



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jere Lahtinen

UL508A-standardin mukainen suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Jere Lahtinen

Työn nimi: UL508A-standardin mukainen suunnittelu

Ohjaaja: Marko Hietämäki

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä:

Opinnäytetyön tavoitteena oli käydä läpi ja tarkastella standardia UL508A. Pohjois-Amerikan markkinoille meneviltä ohjauspaneelilta/keskuksilta vaaditaan standardissa määritetyt säädökset, jotta ne voidaan hyväksyä käyttöön. Tavoitteena oli luoda helposti tulkittava yhteenveto standardista, mikä helpottaa yrityksen suunnittelijoita. Työn toimeksiantajana oli Arnon Oy ja sen Kauhavan toimipiste.

Työ tehtiin erästä projektia silmällä pitäen. Projektissa ohjauskeskus pitää muuntaa UL508A-yhteensopivaksi. Standardista käytiin läpi aiheita, jotka ovat oleellisia muutostyötä tehdessä. Ensin käytiin läpi standardin yleisiä osia ja sen jälkeen siirryttiin eri piirien määrittelyyn ja mitoituksiin. Lopuksi käytiin läpi merkintöihin liittyviä määrittelyjä.

Työ onnistui kokonaisuudessa melko hyvin. Standardi on paikoittain vaikeaselkoinen ja siinä on lukuisia poikkeuksia, jotka hankaloittivat standardin tulkintaa. Tietoa saatiin itse standardista sekä eri komponenttitoimittajien luomista materiaaleista.

Asiasanat: UL508A, standardi, komponentti, piiri, mitoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Jere Lahtinen

Title of thesis: UL508A-Standard Based Design

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2021

Number of pages: 32

Number of appendices:

The purpose of the thesis was to review the standard UL508A. Control panels entering the North American market are required to comply with the regulations specified in the standard in order to be approved for use. The goal was to create an easy to read, summary off the standard which would help the designers of the company. The work was ordered by Arnon Oy Kauhava Office.

The work was done with a specific project in mind that needs to be converted to UL508A compliant. The study covered those parts of the standard that were relevant for the converting. The general parts of the standard were first reviewed and then attention was paid to the specifications and dimensions of various circuits. After that specifications for markings were reviewed.

There are many exceptions in the standard and from time to time it was hard to read, which caused some difficulties, but otherwise the work succeeded pretty well. Information was obtained on the standard itself as well as on materials created by various component suppliers.

Keywords: UL508A, standard, component, circuit, sizing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuvaluettelo.....	5
Termiluettelo.....	6
1 Johdanto	7
1.1 Työn tavoite	7
1.2 Arnon Oy.....	7
1.3 Underwriters Laboratory.....	8
2 UL-hyväksyntä.....	9
2.1 Hyväksyntämenetelmä	9
2.2 Komponentit.....	9
2.3 UL-Listed-komponentit	10
2.4 UL-regocnized-komponentit	10
3 UL508A 3rd edition.....	11
3.1 Standardin soveltamisalue	11
3.2 Mittauksista	12
4 Kotelointi ja suojausluokitukset.....	13
4.1 Kotelointi	13
4.2 TYPE-luokat.....	14
4.3 Kokonaisluokitus	15
5 Maadoitukset.....	16
6 Power-piiri ja komponenttimitoitukset	17
6.1 Feeder-piiri.....	18
6.1.1 Kaapelointi ja mitoitus	18
6.1.2 Pääkatkaisijan/sulakkeen mitoitus	19

6.1.3	Pääkytkimen mitoitus	19
6.1.4	Pääkytkimen sijoitus	20
6.2	Branch-piiri	20
6.2.1	Suojalaitteen mitoitus yhden moottorin piirille	20
6.2.2	Suojalaitteen mitoitus useamman moottorin piirille	21
6.2.3	Suojalaitteen mitoitus muille kuormille	21
7	Control-piiri	22
7.1	Class 2 -piiri	22
7.2	LVLE-piiri	22
8	Tyypikilpi ja merkinnät	23
9	SCCR-oikosulkuvirta-arvo	24
10	Projektin tarkastelu	25
10.1	Kotelointi ja läpiviennit	25
10.2	Komponenttien mitoitukset ja kaapeloinnit	26
10.3	Merkinnät	30
11	Pohdinta	31
	Lähteet	32

Kuvaluettelo

Kuva 1. Arnon Oy	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 2. UL-Listed ja Recognized merkinnät	10
Kuva 3. Feeder, Branch ja Control piirit	17
Kuva 4. Layout kuva keskuksen etupuolelta	26
Kuva 5. Pääkatkaisin	27
Kuva 6. Ylivirtasuojat ja kuormat.....	28

Termiluettelo

AHJ	Authority Having Jurisdiction
ANSI	American National Standards Institute
Branch-piiri	Etusuojalaitteen kuormapuolella olevat johtimet ja komponentit.
Class 2-piiri	Control-piirissä sijaitsevan virtalähteen jälkeinen piiri.
Control-piiri	Ohjausvirtapiiri, yleensä ohjausjännitemuuntajan tai virtalähteen jälkeinen piiri.
FLA	Full Load Ampere eli täyskuormavirta-arvo
Feeder-piiri	Etusuojalaitteen syöttävällä puolella olevat johtimet ja komponentit.
LVLE-piiri	Piiri, jonka jännite on maksimissaan 60 voltia tasajännitettä tai 30 voltia vaihtojännitettä.
NFPA	National Fire Protection Association
NEC	National Electrical Code
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NRTL	National Recognised Testing Laboratory
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
Power-piiri	Päävirtapiiri, jossa kuormana esimerkiksi moottori, virtalähde tai lämmitin. AC- tai DC-jännitteisenä.
SCCR	Oikosulkuvirta-arvo
TYPE-luokitus	Pohjois-Amerikassa käytettävä IP-luokitusta vastaava järjestelmä.

1 Johdanto

1.1 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on tehdä selvitys UL508A 3rd edition -standardista yrityksen Arnon Oy tarpeisiin. Tarkoituksena on käydä läpi eräs projekti, joka on tarkasteltava ja muutettava UL508A-standardiin yhteensopivaksi, tämän perusteella kootaan ns. manuaali yrityksen suunnitteluosastolle helpottamaan ja nopeuttamaan standardin tulkintaa. Työssä käytetään UL508A 3rd edition -painosta, jonka viimeisin revisio on julkaistu 6.8.2020.

1.2 Arnon Oy

Arnon Oy on suomalainen teollisuuden automaatio- ja sähkötekniikan yritys. Arnon tarjoaa palveluita pääasiassa perinteisen ja uusiutuvan energian sekä meri- ja kaivosteollisuuden sektoreille. Sähkökeskusten suunnittelun, tuotannon ja hankinnan lisäksi Arnon tarjoaa myös äly- ja tietopalveluita, muun muassa Arnon Sky -pilvipalvelua sekä PackAware kuljetuksen seurantajärjestelmää. (Arnon Oy 2021.)

Arnon Oy on perustettu vuonna 1978. Toimitusjohtajana toimii Harri Lamminen. Yli 200 henkilöä työllistävällä yrityksellä on kuusi toimipistettä kolmessa eri maassa. Pääkonttori sijaitsee Tampereella. (Arnon Oy 2021.)



Kuva 1. Arnon Oy (Arnon Oy 2021).

