

Mats Wikström

UL 508A STANDARDIN OHJEISTUS TEOLLISUUDEN  
SÄHKÖKESKUSVALMISTUKSESSA

Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2018

## UL 508A STANDARDIN OHJEISTUS TEOLLISUUDEN SÄHKÖKESKUSVALMISTUKSESSA

Wikström, Mats  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Syyskuu 2018  
Sivumäärä: 46  
Liitteitä: 5

Asiasanat: sähkö, standardit, kehittämisprojektit, ohjeet

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda ohjeistukset UL 508A standardista sekä Industrial Machinery lisävaatimuksesta Satmatic Oy:lle. Opinnäyte koostui kolmesta osa-alueesta, jotka olivat projektin lähtötietojen tiedustelu asiakkaalta, suunnitteluosaston UL-tarkasteludokumentin kehittäminen sekä tuotannon UL-kaappityöselostuksen luonti. Tutkimustyö keskittyi UL 508A standardin sisällön tutkimiseen ja olennaisen tiedon erottamiseen työn eri osa-alueille. Tutkimusta tehtiin myös Satmatic Oy:n suunnitteluosastolla toteuttamalla asiakkaalle virallinen UL-tarkastelu.

Asiakkaalle luotiin lähtötietolomake, johon täytetään projektin lähtötiedot ennen varsinaisen työn aloitusta. Lopputuloksessa tärkeimmät ominaisuudet olivat tarvittavien tietojen tiedustelu ja vastausvaihtoehtojen esitys, virallinen ulkoasu, sekä monipuolinen käytettävyys.

Satmatic Oy:n suunnitteluosasto käyttää projekteissa UL-tarkastelu-dokumenttia, joka kehitettiin käytännöllisemmäksi lisäämällä tarkastelussa huomioon otettavia seikkoja, jotka olivat puuttuneet, tai muuttuneet UL 508A standardin päivitysten myötä.

UL-kaappityöselitys luotiin Satmatic Oy tuotannon ohjeistukseksi, johon sisällytettiin kaikki huomioon otettavat asiat UL-hyväksytyt keskuksen mekaanisessa ja sähköisessä valmistuksessa. Tarkoituksena oli myös antaa tuotannon työntekijöille enemmän tietoa UL-projekteista ja niiden virallisista valmistus menetelmistä. Lopputulos sisälsi vaadittavat tiedot ja taulukot, mahdollisimman yksinkertaisessa ja tiivistetyssä muodossa.

# INSTRUCTIONS FOR UL 508A STANDARD IN INDUSTRIAL CONTROL PANEL MANUFACTURING

Wikström, Mats

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering

September 2018

Number of pages: 46

Appendices: 5

Keywords: electricity, standards, development projects, instructions

---

The purpose of this thesis was to create instructions for Satmatic Oy, about the UL 508A standard and Industrial Machinery supplementary demand. The thesis consisted of three different sections, that were the inquiry of the projects background data from the customer, the development of the designing departments UL examination form and the creating an UL cabinet explanation for the manufacturing department. The research work was focused on researching the content of the UL 508A standard and finding the essential information for the different sections. Research work was also made in the Satmatic Oy designing department by carrying out an official UL examination to a customer.

The background data form was created for the customer, to fill the projects background data before starting the project. The main features of the outcome were the inquiry of the necessary information and to present answers to choose from, formal appearance as well as versatile availability.

The designing department of Satmatic Oy uses the UL examination document, that was developed to be more practical with adding considerable factors, that were missing or changed with the updates of UL 508A standard.

The UL cabinet explanation was created as an instruction for the production department of Satmatic Oy, that was included with all considerable matters in the electrical and mechanical manufacturing of an UL listed cabinet. The purpose was also to give more information about the UL projects and the official manufacturing methods used to the workers of the manufacturing department. The outcome contained all required information and tables, in as simple and compact form as possible.

# SISÄLLYS

1	TERMILUETTELO .....	6
2	OPINNÄYTTEEN TILAAJA .....	7
2.1	Satmatic Oy.....	7
3	UNDERWRITERS LABORATORIES .....	8
3.1	Organisaatio .....	8
3.2	UL 508A ja Industrial Machinery .....	9
3.3	UL-kategoriakoodi .....	10
4	OPINNÄYTTEEN TAVOITE .....	11
4.1	Kokonaisuuden tavoitteet.....	11
4.1.1	Asiakkaan lähtötietolomake .....	12
4.1.2	Suunnittelun UL-tarkastelu .....	13
4.1.3	Tuotannon UL-kaappityöselitys .....	14
5	OPINNÄYTTEEN OSA-ALUEET .....	15
5.1	Asiakkaan lähtötietolomake.....	15
5.1.1	Asiakkaan syöttöverkko .....	15
5.1.2	Standardit .....	16
5.1.3	Suojausluokitus.....	17
5.1.4	Maksimi oikosulkukestoisuus SCCR .....	20
5.1.5	Johdinvärit .....	20
5.2	UL-Tarkastelun sisältö.....	22
5.2.1	Syöttöjännite ja kotelointiluokka TYPE.....	22
5.2.2	Oikosulkuvirta-arvo SCCR .....	23
5.2.3	Power-piiri .....	23
5.2.4	Power-piirin kojeiden mitoitus .....	26
5.2.5	Control-piiri .....	27
5.2.6	Industrial Machinery lisävaatimukset.....	28
5.2.7	Merkinnät .....	30
5.3	Tuotannon UL-kaappityöselitys.....	31
5.3.1	IEC-kaappityöselitys .....	31
5.3.2	UL-kaappityöselityksen sisältö .....	31
5.4	Muut projektit .....	34
5.4.1	UL-Tarkastuspöytäkirja.....	34
5.4.2	Johdinkelan UL-tunnuksen tallentaminen .....	35
6	TYÖN TOTEUTUS .....	36
6.1	Asiakkaan lähtötietolomake.....	36
6.1.1	Sisältö ja asettelu .....	36

6.1.2 Toiminnallisuus .....	37
6.2 UL-tarkastelu kehitys .....	38
6.2.1 Sisällön lisäykset .....	38
6.3 Tuotannon UL-kaappityöselostus .....	40
6.3.1 Pohjamateriaali .....	40
6.3.2 Sisältö ja asettelu .....	41
6.4 Muut projektit .....	43
6.4.1 Tarkastuspöytäkirja .....	44
6.4.2 UL-johdinkelatunnuskaavake .....	44
7 YHTEENVETO .....	45
LÄHTEET .....	46
LIITTEET	

## 1 TERMILUETTELO

### Power-piiri

keskuksen päävirtapiiri, jossa on moottori-, lämmitin- tai muuta kuormaa esimerkiksi virtalähde. Piirin jännite voi olla mitä vain esim. 24V tai 480V, AC tai DC. Esim. 24VDC piiri, jossa on moottorilähtö, on Power-piiri.

### Feeder-piiri

Power-piirin syöttävä osa ennen laitteen tai lähdön etusuojalaitetta. Esimerkiksi syöttöliittimen, pääkytkin ja etusuojalaitteen välinen piiri.

### Branch-piiri

Power-piirissä etusuojalaitteen jälkeinen osa. Esimerkiksi etusuojalaitteen ja lähtöliittimen välinen piiri.

### Control-piiri

Keskuksen ohjausvirtapiiri, joka on yleensä virtalähteen jälkeinen piiri, mutta voi olla myös moottorikohtainen apupiiri.

### LVLE-piiri

Low Voltage Limited Energy-piiri on ohjausvirtapiiri, jonka jännite on maksimissaan 30 voltia vaihto- tai 60 voltia tasajännitettä. Mikäli komponentit ja johtimet ovat kokonaan LVLE-piirissä, ei niiltä vaadita UL-hyväksyntää.

### Class 2-piiri

Control-piirissä sijaitsevan virtalähteen jälkeinen piiri. Piiriä suositellaan käyttämään vain komponentin vaatiessa. Mikäli komponentit ja johtimet ovat kokonaan Class 2-piirissä, ei niiltä vaadita UL-hyväksyntää.

### Layout

Keskuksen komponenttien sijoittelu keskuksessa tai kotelossa.

## 2 OPINNÄYTTEEN TILAAJA

### 2.1 Satmatic Oy

Satmatic Oy on suomalainen automaatiotekniikan yritys, joka on osa pörssiyhtiö AS Harju Elekteriä. Satmatic tarjoaa ratkaisuja sekä palveluja energian tuotannon, sähköjakelun, teollisuuden, meriteollisuuden, uusiutuvan energian sekä infrarakentamisen saralla. Se kehittää ja valmistaa muun muassa automaatio- ja sähkökäyttökeskukset, sähkökojeistoja, aurinkosähkö järjestelmiä sekä sähköautojen latausjärjestelmiä. Viimeisimpinä mittavina toimitettuina ratkaisuin 90 kilowatin aurinkoenergialaitos sekä 119 latausyksikön sähköauton latausjärjestelmä Helsingin Redi kauppakeskukseen. Yrityksen toiminta perustuu pääasiallisesti sopimusvalmistukseen yhteistyökumppaneille, mutta myös projektiluontoisia laitteistoja kehitellään jatkuvasti. (Satmatic Oy 2018.)

Vuonna 1988 perustetun Satmatic Oy toimitusjohtajana toimii Rainer Nurkkala. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Satakunnassa Ulvilassa sekä toinen toimipiste Keravalla. Molempien toimipisteet työllistävät yhteensä lähes sata henkilöä. Lisäksi Satmatic Oy kuuluu Kurikassa toimiva suomalainen muuntamovalmistaja Finnkumu Oy. (Satmatic Oy 2018.)

### 3 UNDERWRITERS LABORATORIES

#### 3.1 Organisaatio

Vuonna 1894 perustettu yksityinen yritys Underwriters Laboratories eli UL on maailman laajuinen turvallisuusorganisaatio, joka vastaa tuotteiden turvallisuusvaatimusten täyttymisen testauksesta. Organisaation on yksi Pohjois-Amerikan virasto OSHA:n eli Occupational Safety and Health Administrationin valtuuttamista turvallisuustestauksien suorittajista. Underwriters Laboratoriesin toimitusjohtajana toimii Keith Williams ja organisaation työllistää maailman laajuisesti 11 615 työntekijää. Organisaation päätoimittena on saada aikaan turvallisempia tuotteita erilaisten testien ja sertifiointien avulla. Underwriters Laboratoriesin päätoimipiste sijaitsee Pohjois-Amerikassa Northbrookissa Illinoisin osavaltiossa. Toimipisteitä ympäri maailmaan on yhteensä 37 eri maassa.

(Underwriters Laboratories 2018.)

Underwriters Laboratories valvoo myös Pohjois-Amerikkaan sekä Kanadaan toimitettavien sähkökeskusten turvallisuutta. Organisaation on luonut satoja standardeja, jotka käsittävät eri komponentteja sekä materiaaleja, joita käytetään keskuksen valmistukseen. Jokainen Pohjois-Amerikkaan tai Kanadaan toimitettava keskus tulee olla UL-hyväksytyt eli UL-listattu ja varustettu keskuskohtaisella UL-listed merkinnällä, joka tulee valita keskuksen sijoituspaikan mukaan joko Pohjois-Amerikkaan, Kanadaan tai molempiin, sillä noudatettavat standardit vaihtelevat maan mukaan. Myös keskuksissa käytettävien komponenttien, kaapeleiden sekä johdinten tulee olla UL-hyväksytyjä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Komponenteissa käytetään UL-recognized merkintää, joka myönnetään osista valmistetulle lopulliselle komponentille. Sekä UL-listed, että UL-recognized merkinnät ovat nähtävissä kuvassa 1. (Underwriters Laboratories 2018; Siemens 2010, 14, 33 – 41.)





Kuva 1. UL-listed ja UL-recognized merkinnät (Underwriters Laboratories 2018).

### 3.2 UL 508A ja Industrial Machinery

Tässä opinnäytetyössä on käytetty UL 508A kolmatta versiota, joka on julkaistu 24. toukokuuta 2018. UL 508A standardi käsittelee teollisuuden sähkökeskuksia ja niitä koskevia vaatimuksia. UL 508A:n mukaan teollisuuden sähkökeskus koostuu vähintään kahdesta Power-piirin komponentista ja ne ovat yhteensopivia kaikkiin yleisiin teollisuuden sovellutuksiin. Keskuksen jännite tulee olla maksimissaan 600 voltia ja käytön tapahtua maksimissaan 40 celsius asteen huonelämpötilassa. Kaikkien Pohjois-Amerikkaan toimitettävien keskusten tulee noudattaa UL 508A standardissa sekä tarpeen vaatiessa NFPA 79, Electrical standard for industrial machinery standardia. On tärkeää huomioida, että keskuksen UL-listed merkintä kattaa vain keskuksen, ei konetta tai laitetta, johon keskus on asennettu tai asennetaan.

(Siemens 2010, 14, 43 – 44.)

