvot /7 liite SB/.

Komponentti	Oikosulkuvirran arvo, kA
Virtakiskot	10
Katkaisija (mukaan lukien tyyppi GFCI)	5
Virtamittarit	a
Virtasuntti	10
Varokealusta	10
Teollisuuden ohjauslaitteet	
a. Lisälaitteet (ylikuormitusrele)	5
b. Kytkimet (muut kuin tyyppiä elohopeahöyryputki)	5
c. Elohopeahöyryputkikytkimet	
i. Nimellisarvoiltaan yli 60 A tai yli 250 V	5
ii. Nimellisarvoiltaan 250 V tai vähemmän, 60 A tai vähemmän, ja yli 2 kA	3.5
iii. Nimellisarvoiltaan 250 V tai vähemmän tai 2 kA tai vähemmän	1
Moottorin ohjaimen (mukaan lukien kombinaatio moottoriohjain, ilman kuormitusta kytkettynä oleva ja painekäyttöinen moottoriohjain, elektronisen muuttamisen laite ja puolijohde-moottoriohjain), nimelliseltä hevosvoimaltaan (kW)	
a. 0 – 50 (0 – 37.3)	5 ^c
b. 51 – 200 (38 – 149)	10 ^c
c. 201 – 400 (150 – 298)	18 ^c
d. 401 – 600 (299 – 447)	42 ^c
e. 601 – 900 (448 – 671)	85 ^c
Mittarin pidikkeen kanta	10
Pienoiskokoinen sulake tai apusulake	10 ^b
Pistorasia (tyyppiä GFCI)	2
Pistorasia (muu kuin tyyppiä GFCI)	10
Lisäsuoja	0.2
Kytkeyksikkö	5
Kaapelin pääte tai voimavirran jakelun riviliitin	10
^a Oikosulkuvirran arvoa ei vaadita, kytkettynä virtamuuntajan tai virtasuntin kautta. Suoraan kytkettyyn virtamittariin pitää olla merkittynä oikosulkuvirran arvo. ^b Pienoissulakkeen käyttö on rajoitettu 125 voltin piireihin. ^c Moottorin ohjaimen vakio vikavirran arvo, joka on luokiteltu tietyn hevosvoimaluokituksen sisällä.	

Taulukko 30. Kytkinlaitteen rajoittaman katkaisuvirran huippuarvo, I_p ja clearing, I^2t , sulakkeille
/7 liite SB/.

Sulake tyypit	Sula- ke arvot, A	Kynnyksen ja 50 kA välillä		100 kA		200kA	
		$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$	$I^2t \times 10^3$	$I_p \times 10^3$
Luokka CC	15	2	3	2	3	3	4
	20	2	3	3	4	3	5
	30	7	6	7	7.5	7	12
Luokka G	15	-	-	3.8	4	-	-
	20	-	-	5	5	-	-
	30	-	-	7	7	-	-
	60	-	-	25	10.5	-	-
300 V Luokka T ^b	1	-	-	0.4	0.8	-	-
	3	-	-	0.6	1.3	-	-
	6	-	-	1	2	-	-
	10	-	-	1.5	3	-	-
	15	-	-	2	4	-	-
	20	-	-	2.5	4.5	-	-
	25	-	-	2.7	5.5	-	-
	30	3.5	5	3.5	7	3.5	9
	35	-	-	6	7	-	-
	40	-	-	8.5	7.2	-	-
	45	-	-	9	7.6	-	-
	50	-	-	11	8	-	-
	60	15	7	15	9	15	12
	70	-	-	25	10	-	-
	80	-	-	30	10.7	-	-
	90	-	-	38	11.6	-	-
	100	40	9	40	12	40	12
	110	-	-	50	12	-	-
	125	-	-	75	13	-	-
	150	-	-	88	14	-	-
	175	-	-	115	15	-	-
200	150	13	150	16	150	20	
225	-	-	175	21	-	-	
250	-	-	225	22	-	-	
300	-	-	300	24	-	-	
350	-	-	400	27	-	-	
400	500	22	550	28	550	35	
450	-	-	600	32	-	-	
500	-	-	800	37	-	-	
600	1000	29	1000	37	1000	46	
700	-	-	1250	45	-	-	
800	1500	37	1500	50	1500	65	
1000	-	-	3500	65	-	-	
1200	3500	50	3500	65	4000	80	
Luokka J ja 600 V Luokka T ^b	1	-	-	0.8	1	-	-
	3	-	-	1.2	1.5	-	-
	6	-	-	2	2.3	-	-
	10	-	-	3	3.3	-	-
	15	-	-	4	4	-	-
	20	-	-	5	5	-	-
25	-	-	5.5	6	-	-	