1.3 Underwriters Laboratory

UL eli Underwriters Laboratories perustettiin vuonna 1894 William Henry Merrill Jr. toimesta. Se vastaa maailmanlaajuisesti Pohjois-Amerikkaan ja Kanadaan toimitettavien tuotteiden turvallisuusvaatimusten täyttymisestä ja on Occupational Safety and Health Administration(OSHA) laitoksen valtuuttama turvallisuustestauksien suorittaja. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Terrence Brady. Päätoimipaikka sijaitsee Yhdysvalloissa Northbrookissa Illinoissin osavaltiossa. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti yli 11000 työntekijää. (Underwrites Laboratories 2021.)

2 UL-hyväksyntä

2.1 Hyväksyntämenetelmä

Kaikkien Yhdysvaltoihin sekä Kanadaan toimitettavien laitteiden tulee olla UL-hyväksytyjä (UL-listed). Hyväksyntä voi olla vain Yhdysvaltoihin (US), Kanadaan (C) tai molempiin. Kun laite saapuu Pohjois-Amerikkaan Authority Having Jurisdictionin (AHJ) valtuuttama tarkastaja tarkastaa laitteen yhteensopivuuden UL-standardin kanssa. Yleisimpiä ongelmia tarkastuksessa ovat sertifioidut sulakkeet, yhteensopimattomat johtimien jakoblokit ja tyyppikilvet. (Schneider Electric 2017, 4.)

Yksittäisvalmistetun laitteen valmistajan tulee olla UL-sertifioitu. Massatuotettavan laitteen tulee olla UL-sertifioitu National Recognised Testing Laboratoryn (NRTL) toimesta tai laitteen on oltava UL-sertifioitu valmistajan testien perusteella, laitteen valmistajan on oltava UL-hyväksytty toimittaja. Molemmissa tapauksissa ennen käyttöönottoa sähkölaitteet on tarkastettava Authority Having Jurisdictionin (AHJ) valtuuttaman tarkastajan toimesta. (Schneider Electric 2017, 33.)

2.2 Komponentit

Ohjauspaneelissa/keskuksissa käytettävien komponenttien tulee täyttää tietyt vaatimukset. Komponenteissa tulee olla joko UL-listed- tai UL-recognized-merkintä käyttökohteesta sekä tavasta riippuen, tästä on kuitenkin joitain poikkeuksia esimerkiksi Class-2 sekä LEVEL-piireissä, joissa hyväksyntää ei välttämättä vaadita. Standardin Appendix A-osassa on lueteltu, mihinkä hyväksytyyn kategoriaan eri komponentit kuuluvat. (UL508A 6.8.2020, 17.)

2.3 UL-listed-komponentit

UL-listed-komponentit ovat UL:n toimesta tarkasteltuja ja hyväksytyjä komponentteja. Näitä voidaan käyttää kentällä ilman erillistä tarkastelua, koska ne ovat valmiiksi hyväksytyjä. (Schneider Electric 2017, 7.)

2.4 UL-recognized-komponentit

UL-recognized-komponentteja käytetään, kun tiedetään paneelin/keskuksen kohde, toimintaympäristö, käyttötarkoitus, lämpötila jne. Recognized-komponenteista koottu ohjauspaneeli/keskus muodostaa UL-listed-ohjauspaneeli/keskuskokonaisuuden. Kenttäasennuksiin recognized-komponentit soveltuvat vain, jos kenttäkohteelle suoritetaan UL-kenttätarkastelu (UL Field Evaluation), ennen tätä komponenttia tulee käsitellä kuin listaamatonta komponenttia. (Underwriters Laboratories 2010, 1-2.)

	Mark for U.S.	Mark for Canada	Mark for U.S. / Canada
Listing mark			
Recognition mark			

Kuva 2. UL-Listed ja Recognized-merkinnät (Underwrites Laboratories 2021).

3 UL508A 3rd edition

3.1 Standardin soveltamisalue

Standardin vaatimukset kattavat teollisuuden ohjauspaneelit ja keskuksat, jotka on tarkoitettu yleiseen teolliseen käyttöön jännitearvoltaan 1000 voltia tai alle. Laitteet on tarkoitettu asennettavaksi niin sanottuihin tavallisiin paikkoihin Pohjois-Amerikkalaisen kansallisen sähkölainsäädännön ANSI / NFPA 70 mukaisesti, jossa ympäristön lämpötila ei ylitä 40 °C. Valmistettavan laitteen tulee sisältää vähintään joko kaksi Power-piirin komponenttia, kuten moottorinsuojakytkimiä, sulakkeellisia erotuskytkimiä ja johdonsuojakatkaisijoita, tai Control-piirin komponenttia, kuten painikkeita, merkkilamppuja, valintakytkimiä ja ohjausreleitä tai näiden edellä mainittujen piirien yhdistelmiä. Ohjauspaneelin/keskuksen UL-hyväksyntä ei sisällä ohjattavia laitteita kuten moottoreita, lämmittimiä tai muita kuormia. Ohjauspaneelin/keskuksen UL-hyväksyntä ei sisällä laitteeseen kytkettäviä kenttälaitteita jollei niistä erikseen piirikaaviossa mainita. (UL508A 6.8.2020, 11.)

Standardissa on lueteltu yleisen teollisuuskäyttöön suunnatun ohjauspaneelin/keskuksen valmistuksen vaatimuksien lisäksi National Fire Protection Associationin (NFPA) määrittämät lisävaatimukset sekä poikkeukset ohjauspaneelille/keskuksille, jotka ohjaavat koneita mm. metallintyöstökoneita, muovintyöstökoneita, puuntööstökoneita, kokoonpanokoneita, teollisuusrobotteja sekä testaus- ja tarkastuskoneita. Lisäksi standardissa on lisäyksiä/poikkeuksia seuraaviin osa-alueisiin: nosturi-, huolto- ja hissijärjestelmät, palojärjestelmät, merenkulku, ilmanvaihto ja jäähdytyslaitteet, suihkulähteiden ohjaukset, kastelujärjestelmät, uima-allasohjausjärjestelmät sekä vesipuistojen ohjausjärjestelmät. (UL508A 6.8.2020, 110-152.)

3.2 Mittauksista

Virta-arvoja laskettaessa käytetään pyöristyssääntönä seuraavaa: Jos tulos on alle 0,5 desimaalia se pyöristetään alaspäin, jos taas tulos on yli 0,5 desimaalia se pyöristetään ylöspäin. (UL508A 6.82020, 17).

4 Kotelointi ja suojausluokitukset

4.1 Kotelointi

Keskuksen koteloinnin tulee täyttää NECin (National Electrical Code) ja American National Standards Instituten (ANSI)/NFPA 70 asettamat vaatimukset. Keskuksen metalliosien tulee olla ruostesuojattuja, pois lukien laakerit, saranoiden liukupinnat, vääntimet sekä prikot, ruuvit, pultit, kunhan ne ei ole osana virtapiiriä. Jännitteellisten osien suojaetäisyydet on esitetty taulukoissa 10.1, 10.1A ja 10.2. Jännitteellisten osien liitokset pitää varmistaa niin, etteivät ne pääse aukeamaan ja näin osumaan jännitteettömiin osiin. Tukieristeiden liitokset tulee varmistaa esimerkiksi tähti- tai lukkoaluslevyllä. Komponentit, joissa on eristämättömiä jännitteellisiä osia, tulee kiinnittää asennuslevyyn vähintään kahdella ruuvilla tai asennuskiskoon. (UL508A 6.8.2020, 20-23.)

