

Sarianne Lohi

**POHJOIS-AMERIKAN SÄHKÖSTANDARDIEN SOVELTAMINEN  
FASTEMSIN JÄRJESTELMISSÄ**

# **POHJOIS-AMERIKAN SÄHKÖSTANDARDIEN SOVELTAMINEN FASTEMSIN JÄRJESTELMISSÄ**

Sarianne Lohi  
Opinnäytetyö  
Syksy 2021  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, automaatio

---

Tekijä: Sarianne Lohi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Pohjois-Amerikan sähköstandardien soveltaminen Fastemsin järjestelmissä

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Application of North American Electrical Standards in Fastems Systems

Työn ohjaaja: Manne Tervaskanto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 29 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Pohjois-Amerikan standardeihin niiltä osin, kun ne liittyvät Fastemsin järjestelmien sähkösuunnitteluun. Työn aikana käytiin läpi teollisiin konejärjestelmiin liittyvä NFPA79, yleinen sähköstandardi NFPA70 ja teollisten ohjauspaneelien standardi UL508A. Tavoitteena oli koostaa yhteenveto, joka helpottaa järjestelmien muuntamista Pohjois-Amerikan markkinoille ja tämän avulla tarkastella yhden Fastemsin järjestelmän keskuksia.

Työssä hyödynnettiin erään Pohjois-Amerikkaan toimitetun projektin UL-kenttätarkastusraportteja. Standardeista käytiin läpi aiheita, jotka nousivat esille sekä kyseisen projektin että aikaisemmin toimitettujen projektien kohdalla. Aluksi käytiin läpi standardien yleisiä osia, jonka jälkeen keskityttiin kenttälaitteiston ja keskusten vaatimuksiin.

Työn aikana koostettiin ohje, jossa käsitellään oleelliset muutostarpeet ja huomioitavat kohdat muutettaessa järjestelmää Pohjois-Amerikkaan soveltuvaksi. Tämän lisäksi tarkasteltiin yhden Fastemsin modulaarijärjestelmän keskusten suunnittelua UL-markkinoiden kannalta. Tietoa saatiin standardeista sekä toimittajien materiaaleista.

---

Asiasanat: UL508A, NFPA70, NFPA79, standardi, komponentti, piiri

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Automation

---

Author: Sarianne Lohi

Title of thesis: Application of North American Electrical Standards in Fastems systems

Supervisor: Manne Tervaskanto

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Pages: 29 + 0 appendices

---

The purpose of the thesis is to review the US-standards in the aspects where they relate to the electrical design of Fastems systems. The work dealt with Electrical Standard for Industrial Machinery NFPA 79, National Electrical Code NFPA 70 and UL508A Standard for Industrial Control Panels. The goal was to create a summary of the standards that would help designers modifying the systems for the US-markets.

The study covers the parts of the standard that are relevant for the company's systems. The general parts of the standard were first reviewed and then attention is paid to the specifications of cabinets and field machinery. A manual was created to address the most relevant points to consider when designing systems for North America.

Standards were partly hard to read, and translations caused some difficulties from time to time, but otherwise the work succeeded well. Information was obtained from the materials created by the component supplier as well as from the standards itself.

---

Keywords: UL508A, NFPA70, NFPA79, standards, component

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 STANDARDIT	8
3 UL-HYVÄKSYNTÄ	11
3.1 Underwriters Laboratories	11
3.2 UL-merkinnät	11
4 KENTTÄLAITTEISTO	13
4.1 Tyypikilvet ja merkinnät	13
4.2 Kaapelointi ja komponentit	13
4.3 Maadoitus	15
5 KESKUS	16
5.1 Kotelointi ja TYPE-luokitus	16
5.2 Sähkösyöttö	16
5.3 Power-piiri	17
5.3.1 Feeder-piirin komponentit	18
5.3.2 Branch-piirin komponentit	19
5.4 Control-piiri	20
5.5 SCCR-oikossulkuvirta	20
5.6 Ilmanvaihto	21
5.7 Tyypikilvet ja merkinnät	22
6 DOKUMENTAATIO	24
7 FPC-KESKUSTEN TARKASTELU	26
8 POHDINTA	29
LÄHTEET	30

## **SANASTO**

ANSI	American National Standards Institute
FPC	Flexible Pallet Container
IEC	International Electrotechnical Commission
LVLVE	Low-voltage limited energy circuit
NFPA	National Fire Protection Association
NRTL	National Recognised Testing Laboratory
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
UL	Underwriters laboratories

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoitus perehtyä Pohjois-Amerikan sähköstandardeihin ja niiden soveltamiseen niiltä osin, kun ne liittyvät Fastems Oy:n järjestelmien sähkösuunnitteluun. Tämän työn pohjana on käytetty erääseen Fastemsin projektiin tehtyä UL-kenttätarkastusta ja siitä saatua raporttia. Työssä käsitellään sekä kyseisessä projektissa että muissa aikaisemmin toimitetuissa projekteissa tehtyjä huomioita, jotka vaikuttavat projektien sähkösuunnitteluun. Näiden pohjalta on tarkoitus koostaa manuaali helpottamaan ja nopeuttamaan UL-markkinoille yhteensopivien projektien sähkösuunnittelua.

Työssä tarkastellaan Fastemsin FPC-järjestelmän niitä kohtia, joissa havaitaan muutostarpeita. FPC (Flexible Pallet Container) on modulaarinen joustava valmistusjärjestelmä työstökoneen koneistuspalettien käsittelyn automatisoimiseksi.

Fastems Oy on teollisuuden työstökonejärjestelmiin keskittyvä kotimainen yritys. Fastemsilla on toimipisteitä 8 maassa, kuten Saksassa, Englannissa ja Yhdysvalloissa. Yrityksen pääkonttori ja tuotantotilat sijaitsevat Tampereella. Fastemsilla työskentelee n. 450 työntekijää, joista suurin osa Suomessa. Keskusvalmistajat valmistavat Fastemsin järjestelmissä käytetyt keskukset aliurakointina. Keskusvalmistajilta edellytetään UL-sertifiointia, joka antaa keskusvalmistajille luvan valmistaa ja tarkastaa UL Listed -merkittyjä keskuksia.

(1.)

## 2 STANDARDIT

Standardeihin vaikuttaa maailmanlaajuisesti kaksi merkittävää toimijaa: IEC (International Electrotechnical Commission) sekä ANSI (American National Standards Institute). ANSI vaikuttaa Pohjois-Amerikan lisäksi muutamilla pienemmillä alueilla, jotka pitkälti vastaavat kuvassa 1 esitettyjä UL- ja CSA-alueita. ANSI:n tehtäviin kuuluu valvoa standardien kehittämistä ja päivittämistä. (2, s. 2.)