Taulukko 30 jatkuu

Sulake tyypit	Sula- ke ar- vot, A	Between threshold ja 50 kA				100 kA				200kA			
		$I^2t \times 10^3$		$I_p \times 10^3$		$I^2t \times 10^3$		$I_p \times 10^3$		$I^2t \times 10^3$		$I_p \times 10^3$	
Luokka J ja 600 V Luokka T ^b	1	-	-	-	-	0.8	1	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	1.2	1.5	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	2	2.3	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	3	3.3	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	5.5	6	-	-	-	-	-	-
	30	7	6	6	6	7	7.5	7	7	7	7	12	12
	35	-	-	-	-	12	7.5	-	-	-	-	-	-
	40	-	-	-	-	17	8	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	18	8.5	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	22	9	-	-	-	-	-	-
	60	30	8	8	8	30	10	30	10	30	30	16	16
	70	-	-	-	-	50	11.5	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	60	12.5	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	75	13.5	-	-	-	-	-	-
	100	60	12	12	12	80	14	80	14	80	80	20	20
	110	-	-	-	-	100	14.5	-	-	-	-	-	-
	125	-	-	-	-	150	15.5	-	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	175	17	-	-	-	-	-	-
	175	-	-	-	-	225	18.5	-	-	-	-	-	-
200	200	16	16	16	300	20	300	20	300	300	30	30	
225	-	-	-	-	350	22.5	-	-	-	-	-	-	
250	-	-	-	-	450	24	-	-	-	-	-	-	
300	-	-	-	-	600	26	-	-	-	-	-	-	
350	-	-	-	-	800	29	-	-	-	-	-	-	
400	1000	25	25	25	1000	30	1100	30	1100	1100	45	45	
450	-	-	-	-	1500	36	-	-	-	-	-	-	
500	-	-	-	-	2000	42	-	-	-	-	-	-	
600	2500	35	35	35	2500	45	2500	45	2500	2500	70	70	
800 ^a	4000	50	50	50	4000	55	4000	55	4000	4000	75	75	
Luokka L	800	10000	80	80	80	10000	80	10000	80	10000	80	80	80
	1200	12000	80	80	80	12000	80	15000	120	15000	120	120	120
	1600	22000	100	100	100	22000	100	30000	150	30000	150	150	150
	2000	35000	110	110	110	35000	120	40000	165	40000	165	165	165
	2500	-	-	-	-	75000	165	75000	180	75000	180	180	180
	3000	-	-	-	-	100000	175	100000	200	100000	200	200	200
	4000	-	-	-	-	150000	220	150000	250	150000	250	250	250
	5000	-	-	-	-	350000	-	350000	300	350000	300	300	300
6000	-	-	-	-	350000	-	500000	350	500000	350	350	350	
Luokka R	30	10	50	6	11	10	50	10	11	11	50	12	14
	60	200	200	10	20	40	200	12	21	50	200	16	26
	100	500	500	14	22	100	500	16	25	100	500	20	32
	200	1600	1600	18	32	400	1600	22	40	400	2000	30	50
	400	5000	5000	33	50	1200	5000	35	60	1600	6000	50	75
	600	10000	10000	43	65	3000	10000	50	80	4000	12000	70	100

Taulukko 31. Moottorin lähtövirran vastaavuus useihin a-c hevosvoimaluokkiin (3-vaiheinen) /6 s.97 – 98/.