Keskuksen layoutsuunnittelua tehdessä tulee ottaa huomioon johtimien taivutuksiin tarvittava tila. Minimitilavaatimukset on esitetty standardin taulukossa 25.1. Keskuksen tuuletusta ja lämmitystä suunnitellessa pitää ottaa huomioon, että tuuletin on mallista riippuen UL507-, UL1004-1- tai UL508-hyväksytyt. Jos tuulettimen moottorissa on merkintä "Thermal Protected" tulee sille olla UL1004-3-hyväksytyt etusuojakoje tai jos moottorissa on merkintä "Impedance Protected" tulee sille olla UL1004-2-hyväksytyt etusuojakoje. Muussa tapauksessa käytetään UL489-hyväksytyt etusuojakojeita. Lämmittimen tulee olla mallista riippuen UL499- tai UL508-hyväksytyt. Lämmitin pitää asentaa minimissään 50,8 mm:n etäisyydelle keskuksen johtimista ja komponenteista. Valaistusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon valaistukselle määritetty maksimijännite 150 V, ja että valaisimen mallista riippuen ne täyttävät vaaditun standardiluokituksen UL496, UL1598 tai UL508. (UL508A 6.8.2020, 37-40.)

Suunnittelua aloittaessa tarkastetaan ja valitaan soveltuva kotelotyyppi. Valinnassa on otettava huomioon asiakkaan tarpeet, mahdolliset aukotukset ja kaapeleiden läpiviennit. Pohjois-Amerikan alueelle menevien keskuksien on oltava National Electrical Manufacturers Associationin (NEMA) laatiman TYPE-luokituksen saaneita kotelaita. IEC-standardin

mukainen IP-luokitus ei päde Pohjois-Amerikassa. Vaikka kotelolla olisi korkein mahdollinen IP-luokitus mutta ei vaadittavaa TYPE-luokitusta se lasketaan olevan TYPE-luokkaa 1. (UL508A 6.8.2020, 30.)

4.2 TYPE-luokat

Type-luokat ovat seuraavat:

- TYPE 1. Sisätiloihin asennettava, suojaus putoavalta lialta.
- TYPE 2. Sisätiloihin asennettava, suojaus lian lisäksi tippuvalta vedeltä.
- TYPE 3. Ulkotiloihin asennettava, suojaus vesi- ja räntäsateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä, suojaa myös jään aiheuttamilta vaurioilta kotelon pinnalla.
- TYPE 3R. Ulkotiloihin asennettava, suojaus vesi- ja räntäsateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä, suojaa myös jään aiheuttamilta vaurioilta kotelon pinnalla.
- TYPE 3S. Ulko- ja sisätiloihin asennettava, suojaus vesi- ja lumisateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä, suojaa myös jään aiheuttamilta vaurioilta kotelon pinnalla. Ulkoiset mekanismit toimivat jäädä huolimatta.
- TYPE 4. Ulko- ja sisätiloihin asennettava, suojaus vesi- ja lumisateelta sekä tuulen puhaltamalta pölyltä, suojaa myös jään aiheuttamilta vaurioilta kotelon pinnalla. Ulkoiset mekanismit toimivat jäädä huolimatta.
- TYPE 4X. Ulko- ja sisätiloihin asennettava, suojaa tuulen puhaltamalta pölyltä, vesisateelta sekä roiskeilta. suojaa myös jään aiheuttamilta vaurioilta kotelon pinnalla. Ruostesuojattu.
- TYPE 5. Sisätiloihin asennettava, suojaa putoavalta lialta, pölyltä sekä tippuvalta ei-syövyttäviltä nesteiltä.

- TYPE 6. Ulko- ja sisätiloihin asennettava, suojaa putoavalta lialta, vesisuihkulta ja veden sisäänpääsystä tilapäiseen rajoitettuun syvyyteen osittain upottamisen aikana. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
- TYPE 6P. Ulko- ja sisätiloihin asennettava, suojaa vesisuihkulta ja veden sisäänpääsystä pitkäaikaiseen rajoitettuun syvyyteen upottamisen aikana. Lisäksi suojaus kotelon pintaan muodostuvan jään aiheuttamilta vaurioilta.
- TYPE 12. Sisätiloihin asennettava, suojaa putoavalta lialta, pyörteiseltä pölyltä sekä tippuvilta ei-syövyttäviltä nesteiltä.
- TYPE 13. Sisätiloihin asennettava, suojaa pölyltä, putoavalta lialta, vesisuihkulta, öljyltä ja ei-syövyttäviltä jäähdytysnesteiltä. (Rittal Oy 2021.)

4.3 Kokonaisluokitus

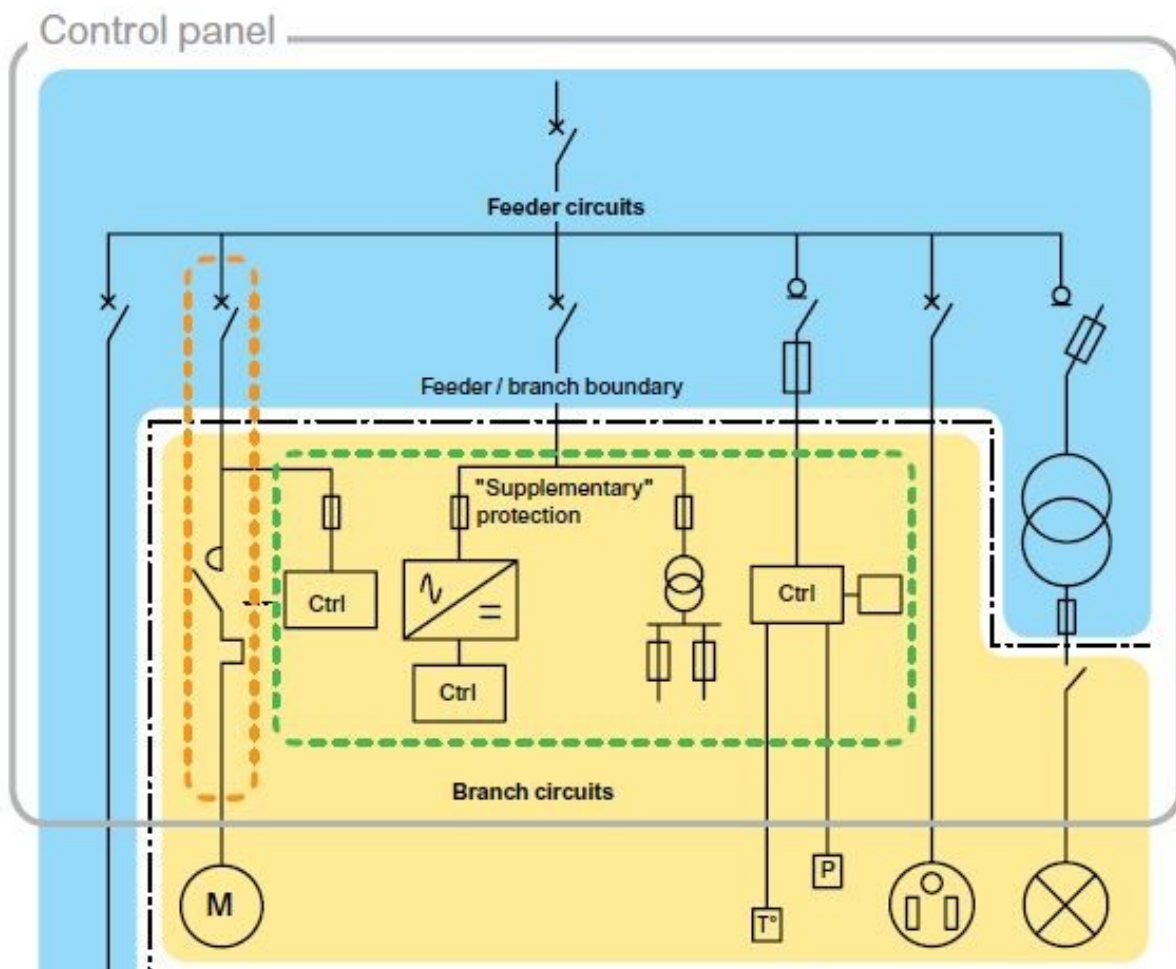
Keskuksen kokonaisluokitus määräytyy kotelon sekä kotelon läpi menevien komponenttien, kaapeliliittimen sekä läpivientitiivisteiden luokituksista. Standardin taulukossa 19.1 kerrotaan tietyn koteloluokan vaatimukset kaapeliläpivienneiltä. Taulukossa 19.2 kerrotaan mitkä komponenttien läpivientiluokitukset käyvät mihinkin koteloluokkaan. Jos kotelo ja komponentit kuuluvat kaikki samaan luokkaan, saadaan kokonaisluokitus suoraan tästä taulukosta. Jos taas kotelo ja komponentit ovat eri tyyppiluokituksella, saadaan taulukon 19.3 avulla kokonaisluokitus. (UL508A 6.8.2020, 31.)