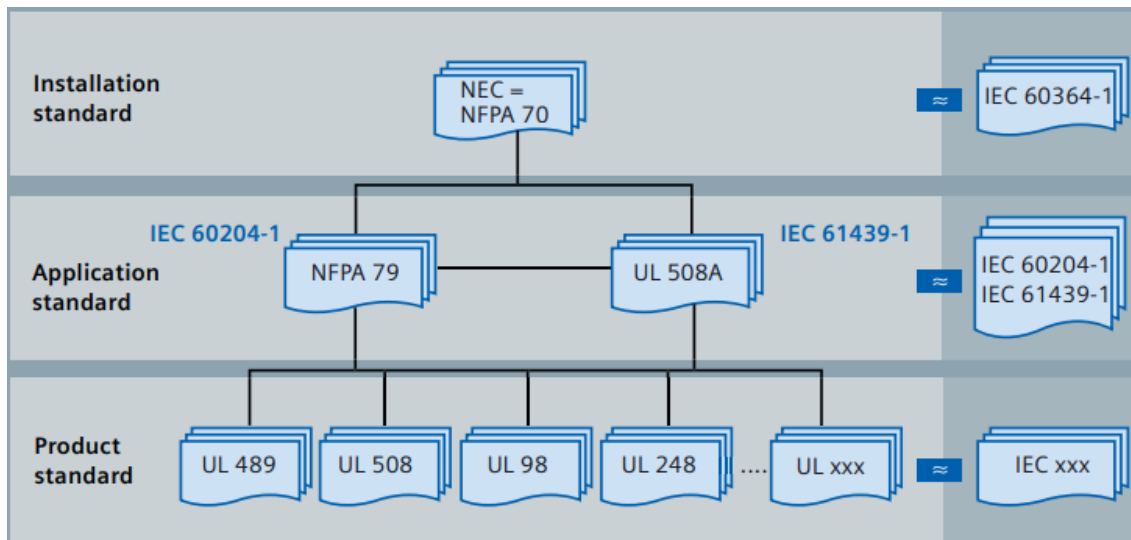


*KUVA 1. Markkinoiden jakautuminen UL ja IEC mukaan (2, s. 3)*

Tuoteturvallisuuteen ja standardeihin liittyvä laidansäädäntö on merkittävästi erilainen Amerikassa kuin Euroopassa. Euroopan markkinoilla noudatettavissa IEC-standardeissa määritellään lähinnä vähimmäisvaatimukset sähkölaitteiden ja järjestelmien turvallisuudelle. Näillä markkinoilla turvallisuusmääräysten tekniset yksityiskohdat ovat valmistajan vastuulla. US-standardeissa sen sijaan määritellään kattavasti myös tekniset yksityiskohdat sekä tuoteturvallisuudelle että -sovelluksille. Vaatimuksia on standardista riippuen alkaen järjestelmän suunnittelusta jatkuen tuotantoon, laitteiden käyttöön ja sovelluksiin. (2, s. 2, 13.)



US-markkinoilla vaikuttavat standardit ja IEC ovat soveltamisalueiltaan pitkälti yhteneviä mutta eroavat sisällöllisesti merkittävästi toisistaan. Kuvassa 2 on esitetty teollisuuden kannalta oleellisimpien standardien vuorovaikutus keskenään ja niitä lähimpänä oleva vastaava IEC-standardi. (2, s. 14.)



KUVA 2. US-standardien vuorovaikutus (2, s. 14)

NFPA70, josta käytetään yleisesti nimitystä NEC (National Electrical Code), käsittelee sähköasennuksia, -kaapeleita sekä -laitteita. NEC:n soveltamiskohteet ovat verrattavissa standardeihin IEC 60364-1 tai SFS6000 mutta sisällöllisesti näissä on merkittäviä eroja. Toisin kuin muut standardit NFPA70 on määritelty Yhdysvaltojen laissa. Ensimmäinen NEC otettiin käyttöön vuonna 1897, ja se päivitetään kolmen vuoden välein. (3, s. 35.)

NFPA79 on vähimmäisvaatimus teollisuuden koneille ja konejärjestelmille, joiden nimellisjännite on maksimissaan 600 V. Koneisiin ja konejärjestelmiin katsotaan kuuluvaksi kaikki kaapeloinnit ja komponentit jännitteen syöttöpisteestä alkaen. Ne sisältävät myös ohjauskeskukset ja koneiden sähköosat. Muissa standardeissa voidaan asettaa tarkentavia määräyksiä järjestelmän osille. Teollisuuden koneilla tarkoitetaan laitteita, jotka leikkaavat, painavat tai muotoilevat materiaaleja. Tarkemmat määritelmät soveltamisalueesta ovat NFPA79:n kohdassa 3.3.54. (4, s. 79.)

UL508A käsittelee teollisuuden ohjauspaneeleja ja -keskuksia. Standardia sovelletaan ohjauskeskuksille ja -paneeleille, jotka on tarkoitettu asennettaviksi ns. normaaleihin teollisuuden tiloihin, joissa ympäristön lämpötila on enintään 40°C. (5, s. 11.)

### **3 UL-HYVÄKSYNTÄ**

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) vaatii, että kaikki sähköiset laitteistot Pohjois- Amerikassa tulee olla joko sertifioituja tai niiden tulee käydä läpi kokonaisvaltainen tarkastus ennen käyttöönottoa. Vain OSHA:n valtuuttamat NRTL-testauslaboratoriot (Nationally Recognised Testing Laborator) voivat suorittaa vaaditut testaukset ja myöntää sertifiointin. Pohjois- Amerikassa on useita turvallisuustestauksia ja sertifiointeja antavia tahoja eikä näitä tule sekoittaa keskenään. (3, s. 32.)

#### **3.1 Underwriters Laboratories**

Yksi NRTL-testauslaboratorioista on vuonna 1894 perustettu UL eli Underwriters Laboratories. Se vastaa maailmanlaajuisesti Pohjois-Amerikkaan ja Kanadaan toimitettavien tuotteiden turvallisuusvaatimusten täyttymisestä. Organisaation pääkonttori sijaitsee Northbrookissa Illinoisin osavaltiossa ja sillä on useita toimipisteitä sekä testauslaboratorioita ympäri maailmaa. (6.)

Organisaatio on yksi OSHA:n valtuuttamista turvallisuustestauksien suorittajista. UL keskittyy varmistamaan, että tuotteet, materiaalit ja järjestelmät täyttävät niille laaditut turvallisuuteen liittyvät erityisvaatimukset. Vuodesta 1903 lähtien UL on luonut useita merkittäviä turvallisuusstandardeja, joista esimerkkinä mainittakoon tähän työhön kiinteästi liittyvä teollisuuden ohjauskeskuksia käsittelevä UL508A. (6.)

#### **3.2 UL-merkinnät**

Underwriters Laboratories myöntää merkinnän testaamilleen tuotteille ja valmistajille, jotka täyttävät vaaditut standardit ja turvallisuussäädökset. UL testaa säännöllisesti merkinnän saaneita tuotteita sekä valvoo valmistajien noudattavan kirjallisessa sopimuksessa mainittuja ehtoja. (7.)

UL-hyväksyntää kuvaavia merkintöjä on useita erilaisia. Kuvassa 3 näkyvät näistä yleisimmät UL-listed ja UL-recognized merkit. Pohjois-Amerikan ja Kanadan lait ja säädökset eroavat jossain määrin toisistaan. UL-merkinnän tulee

siten olla loppusijoittelukohteen mukaan Pohjois-Amerikkaan (US), Kanadaan (C) tai molempiin. (8.)

