

Veitsiluodon kanavapumppaamon sähköistysuunnitelma

Tomi Koivisto

Teollisuuden ja luonnonvaran osaamisalan opinnäytetyö
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Chrome Oy:tä mahdollisuudesta tehdä Kemin kaivokselle opinnäytetyö. Työn aihe oli haastava ja mielenkiintoinen. Erityisesti haluan kiittää Kari Hastia työnaiheesta ja sen ohjauksesta sekä koko Kemin kaivoksen sähkökunnossapidon henkilökuntaa hyvästä työilmapiiristä. Lisäksi kiitos opinnäytetyön ohjaajalle Jaakko Etolle.

Kemissä 18.9.2014

Tomi Koivisto

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Tomi Koivisto
Opinnäytetyön nimi:	Veitsiluodon kanavapumppaamon sähköistysuunnitelma
Sivuja (joista liitesivuja):	129 (45)
Päiväys:	18.9.2014
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	DI Jaakko Etto Lapin AMK Kari Hast Outokumpu Chrome Oy
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa Kemin Kaivoksen Veitsiluodon kanavapumppaamon vanhan sähkökeskuksen tilalle uusi nykystandardit täyttävä keskus. Vanha keskus ei enään täytä nykyajan sähköturvallisuusstandardeja.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa tutustuttiin kojeistoihin ja kojeisiin, oikosulkuvirtaan sekä keskuksen-, kojeiden- ja kaapeleidenmitoitukseen. Materiaalina käytettiin Kemin kaivoksen sisäisestä verkosta löytyviä dokumentteja, kirjallisuutta, ABB:n TTT-käsikirjoja sekä internetistä löytyviä tietoja. Työssä on viitattu myös SFS-käsikirjoista löytyviin standardeihin.</p> <p>Työssä suunniteltiin keskuksen hankintaa ja myöhempää toteutusta varten pääkaavio sekä piiri- ja johdotuskaaviot keskuksen lähdöistä. Kaikki keskuksen sähkökuvat päivitettiin ja piirrettiin suunnitteluohjelmaa käyttäen. Uuden keskuksen komponenteista kirjattiin Exel- taulukot, joiden perusteella keskusvalmistaja kojeistaa keskuslähdöt. Opinnäytetyössä tutustuttiin myös käyttöönoton yhteydessä tehtävistä tarkastuksista ja mittauksista.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntynyt suunnitelma toimitettiin kaivokselle ja sen pohjalta tilaaja määrittelee mahdollisen investointitarpeen ja ajankohdan.</p>	
Asiasanat: sähkökeskus, mitoitus, käyttöönottotarkastus	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and Natural Resources

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Tomi Koivisto
Thesis title:	Veitsiluoto Pumping Station Electrification
Pages (of which appendixes):	129 (45)
Date:	18 September 2014
Thesis instructor(s):	Jaakko Etto, M.Sc (Tech.) Kari Hast, Outokumpu Chrome Oy
<p>The aim of this study was to design and dimension a new electric center to meet the modern standards by replacing an old electric center for a Veitsiluoto pumping station owned by Kemi Mine. The old center no longer meets electrical safety standards.</p> <p>One part of this study involved learning to understand the relevant apparatus and instruments, short-circuit current, as well as the dimensioning of the center, instruments and cables. The material was gathered from documents of Kemi Mine, from literature, from the ABB TTT-handbooks and from the internet. Also manuals of SFS-standards were utilized in the thesis. This study also comprised, for the purpose of acquisition and execution of the center, the planning of the main chart and the circuitry and wiring of center outputs. The drawings were updated and drawn with AutoCad application. For this study, the instructions on commissioning inspections and interpreting have also been covered.</p> <p>Thesis final result of the plan is exported to the Kemi Mine and from the basis of the plan the orderer will define the possible need of this investment and timetable.</p>	
Keywords: Motor Control Center, renovation, commissioning inspection	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 KEMIN KAIVOS	9
3 KOHTEEN KUVAUS	11
4 TUOTANTOLAITOSTEN SÄHKÖKESKUKSET	14
4.1 Dokumentaatio	14
4.2 Mekaaninen rakenne ja merkinnät	15
4.3 Kotelointiluokka.....	15
4.4 Suojaus sähköiskulta	16
5 OIKOSULKUVIRRAT	18
5.1 Oikosulkurasitukset.....	18
5.2 Oikosulkukestävyys ja sen määrittäminen	20
6 OIKOSULKUSUOJAUS	21
6.1 Tulppa- ja kahvasulake	21
6.2 Koordinaatioluokat.....	23
6.3 Johdonsuojakatkaisija	23
6.4 Katkaisijat	25
6.5 Selektiivisyys	26
7 KAAPELIN MITOITUS.....	27
7.1 Kaapelin valintaperusteet	27
7.2 Perusteet johdon kuormitettavuudelle.....	28
7.3 Johtojen kuormitettavuustaulukot ja asennustavat.....	29
7.4 Asennustavasta johtuva korjauskerroin	31
7.5 Kosketusjännitesuojaus	35
8 TEOLLISUUDEN MAADOITUKSET	37
8.1 Maadoituksen tarkoitus	37
8.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne ja EMC- suojaus.....	38
8.3 Maadoituskiskot ja potentiaalintasausjohtimet	39
8.4 Rakennukset, rungot ja muut rakenteet.....	40
9 KOMPONENTTIEN VALINTA.....	41

9.1 Kytkinvaroke.....	41
9.2 Kontaktorit	41
9.3 Lämpöreleet.....	42
9.4 Vikavirtasuojakytkin	45
9.5 Turvakytkin	46
9.6 Simocode PRO V	46
9.7 SATEL- Radiomodeemi.....	49
9.8 SENTRON PAC 3200	51
10 JAKOKESKUKSET	52
10.1 Kennokeskus	52
10.2 Kennokeskuksen sisäinen sähköjakelu	54
10.3 Kaappikeskus	54
10.4 Johdotus ja liitännät	54
11 MOOTTORILÄHDÖN MITOITUS.....	56
12 VÄYLÄOHJATUT MOOTTORILÄHDÖT	59
12.1 Logiikkaohjaukset.....	60
12.2 Ohjelmoitavan logiikan rakenne	62
12.3 Ohjelmoitavan logiikan valinta	64
12.4 Profibus-väylän rakenne- ja kaapelointi	65
13 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	70
13.1 Aistinvarainen tarkastus	70
13.2 Suojamaan jatkuvuusmittaus.....	71
13.3 Eristysresistanssimittaus	71
13.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus.....	73
13.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaus	73
13.6 Tarkastuspöytäkirja.....	74
14. UUDEN KESKUKSEN SUUNNITTELU	75
14.1 Keskuksen mitoitus	75
14.2 Rakenne.....	77
14.3 Kojeistojen kiskot ja komponentit	78
14.4 Kaapeleiden kytkeminen kojeistoon	79
14.5 Turvallisuus.....	80
15 POHDINTA	81
LÄHTEET.....	82
LIITTEET	84

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

I_{cw}	Terminen nimelliskestovirta
I_{pk}	Dynaaminen nimelliskestovirta
I_{cf}	Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta käytettäessä sulaketta
I_{cc}	Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta käytettäessä katkaisijaa

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön kohteena on Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivoksen Veitsiluodon kanavapumppaamon sähkökeskus ja sen mahdollinen uusinta tulevaisuudessa. Keskus on vanhanmallinen kotelokeskus ja se on asennettu 1970-luvulla. Kanavalta pumpataan rikastamon prosessin tarvitsema käyttövesi, jos selkeytysaltaiden käyttövesipumput jostain syystä rikkoontuvat tai ovat huollettavana. Kanavapumppaamon keskuksen uudistamisella pyritään lisäämään käyttövarmuutta rikastamolla ja ennen kaikkea parantamaan turvallisuutta, joka on tärkeässä asemassa Kemin kaivoksella.

Tavoitteena on aluksi perehtyä aiheeseen ja päivittää keskuksen liittyvä dokumentointi. Selvitystyö tehdään olemassa olevia piirustuksia ja merkkauksia hyväksikäyttäen, lisäksi myös paikan päällä tehtävien tarkastusten perusteella. Uuden keskuksen suunnittelu on mahdollista toteuttaa, kun lähtöluettelot ja merkinnät ovat ajantasalla.

Työn aihe tuli ajankohtaiseksi, kun kanavapumppaamon vanha kennokeskus vaati päivitystä uudempaan ja turvallisempaan keskusmalliin nykystandardien vaatimalle tasolle. Sijointipaikka keskukselle tulee pysymään samana, joten tavoitteena on tarkastella myös keskukselta syötettävien prosessilaitteiden kaapelointien kuntoa ja niiden mahdollista käyttöä myös uusissa keskuslähdeissä.

Keskus sisältää suurimmaksi osaksi prosessin moottorilähtöjä ja yleissähkölähtöjä, mutta sisältää myös hieman heikkovirtajärjestelmiä. Kanavapumppaamolla sijaitsee myös 20kV muuntaja, mutta tämä työ rajattiin koskemaan vain prosessikeskusta. Opinnäytetyössä käydään läpi myös käyttöönottoon liittyviä tarkastuksia ja mittauksia. Uuden keskuksen suunnittelun jälkeen tilaajalla on mahdollista lähettää tarjouspyyntö ABB:n keskusvalmistajalle, koska heidän valmistamia keskuksia kaivoksella pääasiassa on ja kaivoksen keskusvarastolta löytyy kyseisiin keskuksiin varaosia hyllystä.

2 KEMIN KAIVOS

Kemin kaivos on EU-alueen ainoa kromikaivos ja se on osa Tornion tehtaiden integroitua tuotantoketjua. Kaivos takaa Outokummulle kromi raaka-aineen, joka tekee teräksestä ruostumattoman, saannin pitkälle tulevaisuuteen kilpailukykyisellä hinnalla. Kemin kaivos nostaa Outokummun omaan luokkaansa, koska yhdelläkään muista ruostumattoman teräksen valmistajista ei ole omaa kromikaivosta ja ferrokromituotantoa. (Outokummun sisäinen intranet 2014 a, Hakupäivä 8.10.2014.)

Tämänhetkinen malmintuotanto on 2,4 miljoonaa tonnia vuodessa. Kun todennettuja malmivaroja on 50 miljoonaa tonnia ja lisäksi vielä tutkimattomia mineraalivarantoja 98 miljoonaa tonnia, on toiminnan jatkuvuus taattu. Työolosuhteiden kehittämiseen ja turvallisuustyöhön on Kemin kaivoksella panostettu, ja kaivoksella pyritään myös siihen, että toiminnan vaikutukset ympäröivään luontoon olisivat mahdollisimman vähäiset. Ympäristön tilaa seurataan jatkuvasti, ja maanalaisen kaivostoiminnan pölypäästöt ovat minimaalisia ja metallipäästöt pieniä. Rikastamon prosessissa ei käytetä vaarallisia aineita, vaan rikastaminen perustuu painovoimaan. (Outokummun sisäinen intranet 2014 a, Hakupäivä 8.10.2014.)

Kaivoksen historia:

- **1959**

Kromimalmiesiintymä löytyi. Lautiosaarelainen sukeltaja Martti Matilainen löysi kromiittilohkareet kesällä 1959 Veitsiluodon Kemin tehtaille johtavan makeavesikanavan tuntumasta.

- **1964**

Kaivoksen perustamispäätös. Outokumpu teki päätöksen Kemin kromiesiintymän hyödyntämisestä syksyllä 1964. Tämän jälkeen alettiin tutkia ferrokromitehtaan sijoituspaikkaa, ja riittävän suuri maa-alue saatiin Tornion Röyttästä. Sijoituspaikan valintaan vaikutti oleellisesti Röyttässä sijaitseva satama.

- **1965**

Toukokuussa 1965 Kemin kaivoksen koerikastamon valmistelutyöt pantiin käyntiin.

- **1966**
Ensimmäinen räjäytys tehtiin Kemin kaivoksella Elijärven louhoksella tammikuussa 1966.
- **1967**
Louhinta aloitettiin vuonna 1967, ja malmin määrä saada n. 70 000 tonnia. Murskaamon perustustyöt aloitettiin elokuussa 1967. Myös ferrokromitehtaan rakennustyöt aloitettiin keuhällä 1967.
- **1968**
Kemin kaivos avattiin. Samana vuonna käynnistyi myös ferrokromitehdas. Ensimmäinen ferrokromiuunin sulanlasku tapahtui elokuussa 1968.
- **1984**
Kemin kaivoksen palarikastamo valmistui ja uuden tuotteen, palarikasteen, valmistus aloitettiin.
- **1985**
Toinen ferrokromiuuni (VKU2) otettiin käyttöön.
- **1989**
Sintraamo 2 käynnistyi. Tuotanto nousi tästä syystä 160 000 tonnista 260 000 tonniin vuodessa
- **1999**
Kaivoksen laajennukset maan alle käynnistettiin.
- **2001**
Vinotunneli nostokuilun pohjalle valmistui.
- **2003**
Maanalaisen malmin murskaus ja nosto käynnistyivät.
- **2006**
Maanalaisen kaivoksen rakentamisprojekti valmistui, ja siirryttiin kokonaan maan alle. Kaivoksen avolouhinnan aikakausi päättyi.
- **2010**
Ferrokromin tuotantokapasiteetin laajennusprojekti alkoi.
- **2013**
Kesäkuussa 2013 vietettiin ferrokromin tuotantokapasiteetin laajennusprojektin vihkiäisiä. Kemin kaivoksen malmintuotanto on nyt 2,7 miljoonaa tonnia vuodessa, ja ferrokromin tuotantokapasiteetti 530 000 tonnia vuodessa. (Outokummun sisäinen intranet 2014 a, Hakupäivä 8.10.2014.)

3 KOHTEEN KUVAUS

Vanha pumppuaseman keskus 4EE06 sijaitsee Veitsiluodon makeavesikanavan vieressä. Keskukseen on aikojen saatossa tehty muutoksia, kuten 80-luvulla keskuksen loppuosaa on laajennettu Strömbergin hieman uudemmilla kojeistoilla muutaman lisäkennon verran, jotka näkyvät kuvassa 1. Kaikkia muutoksia ei ole dokumentoitu keskuksen sähkökuviin, joten lähtöjen selvittämisessä oli omat haasteensa.



Kuva 1. Sähkökeskus 4EE06.

Keskusta syötetään 20kV/400V pumppuaseman muuntajasta, joka saa syöttönsä kaivoksen 110/20kV:n muuntoasemalta. Keskukseen tuleva syöttökaapeli on tyypiltään ja kooltaan MCMK 3x185+90. Pääkytkimenä keskuksessa on erillinen kolminapainen kytkin, jonka nimellisvirta on 500A.

Keskus on varustettu koteloidulla kiskostolla ja jokainen sulake, koje ja riviliitin on myös kotelokeskusrakenteen sisällä. Syöttökennojen jännitteellisten osien kosketussuojaus ei ole tämän päivän standardien mukainen ja aiheuttaa näin vaarallisen työympäristön siellä työskenteleville henkilöille, kuten kuvista 2 ja 3 on huomattavissa.



Kuva 2. Syöttökaapelin kytkentä virtakiskoihin.



Kuva 3. Yhden kahvasulakelähdön sisältö.

Pumppuasemalta pumpataan kanavan vettä rikastamolle, jos selkeytyslaitaiden vedenpumppaus jostain syystä katkeaa. Vettä pumpataan tarvittaessa rikastamon prosessiin kahdella 110kW oikosulkumoottorilla, jotka näkyvät kuvassa 4. Normaalitilanteessa pumppuasemalta pumpataan vain talviaikana sulanapitopumpulla 999 hieman vettä, jotta putkilinja pumppaamolta rikastamolle pysyy sulana. Kaivos on velvollinen maksamaan kulutuksen mukaan kanavalta pumpatusta vedestä.



Kuva 4. Kanavan käyttövesipumput 901 ja 902.

4 TUOTANTOLAITOSTEN SÄHKÖKESKUKSET

4.1 Dokumentaatio

Keskukselta tulee aina luovuttaa tilaajalle arvokilvessä annetut tiedot, piirrustukset ja asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Annettaviin tietoihin kuuluvat myös keskuksen virtapiireihin ja niiden suojalaitteisiin merkityt tunnistustiedot sekä kojeiden ja johtimien merkinnät. Lisäksi näihin tietoihin kuuluvat suoja- ja kytkinlaitteiden käyttötarkoitukset ja asennonosoitusmerkinnät sekä mahdolliset varoituskilvet. Keskuksen kokoonpanopiirrustuksessa esitetään ainakin keskeisten komponenttien sijoitus, maadoituspisteet sekä nolla- ja suojapiirin eriyttämiskohta.

(Suomen Standardisoimisliitto 2005, 19.)

Arvokilvestä tulee ilmetä ainakin valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki, mallimerkki, tunnistusnumero tai muu tunnistustieto, joka mahdollistaa tarpeellisten tietojen saamisen valmistajalta sekä keskuksen nimellisvirta ja kotelointiluokka. Lisäksi arvokilvessä annetaan soveltuvat tiedot seuraavista asioista tai niiden on käytävä ilmi valmistajan teknisestä tuoteselosteesta:

- minkä standardin mukaan valmistettu
- virtalaji ja taajuus
- nimellisjännite
- nimelliseristysjännite
- apupiirien nimellisjännitteet (tarvittaessa)
- jokaisen pääpiirin nimellisvirta
- oikosulunkestävyys
- suojaus sähköiskulta
- mitat
- paino
- jakelujärjestelmä, johon keskus voidaan liittää. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 19.)

4.2 Mekaaninen rakenne ja merkinnät

Keskuksen täytyy olla riittävän kestävä ympäristön mekaanisiin, termisiin ja muihin rasituksiin ja sen kotelointi suojaa sisällä olevia komponentteja näiltä rasituksilta. Keskukseen kuuluvan koteloinnin kaikkien osien, mukaan lukien ovien ja kiskoilla liukuvien laatikoiden tai vastaavien lukitukset on suunniteltava kestävästi käytöstä johtuvia rasituksia. Keskus sisältää myös sisäisiä suojuksia, jotka estävät käyttäjää ja tarvittaessa asentajaa joutumasta kosketuksiin paljaiden jännitteisten osien kanssa ja aiheuttamasta oiko- tai maasulkua toiminnoissaan tarvittavilla apuvälineillä tai työkaluilla. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 29.)

Keskuksen sisäisten piirien merkintöjen, kuten ylivirtasuojien suuruuden sekä kojetunnusten on oltava nähtävissä, kun keskus on asennettu valmistajan tarkoittamalla tavalla, tarvittaessa kannet ja irroitettavat suojuukset poistettuna ja ovet avattuna. Kytkimet merkitään niiden käyttötarkoituksen osoittavalla tunnuksella tai tekstillä tai pääkaavion mukaisella tunnuksella, ellei käyttötarkoitusta voi pitää selvänä ilman lisämerkintää. Esim. pääkytkin merkitään tekstillä ”PÄÄKYTKIN”. Keskuksen sisällä olevan kojetunnuksen parhaana sijoituspaikkana pidetään asennuslevyä, jos merkintä voidaan tehdä siihen näkyvään paikkaan kojeeseen viereen. Ellei se ole mahdollista, merkitään se itse kojeeseen. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 21.)

4.3 Kotelointiluokka

Keskuksen kotelointiluokka annetaan tunnuksella IP, joka tarkoittaa laitteen koteloinnin ominaisuutta suojata laitteen arkoja sisäosia vedeltä, pölyltä ja muiltakin ympäristötekijöiden rasituksilta. IP merkintä koostuu yleensä kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero kertoo laitteen suojauksen vieraita esineitä ja pölyä vastaan taulukon 1 mukaan ja toinen numero suojauksen vettä vastaan taulukon 2 mukaan. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 97.)

Taulukko 1. IP luokan ensimmäinen numero ja sitä vastaava suojaus. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 99.)

IP luokan ensimmäinen numero	Suojaus
0	Ei suojausta
1	Suojaus suurilta kappaleilta, halkaisija 50mm tai enemmän
2	Suojaus keskikokoisilta kappaleilta, halkaisija yli 12,5mm
3	Suojaus pieniltä kappaleilta, halkaisija yli 2,5mm
4	Suojaus erittäin pieniltä kappaleilta, halkaisija yli 1mm
5	Suojattu pölyltä, ei kuitenkaan täydellistä tiiveyttä
6	Pölytiivis

Taulukko 2. IP luokan toinen numero ja sitä vastaava suojaus. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 100.)

IP luokan toinen numero	Suojaus
0	Ei suojausta
1	Suojaus ylhäältä tulevaa vettä vastaan
2	Suojaus ylhäältä ja vinosti +/- 15 astetta tulevaa vettä vastaan
3	Suojaus ylhäältä ja vinosti +/- 60 astetta tulevaa vettä vastaan
4	Suojaus vesiroiskeita vastaan
5	Joka suunnasta vesiruiskun kestävä
6	Joka suunnasta suurella paineella tulevan ruiskun kestävä
7	Hetkellisen upotuksen veteen kestävä
8	Pysyvän upotuksen veteen kestävä

Esimerkiksi IP34 kertoo, että laite on suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 2,5 mm ja suojaa koteloinnin sisällä olevaa laitetta kaikista suunnista roiskuvasta vedestä.

4.4 Suojaus sähköiskulta

Kosketussuojauksella tarkoitetaan suojausta, jonka avulla estetään ihmisiä joutumasta kosketuksiin jännitteisten osien kanssa sähkölaitteiden ollessa normaalissa tilassa (ei viallisia). Yleensä kosketussuojauksella voidaan estää jännitteisten osien kaikenlainen koskettaminen. Suojaus eristämällä jännitteiset osat ja suojaus koteloinnin tai suojusten avulla muodostavat parhaimman suojan. Siksi näitä menetelmiä voidaan käyttää kaikissa olosuhteissa. Suojaus käyttämällä esteitä tai sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle antaa ainoastaan osittaisen suojan koskettamiselta, ja sen takia menetelmät tulevat kysymykseen ainoastaan erityistapauksissa, yleensä

ainoastaan tiloissa, joihin on pääsy vain sähköalan ammattihenkilöllä. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2004, 105.)

Keskuksen kotelointiluokka on oltava vähintään IP2X tai IPXXB. Kaikkien suojuksien ja koteloinnin osien on oltava lujasti kiinnitetyt. Niiden on rakenne, koko ja asennustapa huomioonottaen oltava riittävän lujia kestäämään normaalin käytön rasituksia siten, etteivät vapaat ilmavälit pienene vaadituista arvoista. Jos on tarpeen avata tai poistaa suojuksia, keskus täytyy olla rakennettu siten, että toimenpiteessä on käytettävä avainta tai työkalua. Jännitteiset osat on päällystettävä kauttaaltaan eristysaineella, jota ei voida vaurioittamatta poistaa. Esimerkkinä ovat eristysaineeseen valetut komponentit ja johtimet (kaapelit). Tällaisen eristysaineen on kestävä pysyvästi käytössä esiintyviä mekaanisia, sähköisiä ja termisiä rasituksia. Yksinomaan maalausta, lakkausta, emalointia tai vastaavaa käsittelyä ei pidetä riittävänä kosketussuojana normaalissa käytössä. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 180.)

Keskuksen suojamaadoituspiirin jatkuvuus on varmistettava keskuksen osien välisillä luotettavilla liitoksilla tai erillisillä suojajohtimilla. Kun keskuksen osa irroitetaan kotelosta esim. huollon vuoksi, ei keskuksen muulle osalle menevä suojamaadoituspiiri saa katketa. Yhteenliitettyjen keskuksen metalliosien katsotaan muodostavan luotettavan suojamaadoituspiirin, jos liitokset ovat pysyviä, hyvin johtavia ja ne kestävät keskuksen maasulkuvirran. Kansien, ovien, laippojen ja vastaavien osien normaaleja ruuvikiinnityksiä ja metallisaranoita pidetään riittävinä tekemään luotettavan liitoksen edellyttäen, että osiin ei ole kiinnitetty mitään sähkölaitetta.

(Suomen Standardisoimisliitto 2005, 182.)

5 OIKOSULKUVIRRAT

Oikosululla tarkoitetaan sähköenergiaa siirtävien erinapaisten paljaiden tai eristykseltään vahingoittuneiden tai heikosti eristettyjen johtimien tai kiskojen joutumista käytännöllisesti katsottuna vastuksettomaan kosketukseen toistensa kanssa. Jos jännitteinen johdin tai kisko joutuu kosketukseen suojajohtimeen tai muuhun maahan yhteydessä olevaan osaan, on kyseessä maasulku. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

5.1 Oikosulkurasitukset

Oikosulun rasitukset ovat termisiä ja dynaamisia. Koska vastus oikosulkuun joutuvien osien välillä on pieni, kasvaa virta Ohmin lain mukaan hyvin suureksi. Mitä suurempi on syöttävän energialähteen (muuntajan, generaattorin) teho, sitä suurempi on oikosulkuvirta. Lisäksi esimerkiksi kolmivaiheisessa oikosulussa keskukselta syötetyt epätahtimoottorit toimivat hetken aikaa generaattoreina syöttäen virtaa vikapaikkaan ja kasvattavat näin oikosulkuvirtaa. Kun jännite on vaihejohtimien ja -kiskojen välillä suurempi kuin vaiheen ja nollan tai vaiheen ja maan välillä, energia vaiheiden välisessä oikosulussa on suurempi ja seuraukset siitä vastaavasti vakavampia. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

Oikosulku voi tapahtua keskuksen sisällä tai keskuksen syöttämässä johdossa tai johtoon liitetyissä laitteissa. Oikosulkuvirtaa pienentää oikosulkupiirin impedanssi, joka muodostuu muuntajan, keskusta syöttävän kaapelin (tai muun johdon), kokoomakiskojen, kaapeli- ja kiskoliitoksien, kytkinlaitteiden, mahdollisten virtamuuntajien ja vastaavien impedansseista. Kun oikosulku tapahtuu keskuksen yläpuolella, oikosulkupiirin impedanssi kasvaa ja oikosulkuvirta pienenee myös keskukselta lähtevän kulutuslaitetta syöttävän kaapelin vaikutuksesta, ja se on tietenkin sitä merkittävämpi, mitä kauempana keskukselta oikosulku tapahtuu. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

Terminen kestävyys ei ole kokoomakiskojen kannalta merkittävä ongelma. Kiskojen poikkipinta määräytyy jo kuormituksen perusteella niin suureksi, että lyhyt oikosulku ei yleensä nosta lämpötilaa liian suureksi. Kuparikiskolla sallitaan loppulämpötilaksi oikosulussa 200 °C ja alumiinilla 180 °C. Eräissä tapauksissa saatetaan joutua selektiivisyyssyistä valitsemaan niin pitkiä oikosulun katkaisuaikoja, että myös termiseen kestoisuuteen on kiinnitettävä huomiota. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

Keskuksen oikosulkukestävyys kannalta ovat sähködynaamiset rasitukset tärkeimmät. Oikosulkuvirta aiheuttaa dynaamisesti rasittavan voiman keskuksen kokoomakiskojen välille ja muidenkin oikosulkupiirin osien välille. Keskuksen kiskomateriaaleina käytetään kuparia ja alumiinia. Niistä valmistettujen kiskojen kestävyys perustuu näille metalleille määrättyyn myötörajaan, sillä niillä ei ole selvää venymärajaa, kuten esimerkiksi teräksellä. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

Myötörajalta tarkoitetaan rasiitusta, joka aiheuttaa 0,2 %:n suuruisen pysyvän venymän. Kuparilla se on noin 240 N/mm² ja alumiinilla noin 170 N/mm², mutta myötörajan suuruus riippuu metallien käsittelystä (hehkusasteesta) ja seosaineista. Jos rasiitus kasvaa myötörajasta suuremmaksi, saavutetaan jossain kohtaa murtoraja ja kisko katkeaa. Kiskojen dynaamisesti oikosulkukestäväällä mitoituksella tarkoitetaan siis siten mitoitettua kiskostoa, että suurin esiintyvä oikosulkuvirta ei aiheuta kiskomateriaalien myötörajaa ylittäviä muutoksia. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 105.)

Myös kiskojen värähtelyn aiheuttamat rasitukset on otettava huomioon. Pelkkien kiskojen oikosulkukestävyys voidaan laskea kirjallisuudessa esiintyvien ohjeiden ja yhtälöiden avulla kohtuullisen tarkasti. Varsinaisten kiskojen lisäksi dynaaminen rasiitus kohdistuu myös kiskoston tukieristimiin. Niiden mitoituksista ei käytännössä voi tehdä laskenta-arvojen pohjalta, minkä vuoksi oikosulkukestävyys on todettava testaamalla. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 106.)

5.2 Oikosulkukestävyys ja sen määrittäminen

Sähkölaitteen oikosulkukestävyys tarkoitusena on henkilöturvallisuus. Ihmisvahinkojen välttämisen ja ympäristön aineellisten vahinkojen ohella luonnollisesti laitteistojen säilyminen ehjänä on tärkeää. Oikosulkukestävyudessa ei ole kyse vain itse keskuksista, vaan myös kaikista laitteistoista, jonka osa keskus on. Oikosulusta huolimatta kaikkien laitteiden tulee säilyä käyttökuntoisena. Oikosulkukestävyys on turvallisuuden lisäksi siten myös osa käyttövarmuutta. Kaikki sähkölaitteet voitaisiin rakentaa teoriassa niin lujiksi, että ne kestäisivät kaikki niihin kohdistuvat oikosulkurasitukset. Käytännössä laitteista tulisi tällöin tilaa vieviä, materiaalia tuhlaavia ja kalliita. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 106.)

Keskuksen oikosulkumitoituksessa on otettava huomioon sekä terminen nimelliskestovirta, joka merkitään tunnuksella I_{cw} , että dynaaminen nimelliskestovirta, joka merkitään tunnuksella I_{pk} . Jos keskuksessa tai sitä ennen ei ole oikosulkuvirtaa rajoittavia suojalaitteita, keskuksen mitoitus tehdään prospektiivisen oikosulkuvirran mukaan. Kun virtaa rajoittava koje on katkaisija, käytetään ehdollisesta nimellisoikosulkuvirrasta merkintää I_{cc} . Kun virtapiiri on suojattu sulakkeella, ehdollisesta nimellisoikosulkuvirrasta käytetään merkintää I_{cf} . Käyttämällä ehdollisen nimellisoikosulkuvirran I_{cc} ja I_{cf} arvoja saavutetaan käytännössä hyvin suuria säästöjä pienivirtaisten keskusten oikosulkukestoisuudesta. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 106.)