5 Maadoitukset

Keskuksesta tulee maadoittaa kaikki metallipinnat, jotka eivät ole osana virtapiiriä tai on vaarana, että ne ovat koskettavissa huolto- ja säätötoissa tai mahdollisissa vika- ja rikkoontumistilanteissa saavat kontaktin jännitteellisiin osiin. Maadoituslattakaapeleiden tulee olla UL467-hyväksyttäjä ja tulee mitoittaa taulukon 15.1 mukaan. Maadoitusjohtimien tulee olla vihreäkeltaisia ja tätä väristystä ei saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen. Jos maadoitusjohdinta ei ole saatavilla vihreäkeltaisella väryksellä, pitää niiden näkyvä osa merkitä esimerkiksi vihreällä teipillä. Keskus tulee varustaa kenttäkaapelointia varten UL 467-hyväksytyt liittännät mukaan. Maadoitusterminaaleilla tulee olla jatkuva yhteys kaikkiin keskuksen metalliosiin. Kaikki maadoituspisteet tulee merkitä huolellisesti maadoitustarralla, tarrana käytetään International Electrotechnical Commission (IEC) standardisoitua symbolia 5019. Maadoitusterminaalien tulee olla värykseltään vihreäkeltaisia, tai ne pitää selvästi merkitä maadoitustarkoitukseen. (UL508A 6.8.2020, 26-29,98.)

6 Power-piiri ja komponenttimitoitukset

Power-piiri koostuu kahdesta eri piiristä, jotka ovat Feeder- ja Branch-piirit. Näiden piirien komponenttien tulee olla UL-listattuja. Kompaktikatkaisijoiden, kompaktikytkimien, erotuskytkimien ja johdonsuojakatkaisijoiden pitää olla UL489-hyväksytyjä komponentteja. Kytkimien tai sulakkeellisten kytkimien pitää olla UL98-hyväksytyjä komponentteja, sulakkeellisissa kytkimissä sulakkeiden tulee olla UL248-hyväksytyjä. (Schneider Electric 2017, 6-7.)



Kuva 3. Feeder-piiri sinisellä taustalla ja Branch-piiri keltaisella taustalla. Vihreän katkoviivan sisällä Control-piiri. (Schneider Electric 2017, 6.)

6.1 Feeder-piiri

Feeder-piiri kattaa syöttöliittimien tai pääkytkimen ja viimeisen ylivirtasuojan syöttävän puolen välisen piirin. Feeder-piirin komponentit toimivat päävirtakatkaisijoina/kytkiminä, katkaisijoina, kytkiminä ja ylivirtasuojina. (Schneider Electric 2017, 6.)

6.1.1 Kaapelointi ja mitoitus

Power-piirin johtimet ja kiskostot tulee olla valmistettu kuparista ja suojavaipan eristävyys pitää kestää ilmoitettu maksimijännite. Johtimilla pitää olla ilmoitettu minilämpötilan kesto 90 °C. Johtimilla tulee olla joku seuraavista UL-hyväksynnöistä: UL1063, UL44, UL83 tai UL758. Kiskostoilla pitää olla UL508-hyväksyntä ja etäisyydet tulee olla taulukoiden 10.1 ja 10.2 mukaiset. Jos virtakiskossa kulkee yli 600 A:n virta pitää ne olla tinattuja, hopeoituja tai nikkeloituja. Kiskojen eristystukirakenteiden tulee olla hyväksytyjä ja niiden lämpötilankeston pitää olla minimissään 90 °C. Kiskoston vaihejärjestys kolmivaiheisena tulee olla joko vasemmalta oikealle, ylhäältä alas tai edestä taakse. Jos kiskostossa on myös neljäs kisko, tulee vaiheen kaksi omata suurin jännite maahan nähden. Jos vaihejärjestys eroaa edellä mainitusta, tulee vaiheet merkitä selvästi. Jos johtimissa tai kiskoissa käytetään lisäeristystä pitää eristeellä olla joku seuraavista hyväksynnöistä: UL1441, UL224 tai UL510. Poikkeuksena on, jos lisäeristystä käytetään vain fyysiseen suojaamiseen, ei hyväksyntää vaadita. Johtimet liitetään komponenttiin tai terminaaliin tinaamalla, ruuvikiinnitteisesti, jousilukitteisesti tai kaapelikengillä. Kaikki kaapeliliitokset pitää kiristää valmistajan antamaan momenttiin. (UL508A 6.8.2020, 47-50.)

Power-piirin johtimien minimipoikkipinta-ala on 14 AWG. Johtimet mitoitetaan laskemalla yhteen kaikkien johtimen perässä olevien kuormien täyskuormavirta-arvo, moottorikuormien täyskuormavirta-arvo saadaan taulukoista 50.1 ja 50.2. Kun virta-arvot on laskettu, verrataan niitä taulukkoon 28.1, josta saadaan tarvittava johdinkoko. Jos johtimen piirissä on moottoreita, valaisimia tai lämmittimiä, kerrotaan täyskuormavirta-arvo 125 prosentilla. (UL508A 6.8.2020, 51.)

6.1.2 Pääkatkaisijan/sulakkeen mitoitus

Pääkatkaisija/sulake voidaan mitoittaa kahdella tavalla. Joko ottamalla Branch-piirin suurimman ylivirtasuojan arvo ja siihen summataan muiden moottorikuormien täyskuormavirta-arvot sekä muiden kuormien nimellisvirrat kerrottuna 125 prosentilla. Tai käytetään pääkatkaisijan/sulakkeen kuormapuolen kaapeleiden tai kiskoston maksimivirta-arvoa. Jälkimmäinen tapa ei ole hyväksytty Kanadan markkinoille. (UL508A 6.8.2020, 61.)