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

KUVA 3. UL-listed ja UL-recognized merkinnät (6)

UL-listed merkintä myönnetään lopputuotteille ja valmiille komponenteille, jotka on tutkittu soveltuvin osin täyttävän turvallisuus- ja kestävyysstandardit. Näissä tuotteissa UL on tarkastanut ja hyväksynyt myös käyttöön ja asennukseen liittyvän materiaalin. (7.)

UL-recognized-merkki on komponenttikohtainen. Se on tarkoitettu lopputuotteen osille ja ehdot sen saamiseksi ovat kevyemmät kuin UL-listed hyväksynnän. UL-recognized ehdoissa määritellään komponentin käyttö lopputuotteessa. (7.)

Toisin sanoen sähkökeskukselle myönnetään UL-listed merkintä. Keskuksen sisäiset komponentit tulee pienjännitekomponentteja lukuun ottamatta olla UL-recognized merkittyjä. Näitä komponentteja ei voi kentällä käyttää keskuksen ulkopuolella ilman erillistä UL-kenttätarkastusta.

## **4 KENTTÄLAITTEISTO**

Kenttälaitteistoon katsotaan kuuluvan kaikki järjestelmän osat, mukaan lukien ohjauskeskukset ja -paneelit. Näihin sovelletaan pääsääntöisesti NFPA79-standardia. Ohjauskeskusten ja -paneelien sisäisiin komponentteihin ja kytkentöihin keskitytään luvussa 5.

### **4.1 Tyypikilvet ja merkinnät**

Jokaisella koneella ja laitteistolla tulee olla oma nimikilpi, josta ilmenee valmistajan nimi, laitteen sarjanumero tai muu tunnistamismerkintä, vaiheiden määrä, jännite, taajuus, oikosulkuvirran maksimiarvo, suurimman moottorin ja kuorman virta sekä sähködokumentaation numero. Koneiden ja laitteiden tyyppi- ja varoituskilpien tulee olla selvästi näkyvillä käytön aikana. (4, s. 49.)

Kaikki laitteet tulee olla merkitty sähködokumentaatiota vastaavilla tunnisteluilla. Mikäli laitteistossa on vain yksi moottori ja ohjain, moottorin oma tyypikilpi riittää laitteiston nimikilpenä. Mikäli moottorin tai muun laitteen oma tyypikilpi jää asennuksessa piiloon, sille tulee asentaa lisäkilpi paikkaan, jossa se on helposti luettavissa. (4, s. 49.)

Sähköisille laitteistoille tulee asentaa riittävät varoitusmerkinnät mahdollisista sähkö- ja valokaarivaaroista. Teollisuuden koneiden ja laitteiden vaaramerkintöjen ulkoasu on määritetty ANSI Z535-standardisarjassa. (4, s. 49.)

### **4.2 Kaapelointi ja komponentit**

Kaapeleiden tulee olla käyttöpaikkaan ja -tarkoitukseen sopivia. Liikkuvien koneiden osien kaapeloinnin tulee täyttää NFPA79:n kohdan 12.7 vaatimukset. Kaapelit tulee asentaa tuettuna siten, etteivät ne pääse liikkuviin koneiden osiin. Kenttäkaapelointi tulee koko matkalta suojata mekaaniselta rasitukselta palamattomasta materiaalista valmistetulla suojakourulla, kaapelitiellä tai putkella. Suojaputkea käytettäessä tulee käyttää myös asianmukaisia läpivientejä koteloidille. (4, s. 42–44.)

Kaapelit ja johtimet tulee merkitä yksilöllisillä tunnuksilla, jotka vastaavat sähködokumentaation merkintöjä. Merkinnoissa voidaan käyttää kirjaimia, numeroita, värejä tai näiden yhdistelmiä. NFPA79 määrittää kohdassa 13.2 teollisuuden konejärjestelmissä käytettävien kaapeleiden johtimille värit käyttötarkoituksen mukaan. Ne on koottu taulukkoon 1. (4, s. 37, 43.)

*TAULUKKO 1. NFPA79:n määrittämät johdinvärit*

JOHDINVÄRI	KÄYTTÖ
Musta	AC vaihejohtimet, joissa syöttöjännite
Punainen	AC vaihejohtimet, joissa matalampi jännite kuin syöttöjännite
Valkoinen tai harmaa	AC nollajohtimet
Kirkas	TE-johtimet
Keltavihreä tai vihreä	Maadoitusjohtimet tai potentiaalin tasaus
Sininen (Control-piirissä)	DC vaihejohtimet
Valkoinen, jossa sininen raita(Control-piirissä)	DC nollajohtimet
Keltainen tai oranssi(Control-piirissä)	AC tai DC vaihejohtimet, jos jää jännitteiseksi pääkytkimen ollessa "OFF" asennossa
Valkoinen, jossa keltainen tai oranssi raita(Control-piirissä)	AC tai DC nollajohtimet, jos jää jännitteiseksi pääkytkimen ollessa "OFF" asennossa

Control- ja Power-piirien kaapelointi tulee erotella omiksi ryhmikseen, jotka tulee kaapeliteissä erotella toisistaan soveltuvilla jakajilla. Putkia ja letkuja, jotka käsittelevät nesteitä, kaasuja tai ilmaa, ei saa kuljettaa kaapeliteissä yhdessä sähkökaapeleiden kanssa. Samassa kaapelikourussa kulkevien kaapelien ja johtimien jännitteen keston tulee olla suurimman kourussa kulkevan jännitteen mukainen. (4, s. 33.)

Sähköisiä ohjauslaitteita ja komponentteja ei tule asentaa samaan koteloon tai asennusalaan öljyä, nesteitä tai ilmaa käsittelevien komponenttien, kuten venttiilien, kanssa. Poikkeuksena tähän katsotaan olevan laitteet ja laitteen osat, jotka on tarkoitettu jäähdyttämään sähkökomponentteja. (4, s. 33.)

### 4.3 Maadoitus

Kaikki johtavat osat, jotka eivät ole osana virtapiiriä ja jotka ovat kosketettavissa normaalin käytön, huollon tai säätöjen aikana, tulee olla maadoitettu. Jokaisella maadoitusjohtimella tulee olla oma kytkentäpiste. Maadoituspisteet ja liittimet tulee merkitä joko lyhenteillä GND, GRD, G tai kuvassa 3 näkyvällä IEC:n standardisoidulla maadoitussymbolilla. (4, s. 25.)



*KUVA 4. Maadoitusmerkki*

Jokaisella syöttöpiirikaapelilla tulee olla oma maadoitusliitin, joka sijaitsee vaihejohtimien kytkennän läheisyydessä. Keskukseen kenttäkaapeloinnin maadoitustermiinaalien tulee täyttää UL467 vaatimukset ja niiden tulee olla väriltään keltavihreät. Maadoitusliitimien tulee olla valmistettu kuparista ja ne tulee mitoittaa NFPA79 taulukon 8.2.2.3 mukaisesti. (4, s. 25.)