Hevosvoima	110–120 Volttia	200 Voltia	208 Voltia	220–240 Voltia	380–415 Voltia	440–480 Voltia	550–600 Voltia
	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä	Moottori- merkintä
	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D
1/2	40	23	22.1	20	20	10	8
3/4	50	28.8	27.6	25	20	12.5	10
1	60	34.5	33	30	20	15	12
1-1/2	80	46	44	40	27	20	16
2	100	57.5	55	50	34	25	20
3	128	73.6	71	64	43	32	25.6
5	184	105.8	102	92	61	46	36.8
7-1/2	254	146	140	127	84	63.5	50.8
10	324	186.3	179	162	107	81	64.8
15	464	267	257	232	154	116	93
20	580	334	321	290	194	145	116
25	730	420	404	365	243	183	146
30	870	500	481	435	289	218	174
40	1160	667	641	580	387	290	232
50	1450	834	802	725	482	363	290
60	-	1001	962	870	578	435	348
75	-	1248	1200	1085	722	543	434
100	-	1668	1603	1450	965	725	580
125	-	2087	2007	1815	1207	908	726
150	-	2496	2400	2170	1441	1085	868
200	-	3335	3207	2900	1927	1450	1160
250	-	-	-	3650	-	1825	1460
300	-	-	-	4400	-	2200	1760
350	-	-	-	5100	-	2550	2040
400	-	-	-	5800	-	2900	2320
450	-	-	-	6500	-	3250	2600
500	-	-	-	7250	-	3625	2900

Taulukko 32. Suurimmat arvot moottorin haaroituspiirin laitteelle, prosentteja täyskuormitusvirrasta /7 s.60/.

Haaroituspiirin suojalaitteen tyyppi	Virta-arvo	Moottorin haaroituspiirin suojalaitteen nimellinen arvo, prosenttia täyskuormitusvirrasta	Huomiot
Viiveetön sulake	0 – 600	300	1, 2, 3
Viiveetön sulake	yli 600	300	1, 2, 4
Viivesulake, paitsi luokka CC	Kaikki	175	1, 2, 5
Luokan CC viivesulake	0 – 30	300	1, 2, 3
Käänteisaikatoimintainen katkaisija	0 – 100	250	1, 2, 6
Käänteisaikatoimintainen katkaisija	yli 100	250	1, 2, 7
Pikalaukaisukatkaisin	Kaikki	800	8, 9
Itsesuojattu kombinaatio moottoriohjain	Kaikki	100	10
Manuaalinen itsesuojattu kombinaatio moottoriohjain	Kaikki	100	10

1. Kun laskettu haaroituspiirin suojan virta-arvo ei vastaa sulakkeiden tai katkaisijoiden vakio arvoja, valitaan seuraavaksi suurempaa kokoa oleva sulake tai katkaisin
2. Standardoidut virta-arvot sulakkeille ja käänteisaikatoimintaisille katkaisijoille ovat: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 601, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 ja 6000. Sulakkeiden lisäarvot ovat 1, 3, 6 ja 10.
3. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 400 % moottorin täyskuormitusvirrasta viiveetömällä sulakkeella tai luokan CC viivesulake ei saa ylittää 600 A.
4. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 300 % moottorin täyskuormitusvirrasta viiveetömällä sulakkeella, joka on nimellisarvoltaan 601 A tai suurempi.
5. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 225 % moottorin täyskuormitusvirrasta viivesulakkeella.
6. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 400 % moottorin täyskuormitusvirrasta korkeintaan 100 ampeerin käänteisaikatoimintaisella katkaisijalla.
7. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 300 % moottorin täyskuormitusvirrasta yli 100 ampeerin käänteisaikatoimintaisella katkaisijalla.
8. Haaroituspiirin lisäsuojausta ei tarvita, pikalaukaisukatkaisin ja kaikki kuorman puolen tehokomponentit on arvioitu kombinaatio moottoriohjaimeksi.
9. Haaroituspiirin suojan arvo ei saa ylittää 1300 % moottorin täyskuormitusvirrasta pikalaukaisukatkaisijalla tai 1700 % moottorin täyskuormitusvirrasta pikalaukaisukatkaisijalla, jonka yhteydessä käytetään korkeahyötytehoista mallia B olevaa moottoria.
10. Itsesuojattuja ja manuaalisia itsesuojattuja kombinaatio moottoriohjaimia käytettäessä ei tarvita haaroituspiirin lisäsuojausta, jos kuormana on yksi moottori.