6.1.3 Pääkytkimen mitoitus

Jos pääkytkimenä toimii hidastettu tai välittömästi laukeava kompaktikatkaisija tai sulakkeellinen kytkin, ei maksimikuorma saa ylittää 80 % komponentin sallitusta maksimivirta-arvosta, toisin sanottuna kytkimen virrankeston tulee olla vähintään 120 % maksimikuormasta. Poikkeuksena tästä on, jos komponentissa on mainittu sen kestävän jatkuvaa käyttöä täydellä mainitulla virta-arvolla. Mikäli pääkytkimenä toimii kompaktikytkin tai sulakkeeton kytkin, tulee sen virrankestoisuuden olla vähintään 100 % ilmoitetusta muusta kuin moottorikuormasta tai kuormista, jos pääkytkimenä toimii sulakkeellinen kytkin ei kuorma tai kuormat saa ylittää 80 % ilmoitetusta sulakearvosta. Jos kuormana on vain yksi moottori, tulee sen tehonkeston olla pienempi kuin pääkytkimen. Pääkytkimen virrankestoisuuden pitää olla vähintään 115 % ilmoitetusta moottorin maksimivirta-arvosta tai taajuusmuuttajan nimellisvirrasta, nämä sekä monikuorma-arvot on mainittu standardin taulukossa 50.1. (UL 508A 6.8.2020, 53.)

Jos kuormana on useampi kuin yksi moottori tai muita kuormia, pääkytkimen virrankestoisuuden pitää olla vähintään 115 % moottorikuormista sekä muiden kuormalähteiden nimellisvirtojen summasta. Pääkytkimen virrankestoisuuden pitää olla suurempi kuin moottorien lähtövirtojen (locked rotor current) yhteenlaskettu summa, sekä muiden kuormien nimellisvirtojen yhteenlaskettu summa. Yksivaihemootoreilla lähtövirta on kuusinkertainen nimellisvirtaan nähden. Kolmivaihemootorien lähtövirrat on esitetty taulukossa 50.3. (UL 508A 6.8.2020, 53.)

6.1.4 Pääkytkimen sijoitus

Jos keskuksessa on useampi pääkytkin niiden vääntökytkimet pitää sijoittaa esimerkiksi samaan oveen, ja jokainen kytkin tulee merkitä kilvellä tai tarralla niin että merkinnästä käy ilmi, minkä piirin kytkin katkaisee. Poikkeuksena kytkimiä ei tarvitse ryhmittää samaan sijaintiin, jos jokaisen kytkimen merkkikyltistä tulee ilmi muiden kytkimien sijainti ja katkaistava piiri. Kytkimen vääntökahvasta tulee nähdä, missä asennossa kytkin on, ja ne on voitava lukita OFF-asentoon. Kytkimen kahva ei saa olla korkeammalla kuin 201 cm lattian tasosta mitattuna. (UL508A 6.8.2020, 54.)

6.2 Branch-piiri

Branch-piiri kattaa kuorman ja viimeisen ylivirtasuojan kuormapuolen välisen piirin. Jokainen Branch-piiri tulee suojata omalla ylivirtasuojalla. Ylivirtasuojia mitoitettaessa pitää myös ottaa huomioon suojattavan komponentin mahdolliset vaatimukset suojalaitteelta. (UL508A 6.8.2020, 13.)

6.2.1 Suojalaitteen mitoitus yhden moottorin piirille

Ylivirtasuojalaite voidaan mitoittaa kahdella tavalla. Joko määrittämällä moottorin teholumen vastava täyskuormavirta-arvo taulukosta 50.1 ja 50.2, jonka jälkeen määritetään taulukosta 31.1 kerroin, joka vastaa täyskuormavirtaa sekä komponentin tyyppiä, jolla kerrotaan täyskuormavirta-arvo. Tai mitoitetaan komponentti siinä ilmoitettujen rajoitusten perusteella. Virta-arvot eivät saa ylittää valmistajan ilmoittamia arvoja. (UL508A 6.8.2020, 56.)

Taajuusmuuttaja käytössä suojalaite mitoitetaan taajuusmuuttajan mukana tulevalla valmistajan ohjeistuksella. Jos ohjeistusta ei ole, suojalaite tulee mitoittaa täyskuormavirta-arvon mukaan, ja valitun komponentin kerroin arvoja käyttäen taulukon 31.1 avulla. Jos taajuusmuuttajassa on sisäinen ylivirtasuojaus, sille ei tarvitse määrittää toista suojausta. Myöskään yhdistelmämoottorinsuojakytkimissä, joissa on sisäinen ylivirtasuojaus, ei suojausta tarvitse määrittää. (UL508A 6.8.2020, 56.)

6.2.2 Suojalaitteen mitoitus useamman moottorin piirille

Jos suojalaitteen takana on useampi moottori, voidaan siinä käyttää yhtä suojalaitetta useammalle moottorille, mikäli suojalaite ei ylitä 20 ampeeria 125 voltin jännitteellä tai 15 ampeeria 240, 480 tai 600 voltin jännitteellä ja jokaisen moottorin täyskuormavirta on alle 6 ampeeria. Mikäli piirissä on myös muuta kuormaa kuin moottori, pitää sillä olla oma suojalaitteensa. (UL508A 6.8.2020, 58.)

6.2.3 Suojalaitteen mitoitus muille kuormille

Pistorasioiden ylivirtasuojana voi käyttää samalla virta-arvolla varustettua suojaa kuin pistorasian virta-arvo on. Poikkeuksena tästä on, jos suojalaitteen virta-arvo on 20 A voidaan käyttää virta-arvoltaan 15 ampeerin pistorasiaa. Lämmittimien ylivirtasuojan ei tule olla virta-arvoltaan yli 60 A tai suurempi kuin johtimien maksimivirta-arvo on. Valaisimien ylivirtasuojan virta-arvon ei tule olla yli 20 A paitsi, jos valaisimessa on HEAVY DUTY -merkintä, jolloin voidaan käyttää maksimissaan 50 A:n suojalaitetta. Kuitenkaan suojalaitteen virta-arvo ei saa ylittää johtimien maksimivirta-arvoa. (UL508A 6.8.2020, 59-60.)

7 Control-piiri

Control-piiri eli ohjausvirtapiiri on tasa- tai vaihtojännitteinen piiri, joka saa jännitteensä ohjausjännitemuuntajalta tai virtalähteeltä, ja ei kuulu Power-piiriin. Ohjausvirtapiirin virta-arvo on normaalisti rajoitettu 15 ampeeriin. Control-piirin komponentit ohjaavat moottoreita, syöttävät logiikoita, antureita ja muita pienjännitekomponentteja. Ohjausvirtapiirin sisällä voi olla myös Class-2-piiri ja/tai LVLE-piiri. Control-piirin johtimien materiaaleissa pätevät samat määritykset kuin Power-piirissä, poikkeuksena pienempien johtimien kuin 16 AWG minimilämpötilan keston tulee olla 60 °C. (UL508A 6.8.2020, 13;74.)