Järjestelmän maadoituspiirin jatkuvuus ei saa katketa missään tilanteessa. Maadoituspiiri ei saa sisältää kytkimiä, eikä yksittäisten laitteiden tai osien poistaminen saa vaikuttaa piirin jatkuvuuteen. Laitteiden osia, rakenteita tai kaapeliteitä ei tule käyttää osana maadoituspiiriä, vaan jatkuvuus tulee varmistaa liittimillä. Mikäli normaalit huolto- ja säätötoimet vaativat koneen osien siirtoa, tämä tulee pystyä tekemään irrottamatta osaa maadoituspiiristä. (4, s. 24–25.)

## 5 KESKUS

Järjestelmä voi sisältää useita ohjauskeskuksia ja paneeleita. Pääsääntöisesti UL508A sisältää tarkemmat vaatimukset keskusten sisäisille kytkennöille ja komponenteille. Yksittäiset kohdat, joissa Industrial Machinery vaatimukset poikkeavat UL508A vaatimuksista, on selkeästi mainittu standardissa.

### 5.1 Kotelointi ja TYPE-luokitus

Teollisuudessa käytettävien ohjauskeskusten ja -paneelien koteloinnin tulee täyttää UL508A:n ja NFPA79:n määrittelemät vaatimukset. Pohjois-Amerikkaan menevien keskusten koteloinnin tulee olla luokiteltu NEMA:n (National Electrical Manufacturers Association) laatimalla TYPE-luokituksella. TYPE-luokitus vastaa IEC-alueella käytettyä IP-järjestelmää mutta ei ole yhtenevä sen kanssa. IP-luokitus ei päde Pohjois-Amerikassa. Mikäli TYPE-arvoa ei ole kotelolle määritetty, katsotaan sen olevan silloin heikoin mahdollinen. TYPE-luokkia on 16, ne on määritetty UL50-standardin pykälässä 5.8. TYPE-luokkavaatimus riippuu asennuskohteesta ja -ympäristöstä. (5, s. 30–31.)

Keskuksen kotelon NEMA-luokitus ei yksinään riitä, vaan keskukselle tulee myös määrittää kokonaiskotelointiluokitus. Kokonaismuokitukseseen vaikuttavat kotelon lisäksi myös kaikki rungon lävistävät komponentit ja läpivientien tiivisteet. Esimerkiksi rungon lävistävä komponentti ilman NEMA-luokitusta määrittää keskuksen luokituksen TYPE1:ksi, oli kotelon luokitus mitä tahansa. UL-hyväksytyn keskuksen kokonaiskotelointiluokka merkitään keskuksen tyyppikilpeen muodossa UL TYPE x. (3, s. 181–188.)

### 5.2 Sähkönsyöttö

Syöttöjännitteen suuruuden lisäksi merkitsevää on myös sähkönsyöttötapa. Pohjois-Amerikassa sähkönsyötöt jaotellaan slash- ja straight-syöttöihin. Slash-syöttö on tähtikytkentä, jonka tähtipiste on kiinteästi maadoitettu. Tällöin piirikaavion sähkönsyötön määrittämisessä tulee olla maininta "For use on a solidly grounded wye source only". Tämän lisäksi keskuksen syöttöliittimet tulee olla selkeästi merkattu käytettäväksi vain tähtikytkentäisessä syötössä. (3, s. 65.)

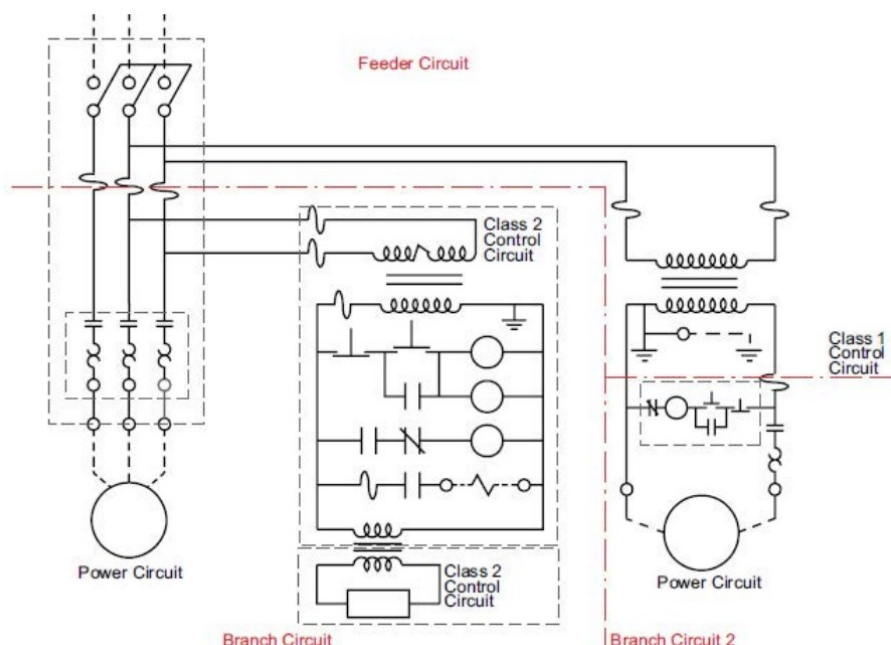


Straight-syöttöihin katsotaan kuuluvan kaikki muut syöttötavat kuten kolmiokytkennät ja maadoittamattomat tähtikytkennät. Komponentit tulee valita soveltuviksi käytössä olevaan syöttötapaan. Slash-kytkentään tarkoitettuja komponentteja ei tule käyttää straight-syöttötavan kanssa. (3, s. 67.)

Teollisuuden järjestelmät tulee varustaa ylijännitesuojauksella ulkopuolisia jännitepiikkejä, kuten salamointia, vastaan. Ylijännitesuojan tulee täyttää UL1449 vaatimukset ja se tulee kytkeä syötön jokaiseen maadoittamattomaan johtimeen. Mikäli ylijännitesuoja on loppukäyttäjän toimittama, sen tulee olla merkitty piirikaavion jännitteensyötön määritelmässä. (5, s. 73.)

### 5.3 Power-piiri

Power-piirit jakautuvat Feeder- ja Branch-piireihin kuvan 5 mukaisesti. Feeder-piirin komponentit toimivat päävirtakatkaisijoina, kytkiminä, katkaisijoina ja ylivirtasuojina. Feeder-piiriin kuuluu kuormasta katsoen viimeisen ylivirtasuojan ja syöttöliittimien välinen piiri. Branch-piiriin kuuluvat kaapelit ja komponentit kuormasta katsoen viimeisen ylivirtasuojan ja kuorman välillä. (3, s. 56)



KUVA 5. Feeder- ja Branch-piirit (3, s. 57)

Johtimien ja kiskostojen tulee olla valmistettu kuparista ja niillä tulee olla käyttötarkoituksen mukainen UL-hyväksyntä. Komponenttien tulee täyttää keskusten ulkoisia rajapintoja koskevat määräykset, jotka on määritelty UL508A taulukoissa 10.1 ja 10.2. Johtimet tulee liittää terminaaleihin ja liittimiin valmistajan antaman momentin mukaisesti. (5, s. 47–50.)