National Fire Protection Association eli NFPA on laatinut UL 508A:n Industrial Machinery lisävaatimuksen, jota käytetään yleisesti, mikäli keskus ohjaa niin sanottua konetta. Industrial Machinery määrittelee koneeksi metallin-, muovin- ja puun työstöön tarkoitettut koneet sekä kokoonpanoon, materiaalin hallintaan ja testaukseen tai tarkastukseen tarkoitettut koneet. Industrial Machinery sisältää tarkennuksia ja muutoksia UL 508A asetettuihin vaatimuksiin, sekä esimerkiksi UL 508A:sta eroavia komponenttien mitoituksessa käytettäviä menetelmiä. UL 508A sisältää myös muita lisävaatimuksia, joita voidaan asettaa tietyissä laitekäytöissä. Näihin kuuluvat nosturi-, hissi ja palo järjestelmien ohjaukset, huolto-, merenkulku-, ilmanvaihto- ja kastelujärjestelmät sekä suihkulähde- ja erilaisten vesipuistojen keskuksset. (UL 508A 2018, 124 – 172.)

### 3.3 UL-kategoriakoodi

UL-kategoriakoodi on aakkosellinen tai aakkosnumeerinen koodi, jota käytetään tunnistamaan luokitus- ja tunnistuspalveluihin kuuluvat UL-tuoteluokat. Kullekin tuotekategorialle on saatavilla opas- ja lisätietoa. Tiedot sisältävät tietoja UL-sertifikaattien laajuudesta ja rajoituksista sekä yleisestä kuvauksesta, joka koskee UL-merkintää, joka on sallittu kyseisessä luokassa oleville tuotteille. UL 508A määrittää minkä kategorian komponentteja voidaan käyttää missäkin tilanteissa. Näitä vaatimuksia on noudatettava, jotta keskus voi saada UL-hyväksynnän. Komponenttien kategoriakoodit ja lisävaatimukset löytyvät Underwriters Laboratoriesin verkkosivuilta. (Underwriters Laboratories 2018.)

## 4 OPINNÄYTTEEN TAVOITE

### 4.1 Kokonaisuuden tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli parantaa Satmatic Oy UL-projektien toimintatapoja ja kehittää uutta yrityksen sisäistä materiaalia, joka helpotti projektien hoitoa ja toteutusta asiakkaan, suunnittelun ja tuotannon tasoilla. Pää tarkoituksena oli luoda selkeät ohjeistukset kullekin osapuolelle, jotka ohjeistivat projektin eri osa-alueiden toteutuksessa.

Projektin aloittamista haluttiin nopeuttaa luomalla lomake, johon asiakkaan tuli täyttää kaikki vaatimansa tiedot projektista. Yleensä suuri osa lähtötiedoista puuttui, kun projekti oli tarkoitus aloittaa. Tästä johtuen aikaa kului näiden asioiden selvittämiseen, jotka voitaisiin saada asiakkaalta jo ennen projektin aloitusta. Suunnitteluosasto kaipasi kehitystä Satmatic Oy sisäiseen UL-tarkastelu lomakkeeseen ja ohjeistusta tämän osalta, jotta haastavissa tilanteissa tarkasteluun kuluva aika voitaisiin vähentää. Tämä mahdollistaisi nopeamman vasteajan ja projektien aloituksen, sillä usein projekteissa ilmenee muutoksia, jotta ne voidaan UL-hyväksyä. Satmatic Oy tuotannossa selkeää, mutta tarkkaa yrityksen sisäistä UL-kaappityöselitystä vaadittiin, jotta projektit voitiin saada nopeammin ja tehokkaammin valmiiksi, sekä vähentää virheitä työssä. Lopullisena vaikutuksena toivottiin läpimenoajan lyhentymistä. UL-projekteihin oli myös paljon keskeneräistä materiaalia, jotka tuli viimeistellä, jotta ne voitiin ottaa käyttöön. Nämä materiaalit liittyivät vahvasti UL-projektien keskusten lopputarkastukseen, jossa kaivattiin myös yleispätevää ohjeistusta.

#### 4.1.1 Asiakkaan lähtötietolomake

Uuden tilauksen lähtötietojen keräykseen todettiin tarpeelliseksi luoda menetelmä, jolla kaikki tarvittavat tiedot pystyttäisiin vaatimaan asiakkaalta heti projektin alussa. Lähtötilanteessa asiakas toimitti tilauksen mukana projektin vaatimukset sekä piirikaaviot, mutta monet tärkeät keskuksen liittyvät lähtötiedot kuitenkin puuttuivat. Tämä viivästytti projektin aloitusta, sillä osa tiedoista jouduttiin etsimään ja toteamaan piirikaavioiden sekä standardin avulla. Loput tiedot jouduttiin varmistamaan suoraan asiakkaalta, jolloin tietoja jouduttiin monesti odottamaan.

Erinäisiä vaihtoehtoja tutkimalla, parhaaksi todettiin täysin erillinen lomake, joka sisältäisi kaikki tarvittavat lähtötiedot keskukselta projektin aloittamiseksi. Lomakkeen käyttö suunniteltiin seuraavanlaiseksi; aloitusvaiheessa lomake toimitettaisiin sähköisesti asiakkaalle, jolloin se voitaisiin täyttää ja palauttaa takaisin. Tämä mahdollistaisi projektien nopeamman aloituksen, sillä lomake olisi helposti täytettävissä sähköisesti esimerkiksi suoraan sähköpostissa. Tämä vaikuttaisi asiakkaan aktiivisuuteen täyttää lomake välittömästi sen saatuaan. Lomakkeen lopullisena tavoitteena oli minimoida ylimääräinen lähtötietojen määrittäminen piirikaavioiden ja osaluetteloiden avulla, sekä asiakkaan vastausten odottaminen. Lopulta kaikki tarvittava tieto löytyisi samasta lomakkeesta.

Lomakkeeseen sisällytettiin vain välttämättömät asiat, joihin täyttäjälle annettiin valmiita vaihtoehtoja, joista valita juuri kyseiseen projektiin tarvittavat lähtötiedot. Asiakkaan omat lisätiedot sekä vaatimukset tuli myös ottaa huomioon lomaketta suunniteltaessa, sekä sen virallisuus vaatimalla asiakkaan allekirjoitusta. Näin saatiin minimoitua asiakkaiden lomakkeen laiminlyöminen tai myöhäisemmät reklamoinnit asioista, jotka ilmenevät lomakkeesta, sillä se toimii myös tositteena valituista keskusta koskevista tiedoista.

#### 4.1.2 Suunnittelun UL-tarkastelu

Jokainen UL-keskus tulee tarkastella ennen UL-hyväksynnän antamista, jotta mahdolliset epäkohdat voidaan tunnistaa ja korjata. Keskus ei voi saada UL-hyväksyntää, ellei se noudata kaikkia UL 508A asettamia vaatimuksia. Tarkasteluun käytetään Satmatic Oy sisäistä UL-tarkastelulomaketta, jossa on kerättyä kaikki keskuksessa huomioon otettavat asiat. Satmatic Oy toivoi lomakkeen osalta kehitystyötä, jotta prosessia voitaisiin nopeuttaa. Tutkimustyönä tarkastelun kehittämiseksi suoritettiin virallinen UL-tarkastelu asiakkaan keskuksiin. Tämä antoi selvyttä mitä asioita lomakkeessa tulisi kehittää, jotta siitä tulisi kattavampi sekä helppokäyttöisempi.

Satmatic Oy sisäisessä UL-tarkasteludokumentissa keskuksessa huomioitavat asiat ovat listattu kategorioittain järjestyksessä. Kaikki tarkastelun asiakohdat käydään läpi ja niitä verrataan UL 508A ja keskuksen suunniteltuihin vastaaviin asioihin. Mikäli asia on huomioitu ja toteutettu vaatimuksen mukaan, voidaan se poistaa tarkastelulomakkeesta, jos taas asiassa on huomioitavaa tai suoritetaan muutoksia, kirjataan ne tarkasteluun. Lopulta tarkasteluun jäävät näkyviin vain huomioitavat tai muutoksia sisältävät asiat, jonka jälkeen tarkastelu lähetetään asiakkaalle, jonka jälkeen asiakas vastaa tarkastelun asioihin.

Alkuperäinen toive Satmatic Oy oli luoda suunnitteluosastolle muistilista UL-tarkastelun tekemiseen ja siinä huomioon otetaviin asioihin. Muistilistan kehittämiseksi tutkimusta tehtiin toteuttamalla kahteen asiakkaan UL-keskukseseen tarkastelut. Tutkimustyön toteutuksen jälkeen todettiin, että muistilistan tekeminen olisi täysin turhaa, sillä kaikki tarkastelussa huomioon otettavat asiat ovat listattuna itse UL-tarkastelussa. Tämän vuoksi ehdotettiin Satmatic Oy, että kehitystyön tulisi kohdistua itse UL-tarkastelu dokumenttiin, johon luotiin kehitysehdotuksia tutkimustyön aikana. Satmatic Oy edustaja totesi ehdotuksen aiheelliseksi, jonka jälkeen aloitettiin itse UL-tarkasteludokumentin kehitystyö. UL-tarkasteludokumentti oli jo ennen lisäyksiä melko kattava ja käytännöllinen, sillä se oli suunnitteluosaston käytössä jo ennen opinäytetyötä. Tärkeimmäksi UL-tarkasteluun lisättäväksi asiaksi todettiin UL 508A viitteiden lisäys mahdollisimman moneen asiakohtaan. Tämän tarkoituksena oli nopeuttaa tarvittavan tiedon löytämistä standardista. Viitteet asetettiin osoittamaan juuri tietyn

kohdan läpikäyntiin tarvittava tieto mahdollisimman tarkasti. Esimerkiksi monia taulukoita käytetään apuna tarkastelussa, joten näiden viitteet ilmoitettiin tarkastelussa.

#### 4.1.3 Tuotannon UL-kaappityöselitys

Satmatic Oy tuotannossa ei opinnäytteen aloitustilanteessa ollut käytössä virallista UL-työohjetta, vaan keskuksat valmistettiin käyttämällä IEC-kaappityöselostusta ohjeistusmateriaalina. IEC-standardi eroaa UL 508A sekä Industrial Machinery standardeista monilta osin keskuksen valmistukseen liittyvissä tekijöissä. Työohjeina toimivat tämän lisäksi vain suulliset ohjeet. Näistä syistä johtuen Tuotantoon vaadittiin uutta Satmatic Oy sisäistä IEC-kaappityöselostuksen kaltaista kattavaa ohjeistuskokonaisuutta, joka sisältäisi kaikki tarpeelliset asiat liittyen keskuksen mekaaniseen sekä sähköiseen valmistukseen.

Tuotantoon oli aikaisemmin toteutettu lyhyt toimintaohje, joka sisälsi UL 508A standardista kerättyinä muutamia yleisiä asioita, jotka liittyvät keskuksen valmistamiseen, mutta ohjeistuksena kyseinen materiaali ei ollut tarpeeksi kattava. Myös ohjeistuksen selkeys kärsi materiaalin ollessa vain englannin kielellä, joka tuotti tuotannossa ongelmia standardissa käytettävän kieliasun vuoksi. Sisällöltään UL-kaappityöselostus tehtiin vastaamaan IEC-kaappityöselostetta, mutta sisältäen kaikki asiakohdat UL 508A ja Industrial Machinerysta, jotka liittyivät UL-keskusten valmistukseen. Tämä ohjeistus toteutettiin mahdollisimman selkeäksi, niin kieli-, kuin myös ulkoasultaan.

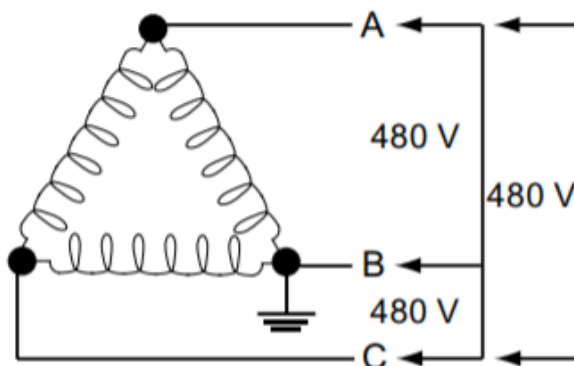
## 5 OPINNÄYTTEEN OSA-ALUEET

### 5.1 Asiakkaan lähtötietolomake

Osio käsittelee keskeisimmät Satmatic Oy sisäiseen lähtötietolomakkeeseen liittyvät asiat, joilla on tärkeä rooli tilauksen luontivaiheessa. Nämä asiat liittyvät olennaisesti keskuksen toteutukseen, sillä lähtötiedoista pohjautuu muun muassa komponentti-, kotelointi- sekä rakenteelliset valinnat, joiden mukaan keskus toteutetaan. Asiakkaan tulee ilmoittaa kaikki lomakkeessa vaadittavat tiedot, jotta projekti voidaan aloittaa mahdollisimman nopeasti, ilman epäselvyyksiä.