7.1 Class 2 -piiri

Class 2 -piiri on ohjausvirtapiirin sisäinen piiri, jonka jännitelähteenä toimii muuntaja tai virtalähde. Muuntajan tulee olla UL5085-1- ja 5085-3-vaatimuksien mukainen. Virtalähteen tulee olla UL1310-määritysten mukainen. Jännitteen tulee olla maksimissaan 30 Vrms. Class 2 -piirin sisäisten komponenttien ja johtimien ei tarvitse olla UL-hyväksytyjä, piirissä voi tällöin käyttää esimerkiksi kustomoituja komponentteja tai omavalmisteisiä piirikortteja. Piirin johtimet tulee eriyttää minimissään 50,8 mm muista johtimista, ja riviliittimet tulee merkitä kuuluvaksi Class 2 -piiriin, jotta sen luokitus säilyy, muuten se voidaan katsoa kuuluvaksi osaksi Class 1 -piiriä. (UL508A 6.8.2020, 13,81.)

7.2 LVLE-piiri

LVLE-piiri eli Low-Voltage Limited Energy Circuit on control-piirin sisäinen piiri, jonka jännite on maksimissaan 30 VAC tai 60 VDC. Jännitelähteenä voi olla muun muassa muuntaja, jonka tulee olla UL5085-1-vaatimuksien mukainen. Muuntajan toisiopuolen ylivirtasuojan mitoitus tehdään taulukon 43.1 mukaan. Jos käytetään virtamuuntajaa, virta-arvo ei saa ylittää 5 ampeeria. (UL508A 6.8.2020, 80.)

8 Tyypikilpi ja merkinnät

Keskus tulee varustaa asianmukaisella tyypikilvellä. Siinä tulee esiintyä seuraavat tiedot: valmistajan nimi, jokaisen syötön syöttöjännite ja nimellisvirta, oikosulkuvirtakestoisuus, kenttäkaapeloinnin piirikaavionumero, jos kuorma-arvot on ilmoitettu vain siinä, valmistajan tuotantotilojen sijainti ja TYPE-luokitus. Kilven tulee sijaita niin, että se on havaittavissa ilman keskuksen oven tai suojan avausta. Muiden merkintöjen sijoituspaikat on kerrottu taulukossa 52.1. Merkkikilpien tulee olla painettuja tai kaiverrettuja ja ne tulee kiinnittää joko ahtoniiteillä, ruuveilla tai liimalla. Keskuksen sisältä tulee löytyä myös sulakelista. (UL508A 6.8.2020, 92.)

Kenttäkaapeloinnin terminaaleista ja komponenteista tulee ilmetä vaadittu johdintyyppi ja kiristysmomentti. Kiristysmomentti määräytyy joko komponentissa ilmoitetusta arvosta tai taulukoista 54.1, 54.2 ja 54.3. Poikkeuksena on, jos kyseessä on Control-piirin komponentti, jossa kiristysmomentti on 0,8 Nm tai sen alle. (UL508A 6.8.2020, 95.)

Varoitustarrojen tulee sijaita paikoissa, jotka eivät ole irroitettavissa käytön aikana. Varoitustai ohjetarrojen, jotka ohjeistavat käyttäjää, tulee sijaita selkeästi havaittavilla paikoilla. Pääkatkaisija tulee merkitä niin, että siitä on havaittavissa toiminta-asento. (UL508A 6.8.2020, 99-100.)

9 SCCR-oikosulkuvirta-arvo

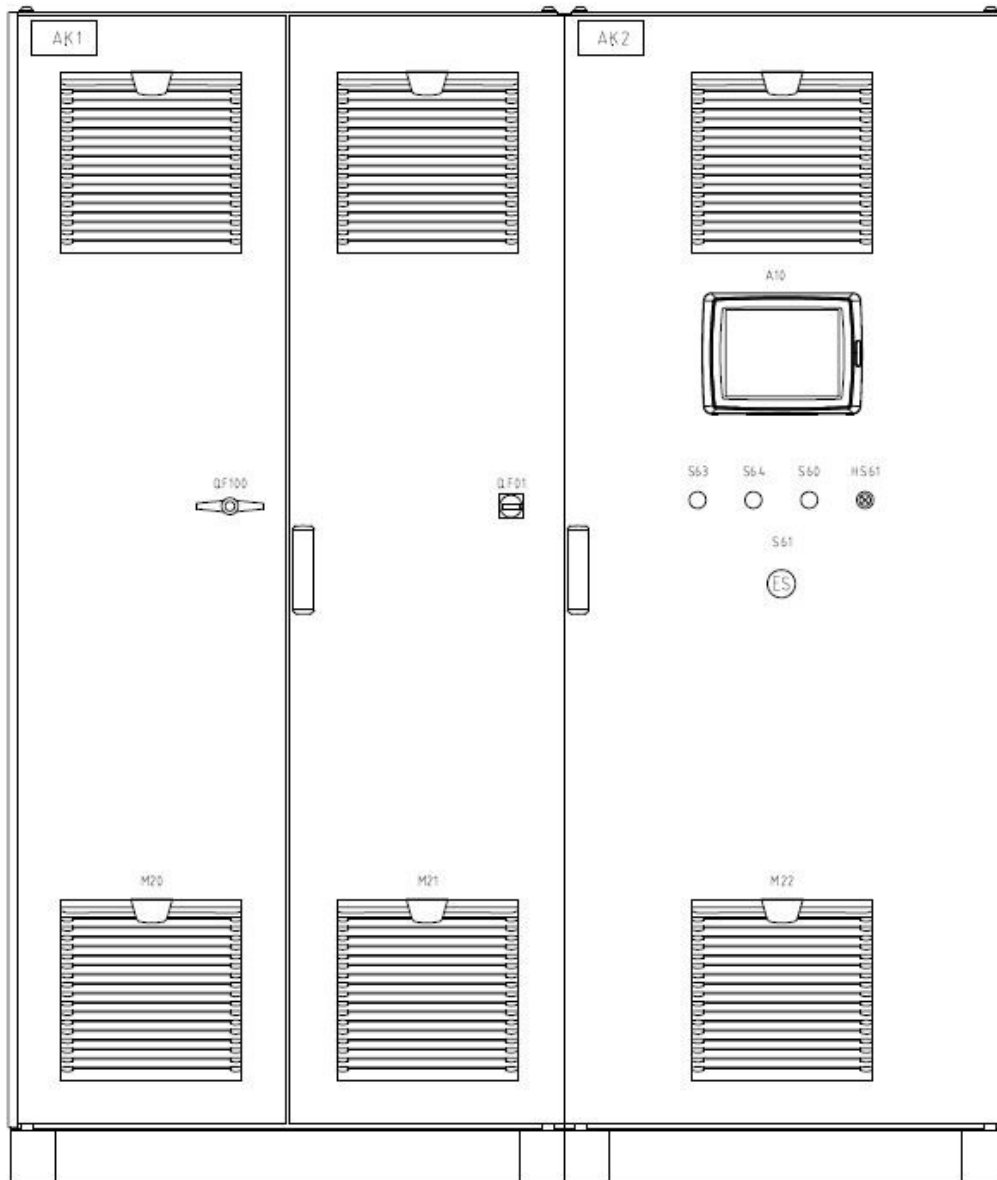
UL508A vaatii, että keskuksella pitää olla ilmoitettu kokonaisuikosulkuvirta-arvo. Jokaisella komponentilla tulee olla määritetty oikosulkuvirta-arvo, joka tulee ilmoittaa ampeereina tai kiloampeereina sekä jännite. Poikkeuksena tästä ovat muuntajat, virtamuuntajat, kondensaattorit, vastukset, volttimittarit ja S-tyyppin kontaktorit sekä tähtikolmio-ohjaimet. Myöskään plug & play -tyyppisiltä jäähdyttimiltä sekä sisäisesti ylivirtasuojatun taajuusmuuttajan kuormapuolen komponenteilta ei vaadita oikosulkuvirta-arvoa. Jos arvoa ei ole ilmoitettu komponentissa, se voidaan määrittää standardin taulukosta SB4.1. Kun arvot on määritetty, niistä pienin määrittää keskukselle oikosulkuvirta-arvon. (UL508A 6.8.2020, 157-158,166.)