Power-piirin johdinkoot saadaan U508A taulukosta 28.1. Johtimien mitoitus lasketaan summaamalla kaikkien johtimien perässä olevien kuormien täyskuormavirta-arvo, jota verrataan taulukon arvoihin. Moottoreiden täyskuormavirta- arvot pystytään selvittämään taulukoista 50.1 ja 50.8. Moottoreita tai lämmittimiä sisältävän johdinpiirin virta-arvo kerrotaan 125 prosentilla. Johtimien poikkipinta-alan tulee kuitenkin olla minimissään 14 AWG eli 2,5 mm<sup>2</sup>. (5, s. 51.)

### **5.3.1 Feeder-piirin komponentit**

Kaikkien Feeder-piirin komponenttien tulee olla UL-hyväksyttyjä. Kompaktikatkaisijoiden, -kytkimien, erotuskytkimien ja johdonsuojakatkaisijoiden tulee olla UL489-hyväksyttyjä. Kytkinten ja sulakkeellisten kytkinten on oltava UL98-hyväksyttyjä, tämän lisäksi kytkinten sulakkeiden tulee olla UL248-hyväksyttyjä. (3, s. 52.)

Pääkatkaisijan mitoitus voidaan määrittää joko käyttämällä pääkatkaisijan kuormapuolen kaapeleiden tai kiskoston maksimivirta-arvoa tai summaamalla Branch-piirin suurimman ylivirtasuojan arvo, moottorikuormien täyskuormavirta-arvot sekä muiden kuormien nimellisvirrat kerrottuna 125 %:lla. (5, s. 52–53.)

Pääkytkimen virrankestoisuuden tulee olla vähintään 115 % moottorikuorman ja muiden kuormalähteiden nimellisvirran summasta, mikäli kuormana on enemmän kuin yksi moottori tai muu kuorma. Tämän lisäksi virrankeston tulee olla suurempi kuin moottorien lähtövirtojen summa sekä muiden kuormien nimellisvirtojen summa. (5, s. 53.)

Jokaisella syöttöpiirillä tulee olla oma pääkytkin. Pääkytkimen vääntökahva saa sijaita enintään 201 cm:n korkeudella. Mikäli keskuksessa on enemmän kuin yksi pääkytkin, nämä tulisi sijoittaa samaan paikkaan tai jokaisella kytkimellä tulee olla

merkintä muiden katkaisijoiden sijainnista sekä katkaistavasta piiristä. Kytkimen vääntökahvasta tulee ilmetä selkeästi ON- ja OFF-asennot. Vääntökahva tulee pystyä lukitsemaan OFF-asennossa myös keskuksen oven ollessa auki, jos keskus on osana työstökonejärjestelmää. (5, s. 53–54.)

Tietyt huollon ja järjestelmän toiminnan kannalta välttämättömät piirit voi jättää pääkytkimen ulkopuolelle. Näihin kuuluvat esimerkiksi tietyt turvapiirit ja piirit, jotka sisältävät toiminnan kannalta välttämättömiä komponentteja, joiden tulee säilyä jännitteisinä, kuten ohjelman tallennuslaitteet. Nämä piirit tulee asentaa erilleen muista piireistä joko erilliseen kytkentäkoteloon tai selvästi muuten eroteltuna. Myös kaapeloinnit ja johtimet tulee kuljettaa eroteltuna muista. Piirille tulee olla oma erillinen kytkin, ylivirtasuoja ja eristetty muuntaja. (4, s. 16–17.)

### **5.3.2 Branch-piirin komponentit**

Jokainen Branch-piiri tulee suojata omalla ylivirtasuojalla, joita mitoittaessa tulee ottaa huomioon suojattavan komponentin mahdolliset lisävaatimukset. Mikäli suojalaite ei ylitä 125 voltin jännitteellä 20:tä A tai 240, 480 tai 600 voltin jännitteellä 15:tta A voidaan sillä suojata useampaa kuin yhtä moottoria, joiden jokaisen täyskuormavirta on alle 6 A. Erillistä suojalaitetta ei tarvitse määrittää, jos käytössä on sisäisellä ylivirtasuojauksella varustettu taajuusmuuttaja tai yhdistelmämoottorisuojakytkin. (5, s. 54–56.)

Ylivirtasuoja voidaan mitoittaa komponentin valmistajan antamien rajoitusten mukaan tai UL508A taulukosta 30.1 löytyvien komponenttikerrointen avulla. Kerroinarvo valitaan komponentin ja moottorin täyskuormavirta-arvon mukaan. Moottorin teholumen vastavavan täyskuormavirta-arvon arvot ovat taulukoissa 50.1 ja 50.1. Virta-arvot eivät kuitenkaan saa ylittää komponentin valmistajan antamia raja-arvoja. Taajuusmuuttajakäytöissä ylivirtasuoja mitoitetaan taajuusmuuttajan valmistajan ohjeistuksen mukaan tai aiemmin mainitun komponenttikertoimen avulla. (5, s. 56.)

Mikäli piirissä on muutakin kuormaa moottorin lisäksi, tulee sille olla oma suojalaitteensa. Pistorasian suojalaite voidaan mitoittaa pistorasian virta-arvon mukaan. Lämmittimen ylivirtasuoja saa olla enintään 60 A. Piirien, joiden

kuormana on valaisimia, suojalaitteen maksimi virta-arvo on yleisesti 20 A. Poikkeuksena HEAVY DUTY-merkityt valaisimet, joiden suojalaite voi olla 50 A. Ylivirtasuojan virta-arvo ei saa ylittää johtimien maksimi virta-arvoa. (5, s. 59–60.)

#### **5.4 Control-piiri**

Control-piirillä tarkoitetaan ohjausvirtapiiriä, joka saa virtansa Power-piiristä erillisestä ohjausjännitemuuntajasta tai virtalähteestä. Ohjausvirtapiirinä voi olla vaihto- tai tasajännitteinen piiri, jonka virta-arvo on yleisesti rajoitettu alle 15 A. Control-piirillä syötetään logiikoita, antureita ja muita pienjännitekomponentteja sekä ohjataan moottoreita. Johdinmateriaaleihin pätevät Control-piirissä samat määräykset kuin Power-piireissä. (5, s. 13, 74.)

UL508A luokittelee Control-piirit kolmeen ryhmään käyttöjännitteen mukaan: Class 1 ja 2 sekä LVLVE-piireihin. Class 2-piirin jännitelähteenä toimii muuntaja tai virtalähde, jonka jännite on maksimissaan 30 V<sub>rms</sub>. UL-hyväksytyjen komponenttien käyttäminen ei ole välttämätöntä Class 2-piirissä. Tämä mahdollistaa kustomoitujen komponenttien ja piirikorttien käytön. Näiden tulee kuitenkin olla merkitty soveltuvaksi vain Class 2-piireihin. (5, s. 13, 83–84.)

LVLVE-piirin (low-voltage limited energy circuit) jännitteen tulee olla rajoitettu enintään 30 VAC:iin tai 60 VDC:iin. Jännitelähteenä voi toimia paristo tai muuntaja, jonka tulee olla UL5085-1-vaatimusten mukainen. UL508A määrittelee muuntajan toisiopuolen ylivirtasuojan mitoituksen taulukossa 43.1. NFPA79:ssä ja NFPA70:ssä ei ole määritelmää LVLVE-piirille, joten keskuksen ulkopuolella näiden katsotaan olevan Class 1-piirejä. (5, s. 82.)