Taulukko 33. Ohjauslaitteiden värikoodit /7 s.27 - 29; 2 s.204/.

Väri	Laitteen toiminto	Tyypillinen tehtävä	Esimerkki
Punainen	Painonappi	Hätä-seis, stop, off	Hätäseis painonapit, Off painonapit yhdelle tai useammalle moottorille
	Merkkivalo	Vaara tai hälytys, epätavalliset tilanteet; toimenpiteisiin ryhdyttävä	
	Valaistu painonappi		Moottorin ylikuormitusuoja laukeaa ylikuormituksen takia (häätäseispainikkeen punainen väri ei saa olla riippuvainen merkkivalosta)
Meripihka/ tai Kulanruskea	Painonappi	Väliintulo epänormaaleissa olosuhteissa. Varoitus	Palauttaa koneen turvalliseen tilaan. Ohittaa muut toiminnot, jotka valittiin aikaisemmin.
	Merkkivalo	Epänormaali/kriittinen tilanne, uhkaava olosuhteiden muutos	Automaattinen kierto tai moottorin käynti; jotkin arvot (paine, lämpötila) lähestyvät asetettua rajaa. Maasulun osoitus. Ylikuormitus, joka on sallittu tietyille jaksolle.
	Valaistu painonappi	Varoitus, tapahtumasarjan aloittaminen vaarallisen tilanteen ilmenevän ehkäisemiseksi.	Tietyt arvot (paine, lämpötila) lähestyvät määriteltäviä arvoja. Painonapin painaminen ohittaa aikaisemmin asetetut toiminnot.
Vihreä	Painonappi	ON, START	Yleinen- tai koneenkäynnistys. Kierron tai sekvenssin aloitus; yhden tai useamman moottorin käynnistys; lisäsekvenssien käynnistys; ohjauspiirin herätys.
	Merkkivalo	Kone on käyttövalmis, turvalliset olosuhteet. Turvallinen käyttö	Viesti ilmoittaa turvallisista olosuhteista tai seuraavien prosessien hyväksynnästä. Kone on käyttövalmis, kaikki olosuhteet ovat normaalit, tai kierto on valmis ja kone voidaan uudelleenkäynnistää.
	Valaistu painonappi	Kone tai koneen osa on käyttövalmis.	ON tai START lupa, kun valaistu, yhden tai useamman moottorin käynnistys lisätoimintoja varten.
Musta	Painonappi	Ei määriteltäviä toimintoja.	Voidaan käyttää kaikkiin toimintoihin, paitsi yksinomaisiin OFF tai STOP toimintoihin
Valkoinen tai läpinäkyvä	Painonappi	Toiminnot, joita ei ole mainittu yllä.	Ohjaustoiminnot, jotka eivät ole yhteydessä toimintajaksoon.
	Merkkivalo	Viesti ilmoittaa normaaleista olosuhteista	Normaali paine, lämpötila
	Valaistu painonappi	Ilmoitus sähköpiirin aktivoitumisesta	Lisätoimintojen tai sähköpiirin herättäminen, kun se ei ole yhteydessä toimintajaksoon.
Sininen tai harmaa	Painonappi	Toiminnot, joita ei ole käsitelty yllä olevien värien yhteydessä	Ylikuormitusreleen kuittaus
	Merkkivalo	Toiminnot, joita ei ole käsitelty yllä olevien värien yhteydessä	Ylikuormitusreleen kuittaus
	Valaistu painonappi	Toiminnot, joita ei ole käsitelty yllä olevien värien yhteydessä	Ylikuormitusreleen kuittaus