10 Projektin tarkastelu

10.1 Kotelointi ja läpiviennit

Arnonilla käytetään harvinaisia poikkeuksia lukuun ottamatta Rittalin valmistamia kotelointia, muun muassa niiden helpon rivitettävyyden ja laajan lisävarustevalikoiman takia. Tässäkin projektissa käytetään Rittalin TYPE 12 luokan valmiskoteloita.

Suojausluokan valintaan vaikuttaa muun muassa se, että keskus tulee sisätiloihin ja näin ollen ulkoasennusvaatimuksia ei ole. Koska painikkeina käytettävät komponentit ovat tyyppiä 4X, muiden ollessa TYPE 12, saa keskus kokonaisluokituksen TYPE 5 taulukon 19.3 mukaan. Kaapeleiden läpivientä varten tulevien holkitiivisteiden luokitus tulee valita edellä mainittujen seikkojen perusteella. (UL508A 2020, 32-33.)



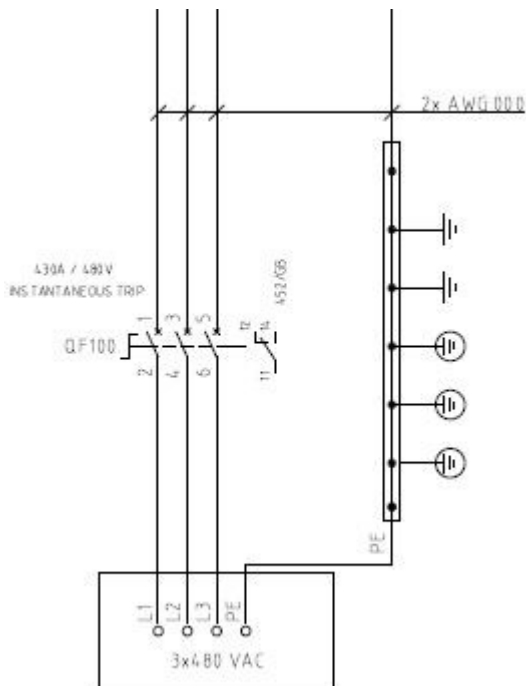
Kuva 4. Layoutkuva keskuksen etupuolelta

10.2 Komponenttien mitoitukset ja kaapeloinnit

Mitoituksiin käytetään työssä aiemmin selvitettyjä sääntöjä ja määrytyksiä. Arnonilla käytetään aina UL-listed komponentteja, vaikka kohdepiiri ei niitä välttämättä vaatisi. Tämän takia keskukselle ei tarvitse pitää erillistä UL-tarkastelua paikan päällä.

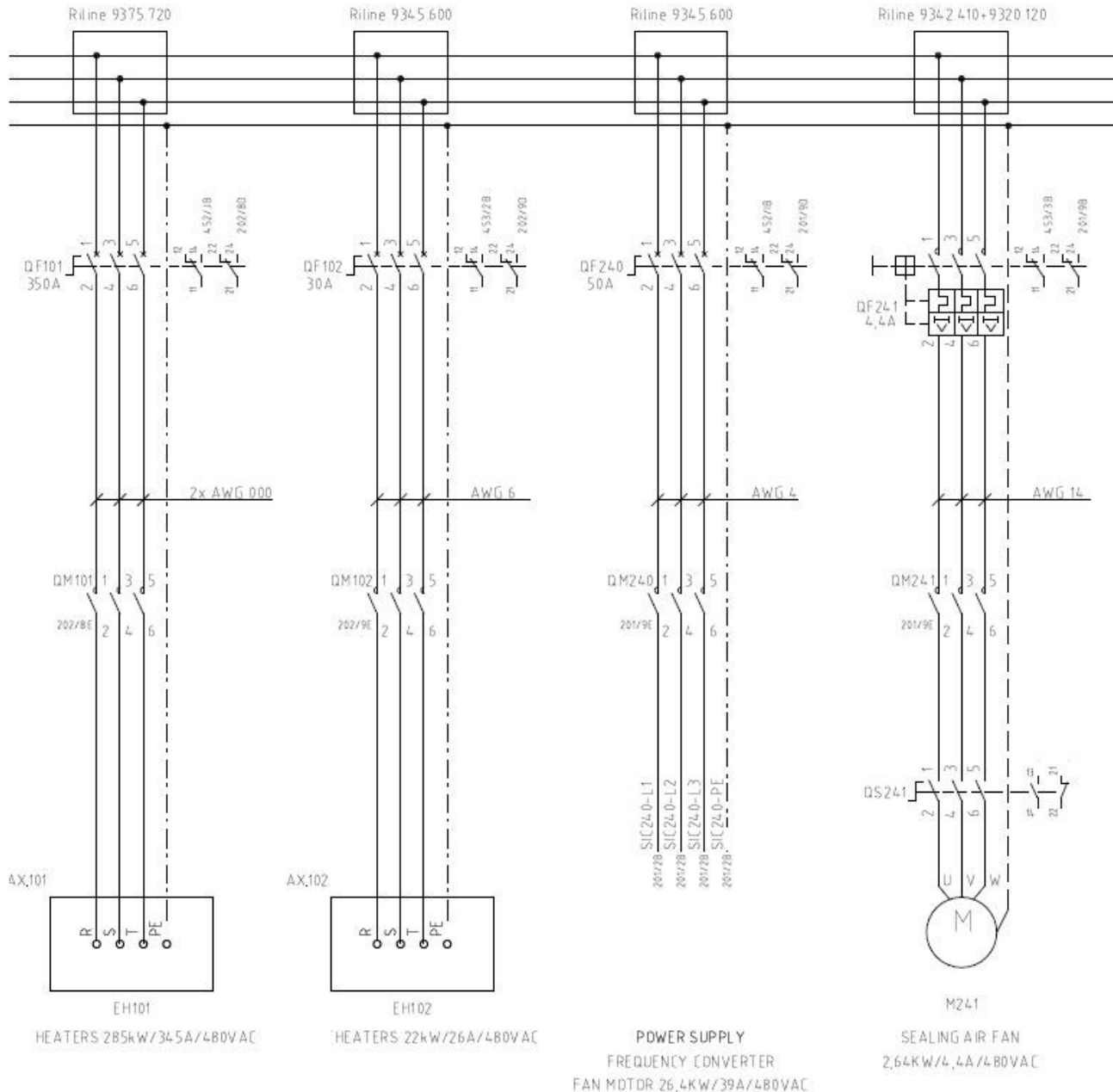
Projektissa havaittiin muutamia korjaustarpeita, muun muassa pääkatkaisija pitää vaihtaa UL-hyväksytyksi ja sen virrankestoisuutta nostaa. Samoin Branch-piirin

ylivirtasuojalaitteiden mitoituksia pitää tarkastella, jotta ne täyttävät vaatimukset. Control-piirin komponentit olivat kaikki hyväksytyjä.