#### **5.5 SCCR-oikosulkuvirta**

Lukuunottamatta erikseen UL508A:ssa mainittuja poikkeuksia jokaiselle keskuksen komponentille tulee olla määritelty oikosulkuvirta-arvo, joka on ilmoitettava ampeereina tai kiloampeereina. Mikäli komponentissa ei ole oikosulkuvirta-arvoa mainittu, se määritetään UL508A taulukosta SB4.1. Poikkeuksiin kuuluvat muuntajat, virtamuuntajat, kondensaattorit, vastukset, volttimittarit, S-tyyppin kontaktorit sekä tähtikolmio-ohjaimet. Näiden lisäksi

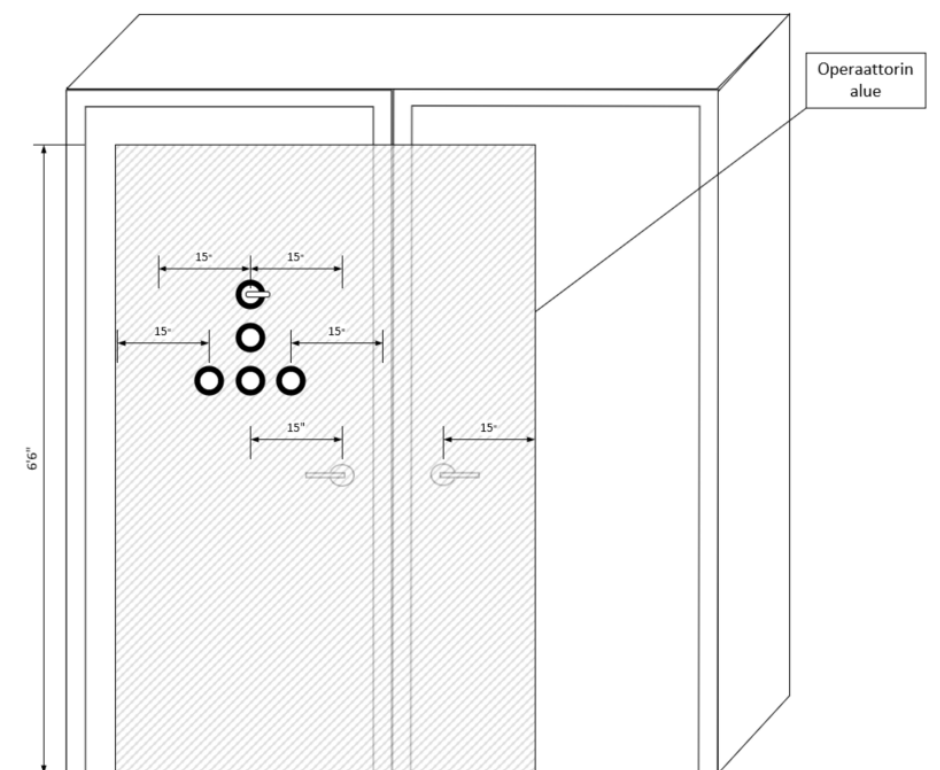
komponenteilta, jotka sijaitsevat sisäisesti ylivirtasuojatun taajuusmuuttajan kuormapuolella, ei vaadita oikosulkuvirta-arvoa. (5, s. 159–160, 169.)

Keskukselle vaaditaan ilmoitettavaksi kokonaisoikosulkuvirta-arvo, joka on kerrottava keskuksen tyyppikilvessä. Tämä on sama kuin heikoin määritellyistä komponenttien oikosulkuvirta-arvoista. (5, s. 159–160, 169.)

## **5.6 Ilmanvaihto**

Keskuksen tuulettimen tulee olla mallista riippuen UL507-, UL508- tai UL1004-1-hyväksytty. Tuulettimen etusuojan valintaan vaikuttaa tuulettimen ja sen moottorin malli. Yleisesti tuulettimen tulee olla UL489-hyväksytty. ”Thermal protected” -merkityn tuulettimen etusuoja tulee olla UL1004-3-hyväksytty. Mikäli tuulettimen moottori on ”Impedance Protected”, se vaatii UL1004-2-hyväksytyn etusuojan. (5, s. 33–46.)

Ilmanvaihdon ulostulokanavien ilmanvirran ei tule suuntautua suoraan operaattorin käyttämälle alueelle, tämä näkyy kuvassa 6. Operaattorin alueelle sijoitettujen ulostulokanavien ilmavirta on ohjattava erillisillä ilmanohjaimilla vähintään 90°:n kulmassa pois päin operaattorista. (5, s. 34–35.)



*KUVA 6. Operaattorin alue keskuksen läheisyydessä*

Operaattorin alueeksi katsotaan kuuluvan sivusuunnassa halkaisijaltaan 30 tuuman levyinen alue kaikista operaattorin käyttämistä ohjaimista, näytöistä tai katkaisijoista. Pystysuunnassa operaattorin alue jatkuu seinään asennetun laitteiston keskuksen koko korkeuden ja lattialle asennetun keskuksen kanssa 6,6 jalkaan asti. (5, s. 34–35.)

## 5.7 Tyypikilvet ja merkinnät

Jokaisella keskuksella ja ohjauspaneelilla tulee olla asianmukainen tyypikilpi, joka tulee olla havaittavissa keskuksen ovea tai suojia avaamatta. Tyypikilvestä tulee selkeästi ilmetä valmistajan nimi ja tuotantotilojen sijainti, keskuksen kaikkien syöttöjen jännite ja nimellisvirta, taajuus, suurimman moottorin ja lämmittimien virta-arvo, kokonaisoikosulkuvirta-arvo, tuote- tai sarjanumero, sähködokumentaation numero ja TYPE-luokitus. Näiden lisäksi teollisuuden koneiden ohjauspaneeleissa ja -keskuksissa tulee olla lisämaininta ”Industrial control panel for Industrial Machinery”. Tyypikilpien tulee olla kaiverrettuja tai painettuja ja niiden kiinnittämiseen voidaan käyttää liimaa, ruuveja tai niittejä.

Kiinnitystavassa tulee ottaa huomioon sen vaikutus keskuksen TYPE-luokitukseen. (5, s. 93.)

NFPA79 määrittää lisävaatimuksena koneiden ohjauspaneeliin ja -keskuksiin lisättävän erillisen varoitusmerkinnän sähköiskujen ja valokaarien mahdollisuudesta. Varoitus- ja huomiomerkkien tulee ulkoisesti olla ANSI Z535-standardien vaatimusten mukaisia. Varoitus- ja huomiomerkintöjen tulee sijaita selkeästi havaittavissa paikoissa, siten ettei niitä voida irrottaa käytön aikana. (4, s. 16, 49.)

## 6 DOKUMENTAATIO

Laitteiston dokumentaation tarkoituksena on antaa riittävät tiedot asennukseen, käyttöön ja huoltoon. Dokumentaatiossa tulee mainita normaalit toimintatavat ja olosuhteet, tiedot sähkön syötöstä ja asennusympäristövaatimuksista sekä käsittely-, kuljetus- ja varastointitavoista. Tämän lisäksi tulee olla käsiteltynä laitteiston sopimaton käyttäminen. (4, s. 49.)