6 OIKOSULKUSUOJAUS

6.1 Tulppa- ja kahvasulake

Pienjänniteverkoissa yleisin käytetty oikosulku- ja ylikuormitussuoja on sulake. Sulakkeen toiminta perustuu ylivirran vaikutuksesta poikkisulavaan metallilankaan, joka sulatessaan katkaisee virtapiirin. Pienillä virroilla, kun verkon oikosulkuvirta on pieni, käytetään tulppasulakkeita. Suurilla virroilla ja myös pienillä virroilla, kun verkon oikosulkuvirta on suuri, käytetään kahvasulakkeita. Sulakkeen tunnuksen ensimmäinen kirjain ilmaisee katkaisukyvyyn ja toinen kirjain käyttöluokan taulukon 3 mukaisesti. (Ruppa & Lilja 1996, 118.)

Taulukko 3. Sulakkeiden katkaisualueet ja käyttöluokat. (Ruppa & Lilja 1996, 119.)

Ensimmäinen kirjain
g = rajavirta hieman nimellisvirtaa suurempi (ylikuormitus/ylivirtasuoja)
a = rajavirta moninkertainen nimellisvirtaan verrattuna (vain vara/oikosulkusuoja)
Toinen kirjain
G = Yleiskäyttö, kaapeli-, johdonsuoja
M = Laite, moottori, kontaktori ym. oikosulkusuoja (hidas)
R = Puolijohdesuoja (erittäin nopea)
Tr = Muuntaja

Tulppasulakkeita tehdään yleensä 500 V nimellisjännitteelle, kahvasulakkeet 690 V nimellisjännitteelle. Tulppasulakkeiden normaali nimellisvirta-alue on 2-100 A, kahvasulakkeiden 6-630 A. Tulppasulakkeiden oikosulkuvirran katkaisukyky on 20 kA luokkaa, kahvasulakkeiden yli 100 kA. Kahvasulakkeiden koot on esitetty kuvassa 6 ja nimellisvirrat on esitetty taulukossa 4. (Ruppa & Lilja 1996, 118.)

Taulukko 4. Sulakkeiden koot ja virta-alueet. (Ensto 2013, Hakupäivä 10.2.2013.)

Kahvasulakkeet koko	Sulakkeen mitoitusvirta-alue	Varokkeen nimellisvirta
00	6 ... 125 A	125 A
0	10 ... 160 A	160 A
1	10 ... 250 A	250 A
2	160 ... 400 A	400 A
3	315 ... 630 A	630 A
4	400 ... 800 A	1000 A



Kuva 6. Kahvasulakkeita kokojärjestyksessä 00, 0, 1, 2, 3, 4 ja 4a.

(ABB Oy 2013, Hakupäivä 5.2.2013.)

Suojaehtoien toteutuminen voidaan tarkastaa mittaamalla oikosulkuvirrat. Mittaamalla saatujen oikosulkuvirtojen tulee olla 25 % suurempia kuin suojalaitteiden toimintarajavirrat. Suojalaitteiden toimintavirrat ja vaadittavat mitatut oikosulkuvirrat käy ilmi taulukoista 5 ja 6. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 165.)

Taulukko 5. Vaaditut mitatut oikosulkuvirrat käytettäessä gG –sulakkeita.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 165.)

gG sulakkeen nimellisvirta A	Toiminta-aika 0.4 s		Toiminta-aika 5 s	
	Toiminta virta A	Mitattu virta vähintään A	Toiminta virta A	Mitattu virta vähintään A
10	82	103	47	59
16	110	138	65	82
20	145	182	85	107
25	180	225	110	138
32	270	338	150	188
35	287	359	165	207
40	315	394	190	238
50	470	588	250	313
63	550	688	320	400
80	840	1050	425	532
100	1000	1250	580	725
125	1450	1813	715	894
160	1600	2000	950	1188
200	2100	2625	1250	1563
250	2800	3500	1650	2063

6.2 Koordinaatioluokat

Käynnistimien standardit määrittelevät oikosulkukoordinaatiolle kaksi tyyppiä. Tyyppin 1 koordinaatiossa kontaktorin ja ylikuormitussuojan vaurioituminen sallitaan oikosulun sattuessa. Tällöin käynnistin joudutaan uusimaan oikosulun jälkeen. Tyyppin 2 koordinaatiossa käynnistin voidaan ottaa nopeasti käyttöön oikosulun jälkeen pelkästään tarkistamalla kontaktorin tila ja irrottamalla mahdollinen lievä hitsautuminen. Molemmissa tyypeissä kuitenkin varmistetaan, että käyttäjälle ei aiheudu vaaraa ja kojeiden virtateiden eristys säilyy. (Suomen Standardisoimisliitto 2003, 64.)

Esimerkiksi gG -tyypin sulakkeet sopivat tehdasympäristössä hyvin johdin- ja kaapelisuojaukseen ylikuormitus- sekä oikosulkusuojausiksi. Moottoripiirin suojauksessa voidaan myös käyttää gG -tyypin sulakkeita, kunhan varmistetaan se, että sulakkeet kestävät moottorin käynnistymisvirran. Käyttämällä etukojeena pelkästään gG- tyyppin sulakkeita voidaan saavuttaa tyyppin 1 koordinointi. M-tyypin sulakkeet on tarkoitettu esimerkiksi käyttölaitteiden, kontaktoreiden ja kytkinlaitteiden sekä hitaasti käynnistyvien moottorien oikosulkusuojaukseen. Käynnistysvirta voi olla pitkäaikainen ja huomattavasti sulakkeen nimellisvirtaa suurempi. Sulakkeeseen kohdistuvat rasitukset ovat suuret. Moottorilähdöissä käytetään yleisesti aM -tyypin sulakkeita oikosulkusuojaana, mutta erillinen ylikuormitussuoja esim. lämpörele ja kontaktori vaaditaan, jolloin voidaan saavuttaa tyyppin 2 koordinointi. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 110.)

6.3 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisijoita käytetään moottorilähdöissä ohjausjännitepiirien suojaamiseen. Niitä asennetaan myös valaistus- ja pistorasiaryhmien oikosulku- ja ylikuormitussuojiksi. Johdonsuojakatkaisija on virtaa rajoittava, joten vikatilanteessa laukaisu tapahtuu nopeasti, eikä virta kasva vaarallisen suureksi. Katkaisijaa ei saa asentaa sen nimellisarvoja vaativampaan järjestelmään. Jos oikosulkuvirta johdonsuojakatkaisijan asennuspaikassa on suurempi kuin katkaisijan katkaisukyky, käytetään sen edessä valmistajan määrittämää etusulaketta. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 93.)

Johdonsuojakatkaisijoiden sisällä on kaksi erilaista ja erillistä suojakomponenttia, terminen laukaisija ja magneettilaukaisija. Terminen laukaisija (lämpölaukaisija) on ylikuormitusuoja. Sen rakenteessa on bimetalli, jonka ympärillä on kierretty virtajohdin. Piirin kuormitusvirta lämmittää virtajohdinta, jolloin bimetalli taipuu. Taipuma laukaisee mekaanisen koskettimen, joka katkaisee virran. Magneettinen pikalaukaisija on oikosulkusuoja. Se rakentuu releestä. Kun piirissä vaikuttaa yhtäkkinen suuri virta, rele vetää ja sen kosketin katkaisee virran. Johdonsuojakatkaisijat luokitellaan useaan luokkaan niiden laukaisukäyrien perusteella.

- B: Nopea toimintakäyrä, resistiivisille kuormille
- C: Normaali toimintakäyrä, lievästi induktiivisille kuormille.
- D: Erityistarkoituksiin, erittäin hidas
- K: Hidas toimintakäyrä, voimakkaasti induktiivisille kuormille (moottorit, muuntajat, hitsauskoneet, purkauslamput)
- Z ja A: Erikoisnopea toimintakäyrä (tehopuolijohteet, mittamuuntajat, pitkät ohjauskaapelit) (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 94.)

Taulukko 6. Vaaditut mitatut oikosulkuvirrat käytettäessä johdonsuojakatkaisijoita. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 165.)

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	38	60	75
10	50	63	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	157	250	313
32	160	200	320	400
50	250	313	500	625
63	315	394	630	788
80	400	500	800	1000
125	625	782	1250	1563

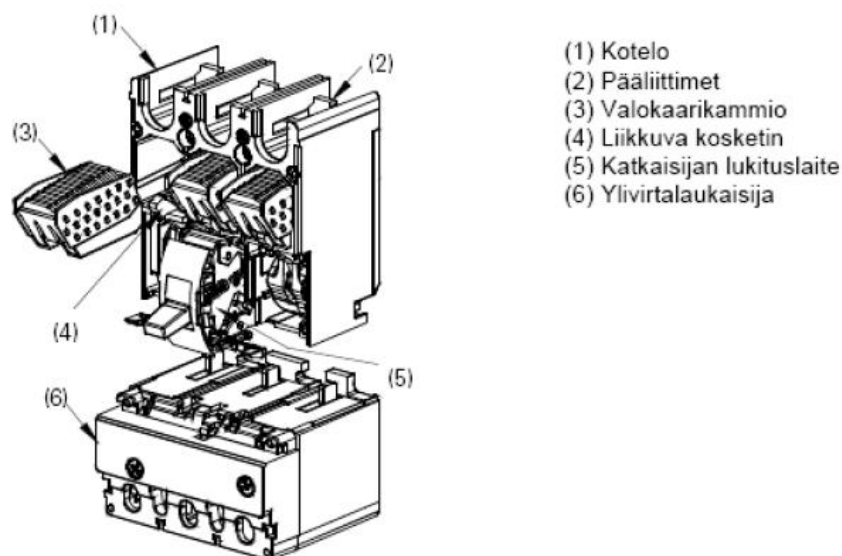
6.4 Katkaisijat

Ilma- tai kompaktikatkaisijoiden käyttö oiko- ja ylivirtasuojana on teollisuusympäristöissä sulakkeen ohella hyvä vaihtoehto. Ilmakatkaisijoita asennetaan pienjännitteisten pääkeskuksien pääkatkaisijoiksi tai suurten moottorien käynnistimiksi ja ne sisältävät aseteltavan suojarahon. Ilmakatkaisijoita voidaan ohjata suoraan katkaisijan painikkeista tai kauko-ohjatusti. Katkaisukärjet ovat laitteen sisällä normaalipaineisessa ilmassa, ja ne on eristetty ympäristöstään tulenkestävällä valokaarisuojauksella. Turvallisuuden kannalta se voidaan lukita auki-asentoon.

Ilmakatkaisijoita tehdään 3-4 –napaisina rakenteina 800 A- 10 kA nimellisvirralle ja 690 V- 1 kV nimellisjännitteelle. Katkaisukyky on tyypillisesti 150 kA.

(Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 92.)

Kompaktikatkaisijat (kuva 7) käyvät pienjännitteisten jakeluverkkojen ylivirtasuojaukseen, moottorien käynnistimien suojaukseen ja kuorman erottimiksi. Kompaktikatkaisijaa ohjataan useimmiten käsin ja se rakentuu katkaisijaosasta, johon kiinnitetään haluttu suojarahon. Suojarahon voi valita elektronisena mallina johon asetellaan useita parametreja tai perinteisellä termisellä ja magneettisella laukaisijalla ylikuormitusta ja oikosulkua vastaan. Kompaktikatkaisijakin on lukittavissa auki-asentoon. Niitä valmistetaan 125 A- 1600 A nimellisvirralle ja 240- 690 V nimellisjännitteelle. Virran katkaisukyky on jopa 150 kA. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 92.)

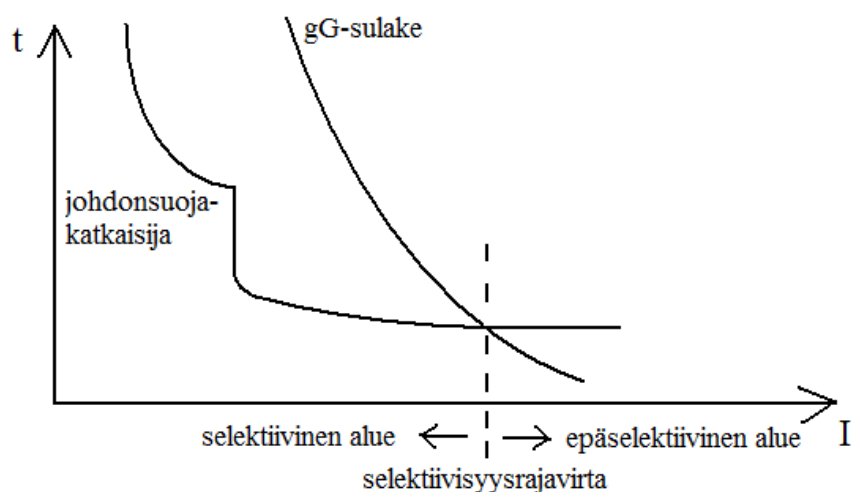


Kuva 7. Rakennekuva kompaktikatkaisijasta. (Siemens 2011 a, Hakupäivä 8.2.2013.)

6.5 Selektiivisyys

Suojalaitteiden selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että suojalaite toimii ainoastaan sen varsinaisella suojausalueella sattuvissa ylikuormitus- tai oikosulkutilanteissa. Suojalaitteiden selektiivisellä toiminnalla käyttökeskeytysalue jää mahdollisimman pieneksi ja aiheuttaa näin mahdollisimman vähän häiriötä. Täydellisen selektiivisyyden saavuttaminen ei ole aina tarpeen ja sen toteuttaminen voi johtaa kohtuuttomaan ylimitoitukseen. Selektiivisyys voidaan tarkistaa vertailemalla suojalaitteiden ominaiskäyriä. Selektiivisyys saavutetaan, jos jälkimmäisen suojalaitteen ominaiskäyrä on edellisen suojalaitteen ominaiskäyrän yläpuolella, eivätkä ominaiskäyrät leikkaa toisiaan millään odotettavissa olevan ylivirran arvoilla. Käyrien leikkauspistettä kutsutaan selektiivisyysrajavirraksi. Ominaiskäyriä vertaillessa tulee käyttää jälkimmäisen suojalaitteen ylintä toimintakäyrää ja edellisen suojalaitteen alinta toimintakäyrää. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 265.)

Käytettäessä erityyppisiä suojalaitteita voi syntyä ongelmia selektiivisyyden kanssa. Esimerkiksi kun käytetään peräkkäisinä suojina sulaketta ja johdonsuojakatkaisijaa, syntyy epäselektiivisyystilanne. Johdonsuojakatkaisija laukeaa pienillä ylivirroilla termisesti ja suurilla magneettisesti. Magneettinen laukaisu toimii 10 millisekunnissa, eikä oikosulkuvirran kasvu nopeuta suojan toimintaa, toisin kuin tavallisilla sulakkeilla. Tästä syystä tiettyä rajaa suuremmilla ylivirroilla suojat toimivat epäselektiivisesti. Kuvassa 8 on esitetty johdonsuojakatkaisijan ja gG-sulakkeen selektiivisyys. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 265.)



Kuva 8. Johdonsuojakatkaisijan ja gG -sulakkeen selektiivisyys. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 166.)

7 KAAPELIN MITOITUS

Johdon mitoituksen ja suojauksen suunnittelu on keskeisimpiä sähkösuunnitteluun kuuluvia asioita. Perinteisesti johdon mitoituksella on tarkoitettu lähinnä mitoitusta johdon kuormitettavuuden kannalta ja johdon suojauksella suojausta ylivirtojen eli ylikuormituksen ja oikosulkujen vaikutuksilta. Mitoitukseen kuuluu myös johtimien ja ylivirtasuojien valinta siten, että vikasuojausta koskevat vaatimukset toteutuvat. Mitoituksessa tulee ratkaista seuraavat asiat:

- mitoitusarvot
- ylikuormitussuojien valinta
- johdon poikkipinta
- oikosulkusuojauksen toiminta
- syötön automaattisen poiskytkennän ehdot
- suojalaitteiden selektiivisyys
- jännitteenalenema. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 139.)

7.1 Kaapelin valintaperusteet

Edellä mainitut asiat vaikuttavat johdon mitoitukseen teknisesti. Johdon valinnassa on hyvin tärkeää, että tekniset minimivaatimukset täyttävä mitoitus on myös kokonaistaloudellisesti mahdollisimman optimaalinen. Kokonaistaloudellisuuteen vaikuttaa hankinta- ja asennuskustannusten lisäksi mm. kunnossapito- ja häviökustannukset. Johtoa valittaessa tulee ottaa huomioon myös se, että johto kuuluu normaalisti valmistettaviin suosituimmuuslajeihin (taulukko 7) ja se on mahdollisesti käyttäjän varastotyyppiä vakioitu. Tällä saadaan etuina mm. lyhyet toimitusajat sekä säästöt varastokuluissa ja käytettävien työkalujen määrissä. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 140.)

Taulukko 7. Suosituimmuskaapelit monijohdinkaapeleissa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Hakupäivä 23.2.2013.)

Poikkipinta mm ²	U_0 / U						
	0,6 / 1 kV					6 / 10 kV	12 / 20 kV
	MCMK	MCMK	AMCMK	AMCMK	AXMK	AHXAMK-W	AHXAMK-W
2,5	3x2,2+2,5	4x2,5+2,5S					
6	3x6+6	4x6+6S					
10	3x10+10	4x10+10S					
16	3x16+16	4x16+16S	3x16Al+10Cu		4x16S		
25					4x25S		
35	3x35+35	3x35+16+16S	3x35Al+10Cu	3x35Al+16Al+10CuS	4x35S		
70	3x70+35	3x70+35+35S	3x70Al+21Cu	3x70Al+35Al+21CuS	4x70S		3x70Al+35Cu
120	3x120+70	3x120+70+70S	3x120Al+41Cu	3x120Al+70Al+41CuS	4x120S		3x120Al+35Cu
185	3x185+95	3x185+95+95S	3x185Al+57Cu	3x185Al+95Al+57CuS	4x185S	3x185Al+35Cu	3x185Al+35Cu
240	3x240+120	3x240+120+120S	3x240Al+72Cu	3x240Al+120Al+72CuS	4x240S		3x240Al+70Cu
300					4x300S	3x300Al+35Cu	

Kaapelia valitessa täytyy myös ottaa huomioon käytettävän kaapelin eristemateriaali ja johdinten materiaali. Kaapelin materiaalin, etenkin johdinmateriaalin valintaan vaikuttaa suuresti myös hinta. Normaalisti voidaan pitää kustannustehokkaana valita kuparikaapeli, jos johdinten poikkipinta-ala jää alle 25 mm². Tätä suuremmilla poikkipinta-aloilla kannattaa mahdollisuuksien mukaan melkein aina käyttää alumiini johtimisia kaapeleita. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Hakupäivä 23.2.2013.)

7.2 Perusteet johdon kuormitettavuudelle

Virtapiirin jännitteisten johtimien poikkipinnan suuruuden määrää ensisijaisesti kuormitusvirta ja sen aiheuttama johtimen lämpeneminen. Johdon kuormitettavuus määritellään johdolle sallitun suurimman lämpötilan mukaan. Johtimelle jatkuvasti sallittua lämpötilaa ei saa ylittää, koska

- yllämpötila voi aiheuttaa tulipalon
- yllämpötila lyhentää johdon käyttöikää kiihdyttämällä eristeiden vanhenemista.

Johdon kuormitettavuuteen vaikuttaa johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden virtapiirien läheisyys. Johdon kuormitettavuuden määrää sen kyky luovuttaa virran aiheuttama lämpö ympäristöön. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 149.)

Suurimmat johdoille sallitut jatkuvan käytön lämpötilat ovat:

- PVC- ja PEX eristeiset 1 kV kaapelit 70 °C
- PVC- ja PEX eristeiset yli 1 kV kaapelit erityisolosuhteissa 90 °C

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Hakupäivä 23.2.2013.)

PEX- kaapeleiden maa-asennuksessa on huomattava, että jatkuva johdinlämpötila +90°C maassa saattaa kuivattaa ympäröivää maaperää ja sitä kautta aiheuttaa kaapelin ylikuormittumisen. Tästä syystä ei suositella PEX-eristeisille kaapeleille maassa yli +65 °C jatkuvia johdinlämpötiloja. Kun olosuhteet poikkeavat edellä mainituista oletusarvoista, on sallitut maksimikuormitettavuudet kerrottava korjauskertoimilla. Käytännössä johtimen kuormitettavuutta ei voida määrittää pelkästään niille sallittujen lämpötilojen avulla, vaan tarvitaan tietoa sallituista kuormitusvirroista. Suomessa käytetään ilman lämpötilan, maan lämpötilan ja maan lämpöresistiivisyyden arvoja:

- Ilman lämpötila +25 °C
- Maan lämpötila +15 °C
- Maan lämpöresistiivisyys 1,0 K m /W

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 149.)

Johdon mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös taloudellisuus, jännitehäviöt ja virtapiirin suurimman sallitun impedanssin asettamat rajoitukset. Kuormitettavuustaulukoiden käyttöä voi yksinkertaistaa esim. käyttämällä myös yksivaihepiireille kolmivaihepiireille sallittuja arvoja. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 149.)

7.3 Johtojen kuormitettavuustaulukot ja asennustavat

Koska tarkka mitoitus ei ole perusteltua useimmissa tapauksissa, selviää useimmista mitoitus tehtävistä käyttämällä taulukon 8 mukaisia kuormitettavuusarvoja.

Taulukko sisältää arvot uppoasennukselle (asennustapa A), pinta-asennukselle (asennustapa C), maa-asennukselle (asennustapa D) ja vapaasti ilmaan tehtävälle asennukselle (asennustapa E). Taulukossa on esitetty arvot PVC-eristeisille kolmivaihepiireille, jolloin niitä voi käyttää myös yksivaihepiireille ja PEX-eristeisille kaapeleille. Tarkempaan mitoitukseen pyrittäessä yksivaiheisille kaapeleille voidaan käyttää hiukan suurempia virta-arvoja ja PEX- eristeisillä kaapeleilla voidaan hyödyntää

suurempaa sallittua lämpötilaa. Kuitenkin esimerkiksi monet kaapelivalmistajat suosittelevat, ettei PEX- eristeisillä kaapeleilla käytettäisi 70⁰C suurempaa mitoituslämpötilaa. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 150.)

Taulukko 8. Johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 150.)

Johtimien nimellispoikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	224
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Seuraavassa on esitetty eri asennustavat tarkemmin.

Asennustapa A

Eristetyt johtimet lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa tai monijohdinkaapeli lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa.

Asennustapa C

Yksi- tai monijohdinkaapeli puuseinällä. Kaapeli on asennettu puuseinälle siten, että kaapelin ja pinnan väli on pienempi kuin 0,3 kertaa kaapelin halkaisija.

Kaapeli on kiinnitetty kivrakenteiselle seinälle tai asennettu sen sisään. Kivirakenne tarkoittaa tiiltä, betonia, kipsiä ja vastaavia eli muita kuin eristäviä materiaaleja.

Kaapeli lattialla tai umpipohjaisella hyllyllä vastaa asennustapaa C.

Asennustapa D

Monijohdinkaapelit maassa. Kaapeli on asennettu suoraan maahan tai muoviseen, keraamiseen tai metalliseen putkeen, joka on suoraan yhteydessä maahan.

Asennustapa E

Yksi- tai monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa esim. Kaapelihyllyt, tikashyllyt, pienat ja ripustimet. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 151.)

7.4 Asennustavasta johtuva korjauskerroin

Kuormitettavuustaulukot on ilmoitettu tietyssä lämpötilassa ja maan osalta myös maan lämmönjohtavuudella on vaikutusta kuormittavuuteen. Lisäksi jos kaapelin lähistöllä on muita kaapeleita, jotka heikentävät kuormitettavuutta, tulee nämä asiat ottaa huomioon todellista kuormitettavuutta arvioitaessa. Tämä voidaan tehdä käyttämällä apuna taulukoiden 9-13 korjauskertoimia, jotka ottavat huomioon näiden tekijöiden vaikutukset kuormitettavuuteen. Todellinen kuormitettavuus saadaan kertomalla kuormitettavuustaulukosta saatu virta-arvo korjauskertoimella tai korjauskertoimilla.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 152.)

Taulukko 9. Ilmaan asennettävien kaapelien yhteydessä käytettävät korjauskertoimet, kun lämpötila poikkeaa 25 °C. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 152.)

Ympäristön lämpötila °C	Korjauskerroin johtimen eristeen ja sallitun lämpötilan mukaan	
	PVC 70 °C	PEX ja EPR 90 °C
-	1,15	1,11
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,94	0,96
30	0,88	0,92
35	0,82	0,88
40	0,75	0,84
45	0,67	0,79
50	0,58	0,73
55	0,47	0,68
60	-	0,62
65	-	0,56
70	-	0,48
75	-	0,39
80	-	-

Taulukko 10. Korjauskertoimet ympäröivän maan lämpötilan mukaan. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 152.)

Maan lämpötila °C	Korjauskerroin johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
0	1,13	1,10
5	1,09	1,06
10	1,05	1,03
15	1,00	1,00
20	0,95	0,96
25	0,90	0,93
30	0,85	0,89

Taulukko 11. Korjauskertoimet maan lämpöresistiivisyyden mukaan. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 153.)

Lämpöresistiivisyys, K · m/W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Korjauskerroin	1,1	1,0	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63

Taulukko 12. Maan lämpöresistiivisyyden arvoja. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 153.)

Maalaji	Lämpöresistiivisyys, K m/W
kuiva hiekka (kosteus 0%)	3
kuiva sora ja savi	1,5
puolikuiva sora, suomuta tai hiekka (kosteus 10%)	1,2
puolikuiva savi ja kostea sora	1
kostea savi ja hiekka (kosteus 25%)	0,7

Taulukko 13. Korjauskertoimet ryhmille, joissa on useita kaapeleita tai virtapiirejä.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 153.)

Kohta	Sijoitus (kaapelit koskettavat toisiaan)	Pörien tai monijohdinkaapelien lukumäärä											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Yhdessä kerroksessa seinällä, lattialla tai rei'ittämättömällä kaapelihyllyllä	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaapelille		
3	Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puukaton alapuolelle	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
4	Yhdessä kerroksessa rei'itetyllä kaapelihyllyllä vaaka- tai pystysuunnassa	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
5	Yhdessä kerroksessa tikkailla, tuilla tai kiinnikkeillä jne.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Taulukon kertoimet soveltuvat samanlaisille ja samalla tavalla kuormitetuille kaapeliryhmille. Jos toisensa lähellä olevien kaapeleiden etäisyys toisistaan ylittää kaksi kertaa niiden kokonaishalkaisijan, korjauskertoimia ei tarvitse soveltaa. Samoja kertoimia sovelletaan sekä monijohdinkaapeleille, että kahden tai kolmen yksijohdinkaapelin ryhmiin. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008, 153.)

Taulukkoon 14 on esitetty ylikuormitussuojana toimivalle gG- sulakkeille pienimmät sallitut johtojen kuormitettavuudet.

Taulukko 14. Ylikuormitussuojana toimivalle gG- sulakkeelle pienimmät sallitut johtojen kuormitettavuudet. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2004, 124.)

gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

Jos sulake toimii ainoastaan oikosulkusuojana, sen nimellisvirta voi olla suurempi kuin johdon kuormitettavuus. Pelkästään oikosulkusuojana toimiva sulake voidaan valita suojalaitteiden valmistajien ohjeiden mukaisesti tai taulukon 15 mukaan. Liitteessä 6 on esimerkki ylikuormitussuojan ja johdon poikkipinnan määrittämiseen.

Taulukko 15. Ainoastaan kaapelin oikosulkusuojana toimivan gG- sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Hakupäivä 23.2.2013.)

Johdinpoikkipinta Cu mm ²	Johdinpoikkipinta Al mm ²	Suojaavan sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A
1,5	2,5	25
2,5	-	35
6	6	50
10	10	63
16	16	80
16	25	125
25	35	160
35	50	200
50	70 (95)	250
70	120	315
95	150	400
120	185	500
150	240	630
185	300	800
240	400	1000

7.5 Kosketusjännitesuojaus

Suojalaitteet vaativat riittävän oikosulkuvirran lauetakseen määräajassa. Virta riippuu nimellisjännitteestä ja oikosulkuimpedanssista. Laukaisuaikavaatimus siirrettäville laitteille on 0,4s ja kiinteästi asennettaville laitteille 5s. Johtimen maksimipituutta määriteltäessä tulee ottaa huomioon myös syöttävän sähköverkon aiempi impedanssi Z_v . Oikosulkuvirta on pienimmillään silloin, kun verkkojännite on pienimmillään. Sen toleranssi on $\pm 5\%$, josta saadaan kerroin 0,95. Asennettavan johtimen maksimiimpedanssi saadaan vähentämällä suurimmasta mahdollisesta kokonaisimpedanssista, jolla vaadittava oikosulkuvirta saavutetaan, syöttävän verkon impedanssi, kuten kaavassa 1 on esitetty. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 95.)

$$l_{\max} = \frac{0,95 * U_v - Z_v}{\frac{I_K}{2 * Z}} \quad (1)$$

missä

U_v =Vaihejännite (Normaalissa sähköverkossa 230 V)

I_K = Laukeamishdon täyttävä oikosulkuvirta gG-sulakkeelle (Taulukko 5)

Z_v = Syöttävän sähköverkon impedanssi

Z = Johtimen impedanssi (Ω / m)

l_{\max} = Johdon maksimipituus

Syöttävän verkon impedanssi voidaan määrittää myös oikosulkuvirran avulla: (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 96.)

$$Z_v = \frac{0,95 * U_v}{I_v} \quad (2)$$

missä

U_v =Vaihejännite (Normaalissa sähköverkossa 230 V)

I_v = Keskukselta mitattu oikosulkuvirta

Johtimen impedanssina käytetään johtimen impedanssia $+80^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Taulukossa 16 on kupari- ja alumiinijohtimien impedanssit $+80^\circ\text{C}$ lämpötilassa, yksikkönä Ω / km .