Kuva 5. Pääkatkaisin

Kuten kuvasta 5 ilmenee, pääkatkaisijana käytetään välittömästi laukeavaa katkaisinta. Tällöin mitoitukseen käytetään luvussa 6.1.2 kerrottua sääntöä: Valitaan suurin Branch-piirin ylivirtasuoja ja summataan sen virrankestoisuuteen muiden Branch-piirien kuormat kerrottuna 125 prosentilla. Saadusta summasta valitaan sitä lähimpänä virrankestoisuudeltaan oleva katkaisija. Katkaisijan virta-arvo ei saa kuitenkaan olla saatua summaa suurempi.



Kuva 6. Ylivirtasuojat ja kuormat

Yllä olevasta kuvasta pitää laskea ylivirtasuojien virta-arvot sekä johdinkoot. Koska QF101- ja QF102-kuormana on lämmittimet, määritetään ylivirtasuojien koot johtimien virrankestoisuuden perusteella niin kuin luvussa 6.1.1 kerrotaan. Johdinkoot lasketaan 125 % kerrottuna täyskuormavirta-arvolla.

Koska keskuksessa käytettävässä taajuusmuuttajassa ei ole sisäistä ylivirtasuojaa, pitää sille myös määrittää ylivirtasuojaus. Valmistaja antaa taajuusmuuttajalle virta-

arvon 39 A ja se kerrotaan luvussa 6.2.1 määritetyn tavan mukaan etsimällä taulukosta 31.1 virta-arvoa ja suojalaitteen tyyppiä vastaava kerroin.

Kuvan 6 moottorin M241 ylivirtasuojaus lasketaan luvussa 6.2.1 määritetyllä tavalla. Moottorin täyskuormavirta-arvo kerrotaan taulukon 31.1 virta-arvoa ja suojalaitteen tyyppiä vastaavalla kertoimella. Laskuissa pyöristyssääntönä käytetään luvussa 3.2 kerrottua puolen desimaalin sääntöä.

Keskuksessa käytetään virtakiskostoa pääkatkaisijan ja ylivirtasuojien väliseen jännitteenjakoon. Tällä minimoidaan paljon tilaa vievien paksujen johtimien käyttöä. Johtimien mitoitukseen käytetään luvussa 6.1.1 selvitettyjä määrittelyjä. Johdinväriä standardi ei määritä peruskeskuksille muuta kuin maadoitusjohtiminen osalta. Näin ollen väritykset voivat olla samat kuin eri standardille suunnitellussa keskuksessa. Jos sovellettaisiin standardin Industrial Machinery lisäyksiä, on siinä johdinvärit määritetty seuraavasti:

Musta	Maadoittamattomat Power-piirin AC- tai DC-johtimet
Valkoinen, harmaa tai kolmella valkoisella raidalla väritetty muu kuin vihreä, sininen tai oranssi johdin	Maadoitetut Power-piirin AC- tai DC-johtimet
Punainen	Maadoittamattomat AC-johtimet
Sininen	Maadoittamattomat DC-johtimet
Valkoinen, harmaa tai kolmella valkoisella raidalla väritetty muu kuin vihreä, sininen tai oranssi johdin	Maadoitetut Control-piirin AC-johtimet
Valkoinen sinisellä raidalla	Maadoitetut Control-piirin DC-johtimet
Valkoinen oranssilla raidalla	Maadoitetut ulkopuoliset AC- tai DC-johtimet
Oranssi (UL508A 6.8.2020, 114,118-119.)	Maadoittamattomat ulkopuoliset AC- tai DC-johtimet

Kaikkien keskuksessa käytettävien johtimien ja kaapeleiden tulee olla jäljitettävissä. Tämän takia on hyvä ottaa kaikkien johdotuksessa käytettävien johdinkelojen tunnukset ylös jäljitettävyyden takaamiseksi. (Underwriters Laboratories 2016, 2.)

10.3 Merkinnät

Tyypikilpi tehdään työssä mainituilla ja vaadituilla tiedoilla. Koska keskukseseen tulee kolme eri syöttöä, päävirtapiiri, ohjausvirtapiiri ja tasavirtapiiri, pitää jokainen pääkatkaisija nimetä erikseen ja näiden nimikyltistä pitää ilmetä, että kyseessä oleva katkaisija katkaisee vain sen piirin.

Arnonilla on tapana merkitä kaikkien keskuksien johtimiin niiden kohdekomponentti ja kytkentäpiste vaikkei tätä erikseen vaadittaisi. Tätä tapaa käytetään myös tässä projektissa. Merkintänä käytetään kutistesukkaa, johon tulostetaan mustesuihkumerkinnät. Myös komponentit merkitään positiotarralla sijoittamalla tarra itse komponenttiin sekä sen asennuspaikan ylä- tai alapuolelle.

11 Pohdinta

Työn tavoitteet saavutettiin suhteellisen hyvin. Joidenkin termien kääntäminen tuotti jonkun verran vaikeuksia. Työn kuluessa UL508A-standardin ymmärrys kasvoi huomattavasti. Koska standardi on erittäin laaja ja paikoitellen hankalatulkintainen lukuisine poikkeuksineen, työ oli vasta pintaraapaisu standardiin. Työ pyrittiin kokoamaan niin, että sitä olisi mahdollisimman helppo tulkita ja käyttää apuna suunnittelutyössä. Työssä läpikäytävä projekti käytiin läpi niiltä osin, missä puuttuttavaa ja tarkasteltavaa oli. UL-suunnittelua tehdessä tulisi heti projektin alussa varmistaa, että kaikki komponentit ovat UL-hyväksytyjä, sekä läpivietävät komponentit, kaapeliläpiviennit ja näytöt täyttävät vaadittavat TYPE-luokitukset.

Testauksessa olisi hyvä myös käydä varmuuden vuoksi edellä mainitut asiat läpi. Asiakkaalta tulisi myös ottaa kaikki oleelliset tiedot selville, jos niitä ei lähtötiedoissa ole. Tätä työtä voisi vielä kehittää jatkoa ajatellen esimerkiksi kokoamalla kaikki laskukaavat ja tehdä niistä taulukkolaskentasovellus, johon syötetään tarvittavat arvot ja näin saataisiin valmiit mitoitusmitat. Keskusvalmistusta ajatellen piirikaavioihin ja layoutkuviin olisi muun muassa hyvä laittaa selvästi tiedot maadoituksista ja niiden kytkentäkohdista sekä huomio, että kaapelikelatunnukset tulee ottaa huolellisesti talteen.

Lähteet

Arnon Oy. 2021. Yritys [Verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: <https://www.arnon.fi>

Rittal Oy. 2021. NEMA-kotelointiluokat. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: (https://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp)

Schneider Electric. 2017. Control Panel Technical Guide [PDF-tiedosto]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=CPTG005_ENf

Underwriters Laboratories (UL). 2010. UL Recognized Component Marks. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: https://legacy-uploads.ul.com/wp-content/uploads/2014/04/ul_RecognizedComponentMarks.pdf

UL508A. 6.8.2020. Standard for safety. Industrial control panels. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: [https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL508A_3_B_20180424\(ULStandards2\)](https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL508A_3_B_20180424(ULStandards2)) Vaatii ostamisen.

Underwriters Laboratories (UL). 2016. UL Traceability Requirements. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: https://legacy-uploads.ul.com/wp-content/uploads/sites/4/2015/08/ul_traceability_requirements.pdf

Underwriters Laboratories (UL). 2021. About UL. [Verkkosivu], [Viitattu 5.4.2021]. Saatavana: www.ul.com