Dokumentaatio on toimitettava piirustuksina, kaavioina, taulukkoina ja grafiikkoina, joiden on sisällettävä asianmukaiset ohjeet. Järjestelmän valmistajan vastuulla on, että koneet ja järjestelmät toimitetaan riittävien dokumentaatioiden kanssa. Tämä tulee erityisesti ottaa huomioon, jos järjestelmä sisältää kolmansien osapuolien valmistamia sähkölaitteita, kuten ohjauskeskuksia. Dokumentaatio voidaan toimittaa sähköisenä tai fyysisenä tulosteena. Tätä ei ole eritelty standardeissa vaan siitä tulee sopia loppukäyttäjän ja valmistajan välillä. (3, s. 290.)

Pääsääntöisesti englannin katsotaan olevan dokumentaation kielenä riittävä. Toisinaan kuitenkin vaaditaan toisen kielen, kuten ranskan tai espanjan lisäämistä. Tämä tulee tarkistaa loppukäyttäjältä ja ottaa huomioon dokumentaation lisäksi koneiden ja laitteiden tekstilivissä. Väärinymmärrysten välttämiseksi tulee huomioida, että standardeissa käytetyillä ilmaisuilla saattaa olla eri merkitykset amerikanenglannissa kuin brittienglannissa. (3, s. 290.)

Järjestelmän dokumentaation tulee soveltuvin osin noudattaa NFPA79 kohdan 17 vaatimuksia, jotka on koottu taulukkoon 2. Sähködokumentaatioissa tulee olla selkeä kuvaus järjestelmästä ja laitteistosta sekä viittaus sähkönsyöttövaatimuksiin. (4, s. 50.)



TAULUKKO 2. NFPA79 dokumentaatiovaatimukset (3, s. 292)

Information/Documents	Comments
Clear and comprehensive description of the equipment. Including installation, mounting, and connecting to the electrical supply (or supplies)	-
Requirements for the electrical supply	-
Overview diagrams, block diagrams	If appropriate and applicable
Information on: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programming</li> <li>• Sequence of operation</li> <li>• Frequency of inspections</li> <li>• Frequency and methods of function tests</li> <li>• Adjustments, maintenance, and repair</li> <li>• Interconnection diagrams</li> <li>• Industrial control panel layout</li> <li>• Manual with instructions and servicing information</li> <li>• Required ambient conditions (e.g. lighting, vibration, noise levels, atmospheric contaminants)</li> </ul>	Where appropriate and applicable
Description of the safety monitoring features, interacting functions, and function interlocking	-
Description of the safety monitoring measures if the primary safety functions are overridden (e.g. manual programming, program verification)	-
Information for safety lockout procedure	-
Explanation of unique conditions/terms	-
Parts list and list of recommended spare parts	-
Maintenance instructions and adjustment procedure	-
Reference information for: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubrication diagrams</li> <li>• Pneumatic diagrams</li> <li>• Hydraulic diagrams</li> <li>• Diagrams for miscellaneous equipment (coolant, refrigerator, etc.)</li> </ul>	If relevant and applicable

UL508A määrittelee vaatimukset ohjauskeskusten ja -paneelien dokumentaatioille. UL-sertifioidulla keskusvalmistajalla tulee olla käytössään riittävän yksityiskohtaiset ja selkeät piiri-, asennus- ja johdotuskaaviot keskusta valmistettaessa. Dokumentaatiosta tulee käydä ilmi selkeästi kaikki käytetyt komponentit ja niiden tulee vastata valmistettua keskusta. Mikäli keskuksen dokumentaatio sisältää viittauksia kenttäkomponentteihin, niiden tulee olla selkeästi merkattu ja vastata liitintietoja. (5, s. 102.)

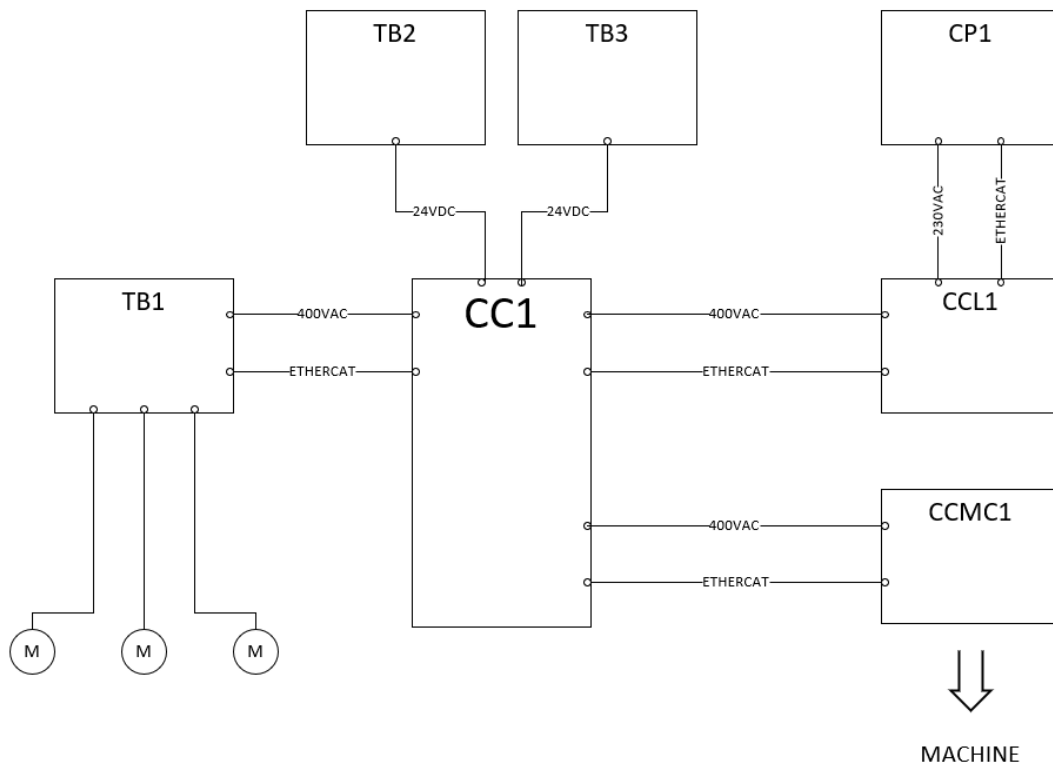
## 7 FPC-KESKUSTEN TARKASTELU

Fastemsin FPC-järjestelmä yhdistetään toimimaan asiakkaan työstökoneiden kanssa. Modulaarinen järjestelmä koostuu yhdestä tai kahdesta latausasemasta, hissistä ja työstöpalettien varastopaikoista, kuten kuvan 7 mallikuvassa.



*KUVA 7 FPC-järjestelmä (1)*

FPC-järjestelmä sisältää kuvan 8 mukaisesti pääkeskuksen ja useita ohjauskeskuksia. Keskusten komponenttien ja sisäisten kaapelointien mitoitus tarkistettiin työssä aikaisemmin käsiteltyjen standardien mukaisesti. Tarkastelussa havaittiin yksittäisiä muutostarpeita.