Taulukko 16. Kupari- ja alumiinijohtimen impedanssit eri johdin poikkipinnoille.
(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 96.)

Johdinpoikki- pinta [mm ²]	Impedanssi z [Ω /km], t=80°C	
	kupari	alumiini
4x1,5	14,62	
4x2,5	8,77	
4x4	5,48	
4x6	3,66	
4x10	2,246	
4x16	1,418	2,326
4x25	0,902	1,492
4x35	0,657	1,089
4x50	0,489	0,8
4x70	0,346	0,557
4x95	0,257	0,406
4x120	0,211	0,326
4x150	0,174	0,27
4x185	0,148	0,222
4x240	0,124	0,18
4x300	0,111	0,155

8 TEOLLISUUDEN MAADOITUKSET

Teollisuuslaitoksissa maadoitukset rakennetaan parantamaan sähköturvallisuutta, häiriösuojausta ja suojaamaan ilmastollisia ylijännitteitä vastaan. Teollisuuden sähköasentajien ja huoltohenkilöstön tehtävänä on maadoitusjärjestelmien huolto- ja kunnossapito. Huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet suoritetaan määräajoin tehtävillä aistinvaraisilla tarkastuksilla sekä sähköisillä mittauksilla, joilla todetaan maadoitusjärjestelmän kunto. Mittausten tuloksia verrataan käyttöönottotarkastuksissa tehtyihin mittaustuloksiin. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 34.)

8.1 Maadoituksen tarkoitus

Sähköturvallisuuden kannalta maadoitusten ensisijainen tehtävä on estää vikatapauksissa liian suurten kosketus- ja askeljännitteiden syntyminen. Kosketusjännite maata vastaan on suoraan verrannollinen maadoitusresistanssin ja vikavirran arvoon, kuten kaavasta 3 on luettavissa. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 86.)

$$U_t = R_M * I_V \quad (3)$$

missä

U_t = Kosketusjännite maata vastaan

I_V = Vikavirta

R_M = Maadoitusresistanssi

Vikavirran suurin arvo löytyy aina sähköenergian syöttöpisteen läheltä ja arvo pienenee sitä mukaa kun etäisyys syöttöpisteeseen kasvaa. Maadoitusresistanssi taas on sitä suurempi, mitä huonompi maadoitus pisteestä löytyy. Tämän vuoksi kaikki johtavat rakenteet on kytkettävä samaan potentiaaliin. Koko järjestelmä yhdistetään mahdollisimman pienen maadoitusresistanssin omaavaan maadoituselektrodiin. Häiriösuojauksen kannalta maadoitusresistanssin arvolla ei ole merkitystä, vaan häiriösuojauksessa järjestelmän tärkein ominaisuus on potentiaalintasaus. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 35.)

Ukkossuojauksella eli suojaamisella ilmastollisia ylijännitteitä vastaan, pienennetään salamaniskun aikaansaamia mekaanisia, sähköisiä ja lämpenemisvaikutuksia. Lämpövaikutus korostuu salaman iskiessä eristävään tai huonosti johtavaan materiaaliin. Isku saa aikaan voimakkaan lämpenemisen aineessa ja se kuumenee voimakkaasti. Mekaanisia vaurioita voi esiintyä rinnakkaisissa johtimissa ja virtakiskoissa, jotka saattavat salamaniskun seurauksena repeytyä pois paikoiltaan. Sähköisiä vaikutuksia ovat läpilyönnit sähkölaitteiden ja kaapeleiden eristyksissä sekä sähköjakelujärjestelmien maasulut. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 35.)

8.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne ja EMC- suojaus

Maadoituselektrodi tasaa maan pinnan ja rakennuksen sähköä johtavien osien välisen potentiaalieron. Se upotetaan maahan kiinteistön perustuksen kaivuun yhteydessä ja sen laajuus ja rakenne määrätään maan ominaisuuksien mukaan. Maadoitusresistanssin arvon tulee olla mahdollisimman pieni. Maadoitusjohtimien liitokset maadoituselektrodiin tehdään juottamalla, hitsaamalla tai puristusliitoksilla. Ruuviliitosten asentamista maahan tai upottamista betonivaluun ei suositella. Ruuviliitoksia käytettäessä on ruuvien ja mutterien oltava samaa materiaalia kuin maadoituselektrodi tai liitoskohta on suojattava korroosiota vastaan. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 35.)

Päämaadoituskisko asennetaan tavallisesti pääkeskuksen läheisyyteen. Siihen yhdistetään maadoituselektrodin lisäksi suurjännitekojeiston, muuntajan, pääkeskuksen, automaatiokeskuksen ja metallirakenteiden suojamaadoitukset sekä tele-, kulunvalvonta- ja antennilaitteiden maadoitukset. Toiminnallinen maadoitus (FE) tehdään muusta syystä kuin sähköiskulta suojaamisen takia. Toiminnallinen maadoitus toteutetaan usein verkkomaisena rakenteena ja se edellyttää, että sähköjakeluverkossa on käytetty erillisiä nolla- ja suojajohtimia, kuten puhdasta TN-S- järjestelmää. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 36.)

Automaatiojärjestelmän häiriösuojaamaadoitus (TE) yhdistetään myös päämaadoituskiskoon. Se rakennetaan ”tähtimuotoon”, jotta maadoitukseen ei muodostu suljettuja silmukoita, joissa syntyy häiriövirtoja. Kenttälaitteiden päässä

häiriösuojamaadoituksia ei kytketä laitteeseen, vaan ne eristetään luotettavasti laitteen rungosta. On huomattava, että häiriösuojamaadoitusta ”TE” ei mainita enää kansainvälisissä IEC:n standardeissa. Sen tilalle on tullut laajempi toiminnallinen maadoitus ”FE”. Käytännössä on kuitenkin niin, että automaatiojärjestelmien yhteydessä on käytetty ja käytetään edelleen TE-järjestelmää ja merkintöjä. Verkkomaista FE-verkkoa ja tähtimäistä TE-verkkoa ei saa kytkeä toisiinsa. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 36.)

Suojaus EMC-häiriöitä vastaan tarkoittaa suojautumista sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. EMC-häiriöitä voidaan vähentää maadoittamalla, potentiaalitasauksella, kaapelin valinnalla ja reitillä sekä komponenttien oikealla valinnalla. Väylämaadoitus eli potentiaalitasaus Profibus-väylässä suositellaan maadoitettavaksi, aina kun väylä viedään keskuksesta ulos ja varsinkin, jos laitoksen koko on suuri, jolloin solmupisteitä tulee paljon. Väyläkaapelin suojavaippa suositellaan maadoitettavaksi molemmista päistään. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 44.)

8.3 Maadoituskiskot ja potentiaalintasausjohtimet

Päämaadoitus- ja lisämaadoituskiskot sijoitetaan turvalliseen ja helposti luokse päästävään paikkaan. Rakennuksen pääkeskustiloissa tulee olla päämaadoituskisko MEB, joka on yhdistetty kiskon molemmista päistä tehdasalueen päämaadoituselektrodiin ja laajaan maadoitusjärjestelmään. Jokaisessa sähkötilassa tulee olla vähintään lisämaadoituskisko, joka on yhdistetty MK KeVi-johtimella lähimpään päämaadoituskiskoon ja se merkitään tunnuksella EB. Maadoitusjohtimien liitokset tehdään kahdella C-liittimellä liitteen 8 mukaisesti. Liitinliitokset tulee olla tehtynä puristusliitoksena ja ne tulee olla varmennettuja kahdella peräkkäisellä puristuksella. (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

Maadoitus ja potentiaalintasaus toteutetaan ja mitoitetaan liitteen 8 annettujen kytkentä- ja johdinohjeistuksen mukaisesti. Päämaadoitusjohtimen mitoitus perustuu maadoitusjohtimia koskeviin vaatimuksiin. Maadoituselektrodi on Cu 120 mm², jos ei ole erikseen sovittu ennen hankintaa pienempää poikkipinta-alaa, minkä tulee olla kuitenkin vähintään Cu 70 mm². Maadoituselektrodi yhdistetään kahdella

maadoitusjohtimella KeVi 120 Cu maadoituskiskoon liitteen mukaisesti. (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

Alle 1000 V pääkeskukset maadoitetaan molemmista päistä erillisillä suojajohtimilla päämaadoituskiskostoon. Liitäntä pisteet ilmoitetaan G merkillä. Suojamaadoituksen johtimena käytetään KeVi Cu 70 mm² johdinta. Alakeskuksen syöttökaapeli on 5-johdin järjestelmän mukainen (TN-S). Mikäli keskukset, joissa oikosulkuvirran tehollisarvo ylittää 63kA tulee suojamaadoituksen valinta tehdä laskennallisin perustein. (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

8.4 Rakennukset, rungot ja muut rakenteet

Sähkö- ja muuntajatiloihin asennetaan maadoituskiskot, joihin yhdistetään eri maadoituskohteet ja jotka yhdistetään päämaadoituskiskoon/päämaadoituselektrodiin. Muuntajatilojen maadoituskiskoihin yhdistetään lattiakiskot, muuntajan runko, erottimen runko, muuntajaa suojaavat kotelot, ovet, sekä erilliset seinäelementit joustavilla maadoitusjohtimilla. Lisäksi työmaadoitusta varten on maadoituskisko varustettava maadoituspallolla. (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

Rakennuksen maadoituselektrodi yhdistetään maadoitusjohtimella rakennuksen päämaadoituskiskoon. Rakennuksen betoniraidoitukset ja vähintään joka toinen teräspilari liitetään päämaadoituskiskoon tai rakennuksen maadoituselektrodiin. Teräsrakenteet, nosturikiskot, kaapelihyllyt, LVI- ja muut eri putkistot ja kanavat, instrumenttitaulut, ohjauspulpetit, kotelot yms. kytketään potentiaalintasausjohtimilla. (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

Yli 50 kW:t moottorit ja niiden johtavat metallirakenteet maadoitetaan KeVi Cu 70 mm² johtimilla. Muut pienemmät moottorit ja säädetyt moottorikäytöt maadoitetaan toimittajan ohjeiden mukaisesti. Mikäli pumpussa, puhaltimessa tms. ei ole galvaanista yhteyttä maadoitetaan ne erikseen. Koneet ja laitteet maadoitetaan laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Maadoitusjohtimen pienin poikkipinta-ala tulee olla kuitenkin vähintään KeVi Cu 16 mm². (Outokummun sisäinen intranet 2014 b, Hakupäivä 1.12.2014.)

9 KOMPONENTTIEN VALINTA

Moottorilähtöjen komponenttien valintaan vaikuttaa ennen kaikkea niihin kohdistuva oikosulkuvirta sekä etukojeilla vaadittava virran rajoituskyky. Asiakkaan mahdolliset omat standardit ja vaatimukset ovat myös hyvin merkitsevässä asemassa komponentteja valitessa.

9.1 Kytkinvaroke

Suuritehoisten moottoreiden, alakeskusten ja muiden kuormitusten pääpiirit erotetaan yleensä syöttävästä verkosta kytkinvarokkeella, mutta voidaan käyttää myös katkaisijoita esim. alakeskuslähdoissä. Kytkinvaroke on kytkimen, apukoskettimien, varokealustan ja sulakkeiden muodostama kokonaisuus, joka asennetaan yleisimmin sähkökeskukseen. Kytkinvarokkeita käytetään moottorikäynnistimien oikosulkusuojauksessa ja alakeskuslähtöjen kojeena. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 107.)

Kytkinvarokkeen väännin kiinnitetään keskuksen kennon oveen. Kun kytkinvaroke on kiinni-asennossa (1- asento), on keskuslähtö jännitteinen, eikä kennon kantta saa turvallisuussyistä auki ilman erityistoimenpiteitä. Kun kytkin käännetään auki- asentoon (0- asento), tulevat sulakkeet, veitsikoskettimet ja lähtöliittimet jännitteettömäksi. Kennon kannen saa nyt auki ja sulake on turvallista vaihtaa jännitteettömänä, jos kytkinvarokkeen tuloliittimet ovat kosketussuojatut. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 107.)

9.2 Kontaktorit

Kontaktori on releen kaltainen sähkömekaaninen kytkin, jolla ohjataan korkeampia jännitteitä ja sähkövirtoja. Kontaktorit voidaan jakaa teho- ja ohjaus-kontaktoreihin. Tehokontaktori kestää suurempia virtoja, ja niitä käytetään tyypillisesti sähkömoottorien ohjauksessa. Ohjauskontaktoria käytetään ohjausvirtojen ohjaukseen. Kontaktoreihin liitetään usein myös apukoskettimia, joilla voidaan ilmoittaa esimerkiksi logiikalle

kosketintieto eli kontaktorin tila. Kontaktoria valittaessa on tiedettävä virtalaji, sähköiset nimellisarvot sekä kuormituksen luonne ja sen käyttötapa, jotta kontaktori kestää aiotussa kohteessa. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 98.)

Koska käyttötarkoituksen perusteella apureleiltä vaaditaan yleensä, että koskettimien on kestävä 10 A jatkuva virta, käytetään mainittua arvoa usein nimikkeiden rakenteellisena rajana. Apureleiden valintaperusteet ovat samat kuin kontaktorin. Ohjaukäämi valitaan käytettävissä olevan apujännitteen perusteella. Käämejä rakennetaan sekä tasa- että vaihtosähkölle. Suomessa suositellut apujännitteet ovat:

Tasajännitteet:

- 24 V
- 48 V
- 110 V
- 220 V

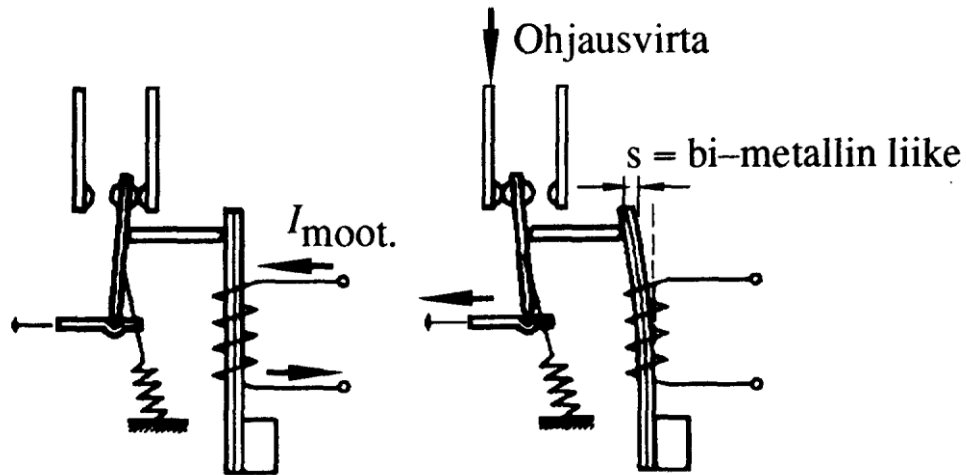
Vaihtojännitteet:

- 230 V (1-v)
- 400 V (3-v)
- 690 V (3-v) (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 99.)

Normien mukaa kontaktorin tulee toimia jännitteen vaihdella alueella $0,85 \dots 1,1 \cdot U_N$. Ohjauspiirin taajuusvaihteluksi sallitaan yleensä $0,9 \dots 1,05 \cdot f_N$. Virran katkaisu ohjaukäämissä voi aiheuttaa merkittäviä ylijännitteitä, mistä syystä usein käytetään ylijännitesuojaa kontaktorin ohjaukäämin rinnalla. Tyypillisesti käytetään vaihtosähköllä RC-suojaa tai varistoria, tasasähköllä nolladiodia. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 99.)

9.3 Lämpöreleet

Moottorin virta johdetaan releestä läpi vastuksen, joka lämmittää kaksoismetalliliuskaa eli bimetalliliuskaa. Lämmön vaikutuksesta liuska taipuu. Kun virta ylittää asetellun arvon, taipuu kaksoismetalliliuska niin paljon, että sen ohjaama kosketin toimii. Kontaktori, joka saa kelavirtansa releen koskettimien kautta, avautuu. Kuvassa 9 on esitetty bimetalliliuskan toimintatapa. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 96.)



Kuva 9. Bimetalliliuskan toimintatapa. (Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996, 529.)

Standardit eivät määrää täysin tarkkaa laukaisuaikaa, vaan eräitä rajoja. Taulukossa 17 on esitetty eräitä lämpöreleiden ominaisuuksia. Tarkemmin releen toiminta selviää valmistajan ilmoittamista käyristä. Jos moottorin nimellisvirta sattuu kahden relealueen rajalle, on edullista valita näistä virta-alueeltaan pienempi rele. Bi-metallien taipumat ovat tällöin suurempia ja toimintatarkkuus parempi. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 97.)

Taulukko 17. Laukaisuluokaltaan 10A lämpöreleiden ominaisuuksia. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 97.)

Kuormitusvirta	Laukaisuaika
1,5 x asetteluvirta (käyttölämmin rele)	maks. 120 s
7,2 x asetteluvirta (kylmä rele)	2...10 s
1,0 x asetteluvirta (kylmä rele)	yli 2h

Perusasetteluvirraksi otetaan usein moottorin nimellisvirta. Jos halutaan olla varovaisia, asetellaan rele kuormitusvirran mukaan. Turhien laukaisujen välttämiseksi on vielä otettava huomioon moottorin ja releen ympäristön lämpötilat sekä niiden keskinäinen ero. Kotelossa, johon rele on sijoitettu, on usein lämpötila + 50 °C moottorin ympäristön lämpötilan ollessa huomattavasti pienempi. Ellei rele ole lämpötilakompensoitu, se laukaisee liian nopeasti. Releen asetusta on tällöin muutettava. Virta-asetusta ei pidä korjata moottorin nimellisvirtaa suuremmaksi ennen kuin on luotettavasti todettu esim. ampeerimittarilla, että moottori ei todellakaan ota ylivirtaa, vaan releen laukaisu johtuu

esim. releen ympärillä olevan ilman liian korkeasta lämpötilasta. On muistettava, että bimetallirele jäähtyy huomattavasti nopeammin kuin moottori. Rele sallii käynnistykset niin lyhyin väliajoin, että moottorin lämpötila saattaa nousta vaarallisen korkeaksi, jolloin moottori vaurioituu. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 96.)

Kontaktorin ja lämpöreleen valinta on varsin suoraviivaista kun käytetään valmistajien antamia laitesuosittelustaulukoita. Taulukossa 18 on ABB:n esimerkkitaulukko, jossa kojeiden valinta perustuu suoraan moottoritehoon tietyllä jännitteellä.

Taulukko 18. Kontaktorin ja lämpöreleen valintataulukko. (ABB Oy 2013, Hakupäivä 29.11.2014.)

Moottori				Kontaktori			Lämpörele		
Moottoriteho Nimellisvirta 3-vaiheinen oikosulkum., 1500 r/min (1) 380 V 400 V kW A 415 V kW A				Nimellis- virta AC-3 □ □ 55 □C 380 V 400 V A A	Lajimerkki Anna kelan jännitekoodi: [] [] [] []	Apukosketin Y Y	Asettelualue A	Lajimerkki	
20	40	-	-	50	50	A 50-30-00 [] [] [] []	- -	29 ... 42	TA 75 DU 42
22	44	22	40	50	50	A 50-30-00 [] [] [] []	- -	36 ... 52	TA 75 DU 52
25	50	25	47	50	50	A 50-30-00 [] [] [] []	- -	36 ... 52	TA 75 DU 52
30	60	30	55	65	65	A 63-30-00 [] [] [] []	- -	45 ... 63	TA 75 DU 63
37	72	37	66	75	72	A 75-30-00 [] [] [] []	- -	60 ... 80	TA 75 DU 80
-	-	40	72	75	72	A 75-30-00 [] [] [] []	- -	60 ... 80	TA 75 DU 80
40	79	-	-	96	96	A 95-30-00 [] [] [] []	- -	65 ... 90	TA 110 DU 90
45	85	45	80	96	96	A 95-30-00 [] [] [] []	- -	65 ... 90	TA 110 DU 90
-	-	51	90	96	96	A 95-30-00 [] [] [] []	- -	80 ... 110	TA 110 DU 110
-	-	55	96	96	96	A 95-30-00 [] [] [] []	- -	80 ... 110	TA 110 DU 110
51	97	-	-	110	110	A 110-30-00 [] [] [] []	- -	80 ... 110	TA 110 DU 110
55	105	-	-	110	110	A 110-30-00 [] [] [] []	- -	80 ... 110	TA 110 DU 110
-	-	59	105	110	110	A 110-30-00 [] [] [] []	- -	80 ... 110	TA 110 DU 110
59	112	-	-	145	145	A 145-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
75	140	75	135	145	145	A 145-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
-	-	80	138	145	145	A 145-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
80	147	-	-	185	185	A 185-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
90	170	90	165	185	185	A 185-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
-	-	100	182	185	185	A 185-30-11 [] [] [] []	1 1	60 ... 200	E 200 DU
100	188	-	-	210	210	A 210-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
110	205	110	200	210	210	A 210-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
129	242	129	230	260	260	A 260-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
132	245	132	242	260	260	A 260-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
140	260	140	250	260	260	A 260-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
-	-	147	260	260	260	A 260-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
147	273	-	-	305	300	A 300-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
160	295	160	280	305	300	A 300-30-11 [] [] [] []	1 1	100 ... 320	E 320 DU
180	333	180	320	400	400	AF 400-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
184	340	184	325	400	400	AF 400-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
200	370	200	340	400	400	AF 400-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
-	-	220	385	400	400	AF 400-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
220	408	-	-	460	460	AF 460-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
250	460	250	425	460	460	AF 460-30-11 [] [] [] []	1 1	150 ... 500	E 500 DU
257	475	257	450	580	580	AF 580-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
295	546	295	500	580	580	AF 580-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
-	-	315	535	580	580	AF 580-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
315	580	-	-	580	580	AF 580-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
355	636	355	580	750	750	AF 750-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
-	-	400	650	750	750	AF 750-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU
400	710	-	-	750	750	AF 750-30-11 [] [] [] []	1 1	250 ... 800	E 800 DU

(1) Taulukossa olevat virta-arvot ovat vakio-oikosulkumouureiden arvoja (3-v.), 1500 r/min 50 Hz. Arvot ovat ohjeellisia ja ne voivat vaihdella eri napaluvuilla ja käyttöluokilla. AC 4-käytössä (tippakäynnistys, suunnanvaihto ja vastavirtajarrutus) ota yhteyttä lähimpään myyntikonttoriimme. Moottoreiden virta-arvot muilla käyttöjännitteillä, katso sivu 39.

9.4 Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojakytkimen toiminta perustuu summavirtamuuntajaan, jossa on kaksi toisistaan erillistä ensiökäämiä, joista toisen kautta kulkee suojattavan kuormituksen vaihejohdin, ja toista käämiä pitkin palaa nollajohdin. Normaalissa tilanteessa nämä virrat ovat yhtä suuret, eli ne kumoavat toisensa summavirtamuuntajassa. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 98.)

Kun uhri koskettaa kytkimen takaisten virtapiirien jälkeistä jännitteistä johdinta ja on samaan aikaan yhteydessä maahan, alkaa hänen lävitseen kulkemaan virta. Summavirtamuuntaja huomaa tämän käämien välisen virtaeron ja laukaisee vikavirtasuojakytkimessä olevat koskettimet auki. Tämä laukaisu tapahtuu niin nopeasti, että uhri ehtii saamaan vain melko vähäisen sähköiskun ennen jännitteen katkeamista. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 98.)

Vikavirtasuojakytkimiä on erilaisia. Niitä valmistetaan yksi- ja kolmevaiheiseen sähköverkkoon sopiviksi. Yksivaiheisissa on kaksi käämiä, näitä sanotaan kaksinapaisiksi kytkimiksi. Kolmevaiheisissa vikavirtasuojakytkimissä on neljä käämiä, eli näitä kutsutaan nelinapaisiksi. Nelinapaisia kytkimiä valmistetaan lähinnä vain sähkökeskuksiin asennettavaa mallia, kaksinapaisia on saatavilla sekä keskuksiin asennettavana että pistorasiaan työnnettävinä, siirrettävinä malleina. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 98.)

Yleisin malli on 30mA:n vikavirtasuojaja. Tämä soveltuu hyvin henkilösuojaukseen niin kotioiloissa, kuin monessa muussakin paikassa. 10mA:n vikavirtasuojat ovat harvinaisempia. Jonkin verran niitä käytetään pistorasiaan työnnettävissä siirrettävissä kytkimissä, ja myös sähkökorjaamoiden työpisteistä, ja vastaavista paikoista niitä voi löytää. 300mA ja 500mA:n vikavirtasuojakytkimet ovat myös melko harvinaisia. Nämä eivät suuren laukaisuvirtansa takia sovellu henkilösuojaukseen, vaan niitä käytetään pelkästään palosuojaukseen. Näitä käytetään lähinnä sähkökeskusten syöttöpuolella, jossa ne ovat suojaamassa suuremman alueen asennuksia. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 244.)

Vikavirtakytkimen valinnassa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- kytkentäpaikka (sähkökeskus, kojerasia tai pistoke)
- käyttötarkoitus (henkilösuojaus, palosuojaus)
- vikavirran suuruus (yleensä 10/30/300/500 mA)
- vikavirtasuojan virrankesto
- vaiheiden määrä
- toimintajännite (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 247.)

9.5 Turvakytkin

Turvakytkin on moottorin, työstökoneen tms. läheisyyteen, päävirtapiiriin asennettava, käsikäyttöinen, aukiasentoon lukittavissa oleva, luotettavalla asennonosoituksella varustettu kytkin, jonka tarkoituksena on luotettavasti estää ko. sähkökäyttöisen laitteen vahinkokäynnistyminen esim. huolto-, korjaus-, yms. töiden aikana. Turvakytkimen ominaisuudet ovat sellaiset, että sillä voidaan suorittaa myös hätäpysäytys. Sitä ei ole kuitenkaan tarkoitettu moottorin käyttökytkimeksi. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 273.)

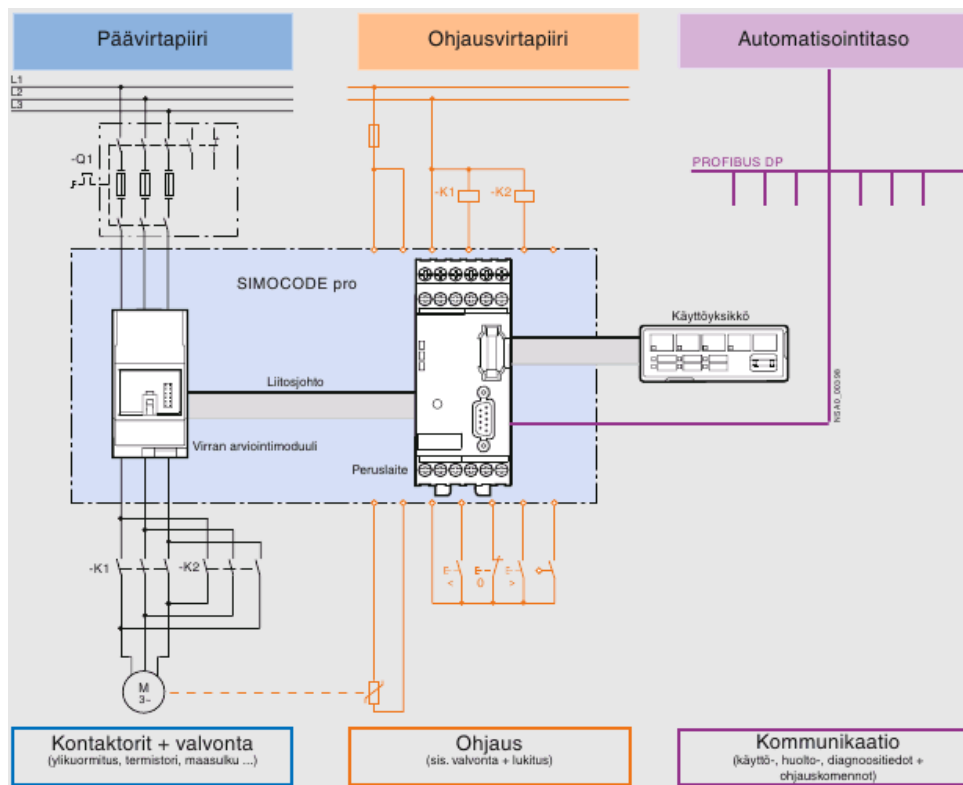
9.6 Simocode PRO V

Simocode pro on kattava moottorin hallintajärjestelmä vakionopeus-pienjännitemoottoreille. Se optimoi ohjaustekniikan ja moottorilähdön välisen liikennöinnin, parantaa laitteiston käytettävyyttä ja tuo samanaikaisesti huomattavia säästöjä laitteiston valmistuksen, käyttöönoton, käytön ja huollon yhteydessä. Kuvassa 10 on esitetty simocodella varustettu moottorilähtö. (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)

Simocode pro asennettuna pienjännite- kytkentäkaappiin muodostaa yhteyden automaation ja moottorilähdön välille. Simocoden ominaisuuksia ovat mm:

- Monipuolisen, elektronisen moottorin täyssuojauksen, joka on riippumaton automaatiojärjestelmästä.
- Joustava ohjelmisto ohjausta varten.
- Yksityiskohtaiset käyttö-, huolto- ja diagnoositiedot.

- Avoimen tiedonsiirron PROFIBUS DP:n kautta, joka on standardi kenttäväyljärjestelmissä.
- Kyky tallentaa mittauskäyriä ja voi näytellä moottorivirtojen käyttämisen käynnistykseen aikana.
- Ohjelmistopaketti Simocode ES palvelee Simocode pro:n parametointia, käyttöönottoa ja diagnoosia varten. (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)



Kuva 10. Simocodella varustettu moottorilähtö. (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)

Simocode pro V on esitetty kuvassa 11. Se suojaaa moottorilähdön yhdistelemällä seuraavia suojaustapoja:

- Virtaa mittaava elektroninen ylikuormasuojia
- Termistori-moottorinsuojaus
- Vaihekatkos-/epäsymmetriasuoja
- Jumisuoja
- Moottorivirran säädettävien raja-arvojen valvonta
- Jännitteen ja tehon valvonta
- Maasulkuvalvonta
- Lämpötilavalvonta esim. PT100/PT1000:n kautta sekä
- Käyttötuntien, seisonta-aikojen ja käynnistyslukumäärien jne. valvonta.

(Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)

Simocode pro V:n tekniset tiedot:

- PROFIBUS DP-liittymä, 12 Mb/s, RS 485
- 4In / 3Out vapaasti parametroitavissa
- tulo termistoriliitännälle
- monostabiilit relelähdet
- ohjausjännite DC 24 V
- syöttö AC/DC 110 ... 240 V (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)



Kuva 11. Simocode pro V (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)

Virta- jännitemuuntajassa (kuva 12) jännite voidaan mitata 690 V:iin asti. Saatavilla olevien virtamuuntajien asettelualueet ovat seuraavat:

- 0,3 ... 3 A
- 2,4 ... 25 A
- 10 ... 100 A
- 20 ... 200 A (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)



Kuva 12. Virta/jännitemuuntaja (Siemens 2011 b, Hakupäivä 6.2.2013.)

9.7 SATEL- Radiomodeemi

Teollisuudessa SATELLINE-radiomodeemit ovat käytössä monissa eri sovelluksissa. Niitä voidaan käyttää missä tahansa missä tarvitaan joustavaa langatonta tiedonsiirtoa monitorointiin ja kaukokäyttösovelluksiin. Radiomodeemit soveltuvat erinomaisesti työasemiin, joissa on käytössä liikkuvia koneita tai laitteita. Koneet ja laitteet on nopeaa ja helppoa uudelleensijoittaa teollisuusrakennuksissa ilman isoja kaapelointeja. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)

SATELLINE-radiomodeemit on suunniteltu teollisuuden vaativiin tarpeisiin. Tiedonsiirto on edullista, koska modeemit toimivat operaattorivapaasti ja luvasta vapaita taajuuksia on saatavilla moniin maihin. Radiomodeemit ovat yleisesti käytössä esim. SCADA-järjestelmissä ja ovat yhteensopivia yleisesti käytettyjen protokollien kuten Modbus ja Profibus kanssa. Taulukossa 19 on lueteltuna Satelline-3AS:n tekniset tiedot. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)

Taulukko 19. SATELLINE-3AS tekniset tiedot. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)

Taajuusalue	330 ... 470 MHz
Viritysalue	± 2 MHz keskitaajuudesta
Kanavaväli	12.5 / 20 / 25 kHz kiinteä
Herkkyys / Teho	-115 dBm / 1 W
Väylä	RS-232, 422, 485
Tiedonsiirtonopeus	Radio 19200 / RS 38400 bps
Käyttöjännite	+9 ... +30 Vdc
Virrankulutus	1.1 W / 5 W
Koko / Paino	137 x 67 x 29 mm / 250 g
Liittimet	D15 / TNC naaras

SATELLINE-3AS:ssä datanopeus on 19200 bps ja lähetysteho (max 1 W), jotka mahdollistavat alueellisesti laajojen ja paljon dataa siirtävien verkkojen rakentamisen. Laitteen eri käyttötilat, toiminnot ja toimintaparametrit voidaan asettaa tietokoneelta käsin. Lähetysteho on säädettävissä ohjelmallisesti välillä 10 mW...1 W. Kuvassa 13 on esiteltyinä radioantennit, joiden välillä tiedonsiirto tapahtuu ja kuvassa 14 SATELLINE-3AS radiomodeemi. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)



Kuva 13. Radioantennit. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)



Kuva 14. SATELLINE-3AS. (SATEL Oy 2013, Hakupäivä 28.2.2013.)

9.8 SENTRON PAC 3200

Sentron PAC3200 (kuva 15) on verkkoanalysaattori, joka näyttää kaikki olennaiset sähköverkkoparametrit pienjänniteverkoissa. Se sopii yksi-, kaksi- tai kolmivaihemittauksille ja sitä voidaan käyttää kaksijohdin, kolmejohdin, nelijohdin, TN, TT ja IT verkoissa. Sillä voidaan korvata keskuksen kaikki perinteiset analogiset mittalaitteet. Laajan mittajännitealueen vuoksi se voidaan kytkeä suoraan mihin tahansa pienjänniteverkkoon nimellisjännitteeseen 690 V saakka. Matalalla DC-ohjausjännitteellä varustetulle laiteversiolle on sallittu suora kytkeminen 500 V verkkoihin saakka. Korkeampia jännitteitä voidaan mitata käyttäen jännitteenmuuntimia. Virran mittaamiseen voidaan käyttää joko x/1 A tai x/5 A virtamuuntajaa. (Siemens 2014 a, Hakupäivä 18.9.2014.)

Laitteessa on valikoima hyödyllisiä valvonta-, diagnostiikka- ja palvelutomintoja, kaksitariffi pätöenergia ja loisenergia laskurit, yleislaskuri, ja käyttötuntilaskuri kytkettyjen kuormien käyttäjän valvontaan. Integroitua Ethernet-liityntää tai valinnaista liityntämoduulia voidaan käyttää kommunikaatioon. Laitteessa on lisäksi monitoimintainen digitaalitulo ja digitaalilähtö. Parametrit voidaan asettaa joko suoraan laitteeseen tai kommunikaatioliityntöjen kautta. (Siemens 2014 a, Hakupäivä 18.9.2014.)



Kuva 15. Siemens Sentron PAC3200 (Siemens 2014 a, Hakupäivä 18.9.2014.)

10 JAKOKESKUKSET

Sähkön jakelu- ja haaroituspisteinä käytettävien enintään 1000 VAC tai 1500 VDC jakokeskuksissa on kytkinlaitteita sekä erilaisia oheislaitteita. Jakokeskuksia käytetään moottorikäynnistimien keskittämiseen sähkötiloihin, kiinteistösähkön jakeluun sekä automaatiojärjestelmien kotelointiin. Keskukset asennetaan yleensä sisälle, mutta ei aina lämpimiin tiloihin. Pääkeskukset ja osa alakeskuksista asennetaan lukittaviin sähkötiloihin. Niissä keskukset ovat suojassa ja keskusten tuottama hukkalämpö voidaan poistaa koneellisella ilmastoinnilla tai jäähdytyslaitteilla. Sähkötilojen kaapeliläpiviennit tiivistetään palokatkoilla, jotta kaapelipalo ei leviä sähkötilasta ulospäin tai muualta sähkötilaan. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 79.)

Keskukset valmistetaan metalleista ja muoveista. Rakenteilta edellytetään tiettyä suojausluokkaa sähköiskua vastaan ja sopivaa kotelointiluokkaa kosketusta, vieraita esiteintä, pölyä ja vettä vastaan. Keskusten on kestävä niiden sisällä vikatilanteessa syntyvä valokaari ja suuri paineisku. Niiden on myös annettava riittävä suojaustaso sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 79.)

10.1 Kennokeskus

Kennokeskukset ovat teräslevystä valmistettuja, pulverimaalattuja ja mekaanisesti yhteen liitettyjen kenttien tai kennojen yhdistelmiä. Niitä käytetään pää-, nousu- ja alakeskuksina, moottorien ohjauskeskuksina tai näiden yhdistelminä. Kennokeskukset ovat lattialla seisovia tai seinään kiinnitettyjä kosketussuojattuja rakenteita, jotka ovat kotelointiluokaltaan yleensä IP20 tai IP30. Keskusvalmistaja tekee mekaaniset ja sähkökytkennät sekä FAT- testauksen ennen asennuspaikalle siirtämistä. Kuljetusta ja paikalleen asennusta varten keskukset ovat muutaman metrin pituisissa kuljetusyksiköissä. Keskusrungot, virtakiskot ja muut sähkökytkennät liitetään asennuspaikalla yhteen asennusohjeiden mukaisesti. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 80.)

Kennokeskuksista voidaan ulospäin tarkastella seuraavia yksityiskohtia:

A) Mekaaninen rakenne

- Kentät ovat rakenteessa pystysuuntaisesti rajattuja tiloja. Ne numeroidaan järjestyksessä kasvavalla numerosarjalla, esimerkiksi: 01-02-03-..., tai numeroiden ja kirjainten yhdistelmällä.
- Kentässä on yksi tai useampia kennoja, joissa on lähtöyksiköt tai ne ovat varatiloina laajennuksia varten. Kennoissa on lähtöyksikköä osoittava tunnuskilpi tai niiden ovissa on yhdestä pisteestä ohjattava lukkolaite tai useampia salpoja.
- Kennot kaapeloidaan kaapelikenttien kautta turvallisesti, vaikka keskuksessa olisi jännite. Kaapelointi tehdään ylä- tai alakautta ja kaapelit kiinnitetään kaapelikenttään kaarikiinnikkeillä. Kaapelikentissä on myös useimmiten lähtöyksikköjen tarvitsema PE- kisko. Syöttö muuntajalta tuodaan suurvirtakaapeleilla tai kiskosillalla.
- Keskuksen alla on kennosokkeli, joka korottaa keskusta lattiapinnasta 50-100 millimetriä. Sokkelitilassa voi olla kenttien välisiä ohjauskaapeleita.
- Keskuksessa mahdollisesti syntyvä valokaari purkautuu kattorakenteen kautta ulos. Katto toimii räjähdysluukkuna estäen vaaralliset purkaukset keskuksen eteen hoitokäytävälle. Jotta tämä toteutuisi, on kennojen ovet pidettävä aina lukittuina kaikilla ovisalvoilla. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 80.)

B) Sähköiset varusteet

- Syöttökentän kannessa on kuormakytkimen kahva tai pääkatkaisijan ohjauspaneeli.
- Keskuksia on voitava työmaadoittaa, jos niiden nimellisvirta on yli 1000 A.
- Pääkeskuksissa on kWh- mittarit, jotka mittaavat kulutettua pätöenergiaa. Lisävarusteena voi olla myös kvarh-mittari loisenergian mittausta varten.
- Syöttökentät varustetaan useimmiten yhdellä jännitemittarilla ja moninapaisella vääntökytkimellä. Jännitteet valitaan kytkimellä väleiltä L – L ja L – N. Keskuksessa voi olla myös virtamittarit kaikissa vaiheissa kuormituksen vaihevirtojen seurantaan varten.
- Mittaus voidaan tehdä monivirtamittarilla, joka mittaa kaikki tarvittavat sähkösuureet. Tällainen mittalaite voidaan liittää kenttäväylän avulla automaatiojärjestelmään. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 80.)

10.2 Kennokeskuksen sisäinen sähköjako

Kennokeskuksen pääpiireihin kuuluvat sähköenergian siirtoon tarkoitetut keskusosat. Niiden sähköjako tehdään alumiinisilla tai kuparisilla virtakiskoilla. Pääkytkin syöttää keskuksen vaakasuuntaisia kokoomakiskoja. Ne yhdistetään kenttien kohdalla pystysuuntaisiin haarakiskoihin. Lähtökennojen syöttöjohtimet kytketään kiskoilla tai monisäikeisillä johtimilla haarakiskoihin. PE- kisko on yleisimmin kaapelikentässä.

Apupiirejä ovat pääpiirien ohjaukseen, mittaukseen ja merkinantoon tarkoitetut keskusosat. Niiden ohjausjännite saadaan ohjausjännitemuuntajasta. Ohjausjännitteet jaetaan lähtökennoihin yleisimmin eristetyillä johtimilla. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 81.)

10.3 Kaappikeskus

Kaappikeskukset ovat kosketussuojatut, lattialla seisovia keskuksia. Ne sisältävät yhden tai useita kenttiä tai suojattuja tiloja. Kaappikeskuksia käytetään yleisesti sähköisten toimilaitelähtöjen tai automaatiojärjestelmän kotelointiin. Keskuksia valmistetaan useita kokoja ja niiden materiaalina on pulverimaalattu teräspelti. Voimakkaasti korrosoivissa olosuhteissa käytetään myös ruostumatonta tai haponkestävää teräslevyä. Sähköiset komponentit kiinnitetään kaappien asennuslevyihin, jotka voidaan irroittaa kytkentätöön ajaksi. Kaapelointi tehdään useimmiten alakautta sokkelitilaan. Kaappikeskusten oviin voidaan asentaa kytkimiä, merkkilamppuja, piirtureita yms. komponentteja, jolloin keskus toimii myös valvontatauluna ja ohjauspaikkana. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 84.)

10.4 Johdotus ja liitännät

Keskusta johdotettaessa täytyy muutamia asioihin kiinnittää huomiota. Näitä ovat muun muassa käytettävien johtimien tunnistettavuus, poikkipinta-alat sekä sijoitus johdinkouruihin. Keskuksen valmistajan ja tilaajan välinen asia on sopia käytettävistä väreistä ja muista johdinten tunnistukseen käytettävistä menetelmistä. Pääsääntöisesti johdinväreinä voidaan käyttää kaikkia päävärejä. Värejä käytettäessä johdinten tunnistamiseen, on suositeltavaa, että sama väri esiintyy koko johtimen pituudelta. On

myös mahdollista käyttää eriväristä johdinta, kunhan se on huolellisesti ja vähintään 10 cm matkalta merkattu molemmista liitinpäistään oikealla värillä. Väriyhdistelmien käyttö johdinväreinä on myös sallittua sillä rajoituksella, että keltavihreää yhdistelmää ei koskaan saa käyttää muun, kuin suojajohtimen värinä. Suositeltavat värit pää- ja ohjausvirtapiireissä käytettäväksi on esitetty taulukossa 20. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 64.)

Taulukko 20. Suositellut värit jännitelajeittain. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 64.)

Jännitelaji	Väri
AC Pääpiiri	Musta
AC Ohjauspiiri	Punainen
DC Ohjauspiiri	Sininen
Vieras jännite	Oranssi

Keskuksen johdotuksessa suositetaan käytettäväksi MK tai MKEM tyyppisiä kupari johtimia. Johdinten poikkipinta-alan määrää johtimissa kulkeva kuormitusvirta. MK ja MKEM tyyppisten johdinten kuormitettavuus on esitetty taulukossa 21. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 72.)

Taulukko 21. Keskuksen sisäisen johdotuksen johdinten poikkipinta-alat kuormituksen mukaan. (Suomen Standardisoimisliitto 2005, 72.)

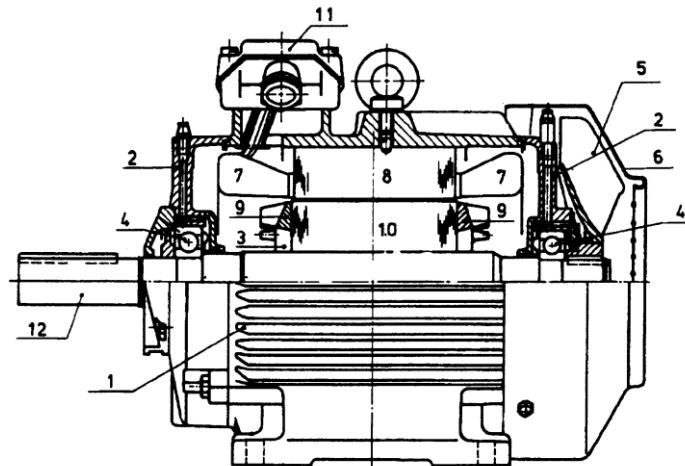
Kuormitusvirta A	Vaihejohtimen Poikkipinta-ala mm ²	Nolla- ja suojajohti- men poikkipinta-ala mm ²
6	1,5	1,5
10	1,5	1,5
16	2,5	2,5
20	2,5	2,5
25	4	4
32	6	6
40	10	10
63	16	16
80	16	16
100	25	16
125	35	16
160	50	25
200	70	35

11 MOOTTORILÄHDÖN MITOITUS

Suorassa käynnistyksessä oikosulkumoottorin ottama hetkellinen käynnistysvirta on n. 4 - 8 kertaa nimellisvirtaa suurempi ja tehokerroin on pieni, suuruusluokkaa 0,15. Kun moottori kiihtyy, sen ottama virta pienenee ja tehokerroin kasvaa. Samalla moottorin verkosta ottama teho kasvaa. Kun moottori on kiihtynyt kuormituksen vaatimaan pyörintänopeuteen, moottorin ottama teho pienenee kuormitustehoonsa. (Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996, 189.)

Oikosulkumoottorin arvokilvessä ilmoitetaan vähintään:

- Nimellispääjännite U
- Antoteho P
- Moottorin virta nimellismomentilla kuormitettuna I
- Nimellispyörimisnopeus n
- Tehokerroin $\cos\varphi$ (Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996, 199.)

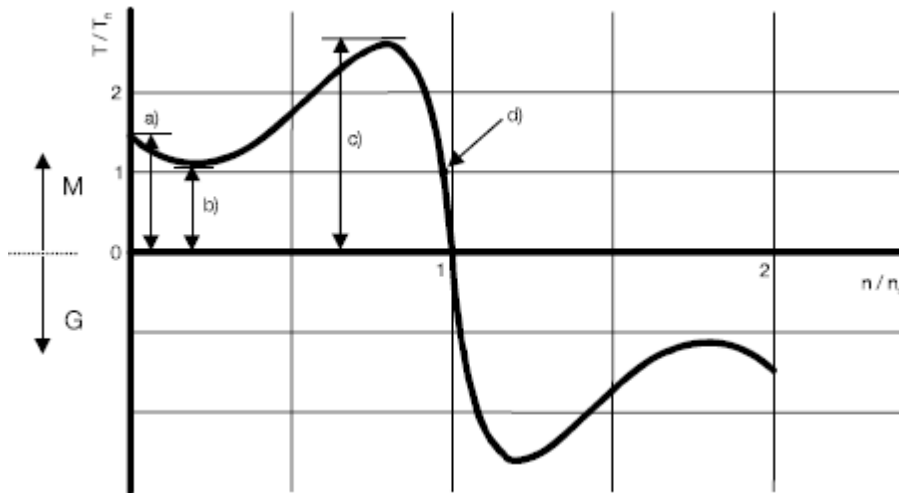


Kuva 16. Erään oikosulkumoottorin kokoonpanopiirustus.

(Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996, 119.)

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Staattorin runko | 7. Staattorikäänitys |
| 2. Laakerikilvet | 8. Staattorin levypaketti |
| 3. Roottori | 9. Roottorikäänitys |
| 4. Laakerit | 10. Roottorin levypaketti |
| 5. Tuuletin | 11. Liitäntäkotelo |
| 6. Tuulettimen suojuus | 12. Akseli |

Kun moottori on kytketty syöttöön vakiojännitteellä ja -taajuudella, sen momenttikäyrä on seuraavanlainen:



Kuva 17. Oikosulkumoottorin tyypillinen momentti/kierroslukukäyrä, kun moottori on kytketty syöttöverkkoon. Kuvassa kirjain a) tarkoittaa lukittua roottorimomenttia, b) minimimomenttia, c) moottorin maksimimomenttia, T_{max} ja d) moottorin nimellispistettä. (ABB:n Tekninen opas nro7, Hakupäivä 27.11.2014.)

Moottorin verkosta ottama teho on laskettavissa kaavalla:

$$P_{SYÖTTÖ} = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \quad (3)$$

Moottorin nimellisteho on laskettavissa kaavalla:

$$P_{LÄHTÖ} = 2 * \pi * n * M \quad (4)$$

missä

n = Nimellispyörimisnopeus

M = Moottorin nimellismomentti

Moottorin kiihdytykseen kulunut aika on laskettavissa kaavalla:

$$\Delta t = \frac{2 * \pi}{60} * \frac{J_{KOKONAIS} * \Delta n}{T_n - T_{KUORMA}} \quad (5)$$

missä

$J_{kokonais}$ = Moottorin ja kuorman yhteenlaskettu hitausmomentti.

Δn = Moottorin pyörimisnopeuden muutos.

T_n = Moottorin nimellismomentti.

T_{kuorma} = Kuorman vääntömomentti.

Momentti T_{kuorma} tarkoittaa moottorin kuormitusta. Kuormitus muodostuu kitkasta, hitausmomentista ja kuorman momentista.

Moottorin hyötysuhde saadaan jakamalla nimellisteho syöttöteholla:

$$\eta = \frac{P_{LÄHTÖ}}{P_{SYÖTTÖ}} \quad (6)$$

missä

$P_{lähtö}$ = Moottorin kilpiarvossa ilmoitettu moottorin nimellisteho.

$P_{syöttö}$ = Moottorin verkosta ottama teho.

Virta, jonka moottori ottaa tarvittavan kuormamomentin tuottamiseen, voidaan laskea momenttien suhteesta. Laskentatapa on riittävällä tarkkuudella mahdollista, kun momentti on lähellä nimellistä momenttia seuraavasti.

$$0,8 \leq T_N \leq 0,7 * T_{MAX} \quad (7)$$

missä

T_n = Moottorin nimellismomentti.

T_{max} = Moottorin maksimimomentti.

Siten kuormatilanteen vaatima virta on seuraava:

$$I = \frac{T_{KUORMA}}{T_N} * I_n \quad (8)$$

(Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996, 154.)

Moottorilähdön mitoituksesta ja komponenttien valinnasta on esimerkki liitteessä 7.

12 VÄYLÄOHJATUT MOOTTORILÄHDÖT

Teollisuudessa ja automaatioissa yleensäkin on paljon ohjausjärjestelmiä, joissa järjestelmä saa työalueelta kaksitilaista on/off-tyyppistä tietoa. Samoin monet toimilaitteet toimivat käyntiin/seis tai auki/kiinni-tyyppisillä komennoilla. Aiemmin nämä ohjaukset toteutettiin lähes yksinomaan releillä, joka johti monimutkaisiin langoituksiin ja suureen komponenttimäärään. (Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti & Metso, Tommi & Putkonen, Kari 2001, 41.)

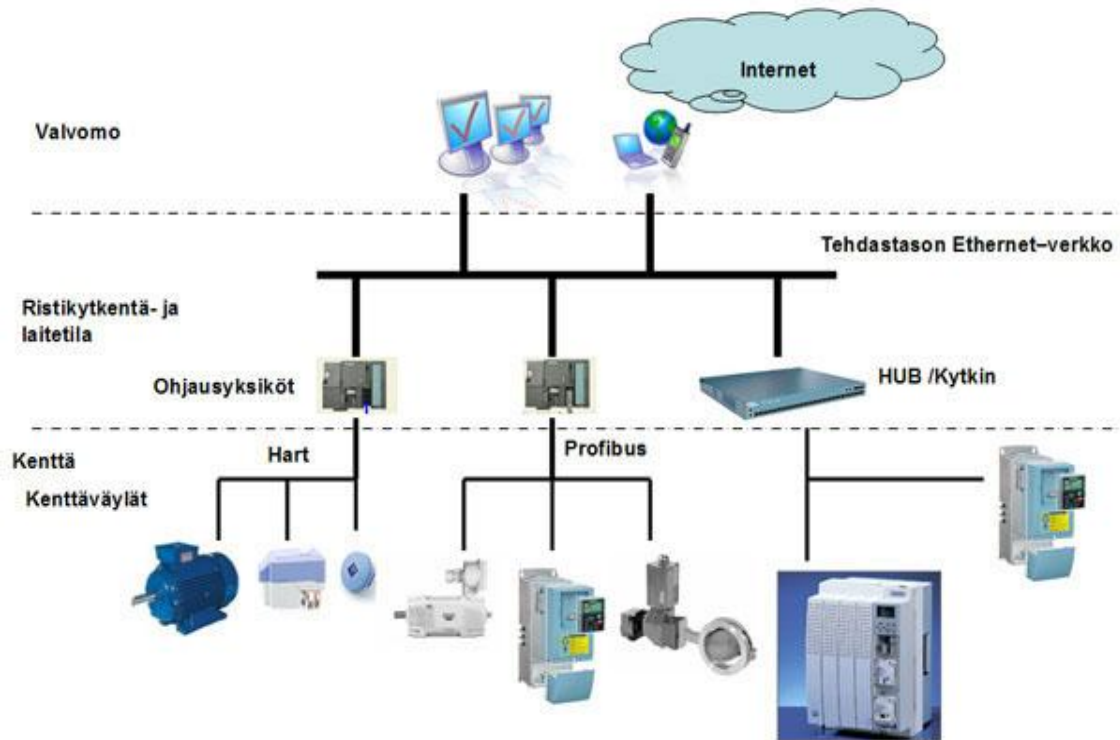
Tehtaalle menevät ohjausväylät, joista käytetään myös nimitystä kenttäväylä (Fieldbus), siirtävät tietoa järjestelmää mittaavien antureiden, järjestelmää ohjaavien toimilaitteiden ja koko automaatiojärjestelmän välillä. Kenttäväylällä toteutetaan automaatiojärjestelmän hajautus. Siinä voidaan järjestää korkeamman tason kommunikointi tietokoneiden välillä ja alemman tason kenttäohjaukset esim. ohjelmoitaville logiikoille. Periaatteena on, että korkeamman tason isäntäkoneella (Master) voidaan suorittaa alemman tason (Slave) automaatiolaitteiden ohjaus ja ohjelmamuutokset. Kenttäväylän etuina tuotannonohjauksessa nähdään mm. säätöt kaapeloinneissa, kaiken välitettävän tiedon digitaalisuus ja sen käytettävyys koko tietoverkossa. Myös järjestelmän laajentamisen helppous katsotaan kenttäväylien eduiksi. (Keinänen ym. 2001, 10.)

Kokonaisen tehtaan, tuotannollista toimintaa ohjaavan automaatiojärjestelmän keskusyksikkönä toimii valvomoasema, joka rakentuu teollisuusstandardin mukaisesta PC-laitteistosta ja laitteistoon liitetyistä erillisistä I/O yksiköistä. Valvomoaseman I/O-yksiköihin on kytketty tehtaalle menevät ohjausväylät, jotka voivat olla rakenteeltaan joko kuparikaapeliperustaisia parikaapeliväyliä tai joissakin tapauksissa myös valokuituyhteyksiä. (Asp, Risto & Tuominen, Timo & Hyppönen, Heikki, Hakupäivä 15.1.2013.)

Kenttäväyläjärjestelmän (kuva 18) hierarkkinen jako:

- Alimmalla eli kenttälaitetasolla ovat yksittäiset ohjausyksiköt, lähettimet, anturit ja mittalaitteet sekä prosessia ohjaavat toimilaitteet.
- Seuraavalla tasolla ovat ohjainyksiköiden, säätimien ja toimilaitteiden ohjauksia kontrolloivat logiikkayksiköt.

- Ylimmälle tasolle sijoittuvat mm. valvomotietokoneet, erilliset ohjauspäätteet ja hälytyskirjoittimet. Ylimmältä tasolta voidaan liittyä myös lähiverkkoon ja mahdollisesti Internetiin. (Asp, Risto & Tuominen, Timo & Hyppönen, Heikki, Hakupäivä 15.1.2013.)



Kuva 18. Esimerkkikuva tyypillisestä logiikoilla toteutetusta automaatiojärjestelmästä. (Asp, Risto ym. Hakupäivä 15.1.2013.)

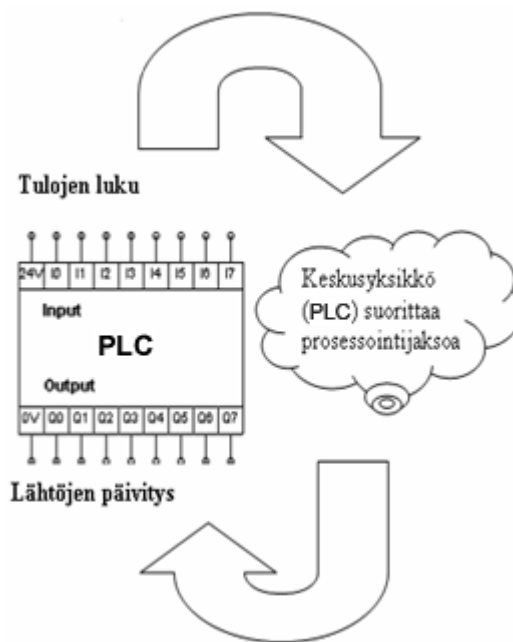
12.1 Logiikkaohjaukset

Ohjelmoitava logiikka toimii oleellisena osana ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää. Sen tuloihin kytketään järjestelmän tilaa havainnoivat anturit ja lähestymiskytkimet eli aistit. Lähtöihin kytketään toimilaitteet, joita ovat esim. sähkömoottorit, releet, merkkilamput ja magneettiventtiilit. Logiikan muistiin voidaan kirjoittaa ohjelma, joka valvoo järjestelmän tilaa tosiaikaisesti. (Keinänen ym. 2001, 243.)

Logiikkalaitteessa tapahtuvan ohjelmakierron (kuva 19) eteneminen vaihe vaiheelta:

- Keskusyksikkö (PLC) lukee tuloihin (Input) liitettyjen anturien, kytkimien ja lähettimien välittämät tiedot laitteen sisäisiin muistipiireihin.

- Seuraavaksi keskusyksikkö (PLC) käsittelee antureilta saamansa prosessin olotila arvoja indikoivat tiedot sille syötetyn ohjelman mukaisesti. Tämä on prosessointijakso.
- Prosessointijakson päätteeksi keskusyksikkö päivittää logiikan lähdöt (Output) ohjelman määrittelemi arvoihin.
- Tieto välittyy lähtöyksiköistä ohjausväylän kautta toimilaitteille, jotka asettuvat ohjausyksikön määäämiin tiloihin.
- Anturit mittaavat ja välittävät ohjattavan prosessin tilanmuutoksesta kertovat olotilatiedot ohjausyksikölle, ja näin alkaa uusi ohjelmakierto. (Asp, Risto ym. Hakupäivä 15.1.2013.)



Kuva 19. Logiikan ohjelmakierto. (Asp, Risto ym. Hakupäivä 15.1.2013.)

Ohjelmoitava logiikka soveltuu varsin hyvin pneumaattiseen- sekä sähkömoottoreiden ohjaukseen. Logiikoiden hinnat ovat nykyisin melko alhaisia, kannattaa suhteellisen yksinkertainenkin ohjaustehtävä suorittaa logiikoita hyväksi käyttäen.