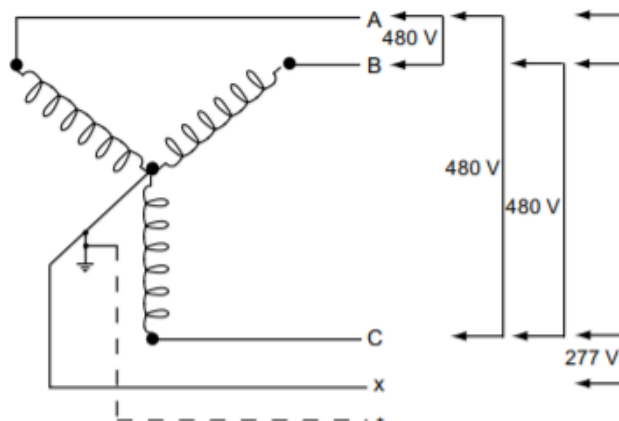
#### 5.1.1 Asiakkaan syöttöverkko

Tilasta tehdessä on erityisen tärkeää tietää, millainen syöttöjännite keskukseen syötetään asennuspaikalla, jotta keskus voidaan valmistaa materiaaleista ja komponenteista, jotka toimivat kyseisellä jännitealueella. Pohjois-Amerikassa yleisimmät järjestelmät ovat 480 VAC sekä 240VAC, joka tarkoittaa vaiheiden väliltä saatavaa jännitettä. Verkko järjestelmä voi olla joko kolmio eli delta-, tai tähti eli wye-kytkentäinen. Delta-järjestelmässä on kolme vaihetta sekä maadoitus, kuten kuvassa 2. Käyttöjännite saadaan vaiheiden väliltä, esimerkiksi 480VAC. Keskukseen tuodaan vaiheet ja maadoitus omina johtimina. Tarpeen vaatiessa keskukseen voidaan kuitenkin lisätä muuntaja, jolla nolapistete saadaan luotua. (Siemens 2010, 28.)



Kuva 2. Kolmio- eli deltakytkentä. (Siemens 2010, 29)

Wye-järjestelmässä verkossa on kolme vaihetta, sekä erillinen nolla- ja maadoitus piste, eli se on kiinteästi maadoitettu, kuten kuvassa 3. Keskukseen tuodaan kaikki edellä mainitut omilla johtimillaan, eli varsinaista PEN kytkentää ei ole. wye-kytkennässä vaiheiden väliltä saatava jännite voi olla esimerkiksi 480 VAC, jolloin vaiheen ja nollan väliltä saadaan 277 VAC. Tällöin käytetään jännitteen ilmoituksessa kauttamerkintää, joka ilmaisee molemmat saatavat jännitteet. Kyseisessä tapauksessa 480Y/277V. Y-kirjain merkinnässä kertoo, että kyseessä on nimenomaan kiinteästi maadoitettu verkko. UL 508A Standardin mukaan käytettäessä tämän tyyppistä jännitettä, tulee keskuksen syöttöliittimet olla selkeästi merkitty, että syöttö on tähtikytkentäinen. Tämä ilmoitetaan UL 508A standardin kohdassa 54.12. (UL 508A 2018, 112; Siemens 2010, 28.)



Kuva 3. Tähti- eli wye-kytkentä (Siemens 2010, 30)

Myös verkon taajuus on otettava huomioon, sillä se vaikuttaa verkosta saatavaan jännitteeseen. Pohjois-Amerikassa verkon taajuus on 60 hertsiä, mutta jossain tapauksissa keskus voidaan asentaa laitteistoon, jonka syötön taajuus on 50 hertsiä. (Siemens 2010, 30.)

### 5.1.2 Standardit

Tilausta tehdessään asiakkaan on tärkeää selvittää myös keskusta koskevat standardit, sillä se vaikuttaa keskuksen suunnitteluun sekä toteutukseen. Keskus toteutetaan aina UL 508A standardin mukaan, mutta lisävaatimukseksi voidaan asettaa Industrial Machinery, joka antaa keskuksen toteutukselle tarkemmat vaatimukset, kuin pelkkä



UL 508A. Halutessaan asiakas voi lisätä myös omia lisävaatimuksiaan, jotka myös vaikuttavat keskuksen toteutukseen. Siksi nämä tiedot ovat tärkeitä jo projektin alkuvaiheessa. UL 508A antaa keskuksen toteutukselle yleispätevät ohjeet ja vaatimukset, jonka vuoksi se pätee aina keskuksiin, jotka valmistetaan Pohjois-Amerikan tai Canadian alueelle. Asiakkaan valitessa lisäksi myös Industrial Machineryn, voidaan lisäksi selvittää myös tarkemmin mihin käyttöön kone on tarkoitettu, jotta se voidaan suunnitella ja toteuttaa sillä määritetyn standardin mukaisesti. Esimerkiksi johdinväreille Industrial Machineryssä on tarkat vaatimukset, toisin kuin UL 508A:ssa. (UL 508A 2018, 124.)

### 5.1.3 Suojausluokitus

Sähkölaitteiden suojausta arvioidaan maailman laajuisesti EN 60529 standardin mukaisella IP-luokituksella (International Protection), joka ilmoittaa laitteen suojaus- sekä tiiveysluokan. Pohjois-Amerikassa vastaava järjestelmä on National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ICS 6 standardin mukainen TYPE luokitus. Molemmissa järjestelmissä luokitus määrää laitteen tiiveysvaatimukset, mutta eron näissä järjestelmissä kuitenkin on luokituksen lukuarvon määritelmät. (Siemens 2010, 98; Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry 2018.)

IP-arvo sisältää kaksi numeroa, joista ensimmäinen määrittää jännitteisten osien suojaustason, ja jälkimmäinen kosteussuojaustason. Tällöin esimerkiksi tiiveysluokan noustessa tiettyyn arvoon, myös suojausluokka nousee. TYPE luokituksessa käytetään vain yhtä arvoa, joka osoittaa suojaus- sekä kosteussuojausluokan. IP ja TYPE luokitukset eivät myöskään ole suoraan vertailtavissa toisiinsa, sillä luokitusten määrittämisessä käytetään erilaisia kriteerejä sekä testejä, tämän vuoksi vertailu on vain suunta antava. NEMA on myös laatinut lisämerkinnät korroosiosuojaukselle, jota IP järjestelmä ei lainkaan sisällä, joten tällaisia keskuksia ei voida vertailla molemmissa järjestelmissä toisiinsa. (Siemens 2010, 97; The Enclosure Company 2018; National Electrical Manufacturers Association 2005.)

Asiakkaan tehdessä tilauksen, suojausluokituksen avulla voidaan suunnitella minkä tasoisia komponentteja voidaan käyttää, sekä vaativatko komponentit tai muut jännitteiset osat lisäsuojasta. Keskuksen TYPE luokitus määrittää alimman luokituksen saaneen komponentin mukaan, vaikka itse keskuksen TYPE luokitus olisin korkeampi. NEMA on laatinut seitsemän TYPE luokkaa, joilla jokaisella on omat vaatimuksensa. (National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 1

Alin suojausluokka, joka on laadittu yleiseksi luokaksi keskuksille, jotka ovat suojattu tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta ja tarkoitettu vain sisätiloissa käytettäväksi. Underwriters Laboratoriesin mukaan tuotteet, jotka sisältävät vain IP luokituksen, saavat TYPE 1 luokituksen riippumatta IP luokituksen tasosta. TYPE 1 on suojausluokan luokka, joten myös täysin oveton tai kanneton keskus täyttää tämän luokituksen.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 2

Keskukset, jotka ovat tarkoitettu vain sisätiloihin ja suojattu sadevedeltä, putoavalta lialta sekä tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 3

Pääasiassa ulkokäyttöön tarkoitettut keskukset, jotka ovat suojattu viistoon satavalta sateelta, jään muodostumiselta, leijailevalta pölyltä sekä tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 4

Sisä- tai ulkokäyttöön tarkoitettut keskukset, jotka sijoitetaan paikkaan, jossa suoritetaan säännöllistä huuhtelua. Keskukset ovat suojattu pölyltä, ovat roiskevesitiiviitä sekä tahaton jännitteellisiin osiin koskeminen on estetty.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 5

Pääasiassa sisäkäyttöön tarkoitetut keskukset, jotka ovat suojattu ilmassa leijailevalta pölyltä, kuiduilta, ovat suojattu valuilta vedeltä sekä tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 6

Sisä- tai ulkokäyttöön tarkoitetut laitteet, jotka ovat suojattu pölyltä, ovat roiskevesitiiviitä sekä tahaton jännitteellisiin osiin koskeminen on estetty. Kestää myös hetkellisen veteen upottamisen rajattuun syvyyteen saakka.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 12

Sisä- tai ulkokäyttöön tarkoitetut laitteet, jotka ovat suojattu roiskevedeltä, öljy- sekä jäähdytysnestevuodolta sekä tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### TYPE 13

Sisäkäyttöön tarkoitetut keskukset, jotka ovat suojattu roiskevedeltä, öljy- ja jäähdytysnesteroiskeilta, sekä tahattomalta jännitteellisiin osiin koskettamiselta.

(National Electrical Manufacturers Association 2005.)

#### Korroosiosuojaus

X merkintää käytetään TYPE luokituksen perässä ilmaisemaan laitteen suojaus korroosiota aiheuttavilta aineilta.

(Siemens 2010, 99.)

#### 5.1.4 Maksimi oikosulkukestoisuus SCCR

Oikosulku syntyy usein vikatilanteissa, joissa virtapiirin eristys tai jokin muu suojattu osa pääsee vaurioitumaan. Virtapiirin komponenttien ja johdinten on kestettävä oikosulun aikana piirissä kulkeva virta ennen kuin se aiheuttaa vahinkoa laitteistolle. Maksimi oikosulkuvirta-arvo eli short-circuit current rating tarkoittaa laitteen, koneen tai komponentin maksimissaan turvallisesti kestävästä oikosulun aikana virtapiirissä kulkevan virran arvoa. Keskuksen Maksimi oikosulkuvirta-arvo on aina oltava vähintään yhtä suuri tai suurempi kuin sitä syöttävä piirin maksimi oikosulkuvirta. Näin vältetään keskuksen ja sen ympäristön vakavalta vaurioitumiselta vikatilanteessa. (Oulun Ammattikorkeakoulu 2018; Control Concepts 2018.)

Asiakas ilmoittaa tilausta tehdessään keskusta syöttävän piirin maksimi oikosulkuvirta-arvon, joka keskuksen tulee kestää. Tämä arvo on keskuksen SCCR-arvo, jonka perusteella keskuksen suojalaitteet tulee valita, jotta vaadittu oikosulkuvirta-arvo toteutuu. Usein keskusten todelliset SCCR-arvot ovat kuitenkin paljon suurempia, kuin UL 508A:n määrittelemät minimiarvot. Lisäksi UL 508A määrittää, että SCCR-arvo tulee olla selvästi näkyvillä keskuksen ulkopuolella, esimerkiksi arvokilvessä. (Siemens 2010, 97.)

#### 5.1.5 Johdinvärit

Keskusten johdotuksessa käytettävät värit vaihtelevat paljon projektikohtaisesti, joten on ehdottoman tärkeää, että asiakas selvittää kyseisessä keskuksessa käytettävän johdinväri järjestelmän. Useimmiten eri jännitteille sekä keskuksen ulkopuolelta tuleville jännitteille käytetään erilaisia värityksiä. UL 508A ei suoranaisesti sisällä tarkkaa vaatimusta johdinvärytyksestä maadoitusta lukuun ottamatta, mutta Industrial Machineryssä johdinvärit ovat määritelty. Usein päädytäänkin käyttämään samoja johdinvärejä myös keskuksissa, jotka toteutetaan ilman Industrial Machinery lisävaatimuksia. Maadoituksille, päävirtapiireille sekä ohjausvirtapiireille on määritelty tarkat väritykset eri tilanteisiin, joten tätä on helppo soveltaa. (Siemens 2010, 203.)

Industrial Machinery määrittelee johdinvärit seuraavasti;

#### Maadoitus

Eristettyjen maadoitus johtimien tulee olla väriltään vihreitä, tai vihreitä yhdellä tai useammalla keltaisella raidalla. Mikään muu johdin ei tule olla identifioitu vastaavasti.

(UL 508A 2018, 31.)

#### Power-piiri

Musta – kaikki maadoittamattomat johtimet jännitteestä riippumatta

Valkoinen tai harmaa – maadoitetut vaihtovirtaa kuljettavat johtimet jännitteestä riippumatta.

(UL 508A 2018, 128.)

#### Control-piiri

Musta – Syöttöjännitteellä toimivat maadoittamattomat johtimet.

Punainen – lähtöjännitettä pienemmällä jännitteellä toimivat vaihtovirta johtimet.

Sininen – maadoittamattomat tasavirta johtimet.

Valkoinen, harmaa tai kolme valkoista raitaa muulla kuin vihreällä, sinisellä, oranssilla tai keltaisella pohjalla – maadoitetut vaihtovirta johtimet riippumatta jännitteestä.

Valkoinen sinisellä raidalla – maadoitetut tasavirta johtimet.

Keltainen tai oranssi – pääkytkimen ollessa poiskytkettynä sähköiseksi jäävät maadoittamattomat johtimet.

Valkoinen keltaisella tai oranssilla raidalla – pääkytkimen ollessa poiskytkettynä sähköiseksi jäävät maadoitetut johtimet.

(UL 508A 2018, 133.)

Asiakkaalla voi myös olla omia vaatimuksiaan johdinväreistä tai vain tiettyjen piirien johdinväreistä sekä merkinnöistä. Nämä tulee selvittää projektin alussa, jotta keskus voidaan toteuttaa asiakkaan toiveiden mukaisesti.

## 5.2 UL-Tarkastelun sisältö

Kappale kertoo Satmatic Oy suunnitteluosaston sisäisessä käytössä olevasta UL-tarkastelulomakkeen sisällöstä olennaisimmat asiat. Esimerkki tarkastelulomakkeesta on nähtävissä liitteessä 2. Tarkastelu on olennainen osa UL-projektia, joten on tärkeää ymmärtää sen sisältö sekä mihin asioihin tulee kiinnittää huomiota tarkastelua tehdessä. Kappaleessa perehdytään myös tarkastelun toiminnallisuuteen sekä miten erilaiset vaatimukset, määritykset tai laskennat toteutetaan, sekä mitä UL 508A materiaalia käytetään apuna näissä toimenpiteissä. Tarkastelun sisältö on luotu kategorioihin, jonka mukaan myös kappale on jaettu.