**KUVA 8. FPC-järjestelmän keskukset**

Järjestelmän kaapeloinnit eivät täyttäneet Power-piirien osalta kaikilta osin UL508A:n minimi poikkipinta-alavaatimuksia. Esimerkiksi nykyisillä moottorikuormilla TB1:n osalta Feeder-piirien johdinten poikkipinta-ala tulisi olla AWG10. Minimi poikkipinta-alat laskettiin moottorien täyskuormavirtojen perusteella luvun 5.3 laskutavan mukaisesti. Johdinmerkinnöissä ja -väreissä ei havaittu muutostarpeita.

Tarkastelussa huomattiin muun muassa hissien ryhmäkeskuksen pääkatkaisijan olevan UL508-hyväksytty. Tämä tulisi vaihtaa UL98-hyväksytyksi. Komponenttien mitoitus tarkastettiin luvun 5 mukaisesti, näissä ei havaittu huomautettavaa. Ulkopuolisilta jännitepiikeiltä suojaava UL1449-hyväksytty ylijännitesuojaus puuttuu järjestelmän jännitteen syötöstä. Mikäli loppukäyttäjä ei järjestä erikseen järjestelmälle ylijännitesuojasta, tämä tulisi lisätä pääkeskuksen jännitteensyöttöön.

Control-piirien komponentit ja kaapeloinnit ovat standardien mukaisia. Järjestelmä sisältää erilliset lastuamispumppujen liitäntäkotelot TB2 ja TB3,

joiden katsotaan olevan NFPA79:n mukaisia Class 2 Control-piirejä. Nämä tulisi merkitä sähködokumentaatioissa lisämaininnalla "Class 2 circuit".

Tarkastelussa käytiin läpi jokaisen komponentin oikosulkuvirta-arvo. Näiden perusteella määritettiin keskuksen kokonaisoikosulkuvirta-arvo 5 kA. Tämä merkitään keskuksen tyyppikilpeen.

Keskusten tyyppikilpien malleissa on ollut vaihtelevuutta. Tähän tehtiin tarkemmat ohjeistukset, jotka täyttävät UL-vaatimukset. Keskusten tyyppikilvet ohjeistetaan kiinnittämään liimaamalla, jotta vältetään keskuksen rungon lävistävien ruuvien vaikutus kokonaiskoteloitiluokkaan.

Sähkösuunnittelun kannalta FPC-järjestelmän keskukset ovat suhteellisen pienillä muutoksilla mahdollista yhdenmukaistaa soveltumaan sekä IEC- että UL-markkinoille. Havaituista muutostarpeista on lähetetty aliurakoitsijalle kustannusarviopyynnöt. Aikataulullisista syistä kustannusarvioita ei saatu liitettyä työhön, joten pohdinta jää tältä osin vajavaiseksi.

Päätökseen yhden yhdenmukaistetun ja kahden erillisen standardikohtaisen keskuksen käyttämisen välillä vaikuttavat komponenttikustannusten lisäksi myös ostoon, logistiikkaan ja tuotantoon liittyvät asiat. Lopulliset erot kustannuksissa vaihtoehtojen välillä ja vaikutukset tuotantoon vaatisivat laajemman selvityksen.

## 8 POHDINTA

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Standardit ovat laajoja ja monin paikoin vaikeatulkintaisia ristikkäisyyksien ja poikkeuksien vuoksi. Työ pyrittiin tekemään selkeäksi ja helposti luettavaksi, jolloin siitä olisi mahdollisimman paljon hyötyä suunnittelutyötä tehdessä.

Yksi suurimmista haasteista oli rajata työtä laajenemasta liian yksityiskohtaiseksi. Rajaamisen lisäksi termistön kääntäminen tuotti haasteita. Suureksi avuksi standardien tulkinnassa oli Siemensin manuaali UL-markkinoille tarkoitetuista teollisuuden ohjauspaneeleista.

Ymmärrys käsitellyistä standardeista kasvoi työn kuluessa huomattavasti. Standardien laajuuden ja monipuolisuuden vuoksi on lähes mahdoton kattaa kokonaisuutta täydellisesti. Työn aikana kuitenkin kehittyi taito hahmottaa kokonaisuuksia ja löytää tarvittava tieto oikeasta standardista. Yksityiskohtien muistaminen vaatii toistoja ja opitun tiedon soveltamista käytännön työssä.

IEC- ja US-standardien eroavaisuudet voivat monin paikoin aiheuttaa hankaluutta suunnittelutyötä tehdessä. Etenkin pohjatyö yksityiskohtien selvittämisessä vaatii tarkkuutta ja aikaa. Erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota, että kaikki komponentit ovat UL-hyväksytyjä. Tämän lisäksi kotelointiluokkien kanssa tulee olla tarkkana suunnittelutyötä aloittaessa.

Tätä työtä olisi voinut jatkaa vielä yksityiskohtaisemmaksi ja monipuolisemmaksi esimerkiksi luomalla laskukaavoista ja soveltuvista komponenteista erilliset tiedostot. Työn tarkoituksena oli kuitenkin keskittyä vain Fastemsin järjestelmissä tällä hetkellä havaittuihin muutostarpeisiin, joten se ei kata kaikkia IEC- ja UL-standardien eroavaisuuksia.

## LÄHTEET

1. Fastems Oy. Saatavissa: <https://www.fastems.com>. Hakupäivä 29.12.2021.
2. Siemens Oy 2011. The Secrets of UL. Saatavissa: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a686815a-81f2-4419-bbea-2c2fb5e4b0ab/segredos-da-ul.pdf>. Hakupäivä 24.9.2021.
3. Siemens Oy 2014. Industrial Control Panels and Electrical Equipment of Industrial Machinery for North America. A guide for practical use. Saatavissa: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6826bcbd-f0a9-476b-bef9-9ab23763f167/controlpanelna-guideline-icp-us.pdf>. Hakupäivä 24.9.2021.
4. NFPA 79. 2015 edition. Electrical Standard for Industrial Machinery. Uusin versio saatavissa: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=79>. (Maksullinen)
5. U508A. 2018. Standard for Industrial Control Panels. 3rd edition. Saatavissa: <https://standardscatalog.ul.com/ProductDetail.aspx?productId=UL508A>. (Maksullinen)
6. Underwriters Laboratories. Saatavissa: <https://www.ul.com/about/history>. Hakupäivä 24.9.2021.
7. Underwriters Laboratories. UL Recognized Component Marks: What code authorities need to know. Saatavissa: [https://code-authorities.ul.com/wp-content/uploads/2014/04/ul\\_RecognizedComponentMarks.pdf](https://code-authorities.ul.com/wp-content/uploads/2014/04/ul_RecognizedComponentMarks.pdf). Hakupäivä 13.10.2021.
8. Underwriters Laboratories. UL Mark Artwork. Saatavissa: <https://marks.ul.com/about/ul-listing-and-classification-marks/downloadable-ul-marks/>. Hakupäivä 13.10.2021.