Mainittavia etuja, joita ohjelmoitavan logiikankäytöstä voi saavuttaa ovat:

- Järjestelmän langoitus eli kytkentä tehdään yleensä vain kerran.
- Ohjelmallisesti tehdään prosessin muutokset, kuten ajastimien tai laskureiden arvojen vaihtaminen, työjakson muuttaminen jne.
- Itsepitotoiminnot toteutetaan logiikan SET-komennolla.
- Ohjelma säilyy muuttumattomana eli ohjelma ei yleensä aiheuta häiriöitä tai seisokkeja.
- Ohjelman muuttaminen on yksinkertaista. (Keinänen ym. 2001, 270.)

Teholähteen tehtävä on syöttää logiikan keskusyksikön ja I/O-yksiköiden tarvitsema teho. Toisaalta teholähde erottaa logiikan verkosta, eli tekee niin sanotun galvaanisen erotuksen. Kenttälaitteille liitäntäteho otetaan useimmiten erillisestä teholähteestä. Teholähteitä on saatavana 24 VDC tai 230 VAC käyttöjännitteellä.

(Fonselius ym.1999, 107.)

Ulkoisten toimilaitteiden tarvitseman jännitelähteen valinnassa on otettava huomioon mm. kuormitettavuus, lähtöpiirien ryhmittely, tarvittavat sulakkeet sekä turvallisuusnäkökohdista johtuvat erityisjärjestelyt kriittisille lähtöpiireille, esim. hätäseis -painikkeiden vaikutus. Yleisesti ottaen ohjelmoitava logiikka tarvitsee hyvänlaatuisen tehonsyötön. Samassa sähköryhmässä ei tulisi olla raskaita sähkömoottorikuormia, jotka voivat aiheuttaa ohjelmien sekoamisen tai jopa logiikan rikkoutumisen. Mikäli nämä asiat ovat kunnossa, ohjelmoitavat logiikat ovat erittäin luotettavia koneautomaatiolaitteita. (Keinänen ym. 2001, 247.)

Tuloyksiköllä on neljä tehtävää: välittää on/off-tietoa antureilta keskusyksikölle, toteuttaa galvaaninen erotus, sovittaa anturijännitteet logiikan jännitteeseen ja suojata logiikkaa häiriöiltä. Galvaaninen erotus voidaan toteuttaa joko optoerottimella, releellä tai muuntajalla. Tuloyksiköissä käytetään etupäässä optoerottimia.

(Fonselius ym.1999, 107.)

Lähtöyksikön tehtävänä on välittää tietoa toimilaitteille, toteuttaa galvaaninen erotus ja sovittaa jännitteet logiikan ja toimilaitteiden käyttöön sopivaksi. Galvaaninen erotus toteutetaan lähtöyksiköissä yleisimmin optoerottimen tai releen avulla. Lähtöyksiköiden kytkentätaajuus on vain muutama Hz. Lähtöyksikön kytkimenä voi toimia joko rele, transistori tai triakki. Rele on yleisin lähtöyksikön kytkentäelin. Sillä voidaan ohjata sekä tasa- että vaihtojännitettä aina 250 V:iin saakka. Logiikoissa käytettävien pienoisreleiden kosketin kestää enintään n. 5 A kuormitusvirran. Rele vanhenee aikaa myöten mekaanisen liikkeen takia. Siksi lähtöyksiköitä on saatavana transistorilähdöillä. Transistorilähdön heikkoutena on se, ettei sillä voida ohjata kuin 24 VDC:llä toimivia toimilaitteita. Transistorikytkintä voidaan kuormittaa maksimissaan 0,3...0,5 A:n virralla. Triakki on puolijohdekytkin, jolla voidaan ohjata ainoastaan 230 VAC. Lähtöyksiköitä on saatavana 4, 8, 16, 32 ja 64 lähdön kortteina. (Fonselius ym.1999, 108.)

Analogisen signaalin vastaanottamiseen tarvitaan **analogista tuloyksikköä**. Analoginen tuloyksikkö suorittaa signaalille analogi/digitaali-muunnoksen. Vastaavasti analogiasignaalilla ohjaamiseen tarvitaan analogialähtöyksikkö, joka suorittaa D/A-muunnoksen. Analogiayksiköitä tarvitaan logiikkaohjauksissa säätöjen toteuttamiseen. Muuntimissa voidaan valita, käytetäänkö virta- vai jänniteviestiä. Yleensä signaalina tulo- ja lähtökorteissa voidaan käyttää yhtä tai useampaa eri standardiviestiä, joita ovat 0...20 mA, 4...20 mA, 0...5 V, 0...10 V, -5...5 V ja -10...10 V. Näistä neljä ensimmäistä ovat yleisimmin analogiakorteissa käytetyt signaalialueet. (Fonselius ym.1999, 110.)

Erikoisyksiköt ovat niin sanottuja älykkäitä yksiköitä. Älykkääksi yksikköä kutsutaan silloin, kun sillä on oma prosessori. Erikoisyksiköitä ovat mm. nopeat laskuritulo-, väylä-, paikoitus- ja säätäjyysyksiköt. Jos logiikkaan kytketään digitaalinen signaali, jonka taajuus on suuri, tarvitaan nopeata laskurituloyksikköä. Nopea laskuritulo kykenee laskemaan jopa 2 MHz oman prosessorin avulla. Niitä tarvitaan pulssiantureiden liittämiseen logiikkaan. Väyläyksiköiden avulla liitytään muihin laitteisiin, esimerkiksi etäisyksiköihin, toisiin logiikoihin, tietokoneeseen ja oheislaitteisiin. Etäisyksiköillä tarkoitetaan yksiköitä, joiden avulla voidaan hajauttaa tuloja ja lähtöjä. Paikoitusyksikön avulla voidaan ohjata askelmootoreita, tasavirta- ja vaihtovirta servokäyttöjä sekä hydraulikka- ja paineilmakäyttöjä. Paikoitusyksikön oma prosessori huolehtii paikoitustapahtuman ohjauksesta. (Fonselius ym.1999, 111.)

12.3 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Logiikan valintaan keskeisesti vaikuttavat ohjattavan prosessin I/O-määrä, toteutettavien toimintojen monimutkaisuus, liitettävien yksiköiden määrä ja tyyppi, logiikan nopeusvaatimus ja hinta. Logiikkaa valittaessa on ensimmäiseksi selvitettävä ohjattavasta laitteesta, paljonko automatisointiin tarvitaan binäärisiä ja analogisia tuloja ja lähtöjä. I/O-määrän perusteella voidaan valita logiikan kokoluokka. Nykyisissä logiikoissa käskykanta on hyvin laaja. Jos sovellukseen tiedetään tulevan monimutkainen toiminto, on kuitenkin syytä selvittää, onko logiikassa käskyä, jolla sen voi toteuttaa. Esimerkiksi säätöön ja askellusohjaukseen liittyvät käskyt eivät aina ole pienten logiikoiden vakiokäskyjä. (Fonselius ym.1999, 115.)

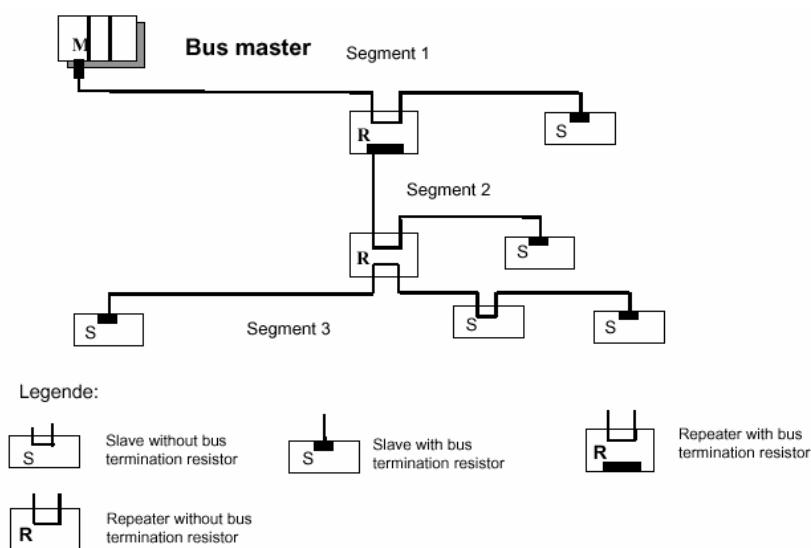
Nykyisiin logiikoihin ja varsinkin suuriin logiikkaperheisiin on saatavana lukuisa määrä erilaisia erikoisyksiköitä. Perinteisten analogiyksiköiden lisäksi markkinoilla on yksiköitä mm. säätöön, paikoitukseen ja tietoliikenteeseen. Kaikkiin logiikkamalleihin ei ole mahdollista liittää erikoisyksiköitä, joten ennen valintaa on myös erikoisyksiköiden tarve selvitettävä. Nykyisissä hajautetuissa ja joustavuutta tavoittelevissa automaattioratkaisuissa tarvitaan myös eri logiikoiden ja tietokoneen välistä tiedonsiirtoa. Tähän laitteiden valmistajilla on olemassa standardiratkaisuja, kuten RS-väylät, Ethernet, Modbus ja Profibus. (Fonselius ym.1999, 115.)

12.4 Profibus-väylän rakenne- ja kaapelointi

Profibus-väylässä suositellaan käytettäväksi väylämäistä rakennetta (kuva 21). Väylässä saa olla 126 liittyjää. Väylä voidaan jakaa useampaan segmenttiin ja yhdessä segmentissä saa olla 32 liittyjää. Segmentti tarkoittaa väyläosuutta kahden päätevastuksen välillä. Väylän rakenteen kokoonpano on seuraavanlainen:

- Väyläliittyjien määrä koko väylässä Max. 126 (osoitteet 0..125)
- Väyläliittyjien määrä segmentissä Max. 32, mukaan lukien repeaterit
- Mahdolliset väylän siirtonopeudet 9.6, 19.2, 45.45, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000, 12000 kbit/s
- Repeateriden määrä Max. 9 repeateriä

(Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)



Kuva 21. Esimerkki Profibus- väylän rakenteesta. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Segmentin väyläkaapelin maksimipituus riippuu käytettävästä siirtonopeudesta. Joillakin kaapelityypeillä matkat voivat olla lyhyemmät. Taulukossa 22 on esitetty kaapeloinnin maksimi pituudet eri siirtonopeuksille. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014)

Taulukko 22. Segmentin max. pituudet eri siirtonopeuksille. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Siirtonopeus	Segmentin max. pituus
9.6 kbit/s	1000m
19.2 kbit/s	1000m
45.45 kbit/s	1000m
93.75 kbit/s	1000m
187.5 kbit/s	1000m
500 kbit/s	400m
1500 kbit/s	200m
3000 kbit/s	100m
6000 kbit/s	100m
12000 kbit/s	100m

Jokaisen segmentin alku- ja loppupäässä pitää olla päätevastus. Päätevastus tarvitsee 5V jännitteen toimiakseen. Jos käytetään D-liittimiä joissa on integroituna päätevastus, niin 5V jännite saadaan suoraan väyläliittymän D-liittimestä. Eli 5V jännitettä ei tarvitse erikseen tuoda. Väylän tulisi kulkea laitteelta toiselle eli ns. passiivisten T-haarojen käyttöä tulisi välttää. Jos se kuitenkin on välttämätöntä esim. ulosvedettävien kasettien takia, niin alla on taulukko segmentissä olevien T-haarojen maksimipituuksista.

(Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Taulukko 23. Segmentissä olevien T- haarojen maksimi yhteispituudet eri siirtonopeuksille. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Siirtonopeus	Segmentissä olevien T-haarojen yhteispituus
9.6-93.75 kbit/s	96m
187.5 kbit/s	75m
500 kbit/s	30m
1500 kbit/s	10m

Kun taajuusmuuttaja kytketään Profibus-väylään, pitää kahden taajuusmuuttajan välisen Profibus-kaapelin olla vähintään 50cm pitkä.

Profibus-kaapeli

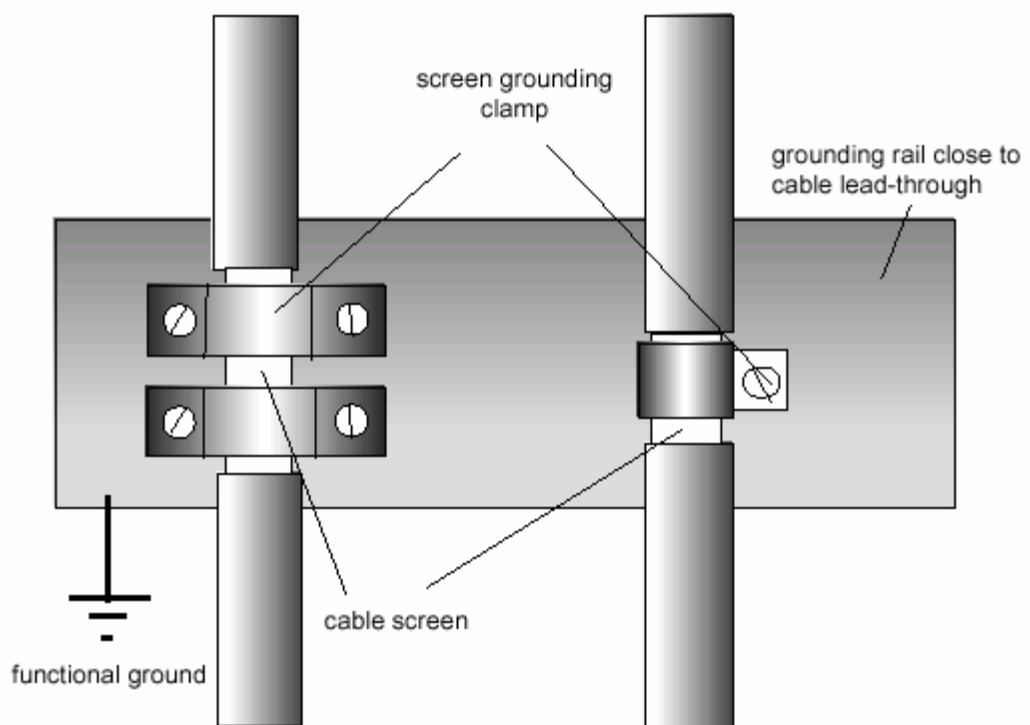
Nykyään käytetään aina Tyyppi A-suojattua parikaapelia, mikä mahdollistaa 12 Mbit/s siirtonopeuden. Kaikki Siemensin Profibus-kaapelit ovat tyyppiä A. Siemens suosittelee käyttämään FastConnect-kaapeleita ja liittimiä. Niiden tuomia etuja ovat mm. nopea asennus ja asennusvirheiden minimointi. FastConnect kaapeleita ja liittimiä löytyy useita malleja eri tarkoituksiin. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Kaapelin asennus

Profibus-kaapelissa on kaksi datajohdinta.

- Datajohdin A = vihreä
- Datajohdin B = punainen (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

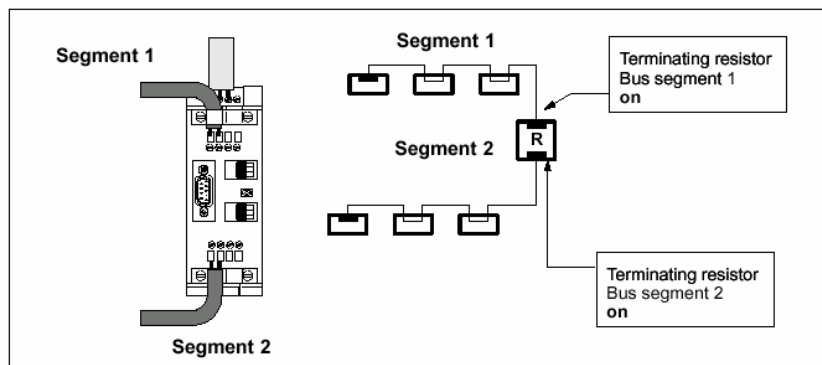
Profibus-kaapeli täytyy maadoittaa jokaisen väyläliittymän kohdalla. Lisäksi suositellaan lisämaadoituksen tekemistä, aina kun kaapeli vedetään ulos kaapista (kuva 22). Maadoituksen ansiosta ulkoiset häiriöt saadaan johdettua pois väyläkaapelista mahdollisimman nopeasti. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)



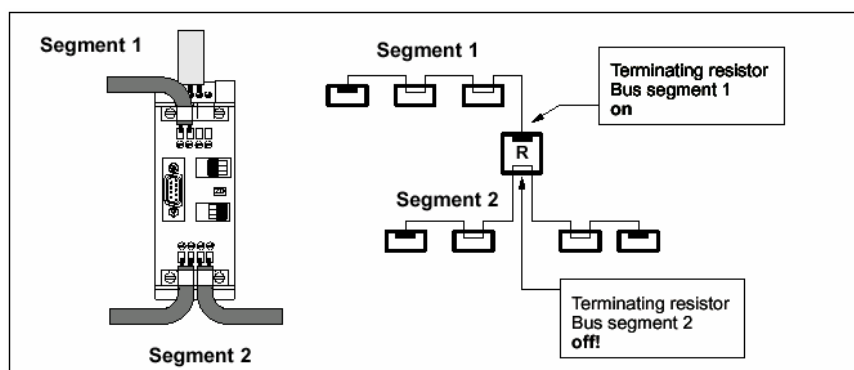
Kuva 22. Esimerkki Profibus- kaapelin maadoittamisesta. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Väyläkaapeli ja syöttökaapelit täytyy vetää eri kaapelikouruissa. Jos syöttökaapelien jännite on yli 400 VAC, niin kaapelikourujen välinen etäisyys täytyy olla vähintään 10cm. Kaikkien väylässä olevien laitteiden tulee olla samassa maapotentiaalissa. Tarvittaessa täytyy Profibus-kaapelin mukana vetää myös saattomaakaapeli. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

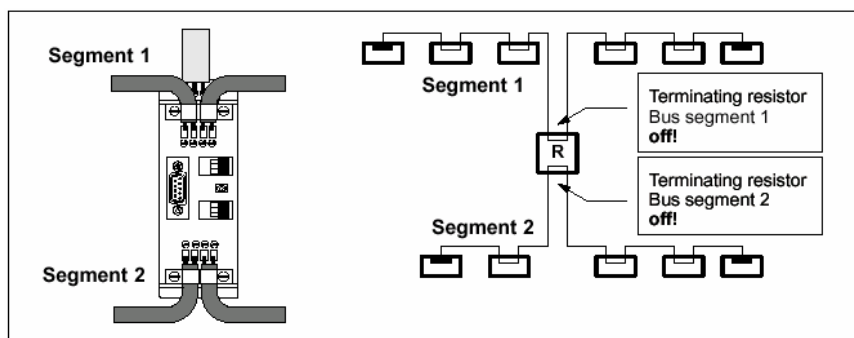
RS485 repeaterilla voidaan väylä jakaa useampaan segmenttiin, jolloin segmenttien signaalit erottuvat galvaanisesti toisistaan. Yhdessä väylässä saa olla max. 9 repeateria. Alla kuvia eri kytkentätavoista. Huomaa päätevastuksen asento. Väyläsignaali vahvistuu siis vain segmentin 1 ja segmentin 2 välillä. Segmenttiin 1 kuuluu repeaterin yläpuolen liittimet ja segmenttiin 2 repeaterin alapuolen liittimet. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)



Kuva 23. Repeater kummankin segmentin päässä. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)



Kuva 24. Repeater segmentin 1 päässä. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)



Kuva 25. Repeater ei ole kummarkaan segmentin loppu- tai alkupäässä. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Aktiivi päätevastusta (kuva 26) voidaan käyttää väyläsegmentin terminointiin. Päätevastukselle tulee 24V jännitesyöttö, jolloin profibus-väylän terminointi ei ole riippuvainen ensimmäisen tai viimeisen laitteen jännitesyötöstä. Kaikki asemat voidaan tarvittaessa vaihtaa ilman että väylän terminointi poistuu. Aktiivi päätevastus laitetaan väylän ensimmäisen tai viimeisen väyläliittymän jälkeen. Itse väyläliittymissä ei ole päätevastuksia. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

Design of the PROFIBUS Terminator	No.	Function
	①	LED 24 V power supply
	②	Connection for power supply 24 V DC
	③	PROFIBUS attachment
	④	Shield clamp grounding the braid shield and for strain relief of the LAN cable
	⑤	Ground screw
	⑥	Cable clamp for strain relief of the power supply cable

Kuva 26. Siemensin aktiivinen päätevastus. (Siemens 2014 b, Hakupäivä 25.11.2014.)

13 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa on tarkastettava, että laitteisto on määräysten mukainen ja siten turvallinen. Tämä edellyttää paitsi aistinvaraista tarkastusta myös mittauksia ja toiminnallisia kokeita. Käyttöönottotarkastus tehdään ennen asennuksen tai sen osan käyttöönottoa. Tarkastuksesta laaditaan sähköasennuksen haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja aivan vähäisiä töitä lukuunottamatta. Pöytäkirjan liitteenä esitetään mittausten ja testien tulokset. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 331.)

13.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus tehdään ennen mittauksia yleensä jännitteettömässä laitteistossa. Käytännössä aistinvarainen tarkastus ajoittuu koko sähkölaitteiston rakentamisen ajalle ja havaitut puutteet korjataan työn edetessä ja viimeistään ennen laitteiston käyttöönottoa. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 331.)

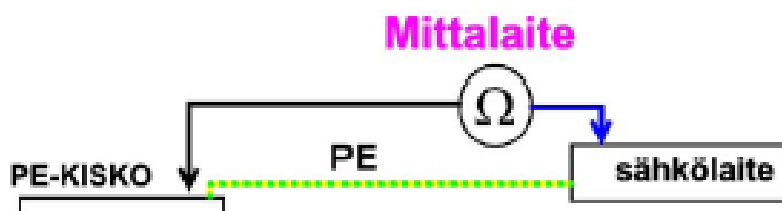
Ennen kuin tarvikkeita asennetaan, tulee varmistaa, että asennettavat tarvikkeet ja sähkölaitteet ovat turvallisuusvaatimusten mukaisia. Tämä voidaan todeta parhaiten katsomalla, onko asennettavassa laitteessa tai pakkauksessa CE-merkintä. Koteloiden on oltava ehjiä ja johtojen eristyksen on oltava kunnossa. Lisäksi varmistetaan, että vikavirtasuojaukseen on käytetty kyseisessä tilassa hyväksytyjä suojausmenetelmiä. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 332.)

Aistinvaraisesti myös tarkastetaan, ettei sähkölaitteita ole sijoitettu siten, että niiden aiheuttama lämpö voisi aiheuttaa ympäristön tai laitteet itsensä vaarallista lämpenemistä. Esimerkiksi palovaarallisissa tiloissa varmistetaan, että käytetään kyseisiin tiloihin hyväksytyjä valaisimia. Johtojen kuormituksen kannalta riittävä mitoitus tarkastetaan katsomalla, että asennuksissa on käytetty suunnitelmien mukaisia johdinpoikkipintoja ja asennustapoja. Keskuksista tarkistetaan sinne asennettujen suoja- ja kytkinlaitteiden suunnitelmien mukaisuus. Aistinvaraisesti tarkistetaan myös käytettyjen johdinvärien oikeellisuus sekä se, että keskukseen on merkattu kaikki vaadittavat merkinnät. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 333.)

13.2 Suojamaan jatkuvuusmittaus

Tämän testauksen tarkoituksena on selvittää, että vikavirtasuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia, eli niiden liitokset on tehty kunnolla. Testaus tehdään jännitteettömässä laitteistossa mittaamalla jännitteelle alttiin osan (pistorasian suojakoskettimen, kiinteästi asennetun sähkölaitteen johtavien osien tai potentiaalintasaukseen liitetyn osan) sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi. Olennaista on, että jokainen suojajohdinyhteys mitataan ja että mittaus tehdään laitekohtaisesti. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 338.)

Mittauslaitestandardin mukainen mittauksessa käytettävä kuormittamaton jännite on 4-24 V tasa- tai vaihtojännitteellä ja minimimittausvirta on 200 mA. Resistanssiarvo saa yleensä olla enintään noin 1 ohm. Mikäli suojajohtimet ovat pitkiä, voi arvo olla suurempikin. Testaus voidaan tehdä siten, että aloitetaan laitteiston pääpotentiaalintasauksista ja siirrytään säteittäin keskuskohtaiseen testaukseen. Mitattaessa tulee varmistua siitä, että mitattava johdin on suojajohdin. Tämän voi tehdä esimerkiksi irrottamalla nollajohdin suojajohdinpiiristä mittauksen ajaksi. (kuva 27) (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 338.)



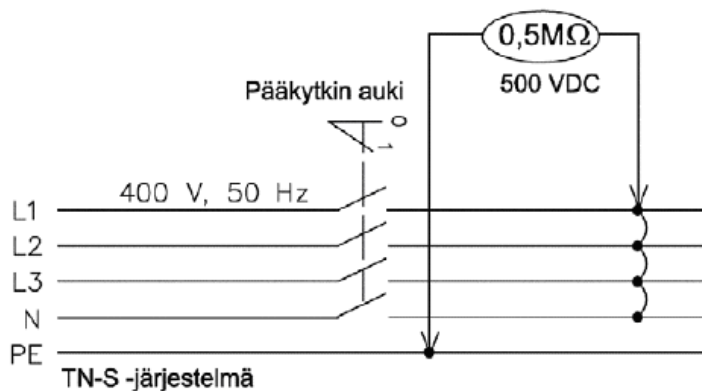
Kuva 27. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 338.)

13.3 Eristysresistanssimittaus

Sähköasennuksen eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Mittaus tehdään eristysresistanssimittarilla ennen laitteiston käyttöönottoa jännitteettömässä asennuksessa. Mittaus voidaan tehdä siten, että se valmiin laitteiston yhdestä kohdasta mitattuna kattaa asennukset kokonaisuudessaan. Mittaus tehdään tällöin yleensä pääkeskuksessa. Normaalisti asennusten

eristysresistanssi mitataan kuitenkin mittaamalla erikseen tietyt kokonaisuudet, esimerkiksi keskuskohtaisesti. Näin joudutaan tekemään silloin, kun osa sähkölaitteistosta halutaan ottaa käyttöön ennen laiteiston lopullista valmistumista. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 339.)

Mittauskytkennän (kuva 28) tekeminen aloitetaan erottamalla nollapiiri kelluvaksi. Kelluva piiri tarkoittaa sitä, että se ei ole galvanisesti yhteydessä maapotentiaaliin. Se voidaan tehdä joko avaamalla 4-napainen pääkytkin, avaamalla N-PE-yhdistys tai irrottamalla syötön nollajohdin.



Kuva 28. Eristysresistanssimittaus TN-S- järjestelmässä. Mittaustuloksen tulee olla vähintään 0,5 MΩ. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 340.)

Mittaus suoritetaan taulukon 24 mukaisilla jännitteillä ja se voidaan tehdä ilman pistotulppaliitäntäisiä kulutuskojeita. Niitä ei kuitenkaan ole tarpeen irrottaa verkosta, ellei ole vaaraa, että ne vaurioituvat mittausjännitteestä. Toinen syy irroitukseen voi olla se, ettei muutoin saada hyväksyttävää eristystilan arvoa. Testauslaitteen on kyettävä syöttämään taulukon mukaisella jännitteellä 1 mA:n virta. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 341.)

Taulukko 24. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 341.)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite VDC	Eristysresistanssi vähintään MΩ
SELV- ja PELV-piirit	250	0,25
Enintään 500 V piirit yllä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	0,50
Yli 500 V virtapiirit	1000	1,0

13.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus

Vikasuojaukseen koskevat vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimusten edellyttämässä ajassa tai vian aiheuttama kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon. Vikasuojauksen toimivuuden varmistaminen edellyttää syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastamista. Tämä voidaan tehdä mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohtimen välisessä viassa. Vaihtoehtoisesti voidaan tarkastaa asia suunnitteludokumentteihin liittyvistä suojauslaskelmista ja todeta asennuksen toteutuksen (suojavaalinnat ja johtopituudet) vastaavat suunnitelmia. Tässäkin tapauksessa on syytä tehdä vähintään kontrollimittauksia suojauslaskelmien oikeellisuuden tarkastamiseksi. Mikäli vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla, täytyy vikavirtasuojan toiminta tarkastaa. Tällöin ei vaadita virtapiirin silmukkaimpedanssin tai oikosulkuvirran selvittämistä. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 344.)

Mikäli laskelmia ei ole käytettävissä, on mitattava vikavirtapiirin impedanssi. Mittaus tehdään ns. silmukkavastusmittarilla. Ryhmäjohdoissa mittaus suoritetaan kauimmaisessa kohdassa. Vaihtoehtoisesti voidaan mitata vikavirtapiirin oikosulkuvirta. Mittausten jälkeen on varmistettava, että oikosulkuvirta riittää laukaisemaan suojalaitteen nopeasti. Vaaditut oikosulkuvirrat on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 345.)

13.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta on varmistettava testaamalla se ensin testipainikkeella. Lisäksi testataan, ettei vikavirtasuojan toimintavirta ylitä laitteen nimellistoimintavirtaa. Mittaustapoja on useita. Suositeltavin tapa on mitata vikavirtasuojan todellinen toimintavirta nousevalla vikavirralla. Testauksen voi suorittaa myös vikavirtasuojan nimellistoimintavirran suuruisella testivirralla. Vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan mitattavaksi. Koska joissain tapauksissa tämä on vaatimus, kannattaa toiminta-aika mitata kaikissa tapauksissa. (Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 345.)

13.6 Tarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. Siitä tulee käydä ilmi

- kohteen yksilöintitiedot
- selvitys sähkölaitteiston sääntösten ja määräysten mukaisuudesta
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 347.)

Tarkastuspöytäkirjaan tulee merkitä mittauksista ainakin seuraavat tiedot:

- eristysresistanssimittauksista kaikki mittaustulokset
- silmukkaimpedanssimittauksista kaikki mittaustulokset, yleensä keskusalueittain epädullisimmassa pisteessä
- vikavirtasuojien mittaustulokset
- jatkuvuusmittauksita vaatimusten toteutuminen keskuskohtaisesti
- kiertosuunta keskuskohtaisesti.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 347.)

Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta tulee löytyä myös sähkötöiden johtajan yhteystiedot. Tarkastuspöytäkirja ja siihen laitteen valmistushetkellä mitatuilla arvoilla on tärkeä rooli myös laitteen kunnossapidon kannalta. Laitteen huoltohetkellä saatavia mittausarvoja usein verrataan laitteen valmistushetken arvoihin ja näin saadaan käsitys laitteen nykykunnosta. Tarkastuspöytäkirja on liitteessä 1.

(Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 347.)

14. UUDEN KESKUKSEN SUUNNITTELU

Nykyisen keskuksen sähkökuvien pohjalta aloitettiin suunnittelu uudesta sähkökeskuksesta. Komponenttien valinnassa on otettu huomioon kaivoksen tehdasstandardi TTS 20672, sekä keskusvarastolta löytyvät varaosat ja niiden saatavuus tulevaisuudessa. Sähkökuvat uudelle keskukselle piirrettiin AutoCad-suunnitteluohjelmalla. Jokaisesta keskuslähdöstä kirjattiin myös kojeluettelot, joista selviää lähtöjen sisältämät komponentit. Uudesta keskuksesta piirretyt kuvat ja kojeluettelot keskuslähdöistä löytyvät liitteistä 2-5. Tehdasstandardin TTS 20672A mukainen keskusmäärittelylomake löytyy liitteestä 9.

14.1 Keskuksen mitoitus

Keskuksen nimellisarvot voidaan määrittellä riittävän tarkasti syöttävän muuntajan nimellistehon, S_n ja toisiojännitteen perusteella taulukon 25 mukaisesti. Keskuksen nimellisvirta valitaan suuremmaksi kuin syöttävän muuntajan arvo. Keskusta syöttävän muuntajan nimellisteho on 500 kVA ja toisiojännite on 400 V, joten keskus täytyy mitoittaa vähintään 700 A:n nimellisvirralle.

Taulukko 25. Keskuksen nimellisarvojen määrittäminen. (PSK Standardisointi 2000, 5.)

$S_n /$ kVA	$I_n /$ A			$Z_k / \%$	$I_{cw} /$ KA		
	400 V	500 V	690 V		400 V	500 V	690 V
100	140	110	80	3,8	4	3	2
200	280	220	160	4	7	6	4
315	440	350	260	4,5	10	8	6
500	700	550	410	5	14	11	8
800	1130	880	650	5,5	21	16	12
1000	1410	1100	810	5,5	26	20	15
1250	1760	1380	1020	5,5	32	25	19
1600	2250	1760	1300	5,5	41	32	24
2000	2820	2200	1630	6	47	37	27
2500	3520	2750	2030	6	59	46	34
3150	4440	3460	2560	7	63	50	37
4000			3250	7			47

Kaivoksen tehdasstandardin TTS 20672 mukaan pääkojeistot mitoitetetaan 3150 A nimellisvirralle ja alakeskukset vähintään 630 A:n nimellisvirralle. Kohteessa ilmoitettu suurin oikosulkuvirta on 15 kA. Koska keskuksen nimellisvirta täytyy olla vähintään

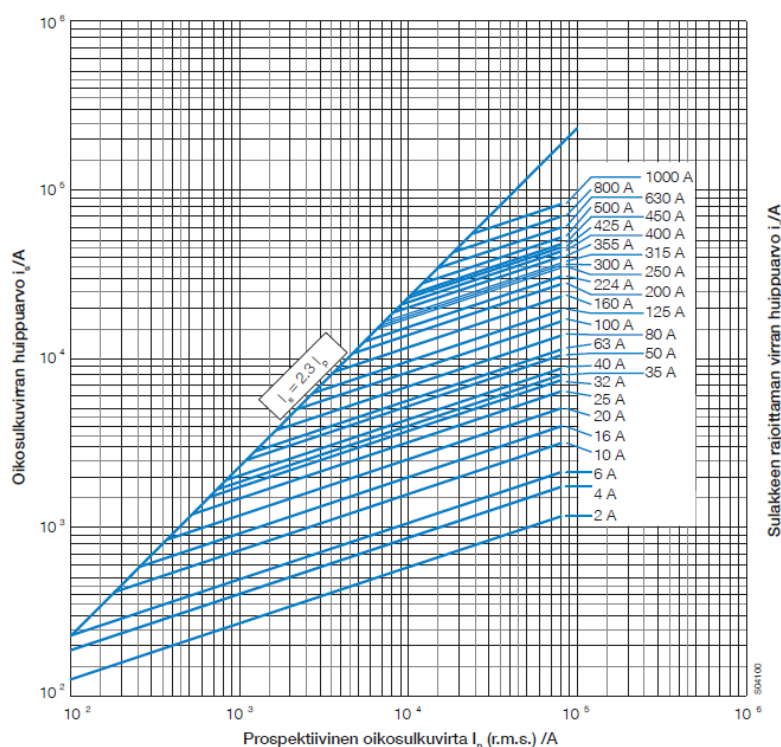
700 A syöttävän muuntajan mukaan, valitaan alla olevan taulukon mukaan keskuksen nimellisvirraksi 1250 A. Keskus valmistetaan kestämään 105 kA:n dynaaminen oikosulkuvirta ja 50 kA:n terminen oikosulkuvirta 1 s ajan. Oikosulkukestoisuudessa huomioidaan myös mahdollisesti myöhemmin verkossa tapahtuviin muutoksiin.

Taulukko 26. Keskuksien oikosulkukestoisuus tehdasstandardin TTS 20672 mukaan. (Outokummun sisäinen intranet 2014 c, Hakupäivä 1.12.2014.)

Kiskot	Idyn	Ith/1 sek.
3150 A	139 kA	63 kA
1600 A	105 kA	50 kA
1250A	105 kA	50 kA
630 A	50 kA	20 kA

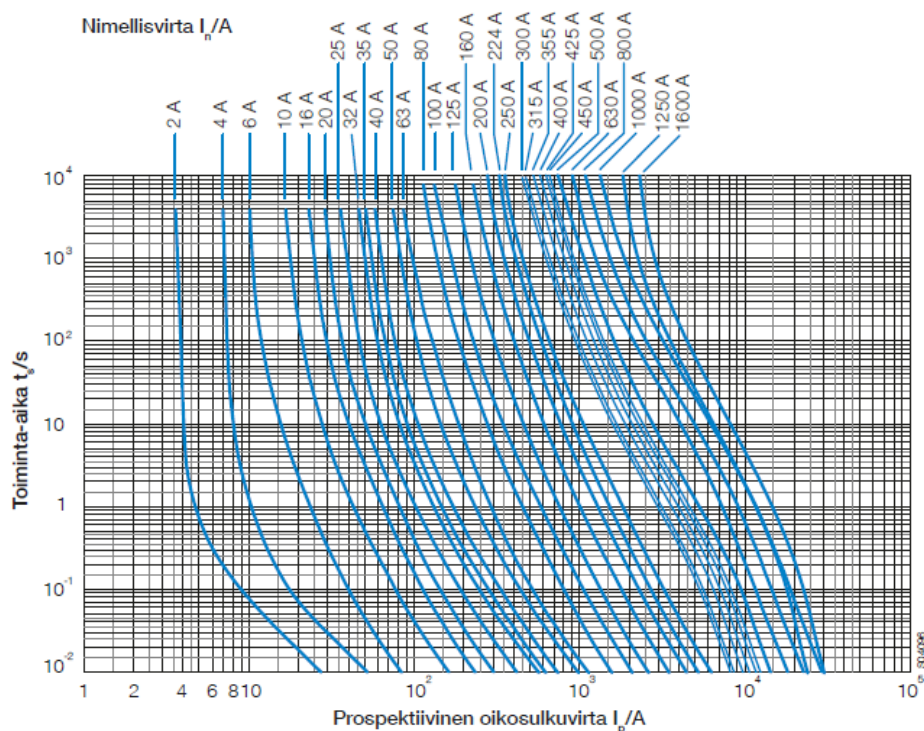
Keskuksen asennuspaikalla syötön suurin oikosulkuvirta on 15 kA. Taulukosta 27 nähdään, että mitatulla oikosulkuvirran arvolla valitut 500 A gG tyypin sulakkeet rajoittavat oikosulkuvirran huippuarvon noin 30 kA:iin. Tämä tarkoittaa, että pääkytkimen jälkeisen keskuksen virtapiirin täytyy kestää dynaamisesti vähintään 30 kA oikosulkuvirta. Kuvaajasta nähdään myös dynaaminen oikosulkuvirta, joka muodostuisi ilman sulakkeen rajoittamaa vaikutusta.

Taulukko 27. Virranrajoitus 690 V gG- kahvasulakkeet OFAA_GG_, koot 000...4/4a (ABB Oy 2013, Hakupäivä 5.2.2013.)



Keskusta on mahdollista syöttää myös varasyötön kautta, jolloin asennuspaikan oikosulkuvirran arvo on pienimmillään. Oikosulkuvirran arvo on silloin 9 kA. Taulukosta 28 nähdään, että 9 kA:n prospektiivisella oikosulkuvirran arvolla valitut 500 A gG tyyppin sulakkeiden toiminta-aika on 0.2s.

Taulukko 28. Toiminta-ajat 690 V gG- kahvasulakkeet OFAA_GG_, koot 000...5 (ABB Oy 2013, Hakupäivä 5.2.2013.)



14.2 Rakenne

Keskus tulee olla tyyppitestattu ja keskukselle vaaditaan vaatimustenmukaisuustodistus osana keskusdokumentointia. Keskusvalmistajalla tulee olla voimassa oleva laaduntarkastusstandardi. Kaikilta asennettavilta kojeilta ja tarvikkeilta vaaditaan CE-merkintää. Kojestot suojataan vähintään IP 21 luokan mukaan ja soveltuvat asennettavaksi vapaasti lattialle ja takaseinät vastakkain. Käyttötoimenpiteisiin kuuluvat ohjaukset sekä tarkkailu voidaan tehdä ovia tai luokkuja avaamatta. Kojestolle sallitun oikosulkutehon ylläpitämä valokaari ei pääse purkautumaan hoitokäytävälle. Kojestot ovat väliseinillä jaettu kentiksi, jotka jaetaan kennoiksi (kojetiloiksi) vaakatasoon asennettujen levyjen avulla. Jokaisessa kojetilassa on ovi erikseen. Kojetilojen kotelointiluokitus on IP20 tilojen ovet avattuna.

Kullakin lähdöllä on oma kojetilansa. Kojetilan suojausluokka viereisiin kojetiloihin ja syöttökiskoon nähden on IP 20. Kennojen haarakiskot erotetaan väliseinillä kojetilasta. Kaapeleita varten kojeistossa on kentistä erotetut kuilut, joissa on yhtenäinen saranoilla avautuva ovi. Kojeston ovet varustetaan salpalaitteella, joka on luotettava oikosulkutilanteissakin. Etukojella varustetun kojetilän oven saa auki vain etukojeen ollessa auki-asennossa. Lukitus voidaan poistaa työkalulla.

Kojeistoja kokoojakiskoineen voidaan myöhemmin helposti jatkaa. Tätä varten keskus päättyy kaapelikenttään. Keskuksen kalustus on riittävän väljä, jotta myöhemmin tulevat muutokset ja lisäykset voidaan joustavasti ja helposti tehdä. Keskus sisältää noin 20 prosenttia tyhjiä varalähtöjä. Varalähdöissä on kalustettuna etukoje, ohjauspiirin automaattisulake ja riviliittimet, jotta lähdön käyttöönotto ei vaadi keskuksen tekemistä jännitteettömäksi. Varalähtöjen koko ja lukumäärä määräytyy etukojeiden nimellisvirtojen perusteella. Keskukselta rakennetaan sellainen, että kiskoston liitoskohdat voidaan lämpökuvata irroittamatta kosketussuojia. Lämpökuvausta varten koteloihin varataan 12 mm aukot, josta kuvaus voidaan suorittaa. Kuvauksen ajan kojetilän kosketussuojaus on IP20.

14.3 Kojestojen kiskot ja komponentit

Kiskoaineena käytetään kuparia tai alumiinia. Kiskot merkitään vaihetunnuksilla, nollakisko N-tunnuksilla ja suojamaakisko PE-tunnuksella. Kojestossa on erillinen suojamaakisko, joka on yhdistetty kojeiston runkoon jokaisessa kentässä ja varustettu moottoreiden suojamaadoitus- ja pääpotentiaalintasausjohdinten kiinnityskohdilla. Nollakisko ja suojamaakisko yhdistetään toisiinsa pääkeskuksen syöttökentässä erillisellä yhdyskiskolla. Kokoojakiskot on mitoittettava liitteen 9 mukaisille virroille, jatkuva kuormitus 70 °C ylälämpötilaan. Kemin ja Tornion tehtailla käytetään TN-S ja IT järjestelmää sekä ohjausjärjestelmiin liittyviin heikkovirtapiirien häiriösuojaukseen erillistä TE-maata. PE- kisko mitoittetaan oikosulkuvirran mukaan. Maadoitukset on kuvattu tarkemmin kappaleessa 8.

Kytkinvarokkeet on mitoittettu siten, että niiden katkaisukyky on vähintään viisi kertaa nimellisvirta käyttöluokassa AC-23. Kyseinen käyttöluokka on suunniteltu moottorikuormitusten ja muiden suuri-induktiivisten kuormien kytkemiseen. Väännin

asennetaan kojetilän oveen. Laitteessa on lukitus, joka estää oven avaamisen kytkimen ollessa kiinni-asennossa. Lukitus voidaan ohittaa työkalulla. Kytkin voidaan lukita auki-asentoon riippulukolla. Kytkimessä on apukosketin, jonka kautta ohjausjännite voidaan tarvittaessa johdottaa.

Keskuksen moottorilähtöjen kontaktorit ovat tyypiltään AC-3, jotka soveltuvat oikosulkumoottorin käynnistykseen ja pysäytykseen käytön aikana. Kontaktoreilta vaaditaan miljoonan toiminnan kosketinikä. Kontaktoreissa on ohjaukseen, merkinantoon ja lukitukseen tarvittavat koskettimet. Apukoskettimet järjestetään kentiin asennetuilla apureleillä.

Kojeiden asennuksessa käytetään kiinteää asennustapaa. Yli 25 A:n moottorilähdöt toteutetaan yksikkölähtöinä. Lähtöjen kojeet ja riviliittimet sijoitetaan asennuslevylle asennuskiskojen avulla, joka kiinnitetään ruuveilla kojeistoon. Kalustetut asennuslevyt ovat keskenään vaihtokelpoisia ilman muutostöitä kiinnityksessä, kiskotuksessa tai johdotuksessa.

14.4 Kaapeleiden kytkeminen kojeistoon

Voima- ja ohjauskaapelien kytkentäsuunta kojeistoihin on ylhäältä. Enintään 6 mm² Cu-kaapeleiden kytkemistä varten on lähtöihin asennetaan riviliittimet. Keskuksen rakenteessa on huomioitu riittävät tilat kaapeleiden asennusta varten ja ≤ 125 A kytkinvarokelähdöt johdotetaan riviliittimille. Ohjauspiirien riviliittimet ovat 2,5 mm²Cu johtimille, virtamuuntajapiirien 4 mm²Cu. Riviliittimet ovat 690 V nimellisjännitteisiä, rakenteeltaan syttymätöntä muovia. Oviin asennetut kojeet johdotetaan monisäikeisillä johtimilla, joiden päät on puristettu hylsyyn

Jännite on jaettu pääkytkimeltä kahvasulakkeiden ja simocoden virtamuuntajien kautta moottorilähtöjen pääkontaktoreille. Yleissähkölähtöjen suojaus on toteutettu automaattisulakkeilla. Ohjausjännitteet moottorilähdöille kytketään ohjausjännitemuuntajalta, josta johdotetaan syöttö myös kenttäkotelon 90KK01 virtalähteelle. Kenttäkotelo, keskuksen moottorilähtöjen simocodet ja keskuksen kwh-mittaus kytketään yhteen profibus-kaapelilla. Kenttäväyläyhteys kanavan pumppamolta rikastamon automaatiotilaan on toteutettu radiomodeemilla.

Turvakytkimiltä ja kytkinvarokkeilta tuodaan kosketintiedot simocoden tuloihin. Muita digitaalisia tuloja ovat veden korkeuden pinnanmittaus ja ajovalinta-kytkimen asennot. Moottorilähtöjen kontaktorit ovat 230V keloilla ja simocode ohjaa niitä välireleiden kautta. Paikallisojtaus- merkkivaloja ohjataan myös simocoden lähdöillä.

Jokaisen pumpun turvakytkimen ja kytkinvarokkeen apukosketintieto kytketään simocoden tuloon. Jos turvakytkimen apukosketin aukeaa, kyseisestä pumpusta tulee ohjaamon näytölle häiriöilmoitus ja kyseinen pumpu menee häiriötilaan. Kun kytkinvarokkeen kääntää 0-asentoon tai ohjauspuolen automaattisulake laukeaa, moottorilähdöstä tulee häiriöilmoitus ohjaamoon. Keskus- ja kenttähäiriöilmoituksia ei kohteeseen pystynyt erittelemään simocoden tulotietojen rajallisuuden vuoksi. Jokaisen moottorilähdön päävirtapiiri on viety virtamuuntajien kautta, josta simocode mittaa pumpun ottaman virran. Jos moottori ottaa simocodeen syötetyn moottorin nimellisvirtaa suuremman arvon, simocoden moottorinsuojakytkin laukeaa, jolloin moottori pysähtyy ja siitä annetaan ylivirtahälytys ohjaamon näytölle. Simocoden tilatiedot siirtyvät rikastamon ohjaamoon reaaliajassa profibus-väylän kautta.

Paikallisojtaus on mahdollista vain kun ohjaamon hoitaja antaa moottoreille paikallisojtausluvan simaticin näytöltä. Merkkilamppu pumpun moottorilähdön ovelta syttyy, jolloin moottorin käynnistäminen paikan päältä on mahdollista. Paikallisojtauskytkimessä on kolme asentoa. Kun paikallisojtauskytkin käännetään start-asentoon, moottori käynnistyy ja kun käännetään stop-asentoon moottori pysähtyy. Nolla-asennossa kaikki toiminnot estetään.

14.5 Turvallisuus

Nykyisessä prosessikeskuksessa on mahdollista koskea jännitteisiin osiin. Uuden keskuksen asennuksen myötä sähköturvallisuus paranee huomattavasti. Liikkuvia mekaanisia osia järjestelmässä ei ole kuin pumpuissa olevat sähkömoottorit, joihin ei ole mahdollista loukata itseään, jos moottorin tuulettimen suojaus on paikallaan. Nykyisissä moottorilähdöissä ei ole turvakytkimiä, mutta keskuksen uusimisen yhteydessä turvakytkimet lisätään moottorilähtöihin, mikä parantaa turvallisuutta entisestään.

15 POHDINTA

Työn päätavoitteena oli suunnitella uusi sähkökeskus Veitsiluodon pumppuasemalle sekä päivittää vanhan keskuksen dokumentit ajantasalle. Syntyneiden piirrustusten avulla tilaajalla on mahdollisuus suorittaa tarjouskyselyä keskukselta, asennuksesta ja suunnitella keskuksen uusimisen ajankohta, joka täytyy suorittaa kesäaikana ja kun rikastamon tuotanto on seis. Keskuksen uusiminen vaikuttaisi myönteisesti niin rikastamon käyttövarmuuteen kuin yleiseen turvallisuustasoonkin.

Opinnäytetyön aikana tutustuttiin paljon AutoCad-ohjelmaan ja itse suunnittelutyöhön. Työtä tehdessä sai hyvän kokonaiskuvan siitä, mitä laajemman järjestelmän suunnitteleminen vaatisi ja mitä valmiuksia pitää olla ryhtyäksään suunnittelemaan isompien kohteiden toteutusta. Uuden prosessikeskuksen suunnittelu onnistui hyvin ja vanhan keskuksen sähkökuvat tulivat päivitettyä sähkökunnossapidon henkilöstön käyttöön.

Työ oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja haastava sekä täysin omaa alaani vastaava. Opinnäytetyöprosessin aikana ei ilmaantunut mitään suurempia vastoinkäymisiä ja ne harvat esille tulleet ongelmakohdat selvisivät yhteisvoimin sähkökunnossapitohenkilöstön kesken. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyöprosessia voidaan pitää onnistuneena ja työ valmistui viimeinkin.

LÄHTEET

- ABB Oy. Kahvasulakkeet. Hakupäivä 5.2.2013.
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/\\$file/1SCC317002C1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/$file/1SCC317002C1801.pdf)>
- ABB Oy. A- sarjan kontaktorit. Hakupäivä 5.2.2013.
<<http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/.../1scc100001b1801.pdf>>
- ABB Oy. Koteloidut turvakytkimet. Hakupäivä 5.2.2013.
<<http://www.abb.fi/product/.../420edb4f89fc0d6ac1256ffe0049500f.aspx>>
- ABB:n Tekninen esite. Pienjännitekojeet. Hakupäivä 29.11.2014
<http://www.auser.fi/data/attachments/kontaktorit_lamposuojat_tarvikkeet.pdf>
- ABB:n Tekninen opas nro7. Sähkökäytön mitoitus. Hakupäivä 27.11.2014
<[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11dafe92973be93c1256d2800415027/\\$File/Tekninen_opasnro7.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11dafe92973be93c1256d2800415027/$File/Tekninen_opasnro7.pdf)>
- ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Sähköjohtojen mitoittaminen. Hakupäivä 23.2.2013
<http://j-ware.no-ip.com/pub/19_Sahkojohtojen_mitoittaminen.pdf>
- Asp, Risto & Tuominen, Timo & Hyppönen, Heikki. Kunnossapitotekniikan oppikirja. Automaatiojärjestelmät. Hakupäivä 15.1.2013.
<<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka.html>>
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti J 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Ensto. Sulakkeet. Hakupäivä 10.2.2013.
<<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>>
- Fonselius, Jaakko & Pekkola, Kari & Selosmaa, Seppo & Ström, Markku & Välimaa, Taisto 1999. Automaatiolaitteet. 2. painos. Helsinki: Edita.
- Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti & Metso, Tommi & Putkonen, Kari 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. 1. painos. Vantaa: Tummuvuoren Kirjapaino Oy.
- Mäkinen, Markku J.J & Kallio, Raimo & Tantarimäki, Reijo 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki: Otava.
- Outokumpu 2014a. Kotisivu onet. Hakupäivä 8.10.2014
<<http://onet.outokumpu.com/fi>>
- Outokumpu 2014b. Tehdasstandardi TTS 20546. Maadoitukset. Hakupäivä 1.12.2014
<<http://onet.outokumpu.com/fi>>
- Outokumpu 2014c. Tehdasstandardi TTS 20672. Alle 1000V jakelukeskusten yleiset rakennevaatimukset ja mitoitusperusteet. Hakupäivä 1.12.2014
<<http://onet.outokumpu.com/fi>>
- PSK Standardisointi 2000. PSK 1801. Prosessiteollisuuden jakokeskus. 3. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- Ruppa, Erkki & Lilja, Tuomo 1996. Sähkötöteknikkaa sivuaineopiskelijoille. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Saastamoinen, Arto 2009. Sähköasennukset 2. Espoo: Painokurki Oy.
- Satel Oy 2013. Satelline-3AS. Hakupäivä 28.2.2013
<<http://www.satel.com/fi/tuote/satelline-3as-fi>>
- Siemens 2014a. Sentron PAC 3200. Hakupäivä 18.9.2014
<http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjanitekojeet/energianjakelu/energian_ja_tehonmittaus_sentron_pac.htm>
- Siemens 2011a. Kompaktikatkaisijat. Hakupäivä 8.2.2013
<http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/pienjanitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/kompaktikatkaisijat/3vl_kasikirja_suomi.pdf>
- Siemens 2014b. Simatic S7-400. Asennuskäsikirja. Hakupäivä 25.11.2014

<http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_400/simatic-s7-400-asennuskasikirja.pdf>

Siemens 2013. Simatic S7-300. Hakupäivä 18.9.2014

<<https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=10805159&treeLang=en>>

Siemens 2011b. Simocode pro V. Hakupäivä 6.2.2013

<http://www.siemens.fi/pool/finland/.../PJ.../ic90_2011_simocode_fi.pdf>

Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012. D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 19., uudistettu painos. Helsinki: Painokurki Oy.

Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2008. Sähköasennukset 1. Espoo: Painokurki.

Suomen Standardisoimisliitto 2003. SFS-KÄSIKIRJA 16 Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enentään 1000 V moottorikäyttöille. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Suomen Standardisoimisliitto 2005. SFS-KÄSIKIRJA 154 Jakokeskukset. 2. painos. Helsinki.

Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2004. Sähköasennustekniikka 1. Espoo: Painokurki Oy.

Sähköinfo Oy 2012. ST kortisto. ST 51.21.05. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja.

LIITTEET

- Liite 1. Tarkastuspöytäkirja
- Liite 2. Kenttäkotelo 90KK01
- Liite 3. Keskuskuvat
- Liite 4. Kojeluettelot
- Liite 5. Moottorilähdöt
- Liite 6. Ylikuormitussuojan ja johdon poikkipinnan määrittäminen
- Liite 7. Esimerkki moottorilähdön mitoituksesta
- Liite 8. Maadoitusjärjestelmän periaatekaavio
- Liite 9. Keskusmäärittelylomake



ST 51.21.05

1 (4)

Pöytäkirjan nro _____

**KÄYTTÖÖNOTTO-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>				Muuttotarkastus <input type="checkbox"/>	
Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/>					
Muu <input type="checkbox"/>				Mikä? _____	
PERUSTIEDOT					
Kohteen tiedot	Työnumero		Kohteen nimi ja yksilöinti		Osoite ja postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentaja	Rakentajan nimi			Osoite ja postitoimipaikka	
	Sähkötöiden johtaja				
	Puhelinnumero			Sähköpostiosoite	
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS					
Koko kohde <input type="checkbox"/>		Vain kyseinen kekusalue <input type="checkbox"/>			
a)	Sähköiskulta suojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
c)	Johtimien valinta	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
e)	Erotus- ja kytkentälaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
g)	Nolla- ja suojaohjimien tunnuukset	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms.	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
j)	Tunnistettavuus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				
k)	Johtimien liittösten sopivuus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>		
	Huom! _____				

Pöytäkirjan nro _____

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS (jatkuu)							
i)	Suojaohjelmien olemassa olo	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Maadoituselektrodin rakenne:						
	Perustusmaadoitus	<input type="checkbox"/>					
	Muu, mikä?	_____					
	Perustelut	_____					
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!	_____					
n)	Erikoistilat	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Kohdetta koskevat erikoistilat:						
	Lääkintätila	Liite	_____				
	Räjähdyksivaarallinen tila	Liite	_____				
	_____	Liite	_____				
KESKUKSEN NIMI JA TUNNUS:							

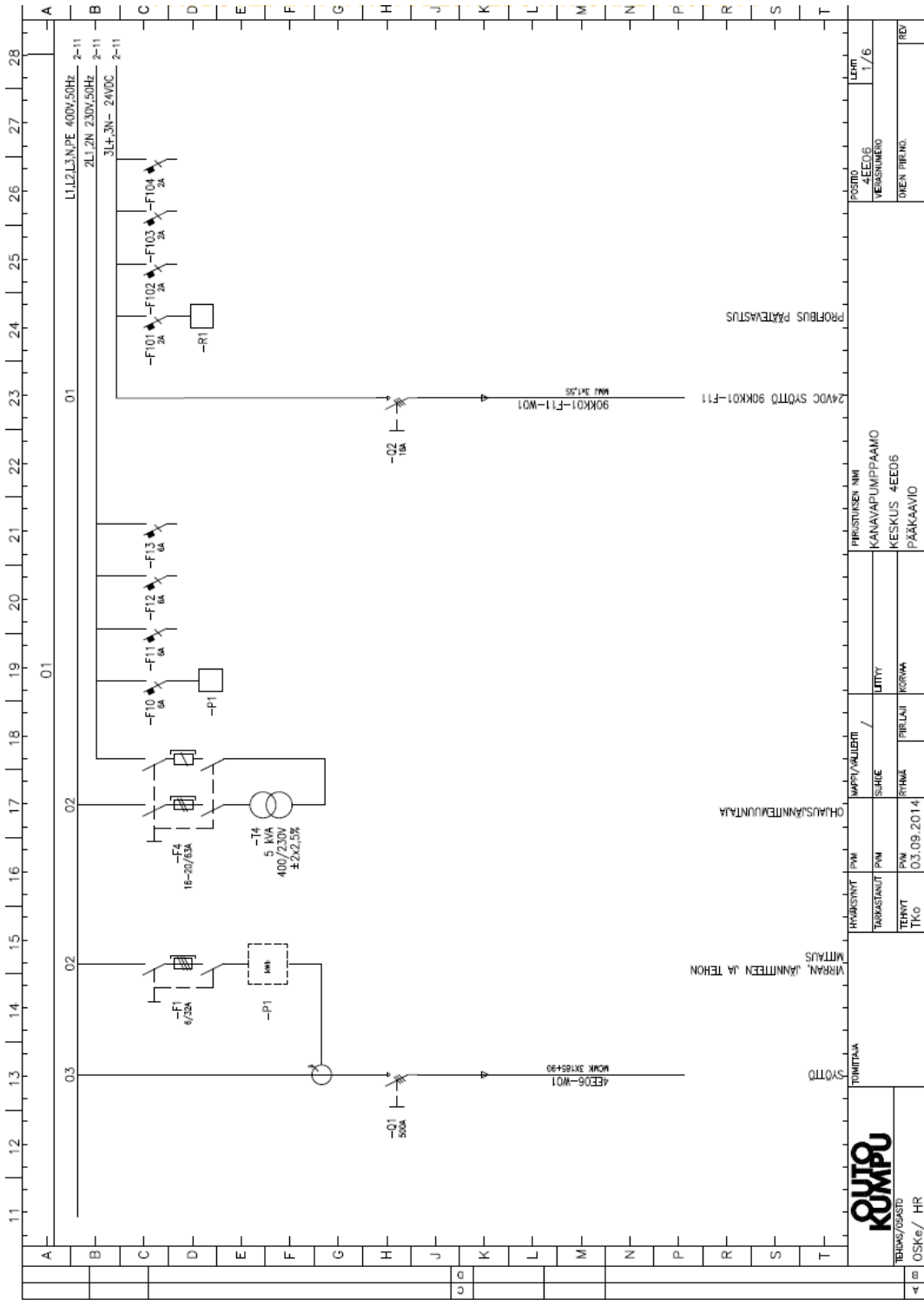
2. SUOJAOHJELMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)							
Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista		<input type="checkbox"/>	Suurin resistanssi _____ Ω , ryhmässä _____				
Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi		<input type="checkbox"/>					
Liitteet: _____							
3. ERISTYSRESISTANSSI							
Kohde	Ryhmä nro	$R_p/M\Omega$	Huom	Kohde	Ryhmä nro	$R_p/M\Omega$	Huom
Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi		<input type="checkbox"/>					
Erikoistoimenpiteet mittausten suorittamisessa: _____							
Liitteet: _____							