### 5.2.1 Syöttöjännite ja kotelointiluokka TYPE

Mikäli syöttöjännite on tähtikytkentäinen, tulee tarkistaa, että piirikaaviossa on merkintä ”For use on a solidly grounded wye source only” syötön läheisyydessä. UL-tarkastelua toteuttaessa, tulee määrittää eri komponenttien sekä keskuksen kotelon TYPE-luokitukset, jotta keskuksen kokonais-TYPE-luokitus voidaan määrittää. Ellei asiakas ole valmiiksi määritellyt keskukselle kokonais-TYPE-luokitus vaatimusta, tulee se määrittää UL 508A standardin mukaisesti. Itse keskuksen tai kotelon TYPE-luokitus voidaan määrittää selvittämällä keskuksen rungon lävistävien komponenttien TYPE-luokitukset, jonka jälkeen saatuja arvoja verrataan standardin taulukkoon 19.2. Jos kaikki komponentit sekä itse kotelo sopivat tietyn luokituksen alle valitaan tämä kotelon sekä keskuksen kokonaisluokitukseksi. Ellei jokin komponentti sovi tietyn TYPE-luokituksen alle, määritetään keskuksen kokonais-TYPE-luokitus UL 508A taulukon 19.3 mukaan. (UL 508A 2018, 112; UL 508A 2018, 33 – 35.)

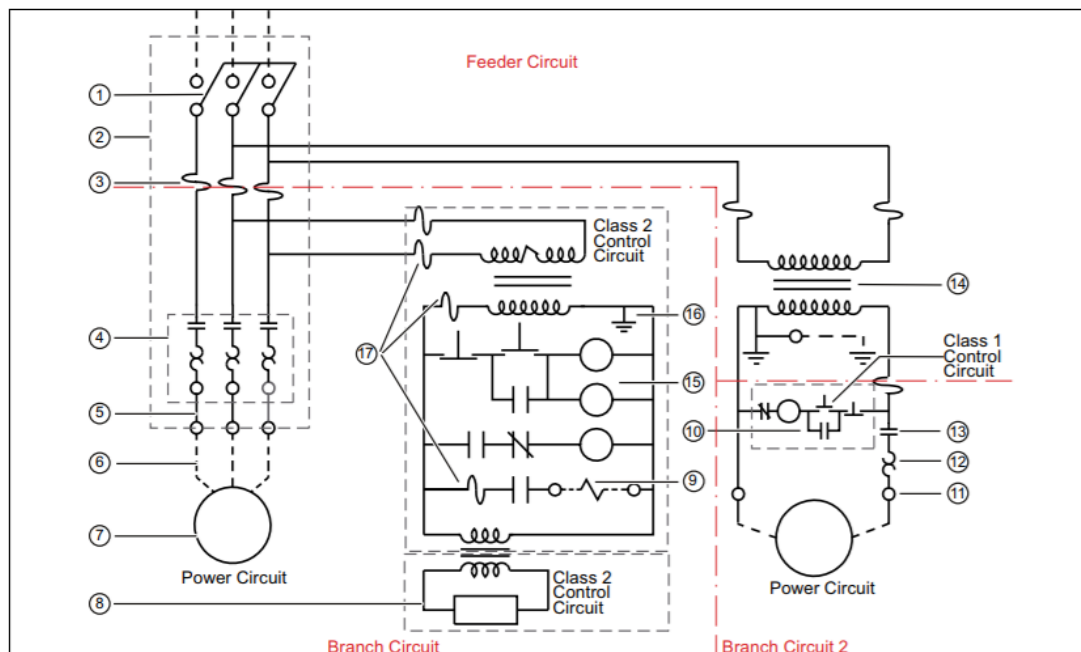
### 5.2.2 Oikosulkuvirta-arvo SCCR

Keskuksen kaikkien komponenttien oikosulkuvirrankestoisuus tulee selvittää, jotta keskuksen kokonaisuikosulkuvirrankestoisuus voidaan määrittää. Samalla saadaan selville, täyttyykö asiakkaan vaatimukset, sekä tuleeko komponentteja vaihtaa, jotta haluttu oikosulkuvirrankestoisuus saadaan aikaan. Komponenttien oikosulkuvirrankestoisuudet voidaan selvittää manuaaleista. Mikäli komponentin oikosulkuvirta-arvoa ei ole ilmoitettu, tulee se määrittää käyttäen UL 508A liitteestä SB4 löytyvää taulukkoa, SB4.1, jossa on ilmoitettu yleisiä arvoja eri komponenteille.

(UL 508A 2018, SB3.)

### 5.2.3 Power-piiri

Power-piiri on virtapiirin osa, jossa on tavallisimmin kuormana moottori-, lämmitin tai valaisinkuormaa. Kuvasta 4 ilmenee mitkä virtapiirin osat kuuluvat Power-piiriin. Power-piiri koostuu Feeder-, sekä Branch-piiristä. Feeder-piiri on virtapiiri ennen ensimmäistä ylivirtasuojalaitetta, kun taas Branch-piiri on virtapiiri kuormalta päin ensimmäiseen ylivirtasuojalaitteeseen saakka. Kuvassa 4 ilmenee mitkä Power-piirin osat kuuluvat Feeder- tai Branch-piiriin. Power-piirin jännitettä ei ole määritetty, joten se voi olla tasa- tai vaihtojännitettä. Kaikkien Power-piirin komponenttien tulee olla UL-hyväksytyjä, jotta niitä voidaan käyttää UL-listatussa keskuksessa. (UL 508A 2018, 13 – 14.)



Kuva 4. Power-, Control sekä Class 2 piirien sijainti esimerkivirtapiirissä, sekä Feeder- ja Branch-piirit Power-virtapiirissä (Siemens 2010, 45).

Pääkytkin on pakollinen UL-hyväksytyssä keskuksessa, mutta se voidaan jättää asentamatta keskukseseen, mikäli pääkytkin asennetaan keskukseseen vasta asennuspaikalla tai se sijaitsee keskuksen ulkopuolella. Tässä tapauksessa keskukseseen tulee kuitenkin lisätä merkintä, joka sisältää pääkytkimen koon, sekä tyypin. Mikäli pääkytkimenä toimii kytkin tai kytkinvaroke, tulee sen olla hyväksytty UL 98 mukaan, joten pelkkä UL 508 hyväksyntä ei riitä täyttämään vaatimuksia. Mikäli pääkytkimenä toimii katkaisija, tulee sen olla hyväksytty UL 489 mukaan. (UL 508A 2018, 59; UL 508A 2018, 114; UL 508A 2018, 57.)

Jokaisella Branch-piirillä tulee olla oma ylivirtasuojalaite, joka täyttää kyseiselle komponentille määritellyt vaatimukset ja noudattaa sille määriteltyä UL-standardia. Etukojeen tulee olla myös sillä suojattavan laitteen tai kuorman manuaalien mukainen, jotta sitä voidaan käyttää suojaamaan juuri kyseistä laitetta tai kuormaa. Mikäli suoja-laitteena toimii johdonsuoja-automaatti, tulee sen olla UL 489 hyväksytty, mutta mikäli piirissä on 480 tai 600 voltin jännite, ei johdonsuoja-automaatteja voida käyttää etusuojalaitteena, vaan tilalla tulee käyttää esimerkiksi Straight-jännitteelle tarkoitettuja moottorisuojakytkimiä. (Henkilökohtainen tiedonanto.)



Muuntajan tulee kuulua XPTQ, XPTQ2, XQNX tai XQNX2 koodikategoriaan, jotta se voidaan asentaa keskukseseen. Myös kategorian OBJY2 tai XORU2 muuntajia voidaan käyttää, mutta ne on testautettava ja lisättävä keskusvalmistajan proseduriin ennen keskukseseen asennusta. (UL 508A 2018, C15.)

Virtalähteen, joka sisältää kiinteän erotusmuuntajan, tulee noudattaa jotakin seuraavista standardeista, jotta se voidaan hyväksytysti asentaa keskukseseen; UL 1012, UL 60950-1, UL 62368-1, UL 508 tai UL 61010-1. Mikäli virtalähde ei täytä UL 508A mukaisia lämpötestejä, saa sen maksimi kuormitus olla vain 50 prosenttia laitteen nimellisvirrasta. Tämä pätee virtalähteen jokaiseen toisiolähtöön. Mikäli laite kuitenkin täyttää UL 508A mukaiset lämpötestit, voidaan sitä kuormittaa nimellisvirralla. Mikäli virtalähteeseen kytkettyjen keskuksen sisäisten kuormien virtojen summa ylittää laitteen standardin määrittelemän maksimi virta-arvon, tai mikäli lähtöihin kytketään keskuksen ulkopuolisia kuormia, tulee jokainen virtalähteen lähtö suojata erikseen ylivirtasuojalaitteella. (UL 508A 2018, 89 – 90.)

Keskukseseen asennettavan pistorasian tulee olla RTRT, RTRT2 tai AXUT2 kategoriaan kuuluva laite tai sen tulee sisältää merkintä ”For Industrial Control”. Keskukseseen asennettavien valaisimien tulee olla IEUZ tai NITW2 kategoriaan kuuluvia, jotta ne voidaan hyväksytysti asentaa keskukseseen. Mikäli keskukseseen asennetaan jäähdytin, tulee sen TYPE-luokituksen olla keskuksen TYPE-luokituksen mukainen, jotta vaadittava luokitus täyttyy. Jäähdytinlaitteen tulee noudattaa UL 484 tai UL 1995 standardeja. (UL 508A 2018, C7 – C8; UL 508A 2018, 41.)

Moottorilähtöpiiri on Power-piirin osa, jossa on kuormana keskuksen ulkopuolinen tai sisäinen, moottori, kuitenkin tuuletinta ja jäähdytinlaitetta lukuun ottamatta. Jokaisessa moottorilähtöpiirissä tulee olla ylivirtasuojaus, eli lämpörele tai moottorisuojakytkin, joka on mitoitettu moottorin maksimi kuormavirran mukaan. Ylivirtasuojalaite tulee sijoittaa jokaiseen moottorin käämiin kytkettyyn vaihejohtimeen. (UL 508A 2018, 63.)

#### 5.2.4 Power-piirin kojeiden mitoitus

Pääkytkimen minimi virrankestoisuus lasketaan, jotta saadaan selville, mikä on pääkytkimen minimikoko, jotta voidaan tarkastella, onko haluttu pääkytkin riittävä. Pääkytkin voidaan vaihtoehtoisesti valita mitoituksen perusteella. Pääkytkimen virrankestoisuuden tulee olla vähintään 100 prosenttia muun kuin moottorikuorman tai -kuormien täyskuormavirrasta, jos käytössä on sulakkeeton kytkin. Mikäli pääkytkimenä toimii sulakkeilla varustettu kytkin, ei moottorien täyskuormavirran tule ylittää 80 prosenttia sulakkeiden virta-arvosta.

Mikäli kuormana on yksi moottori, tulee pääkytkimen tehonkesto olla suurempi kuin moottorin. Pääkytkimen virrankestoisuus tulee olla vähintään 115 prosenttia moottorin täyskuormavirta-arvosta tai taajuusmuuttajan nimellisvirrasta, joka on ilmoitettu UL 508A taulukossa 50.1.

Mikäli kuormana on useampia moottoreita, tai moottori sekä muuta kuormaa, tulee virrankestoisuuden olla vähintään 115 prosenttia kaikkien moottorien täyskuormavirroista taulukon 50.1 mukaan sekä muiden kuormien täyskuormavirtojen summa. Taajuusmuuttajaohjauksissa virta-arvona käytetään taajuusmuuttajan virta-arvoa. Pääkytkimen virrankestoisuus tulee olla suurempi, kuin kaikkien moottorilähtöjen lähtövirtojen summa, sekä muiden kuormien täyskuormavirat yhteensä. Yksi-vaihemootoreilla lähtövirta on kuusinkertainen maksimikuormavirtaan nähden. Kolmivaihemootoreilla lähtövirta määritetään UL 508A taulukosta 50.3. (UL 508A 2018, 58.)

Pääsulakkeen tai pääkatkaisijan maksimi koko mitoitetaan, jotta saadaan selville kuinka suuri virrankestoisuus sulakkeella tai katkaisijalla saa maksimissaan olla, jotta se toimii vikatilanteessa. Pääsulake tai pääkatkaisijan maksimi virta-arvo vastaa joko suurimman Branch-piirin ylivirtasuojalaitteen virta-arvoa sekä muiden ryhmässä olevien kuormien täysvirtakuormien summaa, tai vaihtoehtoisesti ylivirtasuojalaitteen lähtöpuolella olevien johdinten tai yhdyskiskon jatkuvaa kuormitettavuus virtaa. Maksimi koko valitaan suurimman mitoittamalla saadun virta-arvon mukaan. (UL 508A 2018, 68.)

Power-piirin muuntajan ensiöpuolen etusuojalaite mitoitetaan muuntajan ottaman virran mukaan UL 508A taulukosta 35.1, josta saadaan prosentuaalinen arvo etusuojalaitteen virrankestoisuudesta, jolla kerrotaan muuntajan ensiövirta. Mikäli muuntajan ensiö- ja toisiopuolelle sijoitetaan suojalaitteet, tulee niiden virrankestoisuus määrittää UL 508A taulukon 35.2 mukaan. Mikäli muuntajassa on monta toisiokäämiä, tulee niille jokaiselle määrittää erikseen suojalaitteen koko. Control-piirin muuntajan ensiö- ja toisiokäämien suojalaitteet määritetään UL 508A taulukoilla 42.1 sekä 42.2, jotka ovat vastaavia kuin edellä mainitut. (UL 508A 2018, 77 – 78; UL 508A 2018, 88 – 89.)

Yksittäisen moottorin suojalaite tulee mitoittaa moottorin täyskuormavirran mukaan sekä UL 508A taulukon 31.1 avulla, josta voidaan määrittää moottorisuojalaitteen nimellisvirta prosentteina moottorin täyskuormavirtaan suhteutettuna. Mikäli moottoreita on ryhmässä useampia, voidaan niiden edellä käyttää yhtä suojalaitetta, mikäli suojalaite ei yli 20 ampeeria 125 voltin jännitteellä tai 15 ampeeria 600 voltin jännitteellä. Yhtä suojalaitetta voidaan myös käyttää, mikäli kuormana olevat laitteet ovat tarkoitettu asennettavaksi ryhmänä. (UL 508A 2018, 62 – 65.)

Resistiivisen kuorman suojalaite tulee mitoittaa siten, että sen nimellisvirta on 125 prosenttia kuorman ottamasta virrasta. Nimellisvirran tulee olla alle 60 ampeeria eikä se saa ylittää kuorman johdinten virrankestoisuutta. Valaistuskuorman etusuojalaitteen nimellisvirta ei saa ylittää 20 ampeeria tai kuorman johdinten virrankestoisuutta. Mikäli kyseessä on hehku- tai infrapunavalaisin ja se sisältää ”heavy duty” merkinnän, ei etusuojalaitteen nimellisvirta saa ylittää 50 ampeeria. (UL 508A 2018, 65 – 68.)

#### 5.2.5 Control-piiri

Control-piiriksi kutsutaan virtapiiriä, joka alkaa yleensä virtalähteeltä tai muuntajalta, ja toimii ohjausvirtapiirinä. Control-piirin jännite voi olla tasa- tai vaihtojännitettä, eikä maksimi jännitettä ole määritetty. Useimmissa tilanteissa Control-piirin virta on rajoitettu maksimissaan 15 ampeeriin. Kuvassa 4 nähdään myös Control-piirit esimerkkivirtapiirissä. (UL 508A 2018, 13.)

Kuvasta 4 ilmenee, että muuntajan jälkeisessä Control-piirissä on myös toinen muuntaja, jonka jälkeistä piiriä kutsutaan Class 2 control-piiriksi. Class 2 piirin jännite saa olla maksimissaan 30 voltia ja sitä tulee käyttää jonkin komponentin, esimerkiksi anturin sitä erikseen vaatiessa. Class 2 piiri tulee johdottaa erilleen muista piireistä. Kuvassa 4 nähdään myös Class 2 piiri esimerkkipiirissä. Class 2 piirissä olevien komponenttien ei tarvitse olla UL-hyväksytyjä. (UL 508A 2018, 92 – 93; Siemens 2010, 80.)

Low voltage and Limited energy piiri eli LVLE-piiri on Control-piirin osa, jossa suurin sallittu jännite on 30 voltia vaihto- tai 60 voltia tasajännitettä. sekä suurin sallittu etusuojalaite on viisi ampeeria. Piirin komponenteilta ja johtimilta ei vaadita UL-hyväksyntää, mutta tällöin niiden on sijoitettava kokonaan LVLE-piirissä. (UL 508A 2018, 91 – 92; Siemens 2010, 78 – 79.)

Myös muita laitteita voidaan syöttää Control-piiristä, mutta näille on asetettu vaatimuksia, jotka tulee täyttyä jokaisen komponentin kohdalla. Pistorasiat, jotka ovat sijoitettu Control-piiriin, tulee olla varustettu etusuojalaitteella, joka ei ylitä pistorasian virta-arvoa, sekä pistorasian käyttö tulee olla rajoitettu vain ohjelmointi- ja diagnostiikka laitteiston käyttöön. (UL 508A 2018, 86.)

#### 5.2.6 Industrial Machinery lisävaatimukset

Keskuksen tulee täyttää Industrial Machinery lisävaatimukset, mikäli keskus ohjaa ”konetta”. Industrial Machinery määrittelee koneiksi erilaiset metallintyöstö-, muovintyöstö-, puuntyöstö-, kokoonpano-, materiaalinkäsittely- sekä tarkastus ja testauskoneet. Industrial Machinery sisältää erillisiä lisävaatimuksia joillekin komponenteille tai niiden toimintatavoille. (UL 508A 2018, 124.)

Ovien lukituksille on määritetty erillisiä vaatimuksia. Mikäli keskuksessa on eristämättömiä osia, joissa on vaihtojännitettä tasan tai enemmän, kuin 50 voltia, tai tasajännitettä tasan tai enemmän kuin 60 voltia, tulee kaikkien ovien säilyä lukittuina, kunnes keskuksen jännite katkaistaan. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi lukkiutu-

valla pääkytkimellä. Kuitenkin mikäli keskuksessa on laitteistoa, joka vaatii muistijännitteen, ei ovien lukitusta vaadita. Lisävaatimuksena lukitukselle on määritetty, että lukitus tulee olla ohitettavissa käyttämällä työkalua oven ollessa auki asennossa sekä lukituksen tulee kytkeytyä takaisin oven sulkeutuessa. (UL 508A 2018, 125.)

Pääkytkimelle on asetettu lisävaatimuksia Industrial Machineryssä. Tärkeimpänä vaatimuksena on, että keskuksessa tulee aina olla pääkytkin. Jokaisella erillisellä syötöllä, tulee olla oma pääkytkin, joka tarkoittaa, ettei eri piirien syöttöjä voida ohjata päälle samasta pääkytkimestä. Myöskään komponentteja, ei tule olla kytketty piiriin ennen pääkytkintä, lukuun ottamatta; riviliittimiä, valaisinpiirejä, alijännitesuojapiirejä, Control-piirejä, joilla on ulkoinen virtalähde, mittareita, suojalaitteita maavialta, palopumppujen ohjauspiirejä, pistorasioita, jotka ovat tarkoitettu vain ohjelmointi tai mittalaitteille, etusuojalaitteella varustettuja kuormanhallintapiirejä sekä piirejä, jotka syöttävät laitteita, joiden tulee säilyä jännitteisenä prosessin toimivuuden kannalta. (UL 508A 2018, 129 – 130.)

UL 508A asettamien pääkytkintä koskevien vaatimuksien lisäksi, tulee sen olla helposti käytettävissä keskuksen oven ollessa auki tai suljettuna, ilman erillistä työkalua. Pääkytkimen tulee olla myös lukittavissa auki-asentoon, riippumatta oven asennosta. Mikäli pääkytkin ei katkaise jännitettä kaikista keskuksen piireistä, eli joillakin piireillä on ulkoinen syöttö, tulee pääkytkimen läheisyyteen, sekä keskuksen sisälle sijoittaa merkintä, ettei pääkytkin katkaise jännitettä koko keskukselta. Lisäksi pääkytkimen tai pääkatkaisija mitoitus tapa eroaa UL 508A perusosan määrittelemästä metodista. Pääkytkimen koko tulee määrittää laskemalla suurimman moottorin suojalaitteen ja muiden moottoreiden sekä kuormien täyskuormavirtojen summa. (UL 508A 2018, 129 – 130; UL 508A 2018, 135.)

Sekä keskuksen sisäiset, että ulkoiset huoltokäyttöön tarkoitetut valaisinvirtapiirit tulee olla varustettu korkeintaan 15 ampeerin ylivirtasuojalaitteella, eikä valaisimen käyttöjännite tule ylittää 150 voltia. Valaisinvirtapiiriä syöttävän erotusmuuntajan ollessa pääkytkimen syöttöpuolella, tulee piirin syöttö sijaita keskuksen sisällä tai piirillä tulee olla oma pääkytkin. Mikäli piirin syöttö tulee keskuksen ulkopuolelta, tulee piiri olla erillään keskuksen sisäistä virtapiireistä. (UL 508A 2018, 125.)

Keskukseen on lisättävä erinäisiä merkintöjä muiden UL 508A mukaisten merkintöjen lisäksi, jotta se täyttää Industrial Machineryn vaatimukset. Keskuksen tyyppikilvessä tulee ilmetä, että keskus noudattaa Industrial Machineryä. Mikäli keskuksen pääkytkin toimii ylivirtasuojalaitteena koko koneelle, tulee se olla ilmoitettu keskuksessa. Keskuksessa sijaitsevilla ohjauspainikkeilla voidaan käyttää punaista väriä ilmoittamaan vain pysäytys-, poiskytkemis- tai hätäseistoimintoja. Lisäksi hätäseispainikkeen taustan tulee olla keltainen, jotta se on helposti identifioitavissa. Kaikissa komponenteissa tulee olla tunnus, joka vastaa komponentille piirikaaviossa annettua tunnusta. Varoitusmerkintä joko tekstikilvellä tai salamatumnuksella tulee lisätä, mikäli keskukselta ei voida ulkopuolelta todeta, että se sisältää sähkökomponentteja. Keskukseseen tulee lisätä varoitusmerkintä ”CAUTION”, mikäli pääkytkin ei katkaise jännitettä koko keskukselta, eli keskuksen jokin piiri jää jännitteiseksi. (UL 508A 2018, 130, 135 – 136.)

Industrial Machineryssä on erikseen määritelty johdinvärit kullekin piirille, jota tulee noudattaa, jotta keskus täyttää vaatimukset. Mikäli keskuksessa kuitenkin käytetään jotakin poikkeavaa johdinväriä, tulee se selvästi ilmoittaa keskuksessa, jotta voidaan helposti todeta, mikä piiri on kyseessä. Johtimet tulee myös merkitä selvästi, jollakin johdinmerkkaukseen tarkoitettulla merkintätavalla, tai kappaleella, johon tunnus voidaan kirjoittaa. Yleisiä merkintätappoja ovat kytkettävän komponentin liitäntäpisteen tunnus sekä johdinten juokseva numerointi.

### 5.2.7 Merkinnot

Keskuksessa tulee olla arvokilpi, joka sisältää keskuksen keskeisimmät tiedot kuten tunnus, oikosulkuvirta, jännite ja taajuus, nimellisvirta, TYPE-luokitus sekä suurimmat sallitut moottori ja lämmitinkuormat. Keskukseseen tulee lisätä myös merkintöjä sekä varoituskilpiä. Niiden sijoituspaikat on määritelty UL 508A:ssa. Kenttäkaapeloinnin riviliittimet tulee olla ilmoitettu siten, että tiedoista ilmenee liitinryhmätunnus, liittintyyppi, kiristysmomentti sekä virta. Myös kaikki sulakkeet tulee olla listattu siten, että ne voidaan tarvittaessa helposti vaihtaa. Pistorasiat, joilla on nimellisvirtaansa pienempi etukoje, tulee merkitä tarralla, josta tämä ja pistorasiasta saatava jännite käy ilmi. (UL 508A 2018, 135 – 136.)

Erilaisia varoituskilpiä tai -tarroja on lisättävä, mikäli keskuksessa on vieraita jännitteitä, tai keskukseseen jää jännite pääkytkimen ollessa poiskytkettynä. Tässä tapauksessa keskuksen oven ulkopuolelle tulee lisätä varoitus, joka kertoo keskuksen jäävän jännitteiseksi. Erilaiset moottorisuojayhdistelmät on merkittävä varoitustarralla. Mikäli keskus sisältää UPS-laitteen, joka toimii keskuksen varavirtalähteenä, tulee siitä olla varoitus keskuksen oven ulkopuolella, sillä mikäli keskuksen pääkytkin on poiskytkettynä, UPS-laite pitää keskuksen jännitteisenä. (UL 508A 2018, 135 – 136.)

### 5.3 Tuotannon UL-kaappityöselitys

Kappale käsittelee Satmatic Oy sisäistä tuotannossa käytettävää ohjemateriaalia, joka sisältää kaiken tärkeimmän yleistiedon keskuksen valmistuksesta, sekä metodeista, joita tulee noudattaa prosessissa. UL-hyväksytyin keskuksen valmistus eroaa IEC-hyväksytyin keskuksista monin tavoin, joten myös UL-kaappityöselostus vaadittiin IEC-kaappityöselostuksen rinnalle. UL-kaappityöselostus sisälsi vastaavat asiat kuin IEC, mutta kohdistettuna ja rakennettuna vastaamaan nimenomaan UL 508A sekä Industrial Machinery standardien vaatimuksia.

#### 5.3.1 IEC-kaappityöselitys

Satmatic Oy sisäinen IEC kaappityöselitys noudattaa SFS-EN 61439 standardia sekä SFS-käsikirjan 640 suosituksia. Kaikki Satmatic Oy valmistamat keskuksen UL-keskuksia lukuun ottamatta valmistetaan noudattaen IEC-kaappityöselostusta. Se sisältää kaikki tarvittavat tiedot ja vaatimukset keskuksen mekaaniseen sekä sähköiseen valmistukseen, eli kaappityöselitys toimii yleisohjeena Satmatic Oy tuotannossa.