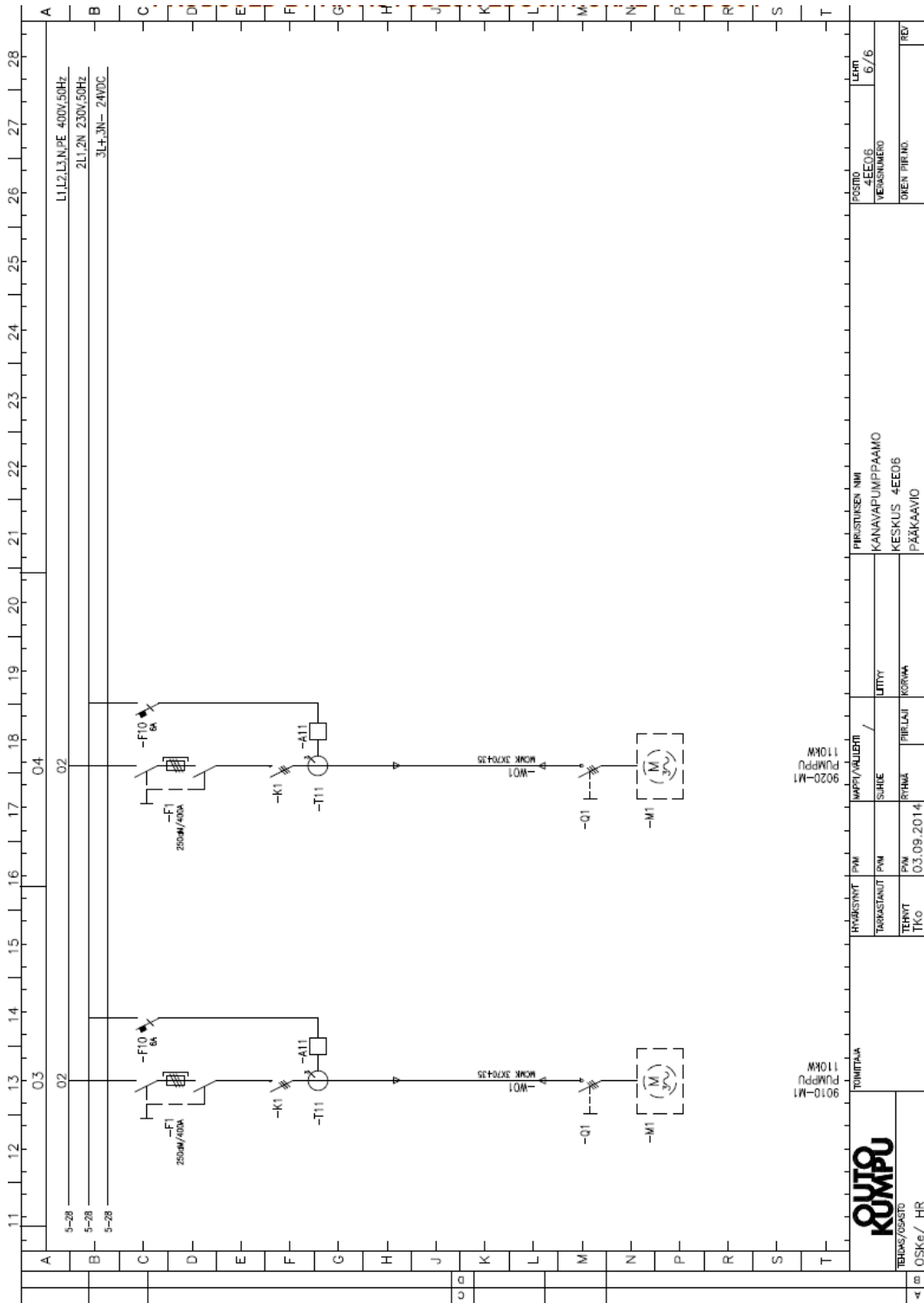
Pöytäkirjan nro _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ									
		I_k /A	Z_k /Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)				
Keskus									
Epäedullisin piste (0,4 s)									
Epäedullisin piste (5,0 s)									
Oikosulkuvirta- ja silmukkalimpedanssiarvot saatu mittaamalla <input type="checkbox"/>									
Oikosulkuvirta- ja silmukkalimpedanssiarvot saatu laskemalla <input type="checkbox"/>									
Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset <input type="checkbox"/>									
Liitteet: _____									
Vikavirtasuojat									
Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/imitattu arvo		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/imitattu arvo		Painike-testaus
		t/ms	$I_{\Delta n}$				t/ms	$I_{\Delta n}$	
Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi <input type="checkbox"/>									
Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = liisäsuojaus, PS = palosuojaus									
Liitteet: _____									
5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS									
Keskus	<input type="checkbox"/>	3-valhepistorasiat	<input type="checkbox"/>	El sisälly asennukseen	<input type="checkbox"/>				
6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT									
Koneet ja laitteet	<input type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet	<input type="checkbox"/>	El sisälly asennukseen	<input type="checkbox"/>				
7. EMC-SUOJAUS									
EMC-suojauksen toteuttamiseksi on kohteessa käytetty seuraavia menetelmiä									
TN-S-järjestelmä	<input type="checkbox"/>								
Muuta, mitä?	_____								
Liitteet: _____									
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset <input type="checkbox"/>									
8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE									
Kohteen kunnossapito-ohjelma	vaaditaan	<input type="checkbox"/>							
	ei vaadita	<input type="checkbox"/>							
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma	<input type="checkbox"/>								
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet	<input type="checkbox"/>								
Kohteessa on poltumisreittivalaistus	<input type="checkbox"/>	Kohteessa on poltumisreittivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma <input type="checkbox"/>							
9. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAIKATARKASTUS									
Kohde: vaaditaan	<input type="checkbox"/>	määräaikaistarkastuksen ajankohta	_____						
	ei vaadita	<input type="checkbox"/>							
Huom! _____									
10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT									
Toteutuksessa on käytetty standardikäsikirjaa SFS 600/20 _____ ja									
muuta, mitä? _____									
Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi <input type="checkbox"/>									

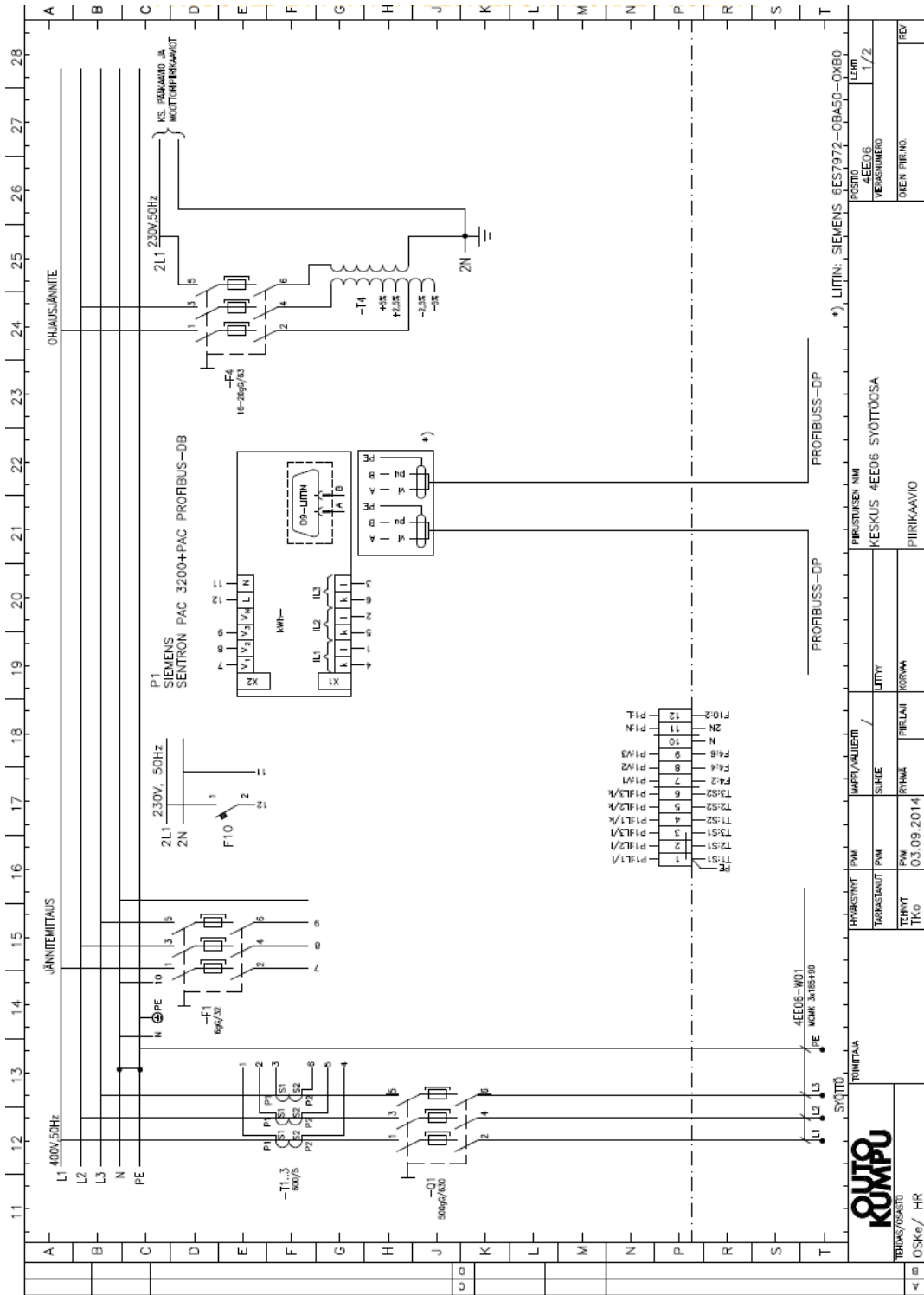
Pöytäkirjan nro _____

11. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)	
Päiväys	Päiväys
Alekirjoitus ja nimen selvitys	Alekirjoitus ja nimen selvitys
Mittauksessa käytetyt mittalaitteet	
12. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkoyhtiön nimi _____ TUKES <input type="checkbox"/>	
b) Käytön opastus <input type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____. 20__	
c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input type="checkbox"/> Liitteet: _____	
d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/>	
Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:	
Lisätietoja:	
Päiväys	Alekirjoitus ja nimen selvitys
13. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS	
Olen vastaanottanut kohdassa 12, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan.	
Päiväys	Alekirjoitus ja nimen selvitys





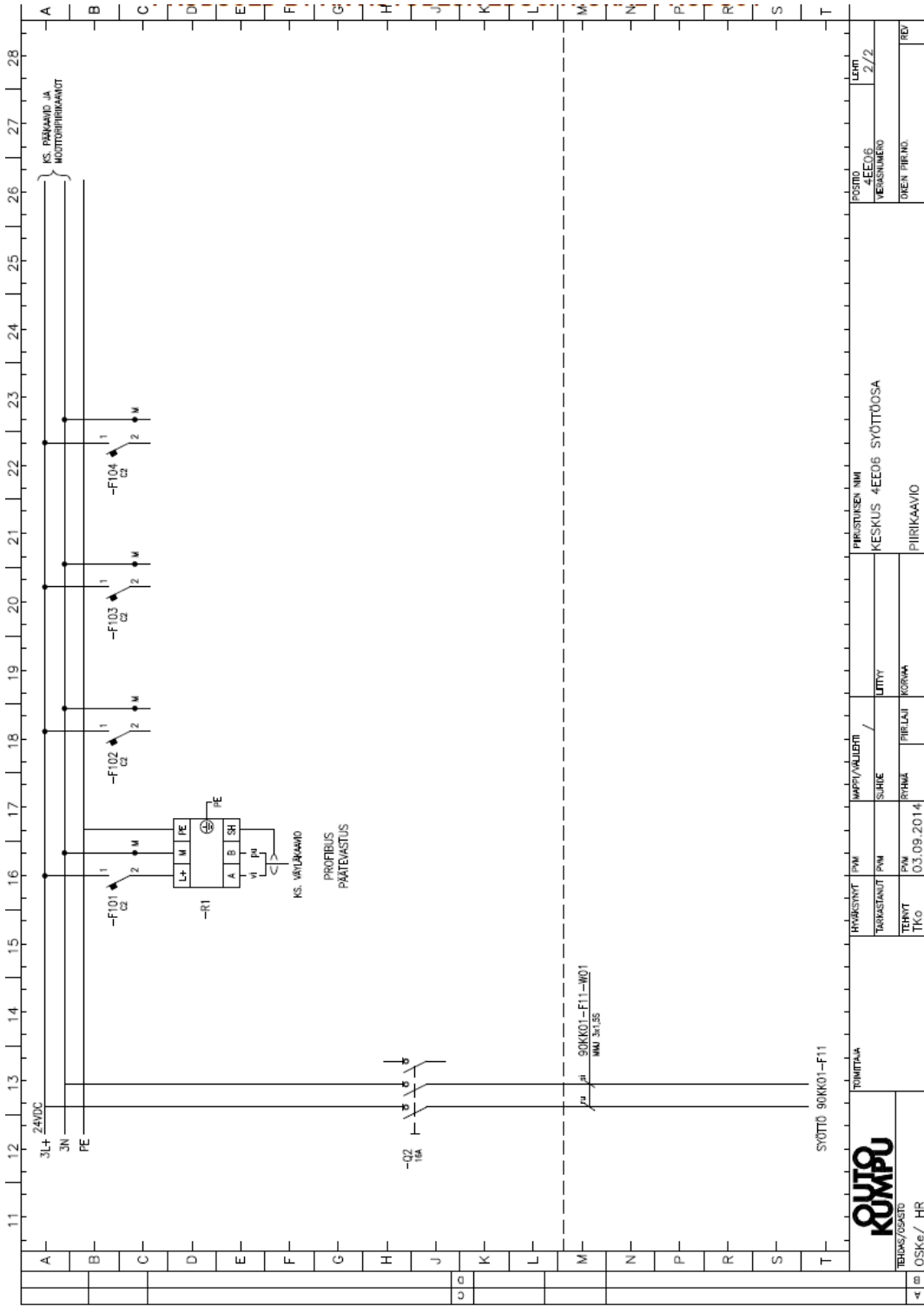
KOHTO KOMPANII TEHNIKA/OSASTO / HR		TOIMITAJA 9010-M1 Pumppu 110kW		HYVÄKÄYTTÖ PVM TARKASTAJAN PVM TEHTY TIKO PVM 03.09.2014		IMPPY/VALUETI / SUHTE RYHMÄ RIIHELÄI KORHAA		PIIRUSTUKSEN NIMI KANAVAPUMPPAAMO KESKUS 4EE06 PÄÄKÄÄVIÖ		POSTINUMERO 4EE06 VEIKKONUMERO 6/6 OIKEN TIRIÖN RBT	
--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--



KUMPU

REK/05010
OSK/HR

TRIMITTAJA	RYHMÄSTÄYT	PVM	RYHMÄVAIHTI	PIIRIKAAVIO	PIIRIKAAVIO
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	SIIHE	KESKUS 4EEO6 SYTTOOSA	KESKUS 4EEO6
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	RHMA	PROFIBUSS-DP	PROFIBUSS-DP
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	LIITIN: SIEMENS 6ES7972-OBA50-OXB0	LIITIN: SIEMENS 6ES7972-OBA50-OXB0
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	4EEO6	4EEO6
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	1/2	1/2
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	03.09.2014	03.09.2014
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	OSK/HR	OSK/HR
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	REK/05010	REK/05010
TRIMITTAJA	TARKASTAUS	PVM	PIRLAI	OSK/HR	OSK/HR



Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / KytKentäpiir.
					4EE06 SYÖTTÖOSA
Q1	1	OT630E03P	Kuormankytkin	ABB Oy	
	1	OSP12X280	Akseli	ABB Oy	
	1	OHB125J12	Väännin: Musta	ABB Oy	
T1	1	PSA413-600/5A 10VA	Virtamuuntaja:10VA	EFEN	
T2	1	PSA413-600/5A 10VA	Virtamuuntaja:10VA	EFEN	
T3	1	PSA413-600/5A 10VA	Virtamuuntaja:10VA	EFEN	
P1	1	SETRON PAC 3200+PAC	Virtamittari	SIEMENS	
F1	1	OS32GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	2	OHB45J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
Q2-24VDC	1	OT16F3	Kuormankytkin	ABB Oy	
	2	OSP6X161	Akseli	ABB Oy	
R1	1	6ES7972-0DA00-0AA0	Termination element	SIEMENS	
F4	1	OS63GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
T4	1	1-V5.0KVAMU	Muuntaja:1v+-2,5%	TRAFOTEK	
T4	1	400/230V5000VA			
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F11	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F12	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F13	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F101	1	S201-C2	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F102	1	S201-C2	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F103	1	S201-C2	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
F104	1	S201-C2	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
X1/1-12	12	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	
3L+,3N	4	M6/8	Riviliitin	ENTRELEC	
2L1,2N	4	M6/8	Riviliitin	ENTRELEC	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / KytKentäpiir.
					4EE06.0201
F1	1	OS32GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB45J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin:1a-OS/OT	ABB Oy	
K1	1	A40-30-10-88	Kontaktori:230-240V 50Hz	ABB Oy	
	1	RC5-1/250	RC-piiri:N,A9-A40	ABB Oy	
T11	1	3UF7100-1AA00-0	Simocode:proVir-mitt.mod 0.3-3A	SIEMENS	
A11	1	3UF7010-1AU00-0	Simocode:proV Basic Unit 110-240VAC/DC	SIEMENS	
	1	3UF7931-0AA00-0	Simocode:pro Yhdistysj. 0.1m	SIEMENS	
X10	20	MA2.5/5	Riviliitin	ENTRELEC	
	1	700-972-0BB50	Profibus D-liitin	Helmholz	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
K92, K91	2	G2R-1SN230VAC	Rele:1c/o LD	OMRON	
K92, K91	2	P2RF05-E	Relekanta	OMRON	
S1	1	CA10 A214 F024	Paikallisoj. Kytkin	K&N	
H1	1	XB4BVM5	Merkkilamppu	SCHNEIDER ELECTRIC	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkäpiiri.
					4EE06.0202
F1	1	OS125GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB65J6	Väänin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin:1a-OS/OT	ABB Oy	
K1	1	A110-30-00-88	Kontaktori:230-240V50Hz	ABB CEWE control	
	1	CA5-10	Apukosketin:A-kont.	ABB Oy	
	1	RC5-2/250	RC-piiri:A45-A110	ABB Oy	
T11	1	3UF7103-1AA00-0	Simocode:proVir-mitt.mod 20-200A	SIEMENS	
A11	1	3UF7010-1AU00-0	Simocode:proV Basic Unit 110-240VAC/DC	SIEMENS	
	1	3UF7931-0AA00-0	Simocode:pro Yhdistysj. 0.1m	SIEMENS	
	1	700-972-0BB50	Profibus D-liitin	Helmholz	
	3	21894	Yleisliitin	TEKAMAT	
X10	20	MA2.5/5	Riviliitin	ENTRELEC	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
K92	1	G2R-1SN230VAC	Rele:1c/o LD	OMRON	
K92	1	P2RF05-E	Relekanta	OMRON	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkäpiiri.
					4EE06.0203
F1	1	OS32GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin:1a-OS/OT	ABB Oy	
	1	OHB45J6	Väänin:Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
L1-L3	1	KE61.03	Yleisliitin:2,5-50 har-3p	ENSTO	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
X10	4	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkäpiiri.
					4EE06.0204
F1	1	OS125GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB65J6	Väänin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
L1, L2, L3	3	KE62	Yleisliitin:16-95 har	ENSTO	
PE/N	2	1TFL144901T0001	Liitin:M8 PE/N	ABB	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
X10	4	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkenäpiir.
					4EE06.0205
F1	1	OS32GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB45J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin: 1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin: 1a-OS/OT	ABB Oy	
X10	4	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	
L1-L3	1	KE61.03	Yleisliitin: 2,5-50 har-3p	ENSTO	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	

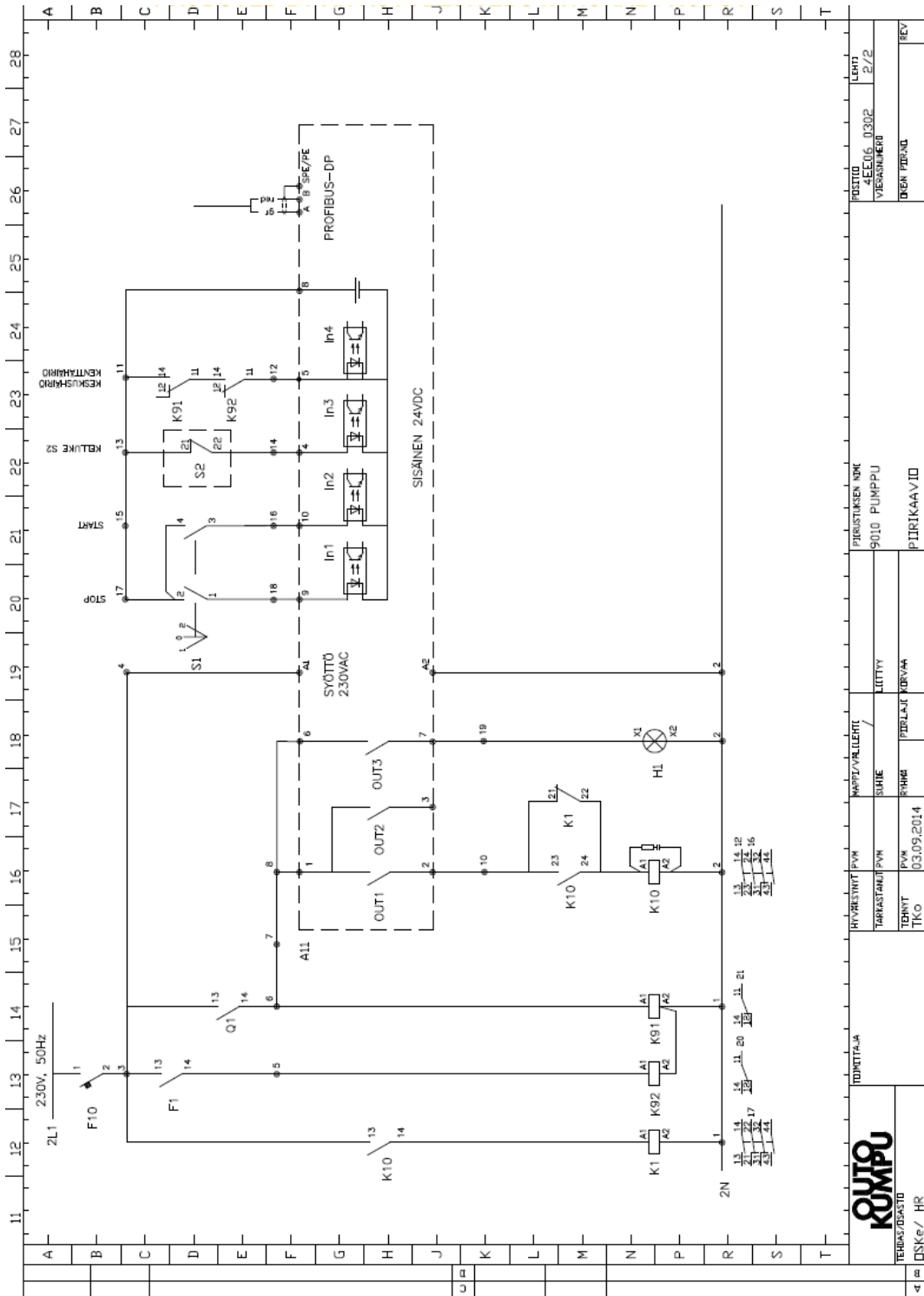
Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkenäpiir.
					4EE06.0206
F1	1	OS63GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB45J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin: 1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin: 1a-OS/OT	ABB Oy	
X10	4	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	
L1-L3	1	KE61.03	Yleisliitin: 2,5-50 har-3p	ENSTO	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkenäpiir.
					4EE06.0207
F1	1	OS125GD03P	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB65J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin: 1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin: 1a-OS/OT	ABB Oy	
X10	4	M6/8.ST1	Riviliitin	ENTRELEC	
L1, L2, L3	3	KE62	Yleisliitin: 16-95 har	ENSTO	
PE/N	2	1TFL144901T0001	Liitin: M8 PE/N	ABB	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytkäntäpiiri.
					4EE06.0208-9
F1	1	OS125D21W-3	Kytkinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB65J6	Väänin: Musta	ABB Oy	
	1	OSP6X290	Akseli	ABB Oy	
X00	1	KF7.70	Kytkäntälaatta	ENSTO	
1F11	1	DDA204AC-25/0.03	Vikavirtasuojaja	ABB SACE	
1F	1	S203-C25NA	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
2F12	1	DDA204AC-25/0.03	Vikavirtasuojaja	ABB SACE	
2F	1	S203-C16NA	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
5F11	1	DDA202AC-25/0.03	Vikavirtasuojaja	ABB SACE	
5F1	1	S201-C16NA	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
5F21	1	DDA202AC-25/0.03	Vikavirtasuojaja	ABB SACE	
5F2	1	S201-C16NA	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
5F31	1	DDA202AC-25/0.03	Vikavirtasuojaja	ABB SACE	
5F3	1	S201-C16NA	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
3F	1	S203-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
4F	1	S203-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
6F1	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
6F2	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
6F3	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
7F1	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
7F2	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
7F3	1	S201-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
8F1	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
8F2	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
8F3	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
9F1	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
9F2	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
9F3	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
10F	1	S203-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
11F	1	S203-C16	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
12F1	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
12F2	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
12F3	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
13F1	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
13F2	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
13F3	1	S201-C10	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
N,PE	1	KNA4.113NP	N-PE-kisko:2x(10x6+3x16)	ENSTO	
N,PE	1	KNA4.116NP	N-PE-kisko:2x(13x6+3x16)	ENSTO	
N,PE	1	KNA4.116NP	N-PE-kisko:2x(13x6+3x16)	ENSTO	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytentäpiir.
					4EE06.0302
F1	1	OS400D03P	Kytinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB95J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OXF12X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin:1a-OS/OT	ABB Oy	
K1	1	AF260-30-11	Kontaktori:230-240V50Hz	ABB Oy	
	1	CA5-10	Apukosketin:A-kont.	ABB Oy	
	1	RC5-2/250	RC-piiri:A45-A110	ABB Oy	
K10	1	3RH2140-1AN20	Apukontaktori	SIEMENS	
T11	1	3UF7114-1BA00-0	Simocode:proVir-mitt.mod 63-630A	SIEMENS	
A11	1	3UF7010-1AU00-0	Simocode:proV Basic Unit 110-240VAC/DC	SIEMENS	
	1	3UF7931-0AA00-0	Simocode:pro Yhdistysj. 0.1m	SIEMENS	
	1	700-972-0BB50	Profibus D-liitin	Helmholz	
X10	20	MA2.5/5	Riviliitin	ENTRELEC	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
K92,K91	2	G2R-1SN230VAC	Rele:1c/o LD	OMRON	
K92,K91	2	P2RF05-E	Relekanta	OMRON	
S1	1	CA10 A214 F024	Paikallisoj. Kytin	K&N	
H1	1	XB4BVM5	Merkkilamppu	SCHNEIDER ELECTRIC	

Kojeluettelo					
Kojetunnus	Määrä	Tyyppi	Nimitys	Valmistaja	Konepositio / Kytentäpiir.
					4EE06.0402
F1	1	OS400D03P	Kytinvaroke	ABB Oy	
	1	OHB95J6	Väännin: Musta	ABB Oy	
	1	OXF12X290	Akseli	ABB Oy	
	1	OA1G10	Apukosketin:1s/OS-OT	ABB Oy	
	1	OA3G01	Apukosketin:1a-OS/OT	ABB Oy	
K1	1	AF260-30-11	Kontaktori:230-240V50Hz	ABB Oy	
	1	CA5-10	Apukosketin:A-kont.	ABB Oy	
	1	RC5-2/250	RC-piiri:A45-A110	ABB Oy	
K10	1	3RH2140-1AN20	Apukontaktori	SIEMENS	
T11	1	3UF7114-1BA00-0	Simocode:proVir-mitt.mod 63-630A	SIEMENS	
A11	1	3UF7010-1AU00-0	Simocode:proV Basic Unit 110-240VAC/DC	SIEMENS	
	1	3UF7931-0AA00-0	Simocode:pro Yhdistysj. 0.1m	SIEMENS	
	1	700-972-0BB50	Profibus D-liitin	Helmholz	
X10	20	MA2.5/5	Riviliitin	ENTRELEC	
F10	1	S201-C6	Suojakatkaisija	ABB STOTZ KONTAKT	
K92,K91	2	G2R-1SN230VAC	Rele:1c/o LD	OMRON	
K92,K91	2	P2RF05-E	Relekanta	OMRON	
S1	1	CA10 A214 F024	Paikallisoj. Kytin	K&N	
H1	1	XB4BVM5	Merkkilamppu	SCHNEIDER ELECTRIC	