#### 5.3.2 UL-kaappityöselityksen sisältö

Satmatic Oy sisäinen UL kaappityöselostus toimii ohjeistuksena asentajalle, josta tarvittaessa voidaan tarkastaa, miten UL keskus valmistetaan siten, että se noudattaa UL

508A sekä Industrial Machineryn vaatimuksia. Sisällöltään UL kaappityöselostus kattaa asentajan työtä koskevat asiat, joilla on vaikutusta keskuksen mekaaniseen ja sähköiseen toteuttamiseen.

Yleinen osio sisälsi kaiken yleisen tiedon UL-keskuksen valmistukseen liittyvän tiedon. Osa tiedoista olivat koottu Satmatic Oy kaappityöselityksestä. Yleiset kaikkia keskuksia koskevat asiat, tuli kerätä myös UL-kaappityöselitykseen, vaikka niitä ei erikseen UL 508A mainittaisikaan, sillä ohjeistuksen tuli sisältää myös yleiset ohjeet Satmatic Oy toimintatavoista keskuksia valmistettaessa.

Kaikki keskuksen tai kotelon oveen tai kanteen kulkevat johtimet ja kaapelit tulee asentaa suojaletkuun, joka suojaa johtimia ja pitää ne yhdessä, jotta ne eivät pääse jäämään oven tai kannen väliin. Kaikki kosketettavissa olevat jännitteiset osat, joissa on yli 24 voltia vaihto- tai yli 60 voltia tasajännitettä, tulee suojata kosketukselta. Suojaukseen voidaan käyttää komponentin valmistajan virallisia suoja, tai valmistaa suoja itse siten, että se täyttää vaaditun suojaus-tason. Kaikki komponentit tulee kiinnittää mahdollisuuksien mukaan asennus-kiskoon. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee komponentti kiinnittää pultein suoraan asennuslevyyn. Asennus-kiskojen tulee olla täyspitkiä ja ne kiinnitetään pohjalevyyn porautuvilla ruuveilla maadoituksen varmistamiseksi. Komponenttien ja laitteiden valmistajan antamat ohjeet EMC-suojauksesta tulee ottaa huomioon keskusta valmistettaessa, jotta häiriön poistoon vaaditut kiskostot tai kiinnityspisteet saadaan lisättyä. Pääkytkintä syöttävä johdotus on tuotava pääkytkimen yläpuolisiin napoihin eli syöttävälle puolelle. Kaikissa keskukseseen asennettavissa komponenteissa tulee olla UL-hyväksyntä, jotta keskus voi saada UL-listed-merkinnän. Komponenteilta, jotka ovat Low Voltage Limited Energy piirissä, ei vaadita hyväksyntää. (UL 508A 2018, 22 – 23; UL 508A 2018, 59; UL 508A 2018, 91 – 92.)

Kaikki keskuksen sisäinen johdotus ja kiskostot tulee olla kuparia, sekä johtimien tulee olla UL-hyväksytyjä. Keskuksen kaikkiin aukkoihin tulee olla asennettu keskuksen TYPE-luokituksen mukainen laite tai koje. Mikäli näin ei ole, ei keskus täytä vaadittua TYPE-luokitusta. Kojeissa käytettävien yhdyskiskojen tulee olla saman valmistajan kuin kyseinen koje, näin varmistetaan yhdyskiskon sopivuus ja toimivuus kojeessa.



Industrial Machinery asettaa lisävaatimuksia pääkytkimelle, jotka on otettava huomioon keskuksen tuotantovaiheessa. Pääkytkin tulee olla käytettävissä oven ollessa kiinni- tai auki-asennossa sekä ilman erillisiä työkaluja. Tästä johtuen pääkytkimeen tulee lisätä toiminnan mahdollistava kappale, ellei sitä löydy komponentista vakio-osana. (UL 508A 2018, 51; UL 508A 2018, 34; UL 508A 2018, 129 – 130.)

UL 508A mukaan jännitteisten osien tulee olla tietyn etäisyyden päässä toisistaan, jotta oikosulkua osien välillä ei synny. Etäisyys vaatimuksen koskevat suojaamattomia osia, komponenttien jännitteisiä osia, maadoitettuja osia sekä keskuksen rungon ja jännitteisten osien välimatkaa. Power-piirin syöttävällä puolella, eli Feeder-piirissä, tulee huomioida eri etäisyydet, kuin etukojeen jälkeisellä puolella, eli Branch-piirissä. Etäisyys vaatimukset on luokiteltu ilman tai öljyn läpi, pintaa pitkin sekä lyhimmän etäisyyden mukaan, joista jokaisen tulee täyttyä. Etäisyyttä osien välillä voidaan kasvattaa erilaisilla levyillä ja välikappaleilla tai siirtämällä osia kauemmas toisistaan. (UL 508A 2018, 23 – 24.)

Johdin väreinä voidaan käyttää asiakkaan laatimaa, tai Industrial Machineryn mukaista värikoodausta. Johdinpoikkipinta-alojen tulee olla UL 508A mukaisia. Power-piirissä minimi johdonpoikkipinta-ala on AWG 14, eli  $2,1 \text{ mm}^2$ , kun taas Control-piirissä AWG 18, eli  $0,82 \text{ mm}^2$ . Industrial Machinery asettaa lisävaatimuksia johdinpoikkipinta-aloihin. Logiikkapiireissä voidaan käyttää pienempiä johdinpoikkipinta-aloja aina AWG 30, eli  $0,05 \text{ mm}^2$  saakka. Moottori- tai lämmitinkuormaa syöttävät johtimet tulee mitoittaa 1,25 kertaisiksi kuorman maksimivirran mukaan. Mikäli johtimet syöttävät useampaa moottori- tai lämmitinkuormaa tulee koko mitoittaa 1,25 kertaisen kaikkien lämmittimien virran, 1,25 kertaisen suurimman moottorin virran ja muiden moottorien ja laitteiden virtojen summan mukaan. Mukaan laskettavien laitteiden tulee olla käytettävissä yhtä aikaa muiden kuormien kanssa. (UL 508A 2018, 56; UL 508A 2018, 82; UL 508A 2018, 127.)

Kaapin kaikki metalliosat, joihin on mahdollista koskea normaalin käytön tai huollon aikana, ja joiden on mahdollista tulla jännitteiseksi viasta johtuen, on maadoitettava. Suojajohtimen minimi koko määritetään laitteen tai lähdön etusuojalaitteen virran mukaan. Mikäli keskuksen tai kotelon oveen on sijoitettu sähköisiä komponentteja, joiden käyttöjännite on yli 30 voltia, tulee se olla maadoitettu. (UL 508A 2018, 28.)

Jokainen koje, laite tai riviliitinryhmä tulee merkitä yksilöidyllä tunnuksella, joka ilmenee piirikaaviosta. Johdinmerkintä voi UL 508A mukaan olla millainen tahansa, mutta Industrial Machinery vaatii, että jokainen johdin merkitään kytkentäpisteen mukaan. Merkinnässä tulee ilmetä koje-, laite- tai riviliitinryhmätunnus, sekä liittimen tunnus. Näin voidaan paikantaa johtimen kytkentäpiste, mikäli johdin irrotetaan väliaikaisesti. UL-hyväksytty keskus vaatii merkintöjä, kuten tyyppikilven sekä erinäisiä tarroja sekä varoituskilpiä. Keskuksen valmistajan tulee asentaa keskukseen tyyppikilpi, jota ei tule kiinnittää keskuksen runkoon rei'ittämistä vaativin tavoin, sillä muuten keskuksen TYPE-luokitus ei täytyisi. Keskuksen yksilökohtaiset tarrat asennetaan keskukseen tarkastuksen yhteydessä suunnittelijan laatiman projektikohtaisen taulukon mukaisesti. (UL 508A 2018.)

Keskukseen ulkoa tuotaville kaapeleille tulee varata vapaata tilaa kaapelin johdinpoikkipinta-alan sekä johdinten määrän mukaan. Keskukseen tulee asentaa vain sen TYPE-luokan alle sopivia komponentteja, jotta keskuksen varsinainen TYPE-luokitus toteutuu. Muussa tapauksessa, tulee komponentin käyttö varmistaa suunnittelijalta.

#### 5.4 Muut projektit

Opinnäytetyön varsinaisten dokumenttien ja ohjeiden ohessa saatettiin loppuun myös muita Satmatic Oy sisäisiä materiaaleja. UL-tarkastuspöytäkirjan loppuun saattaminen piti sisällään keskeneräisen päivitetyn version tarkastuspöytäkirjan viimeistelyn lopullista käyttöönottoa varten. Toisena projektina toteutettiin UL-johdinkelojen tunnusten tallettamiselle uusi käytännöllisempi toimintatapa sekä dokumentti.

##### 5.4.1 UL-Tarkastuspöytäkirja

Satmatic Oy sisäinen UL-tarkastuspöytäkirja on dokumentti, johon merkitään keskuksen tiedot, arvot ja suoritettut testit sekä mittaukset. Dokumentti toimii tarkastuksen todistuksena ja virallisena pöytäkirjana, jonka tarkastaja allekirjoittaa. Esimerkki pöytäkirjapohja on nähtävissä liitteessä 4. Käytössä oli IEC- ja UL standardia noudattavat

pöytäkirjat, mutta UL pöytäkirja tuli päivittää vastaamaan nykyisiä vaatimuksia. Käytössä oli valmis pohja, joka tuli saattaa loppuun ja viimeistellä käyttöä varten, samalla dokumenttia voitiin kehittää sisällöltään paremmaksi.

#### 5.4.2 Johdinkelan UL-tunnuksen tallentaminen

Johdinkelojen UL-tunnusten tallennuksessa oli käytäntönä kuvata kelat, jotta niiden kelakohtaiset tunnuksot saatiin tallennettua. Vian ilmetessä, käytetään johdinkelan tunnusta paikantamaan, missä kyseinen johdin on valmistettu. Toimenpiteen aikaisempi toteutustapa oli kuitenkin hankala toteuttaa. Kameroita tähän tarkoitukseen oli vain yksi, joka sijaitsi tarkastusalueella, jossa sitä käytettiin jatkuvasti. Lisäksi kuvien arkistointi jäi tarkastus osaston tehtäväksi, joka aiheutti lisää työtä jo muutenkin kii-  
reisellä osastolla. Toimenpiteeseen vaadittiin parempi ratkaisu, jotta kelojen tunnuksot saataisiin tallennettua helpommin sekä ilman erillistä kuvaamista. Ratkaisuna suunniteltiin lomake, johon asentaja merkitsisi johdinkelatunnuksot työn yhteydessä. Näin kuvaaminen voitaisiin välttää. Lomakkeen vaatimuksina olivat selkeys, sekä sen tuli sisältää kaikki käytettävät johdinkoot ja selkeät ohjeet lomakkeen täyttöön. Ulkoasultaan lomakkeen tuli olla virallinen, selkeä sekä sisältää tarpeeksi tilaa merkintöjä varten, sillä ne tehtäisiin dokumenttiin käsin.

## 6 TYÖN TOTEUTUS

### 6.1 Asiakkaan lähtötietolomake

Kappale käsittelee Satmatic Oy sisäistä asiakkaan lähtötietolomakkeen varsinaista toteutusprosessia ja keskittyy käytännön sovellutuksiin sekä miten halutut vaatimukset toteutettiin. Lähtötietolomakkeen tärkeimpiä vaatimuksia toteutuksen kannalta olivat, selkeys ja asiallinen ulkoasu, sekä helpot käyttöominaisuudet niin tulosteena, sekä sähköisessä muodossa.

#### 6.1.1 Sisältö ja asettelu

Satmatic Oy sisäistä lomaketta lähdettiin toteuttamaan, kun kaikki tarvittava sisältö oli selvitetty. Työn toteuttaminen koostui valtaosin visuaalisesta työstä, jotta lomakkeesta saatiin selkeä sekä ulkoasultaan mahdollisimman siisti. Lomake toteutettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, jolla saatiin aikaan lomakkeen runko. Esimerkkilomake on nähtävissä liitteessä 1. Lomakkeesta luotiin sähköinen pdf-tiedosto, jotta se voitaisiin helposti täyttää ja lähettää takaisin. Toteutus kielenä toimi englanti, sillä loppuasiakas on Amerikassa tai Canadassa.

Tarvittavat asiat sijoitettiin lomakkeeseen loogisessa järjestyksessä, ensimmäisenä standardit. Sekä UL 508A:n, sekä Industrial Machinery merkitykset avattiin lyhyesti valintojen viereen, jotta asiakas saisi tarkemman kuvan mitä standardeja tulisi valita projektiin. Myös Industrial Machinery sekä muut UL 508A lisäosat lisättiin samaan kategoriaan, joista tarvittaessa voitaisiin valita tarvittava, mikäli käytettävällä koneella on selvä käyttöluokitus.

Lomakkeeseen aseteltiin asiakkaan syöttöverkon jännitteen valinta. Jännitteen valinta vaihtoehtoiksi valittiin yleisimmät käytössä olevat jännitteet, 480 voltia, 230 voltia sekä 480/277 voltia, johon lisättiin maininta, että syötön tulee olla kiinteästi maadoitettu tähtikytkentä. UL 508A kappaleessa 54.12 mainitaan, että kaksi osaiset syöttöjännitearvot tulee merkitä sanoin ”For use on a solidly grounded wye source only”, tai

muin vastaavin sanoin. Valintoihin lisättiin myös vaihtoehto, johon voidaan kirjoittaa haluttu jännite, ellei valmiista vaihtoehtoista löytyisi sopivaa vaihtoehtoa.

(UL 508A 2018, 112.)

Keskuksen kotelointi-, eli TYPE-luokitus, asetettiin lomakkeen sisältöjärjestykseen seuraavaksi. TYPE-luokitukseen annettiin vaihtoehtoiksi yleisimpiä vaihtoehtoja, jotka olivat 12, 4X, 5 sekä 1. Lisäksi valintoihin lisättiin myös tekstikenttä, johon haluttu TYPE-luokitus voitiin kirjoittaa.

SCCR eli oikosulkuvirta-arvolle ei ollut mahdollista antaa valmiita arvoja, sillä kyseinen vaatimus voi vaihdella lähes rajattomasti eri keskusten välillä. Tämän vuoksi kenttään annettiin vain mahdollisuus kirjoittaa haluttu arvo kiloampeereina. Näin asiakas voi antaa oikosulkuvirta-arvoksi täysin haluamansa määrään.

Johdinväreille päädyttiin antamaan vain kaksi valmista vaihtoehtoa, joista asiakas voisi valita tarpeiden mukaan. Ensimmäiseksi vaihtoehdoksi asetettiin Industrial Machineryn mukaiset johdinvärit, sillä ne ovat selkeästi määritelty standardissa, joten toteuttaminen onnistuu helposti. Koska UL 508A ei määrittele johdinvärejä, on tämä usein looginen valinta johdinvärijärjestelmäksi. Toisena yleispätevänä vaihtoehtona pidettiin asiakkaan omia projektikohtaisia johdinvärejä, jotka myös usein pohjautuvat Industrial Machineryn johdinväreihin. Erona voi olla esimerkiksi vain pääkytkintä syöttävien johdinten värit, mutta koska tämä poikkeaa Industrial Machineryn vaatimuksista, oli tälle luotava oma valintamahdollisuus.

Myös asiakkaan omat lisävaatimukset tuli ottaa huomioon, joten näille asioille luotiin oma osio lomakkeen loppuosaan. Tekstikentässä tuli olla tarpeeksi tilaa, jotta asiakas mahtuu kirjoittamaan tarvittavat asiat riveille, tarvittaessa myös käsin.

### 6.1.2 Toiminnallisuus

Toteutuksen loppupuolella ideoitiin lomakkeen täytön toiminnallisuutta. Aluksi lomake oli suunniteltu vain Excel-pohjaiseksi tiedostoksi, mutta tämä vaatisi sen avaamiseen ja täyttöön aina kyseisen ohjelman. Tiedosto tyypiksi päädyttiin valitsemaan

PDF, sillä se aukeaa monille eri sovelluksilla sekä selaimilla. Näin lomake olisi täytettävissä myös esimerkiksi älypuhelimella tai tabletilla, ilman erillistä sovellusta. Ongelmaksi muodostui lomakkeen täyttö PDF-muodossa, sillä kyseiset tiedostot ovat yleensä vain katselua varten. Lomakkeen muokkaaminen täytettäväksi PDF-tiedostoksi onnistui kuitenkin Acrobat Reader Pro – ohjelmistolla, joka tarjosi automaattisen muunninsovelluksen, sekä muut tarvittavat työkalut. Ohjelma oli erittäin helppokäyttöinen ja monipuolinen työkalu erilaisten lomakkeiden luontiin.

Jokaisen valinnan viereen luotiin valintapainike, joka jää aktiiviseksi valinnan jälkeen. Näin saatiin visuaalisesti tieto, että kyseinen osa on valittu. Osiin, joista tulisi valita vain yksi vaihtoehto lisättiin valintapainike, joka antaa valita vain yhden halutuista vaihtoehdoista. Myös täytettävät tekstikentät saatiin rajattua halutulle alueelle, joihin asiakas voisi kirjoittaa haluamansa informaation.

## 6.2 UL-tarkastelu kehitys

Kappale kertoo Satmatic Oy sisäisen UL-tarkastelulomakkeen kehitystyöstä, jonka tarkoituksena oli parannella UL-tarkastelussa käytettävän lomakkeen sisältöä. Kehitystyössä luotiin dokumentista nopeakäyttöisempi lisäämällä tarkastelussa huomioonotettavien asioiden ohjeita, sekä viitteitä itse UL 508A standardiin. Viitteet toimivat merkittävässä osassa itse tarkastelulomaketta, joten niiden lisäys todettiin ehdottoman tärkeäksi. Lisäykset ovat ryhmitelty kappaleessa tarkasteludokumentin sisällön mukaisesti.

### 6.2.1 Sisällön lisäykset

Keskuksen TYPE-luokituksen määrittämiseen käytetään avuksi UL 508A taulukoita 19.1, 19.2 sekä 19.3. UL-tarkastelussa ei kuitenkaan ollut viitettä standardiin, josta kyseiset taulukot löytyisivät. Tarkastelussa käytettävät viitteet oli ilmoitettu UL 508A kappaleiden mukaan, joten samaa käytäntöä käytettiin myös lisätyissä viitteissä. Taulukot sijaitsevat UL 508A kappaleessa 19, joka sisältää myös muuta hyödyllistä tietoa TYPE-luokituksesta ja sen määrittämisestä. Keskuksen eri komponenttien oikosulkuvirran kestot, tulee selvittää UL-tarkasteluun, jotta keskuksen oikosulkuvirran kesto

eli SCCR, voidaan määrittää pienimmän arvon mukaan. Kappaleeseen lisättiin viite UL 508A liitteeseen SB4.1, jossa kerrotaan tarkemmin SCCR arvon määrittelemisestä, ja eri komponenttien oikosulkuvirran kestosta.

Power-piiriä tarkastelevassa kappaleessa lisättiin viitteitä pääkytkimen sallituista malleista sekä niiltä vaadituista UL-hyväksynnöistä, joista kerrotaan UL 508A kappaleessa 30.1. Tarkastelun mukaan Power-piireissä käytettävillä johdonsuoja-automaateilla tulee olla UL 489 hyväksyntä. Tähän kohtaan lisättiin viite UL 508A kappaleeseen 31.1.1, jossa kerrotaan, että käänteishidasteisten- sekä viiveettömien johdonsuoja-automaattien tulee noudattaa näitä vaatimuksia (UL 508A 2018, 60). UL-tarkastelussa mainittiin, että mikäli käytössä on 480 tai 600 voltin kolmioon kytketty syöttöjännite, ei UL 489 hyväksytyt johdonsuoja-automaatteja tule käyttää. Kappaleessa ei kuitenkaan kerrottu mitä suojalaitteita johdonsuoja-automaattien tilalla tulisi käyttää, joten tämä informaatio tuli lisätä dokumenttiin. UL 508A ei kuitenkaan sisällä tietoa aiheesta, joten lopullinen tieto saatiin kollegaa haastatteleamalla Satmatic Oy. UL 489 hyväksytyt johdonsuoja-automaatit tulee korvata kolmioon kytketyille jännitteelle hyväksytyillä sulakkeilla tai moottorisuojakytkimillä (Henkilökohtainen tiedonanto). Johdinmerkinnöistä oli mainittu Industrial Machinery lisävaatimukset kappaleessa, mutta UL 508A kappaleessa 29.1.3 mainitaan, että kaikki Power-piirin johtimet tulee merkitä tavalla, joka ilmenee myös keskuksen piirikaaviosta (UL 508A 2018, 51). Tämä tieto vaihdettiin oikeaan kappaleeseen.

Control-piiriä tarkastelemaan kappaleeseen lisättiin viite Low Voltage Limited Energy eli LVLE-piiristä kertovaan UL 508A kappaleeseen 43, josta löytyy tietoa LVLE-piiristä ja sen sallituista jännitteistä sekä komponenteista. Tarkastelussa on annettu piirille esimerkiksi maksimissaan 24 voltia tasajännite 4 ampeerin suojalaitteella, mutta todellisuudessa voidaan käyttää maksimissaan 30 voltia vaihto- tai 60 voltia tasajännitettä (UL 508A 2018, 91). Komponenteilta ja johtimilta, jotka ovat kokonaan LVLE-piirissä, ei vaadita UL-hyväksyntää (UL 508A 2018, 92).

Seuraava kappale käsitteli Industrial Machinery lisävaatimuksia, jotka ovat lisäyksiä tai muutoksia tarkastelussa aiemmin mainittuihin asioihin. Viite lisättiin kappaleen kohtaan, jossa mainittiin, että pääjännitteeseen eli Power-piirin kytketyt komponentit tulee sijoittaa keskuksessa erilleen Control-piiriin kytketyistä komponenteista (UL

508A 2018, 125). Tämä on tärkeää ottaa huomioon keskusta tarkastellessa, sillä se saattaa vaikuttaa olennaisesti keskuksen layouttiin, koska komponenttien paikkoja keskuksessa voidaan joutua muuttamaan. Merkintöjä käsittelevä kappale käsitteli kaikki erilaiset tarrat ja varoituskilvet, jotka keskukseseen on lisättävä. Keskuksen tyyppikilpi voitiin asentaa keskuksen sisä- tai ulkopuolelle, mutta UL 508A kolmas versio sisälsi muutoksen, jonka mukaan tyyppikilpi tulee asentaa keskuksen ulkopuolelle (UL 508A 2018, 105). Monilla asiakkailla on oma tyyppikilpi, joka halutaan asentaa keskuksen ulkopuolelle ainoana kilpenä. Standardin muutos tulee kuitenkin ottaa huomioon, sillä mikä asiakkaan kilpi ei sisällä kaikkia vaadittua tietoja, tulee myös Satmatic Oy valmistama UL-tyyppikilpi asentaa keskuksen ulkopuolelle. Tieto tyyppikilven sijainnista lisättiin UL-tarkasteluun viitteellä UL 508A taulukkoon 52.1. Mikäli keskus sisältää UPS-laitteen, tulee keskukseseen asentaa varoitus jännitteiseksi jäävistä osista ja komponenteista keskuksen ulkopuolelle näkyvälle paikalle (UL 508A 2018, 99). UL-tarkasteluun lisättiin, että mikäli UPS-laitteen jännite on tasan tai alle 50 voltia, ei erillistä varoitusta vaadita (UL 508A 2018, 99).

### 6.3 Tuotannon UL-kaappityöselostus

Kappale käsittelee Satmatic Oy sisäisen UL-kaappityöselostuksen luonnin vaiheita sekä tiedon hankintaa, jota prosessissa käytettiin hyväksi. Lopullisen materiaalin aikaan saamiseksi käytettyä pohjamateriaalia ja sen tuomia etuja sekä haittoja käsitellään, jotta voidaan paremmin ymmärtää prosessia, jolla UL-kaappityöselitys viimeisteltiin. Haastavaksi todettiin oikean tiedon paikantaminen UL 508A standardista sekä Satmatic Oy käytäntöjen tiedostamista. Osa keskuksen valmistusmetodeista ei löydy varsinaisesti standardista, vaan ne ovat Satmatic Oy käytäntöjä, jotka pätevät kaikkiin valmistettaviin keskuksiin.

#### 6.3.1 Pohjamateriaali

Satmatic Oy oli aiemmin luotu sisäiseen käyttöön tarkoitettu UL-kaappityöselitys, joka oli keskeneräinen, eikä näin ollen tarpeeksi kattava, jotta se olisi käytettävissä ohjeistusmateriaalina. Sitä voitiin kuitenkin käyttää pohjamateriaalina luotaessa viral-



lista UL-kaappityöselitystä, sillä se sisälsi tärkeitä keskuksen valmistuksessa huomiioon otettavia asioita. Tärkeimpänä tehtävänä projektin alkuvaiheessa oli tarkastaa jo olemassa olevan tiedon oikeellisuus sekä etsiä niihin tehdyt muutokset, mikäli näin oli standardin osalta tapahtunut. Tämän jälkeen oli tärkeää etsiä standardista kaikki muu tieto, joka liittyi keskuksen valmistukseen, jotta ne voitaisiin lisätä materiaaliin. Informaatiota kerättiin myös Satmatic Oy työntekijöitä haastatteleamalla, sillä monet valmistukseen liittyvät asiat olivat tiedossa, mutta eivät vielä virallisesti kirjattuna materiaaliin. Esimerkkinä kilven kiinnitys metodi, jossa ei tule käyttää niittejä, kuten IEC-hyväksytyissä keskuksissa, sillä tämä vaikuttaisi keskuksen TYPE-luokitukseen.

Pohjamateriaalissa, oli valmiiksi kerättynä kattavat taulukot jännitteisten osien etäisyyksistä, johdintenvirrankestoisuudesta, suojajohtimen mitoituksista, ulkoisille johtimille varattavasta tilasta sekä TYPE luokituksista ja niiden komponenttiyhteensopivuudesta. Kyseiset taulukot tuli vain sijoittaa uudelleen oikeisiin kappaleisiin ja antaa selostus taulukon käyttöön, jotta asentaja voisi tarpeen vaatiessa käyttää taulukkoja tarvitsemansa tiedon löytämiseksi.

### 6.3.2 Sisältö ja asettelu

Asettelultaan ja sisällön järjestykseltään Satmatic Oy sisäinen UL-kaappityöselitys luotiin täysin vastaavaksi, kuin IEC-kaappityöselitys, jotta molemmat dokumentit olisivat mahdollisimman samanlaisia. Tämä helpottaa asentajan työtä, sillä informaatio on löydettävissä samasta kappaleesta molemmissa materiaaleissa. Industrial Machineryn lisävaatimukset lisättiin joka kappaleen loppuun, jotta myös kyseiset tiedot löytyivät samasta kappaleesta. Liitteessä 3 nähtävissä esimerkki dokumentin mahdollisesta pohjaratkaisusta. UL-Kaappityöselityksen alkuun luotiin yleistä-kappale, jonka tarkoituksen oli kertoa lukijalle selitykset UL 508A käytettävistä virtapiireistä, sillä nämä eroavat perinteisistä IEC-standardin pää- sekä ohjausvirtapiirien määrittelyistä. Kappaleessa kerrottiin selitykset ja esimerkit Power-, Control-, Class 2-, LVLE-, Feeder- sekä Branch-virtapiireille.

Ohjauskeskusvalmistus-kappale käsitteli kaikki keskuksen valmistukseen liittyvät asiat, jotka eivät sopineet erikseen oman otsikkonsa alle. Tämä osio käsitti muun muassa keskuksen mekaaniseen valmistukseen, komponentteihin, johdotuksiin ja kaapelointiin liittyvät asiat, sekä niitä koskevat Industrial Machineryn lisävaatimukset. Etäisyydet-kappale käsitteli keskuksen jännitteisten osien etäisyyksiä toisistaan. Branch-virtapiirissä etäisyydet määritetään UL 508A taulukosta 10.1, joka liitettiin materiaaliin. Esimerkiksi annettiin etukojeen ja lähtöliittimen välinen piiri. Feeder-virtapiirissä etäisyydet määritetään UL 508A taulukosta 10.2, joka liitettiin materiaaliin. Esimerkiksi annettiin Syöttöliittimen, pääkytkimen ja etukojeen välinen piiri.

Johdinvärit-kappale käsitteli keskuksessa käytettävää johdinvärikoodia, joka määritetään joko Industrial Machineryn tai asiakkaan toiveiden mukaan. Oletuksena keskuksen johdinväreinä käytetään Industrial Machineryn mukaisia värejä, mutta mikäli asiakkaalla on omia toiveita värien suhteen, tulee niistä löytyä erillinen listatyökansioista. Mikäli näin ei kuitenkaan ole, tulee asia aina varmistaa projektipäälliköltä tai projektin suunnittelijalta. Industrial Machineryn johdinvärit listattiin alle selkeästi piireittäin. Johdinpoikkipinta-alat lisättiin seuraavaan kappaleeseen, johon listattiin Power- ja Control-piirin minimi johdinkoot. Myös Industrial Machineryn mukaiset lähtöjen johdinkokojen mitoitusastavat, jotka eroavat UL 508A mitoitusastavoista, lisättiin samaan kappaleeseen.

UL 508A johdintenvirrankestoisuus taulukko 28.1 liitettiin omaan kappaleeseen, jotta tarvittavat johdin koot ovat suoraan nähtävissä dokumentista. Maadoitusjohdinten mitoituksesta luotiin oma kappale, sillä niiden johdintenvirrankestoisuudelle on määritetty eri arvot, kuin muiden johdinten mitoitukseen. Suojajohdinten virrankestoisuuksien taulukko 15.1, lisättiin kappaleeseen. Informaationa kerrottiin, että keskuksen rungon kaikki metalliosat, joiden on mahdollista tulla jännitteiseksi vikatilanteessa, ja joihin on mahdollista koskea normaalin käytön tai huoltotyön aikana, tulee maadoittaa. Kansien, ovien ja suojalevyjen maadoittamisessa käytettävän johtimen poikkipinta-alan mitoittamiseen, tulee käyttää taulukon 15.1 mukaisia arvoja, joka oli sijoitettu edelliseen suojajohtimen mitoitus kappaleeseen. Kappaleeseen lisättiin, että keskuksen tai kotelon ovi tulee maadoittaa, mikäli sen ovesa on sähköisiä komponentteja, joiden käyttöjännite on yli 30 voltia.

Keskuksen johdin-, koje-, ja UL-merkinnöistä luotiin omat kappaleet, sillä ne ovat oleellisia asioita keskuksen valmistuksessa. UL 508A mukaan kaikki Power-piirin johtimet tulee merkitä, kun taas Industrial Machineryn mukaan kaikki keskuksen johtimet tulee merkitä. Merkintä tapa riippuu täysin asiakkaan toiveista. Kojeet tulee merkitä selvästi piirikaavion osoittaman tunnuksen mukaan. UL 508A vaatii keskuksen tyyppikilven, joka tulee kiinnittää keskuksen ulkopuolelle näkyvälle paikalle, esimerkiksi oveen. Tyyppikilven kiinnitystapa on tärkeää ottaa huomioon, sillä IEC-leimatussa keskuksessa kilpi voidaan niitata kiinni keskuksen runkoon, mutta UL-leimatussa keskuksessa kaikki kilvet tulee kiinnittää esimerkiksi teipillä. Keskuksen tarkastaja liimaa keskuksen muut tarrat ja kilvet, joita ovat esimerkiksi lähtöriviliitin- ja sulakelistat, sekä erilaiset jännitteestä varoittavat kilvet. Keskuksen suunnittelija on luonut valmiiksi listan, jossa ilmaistaan kaikki keskuksen liitettävät kilvet ja tarrat, sekä niiden sijoituspaikat. Kun keskus on läpäissyt lopullisen tarkastuksen, voidaan se leimata UL-listed keskuksiksi. UL-leimaus ilmaistaan keskuskohtaisella tarralla, jonka tarkasta liimaa keskuksen sisäpuolelle.

Seuraava kappale käsitteli ulkoisten johtojen liittämiseen varattavaa tilaa, joka tulee määrittää UL 508A taulukon 25.1 mukaan. Taulukko liitettiin kappaleen loppuun, helppoa tarkastelua varten. Viimeinen kappale käsitteli suojaus- eli TYPE-luokituksia. Vaikka suunnittelija on UL-tarkastelussa vahvistanut kaikkien komponenttien sopivuuden keskuksen, tulee asentajan silti kiinnittää huomiota komponenttien TYPE-luokitukseen ja tarkkailla sopiiko tietyn TYPE-luokituksen omaava komponentti keskuksen TYPE-luokituksen alle. Tämä voidaan todeta UL 508A taulukosta 19.2.

#### 6.4 Muut projektit

UL-projekteille oli luotu päivitetty tarkastuspöytäkirjapohja, joka tuli saattaa loppuun virallista käyttöä varten. Kehitystyötä tehtiin myös UL-johdinkelojen tunnuksien tallennus prosessille, hankalan toteutuksen vuoksi. Kappaleessa käsitellään molempien projektien kehitysprosessia ja lopputuloksia.

#### 6.4.1 Tarkastuspöytäkirja

Satmatic Oy oli luonut valmiin pohjan dokumentille, joka viimeisteltiin viralliseksi UL-tarkastuspöytäkirjaksi. Suurin osa lisäyksistä koskivat dokumentin kieliasua, joka tuli muokata vastaamaan Pohjois-Amerikassa käytettävää sanastoa, joka vastai myös UL 508A standardissa käytettävää termistöä. Muita tärkeitä lisäyksiä oli mainita, että tarkastuspöytäkirja koskee nimenomaan UL 508A mukaisesti valmistettua keskusta sekä lisäys keskuksen lisävaatimuksista, joka tarkoittaa esimerkiksi Industrial Machineryä.

#### 6.4.2 UL-johdinkelatunnuskaavake

Satmatic Oy sisäisen lomakkeen sisältämät johdinkoot määriteltiin yrityksen käytössä olevien johdinkokojen mukaan. Ensimmäinen versio sisälsi kaikki johdin koot AWG 20 sekä AWG 2 välillä. Pienempiä johdinkokoja löytyi yrityksen varastosta, mutta näitä kokoja ei käytetty UL-projekteissa. Jokaiselle johdinkoolle luotiin laaja osio kirjoitusta varten, johon asentaja käsin merkitsisi käyttämänsä kelojen UL-tunnukset. Tämän vuoksi kirjoitustilaa vaadittiin huomattavasti, sillä myös useampia saman johdinkoon keloja saatettiin käyttää yhdessä työssä. Yläosaan lisättiin Satmatic Oy ja UL-logot tuomaan virallisen ulkoasun lomakkeeseen. Alaosaan luotiin tarkka ohjeistus, jonka avulla lomakkeen täyttäjät osaisi varmasti käyttää sitä oikein. Ohjeen viereen lisättiin vielä havainnollistavan kuva, jossa ilmeni johdinkelatunnuksen sijainti johdinkelassa. Esimerkkitaulukko, joka sisältää esimerkin asettelusta, on nähtävissä liitteessä 5.

Satmatic Oy sisäinen lomake tulisi sijoittaa työmappiin muiden projektin dokumenttien joukkoon, jossa se päätyisi asentajalle. Asentajan täytettyä kaavio valmiiksi, asetettaisiin se takaisin mappiin päällimmäiseksi dokumentiksi. Tarkastuspisteellä tarkastaja skannaisi lomakkeen ja tallentaisi dokumentin kyseisen työnumeron projektiansioon.

## 7 YHTEENVETO

Yksi opinnäytetyön tarkoituksista oli myös valmentaa hoitamaan UL-projekteja tulevaisuudessa Satmatic Oy suunnitteluosastolla. Tähän tarkoitukseen opinnäytetyön aihe soveltui täydellisesti, sillä se vaati UL 508A standardin perusteellisen läpikäynnin, jotta voitiin ymmärtää sen sisältö. Myös opinnäytteen aika toteutettu UL-tarkastelu auttoi hahmottamaan suunnittelijan työtä UL-projekteissa, sekä mitä asioita tulee ottaa huomioon, jotta keskus voidaan UL-hyväksyä.

Kokonaisuutena työ onnistui hyvin ja sujuvasti, sillä suunniteltu aikataulu säilyi koko työprosessin ajan. Satmatic Oy oli tyytyväinen opinnäytetyön lopputulokseen ja kaikkiin luotuihin materiaaleihin, jotka otettiin yrityksen käyttöön, virallisesti opinnäytteen valmistuttua. Opinnäytteen valmistuttua tulee vielä varmistaa henkilöstön tiedottaminen luoduista materiaaleista, sekä tarvittaessa opastaa niiden käytössä.

## LÄHTEET

Automation direct. 2018. What do the NEMA ratings mean. 2018. Viitattu 1.5.2018. <https://cdn.automationdirect.com/static/specs/encnematratings.pdf>

Control concepts. 2018. Short circuit current rating. Viitattu 1.5.2018. <https://ccipower.com/support/resources/technical-reference/short-circuit-current-rating-sccr>

Control concepts. 2018. Understanding short circuit current rating. Viitattu 1.5.2018. <https://ccipower.com/sites/default/files/SCCR%20Whitepaper.pdf>

National electrical manufacturers association. 2005. NEMA enclosure types. Viitattu 1.5.2018. <https://www.nema.org/Products/Documents/nema-enclosure-types.pdf>

Oulun ammattikorkeakoulu. 2018. Oikosulkusuojaus ja sulakkeet. Viitattu 1.5.2018. [http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/07\\_1\\_1\\_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/07_1_1_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf)

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. 2018. IP-luokitus. Viitattu 1.5.2018. <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>

Satmatic Oy. 2018. Yrityksen kotisivut. Viitattu 5.8.2018. <http://www.satmatic.fi/>

Siemens. 2010. Industrial control panels for the North American market. Fuerth: Siemens AG. Viitattu 1.5.2018. [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/pienjannitekojeet/kytkenta\\_suojaus\\_ja\\_ohjaus/ul-opas-2010-englanti.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/pienjannitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/ul-opas-2010-englanti.pdf)

Siemens. Industrial control panels for the North American market. 2010. Fuerth: Siemens AG.

The enclosure company. 2018. IP rated enclosures explained. Viitattu 1.5.2018. <http://www.enclosurecompany.com/ip-ratings-explained.php>

UL 508A. 2018. Standard for safety. Industrial control panels. Underwriters Laboratories UL. Viitattu 1.5.2018. <http://www.ul.com>

Underwriters Laboratories. 2018. UL listing and classification marks. Viitattu 19.8.2018. <https://www.ul.com/marks/ul-listing-and-classification-marks/downloadable-ul-marks/>

Underwriters Laboratories. 2018. Yrityksen kotisivut. Viitattu 5.8.2018 <https://www.ul.com/>

EXAMPLE FORM 1


1
---

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	

_____
_____
_____
_____
_____

--

PÄIVÄYS:

ESIMERKKI LOMAKE

---

---

OSA 1

---

OSA 2








## LIITE 3

	<b>ESIMERKKI LOMAKE</b>				Koodi:
					Versio:
	Laatija	Hyväksyjä	Pvm		Sivu: 1/1

1           ESIMERKKI

2           ESIMERKKI

3           ESIMERKKI

**EXAMPLE FORM**


- 
- 
- 
- 
- 
- 

---

---

---

---

---

---

---

---

---