KOUPU KUMPU

TEHDAS/OSASTO
DSKer/ HR

TUONTILA

HYVÄKÄYNTI PVM
TARASTAHLUJ PVM

MAKSI/VÄLLEHTI
SÄHKÖ

PIIRUSTUKSEN NIMI
9010 PUMPPU

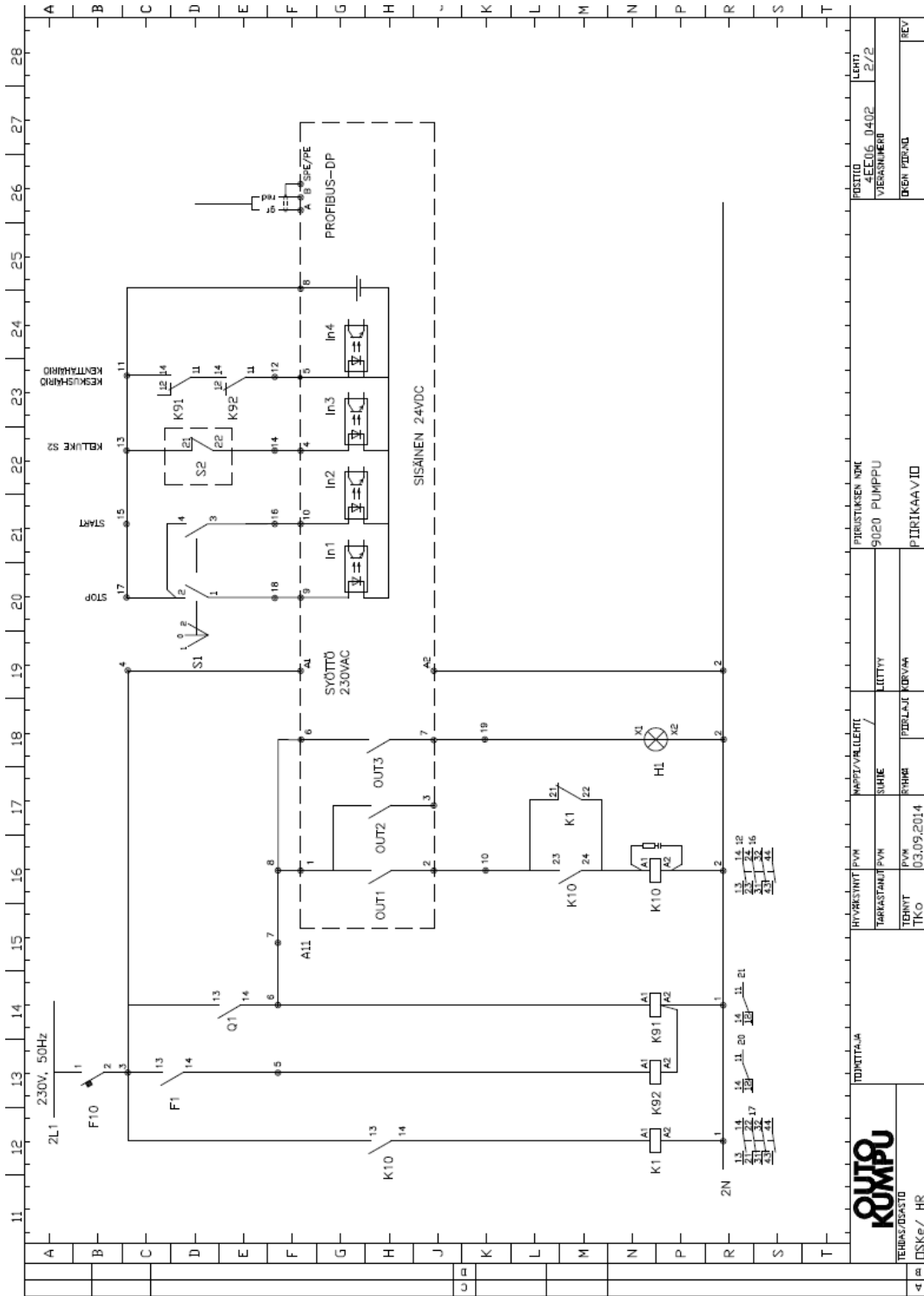
PIIRIKAAVIO

POSIITTO	LEHTI
4EE06_0302	2/2
VIIRINUMERO	
OHJEN VIIRINUMERO	
REV	

A B C D E F G H J K L M N P R S T

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

4



KOMPUN

TEHDAS/OSASTO
DSKer/HR

HIVÄSKÄHÄN PVM
TARKASTAJAN PVM
TÖHNT
TKO

MAPII/VÄLLEHTI
SISÄINEN
RYHMÄ

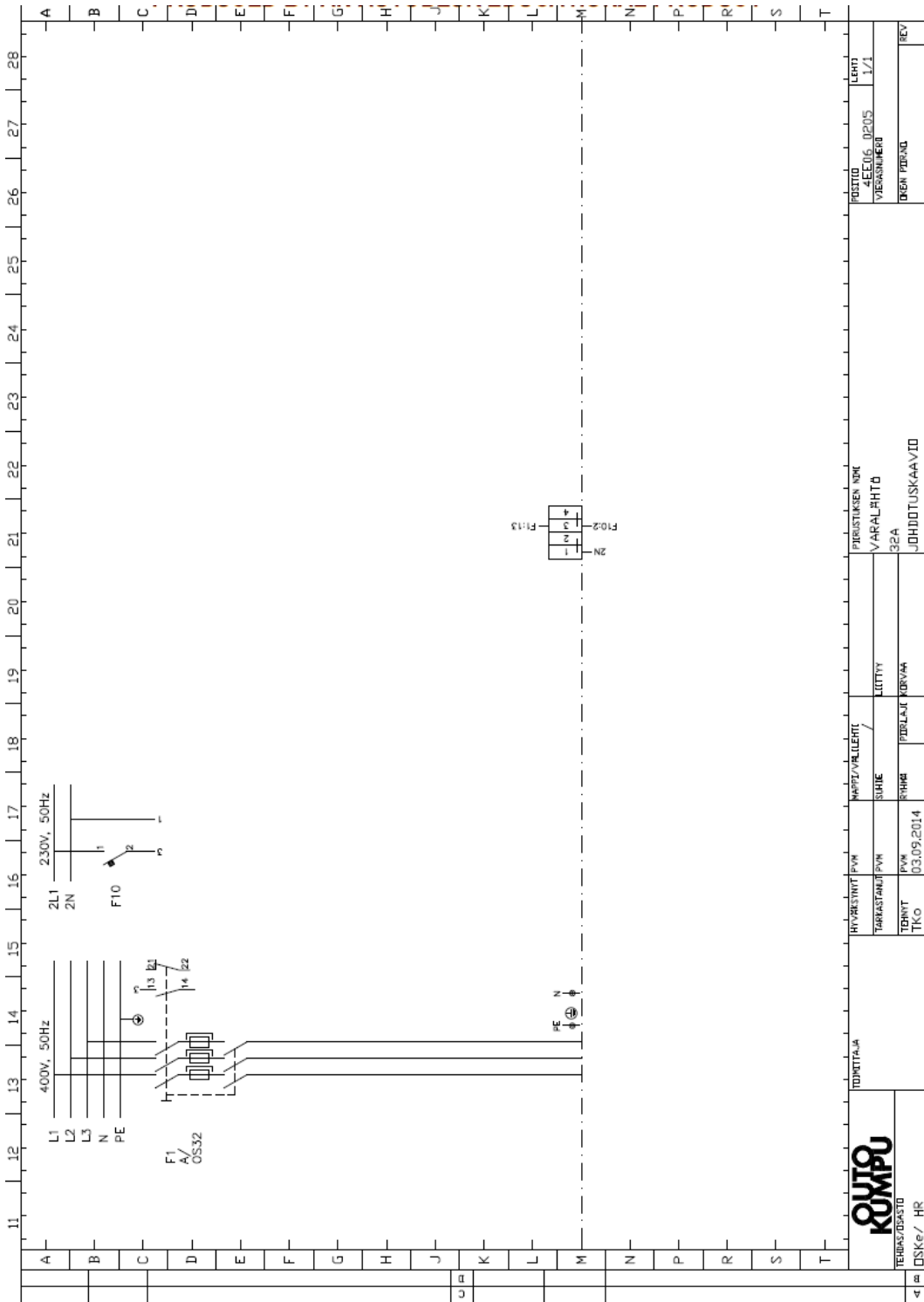
PIIRIKAAVIO
PIIRIKAAVIO

PIIRUSTUKSEN NIMI
9020 PUMPPU

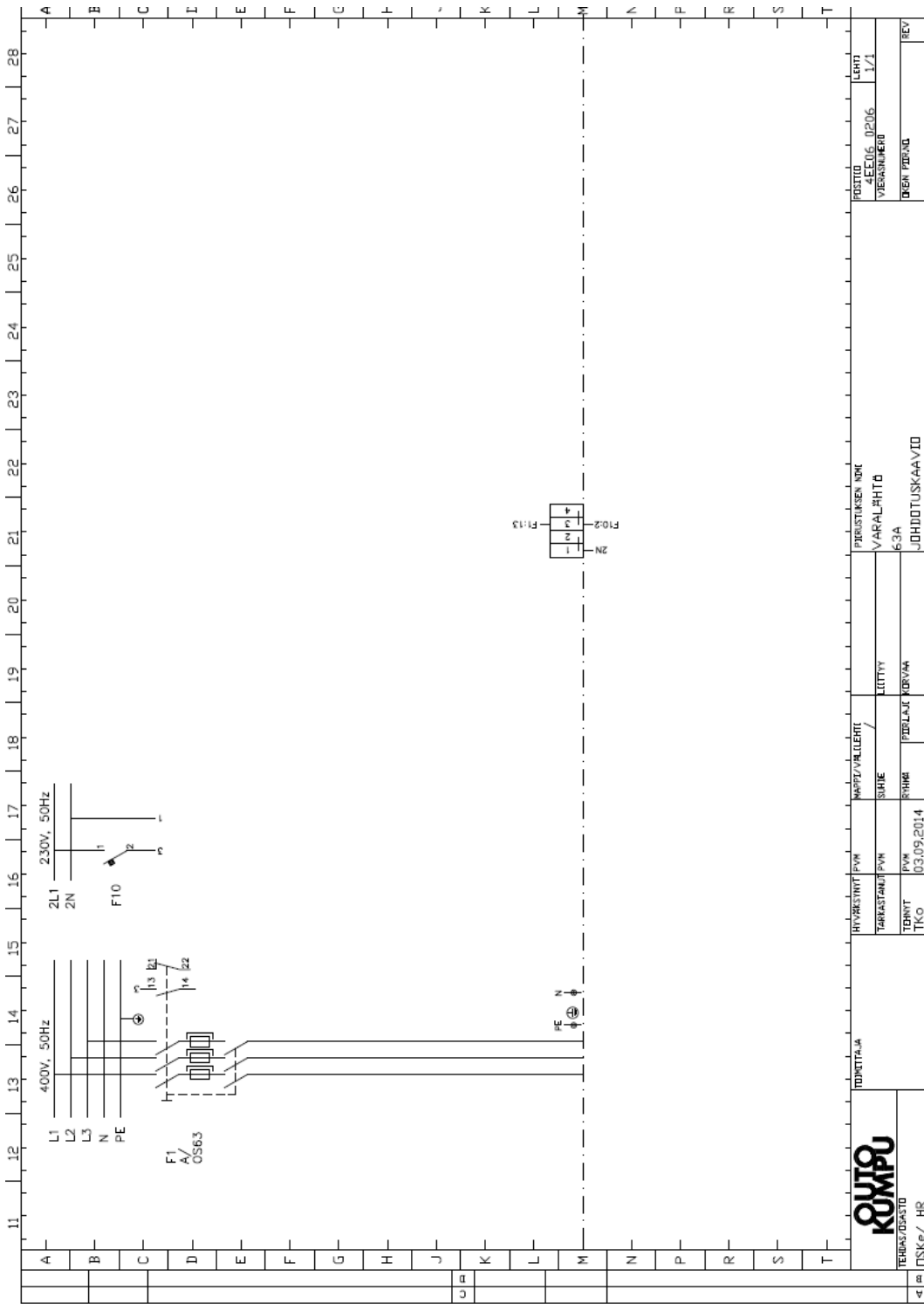
PROJEKTI
4EE06_0402
VIERASKINNE

LEHTI
2/2

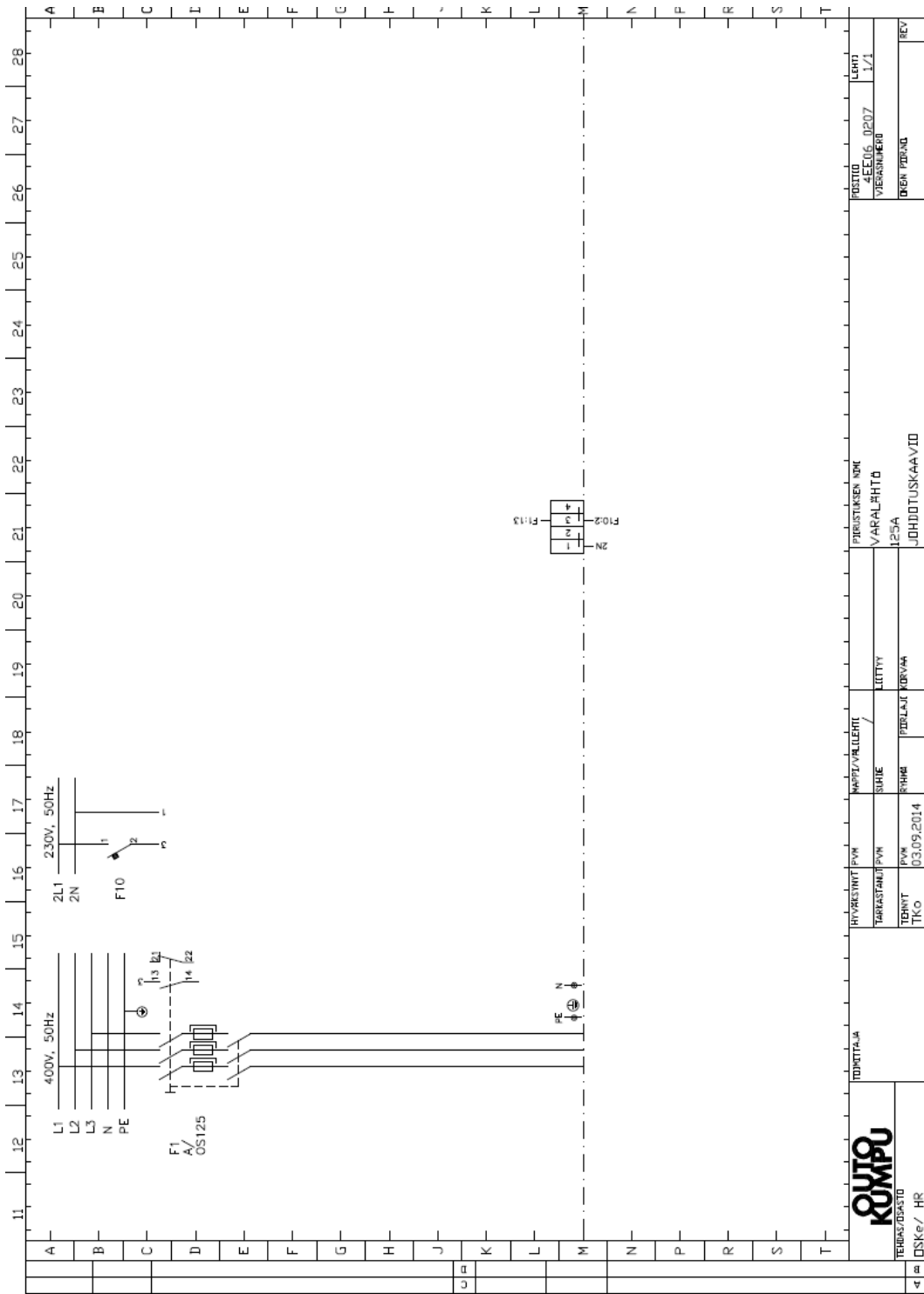
REV



		TIEDONTAJA TERHÄS/OSASTO OSKe/ HR		HYVÄKSYNTY PVM TARASTAJAN PVM TARKASTUS PVM TKO 03.09.2014		HUOMI/VÄLLEHTI SUHDE RYHMÄ PERUSTUKSEN NIMI VARALAHJO 32A JOHDOTUSKAAVIO		POSTINUMERO 0205 OIKO PÖYDÄ		LEHTI 1/1	
--	--	---	--	--	--	--	--	-----------------------------------	--	--------------	--



		TOIMITTAJA TERIAS/DAS/TO 4 18 DISKe / HR		HYVAKSINTY PVM TARKASTAJA PVM TUNNIT TRC	MARPZ/VALLENTI SIHIE RINHE	LITTY PERLANT RIVAN	PERUSTAKSEN NOKI VARALÄHTÖ 63A JOHDOTUSKAAVIO	PÖHÖTÖ 4EEUG_0206 VISSANHEHO OVEN PERANO	LEHTO 1/1
--	--	--	--	---	----------------------------------	---------------------------	--	---	--------------



Esimekkilasku ylikuormitussuojan ja johdon poikkipinnan määrittämiseen.

Johdon poikkipinnan ja ylikuormitussuojan valinta, kun kuormitus ja asennusolot on tunnettu. Kuormitusvirta on 117 A, kaapelit asennetaan kaapelitikkaille. Samoille tikkaille asennetaan vierekkäin 8 muuta kaapelia. Ympäristön lämpötila on 35 °C.

Ratkaisu:

Ylikuormitussuojan nimellisvirran tulee olla vähintään kuormitusvirran suuruinen. Valitaan ylikuormitussuojaksi 125 gG- sulake.

Kaapelin kuormitettavuuden tulee olla taulukon 14 mukaan vähintään 138 A.

Määritetään korjauskertoimet:

Lämpötilakorjauskertoimeksi saadaan taulukosta 9 0,88.

Muiden kaapeleiden vaikutus kuormitettavuuteen saadaan taulukosta 13, jonka mukaan korjauskertoimeksi saadaan 0,78.

Kaapelin kuormitettavuus tulee olla ilman korjauskertoimia vähintään

$$138 \text{ A} / 0,88 \times 0,78 = 201 \text{ A}.$$

Taulukosta 8 huomataan, että kolmivaihekaapeliksi voidaan valita kaapeli, jossa johtimen nimellispoikkipinta on 70mm² Cu tai 120mm² Al.

Esimerkki moottorilähdön mitoituksesta.

Tähti-kolmio- käynnistyskäyttö oikosulkumoottorilla. Tarvittava käynnistysmomentti on 500Nm 100rpm asti, siitä eteenpäin kasvaa lineaarisesti saavuttaen 1500Nm 500rpm:ssa, vakio 1500Nm 1000rpm:ään asti. Käynnistysaika max 5s. Tähtikytkennällä moottori käynnistetään nimellisnopeuteen, minkä jälkeen kytkentä kolmioon. Tähtikytkennän käynnistysmomentti noin 25% kolmiokytkennän momentista ja virta noin 30% kolmiokytkennän virrasta. Kaapelointi tikaskaapelihyllyllä, jossa kaapelit koskettavat toisiaan ja kaapeleita enemmän kuin 3 rinnakkain. Ympäristön lämpötila asennuspaikalla on 20 °C ja johtimen lämpötila 70 °C.

Valitaan oikosulkumoottoriksi ABB:n M3BP 355 LKA 6, jonka nimellisarvot ovat seuraavat:

- Teho	355kW
- Nimellisvääntömomentti	3417Nm
- Nimellisvirta	640A
- Käynnistysvirta *In	7,6
- Nimellipyörimisnopeus	992r/min
- Hitausmomentti	15,5kg-m ²
- Min. vääntömomentti	7176Nm
- Max. vääntömomentti	9909Nm

Käynnistysvaiheessa tähtikytkennässä moottorin vääntömomentit ovat seuraavat:

Maks.vääntömomentti

$$M_{\max} = 0,25 * 9909Nm$$

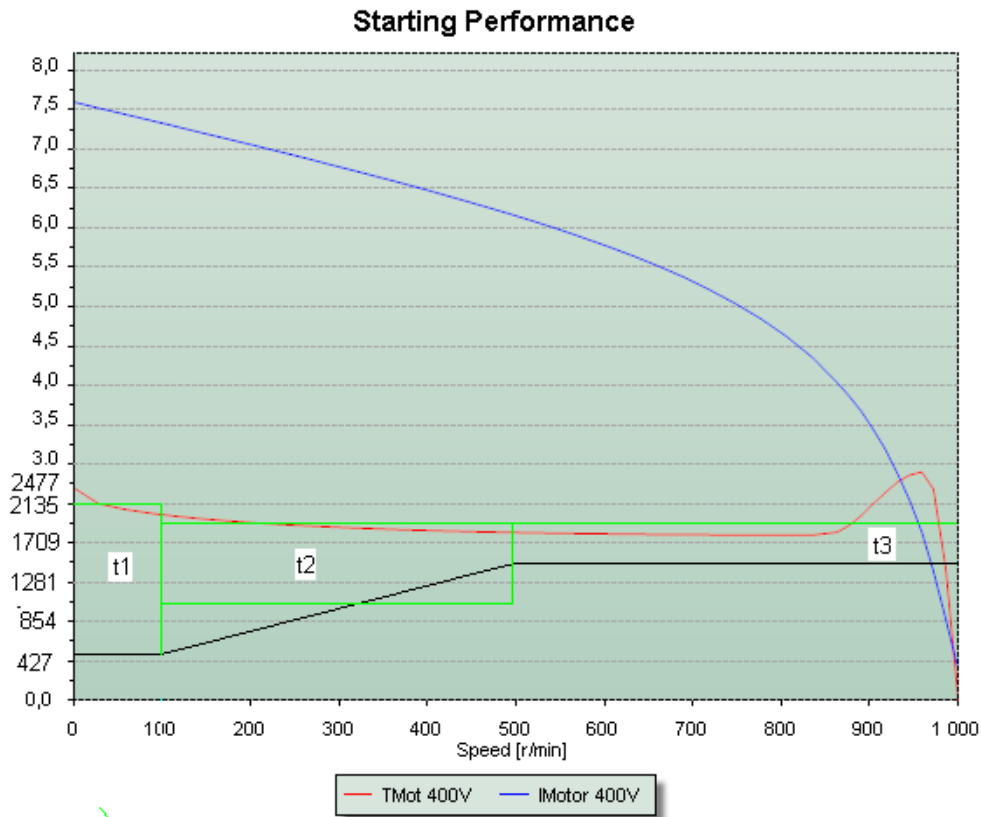
$$M_{\max} = 2477Nm$$

Min.vääntömomentti

$$M_{\min} = 0.25 * 7176Nm$$

$$M_{\min} = 1794Nm$$

Seuraavaksi lasketaan moottorin käynnistysaika. Kuvassa 29 on esitetty moottorin momenttikäyrä punaisella, virtakäyrä sinisellä ja kuorman momenttikäyrä mustalla värillä.



Kuva 29. 3BP 355 LKA 6 oikosulkumoottorin momenttikäyrä.

Käynnistykseen kulunut aika lasketaan seuraavanlaisesti:

$$\Delta t_1 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{100}{60} \right)}{2135 \text{ Nm} - 500 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_1 = 0,099 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{500 - 100}{60} \right)}{1922 \text{ Nm} - 1000 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_2 = 0,704 \text{ s}$$

$$\Delta t_3 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{996 - 500}{60} \right)}{1922 \text{ Nm} - 1500 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_3 = 1,91 \text{ s}$$

Käynnistykseen kulunut aika yhteensä on:

$$\Delta t = 0,099s + 0,704s + 1,91s$$

$$\Delta t = 2,713s$$

Käynnistykseen kulunut aika on alle 5s, joten valittu oikosulkumoottori sopii kyseiseen moottorikäyttöön.

Seuraavaksi valitaan oikosulkusuojaukseen sopivat kahvasulakkeet.

Moottorin nimellisvirraksi on ilmoitettu 640A ja käynnistysvirta on 7,6 kertainen nimellisvirtaan nähden.

Virta käynnistyshetkellä on:

$$I_{start} = 7,6 * 640A * 0,3$$

$$I_{start} = 1460A$$

Moottorin verkosta ottama virta käynnistymisen jälkeen kyseisellä kuormituksella ja lämpöreleen asetteluarvo on:

$$I = \frac{1500Nm}{3417Nm} * 640A$$

$$I = 281A$$

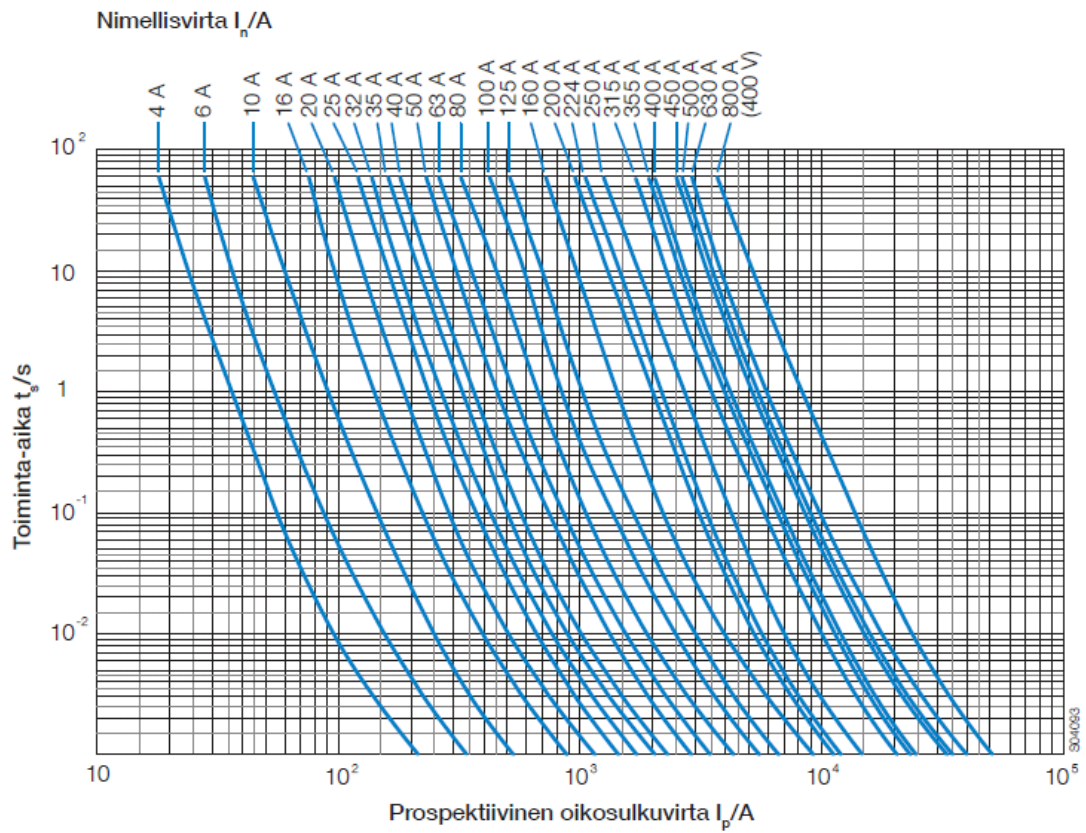
Puolessavälin käynnistystä aika on 1.35s, jolloin moottorin verkosta ottama virta on momenttikäyrästä katsottuna:

$$I_{1,35s} = 6,125 * 640A * 0,3$$

$$I_{1,35s} = 1176A$$


Kun verrataan moottorille laskettuja virta-arvoja taulukon 29 ABB:n kahvasulakkeiden virta- aikakäyriin niin kahvasulakkeiksi valitaan OFAF_AM 315A.

Taulukko 29. Virta- aikakäyrät ABB:n aM- kahvasulakkeille. 500 V, aM- sulakkeet OFAF_AM_, koot 000...3. (ABB Oy 2012, Hakupäivä 5.2.2013.)



Moottorin nimellisvirta on 640A, joten valitaan taulukosta 26 kontaktoreiksi AF 750-30-11, lämpöreleeksi E800DU ja kytkinvarokkeeksi OESA 800.

Taulukko 30. ABB:n kolminapaiset A- sarjan kontaktoreiden valintataulukko.
(ABB Oy 2012, Hakupäivä 5.2.2013.)

Kolminapaiset A-kontaktorit							
							
110 kW	140 kW	160 kW	200 kW	250 kW	315 kW	400 kW	
A210	A260	A300	AF400	AF460	AF580	AF750	
A210-30-11	A260-30-11	A300-30-11	AF400-30-11	AF460-30-11	AF580-30-11	AF750-30-11	
210	260	305	400	460	580	750	
210	240	290	400	460	580	750	
210	220	290	370	400	550	700	
350	400	450	550	650	800	1000	
Sulakkeellinen suojaus, 400 V, 80 kA							
OESA 250 -kytkinvaroke	OESA400 -kytkinvaroke	OESA 630 -kytkinvaroke			OESA 800 -kytkinvaroke		
Sulakkeeton suojaus, 400 V, 50 kA							
S5 Isomax-katkaisija, Tmax-katkaisija			S6 Isomax-katkaisija, Tmax-katkaisija			S7 Isomax-katkaisija	
Lämpöreleet							
TA 450 DU, 185 235 310			E500 DU 150...500A			E800 DU 250...800A	
E320 100...320A							

Moottorikaapelin ja turvakytkimen valinta

Ympäristön lämpötilaksi on ilmoitettu 20 °C ja johtimen lämpötila 70 °C. Lämpötilojen vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen saadaan taulukosta 9. Kyseinen taulukko antaa korjauskertoimeksi 1,05.

Kaapelointi toteutetaan tikaskaapelihyllyillä, jossa kaapelit koskettavat toisiaan ja kaapeleita on enemmän kuin 3 rinnakkain. Taulukossa 13 on esitetty asennustavoista johtuvat korjauskertoimet kaapelin kuormitettavuuteen, jonka mukaan korjauskertoimeksi valitaan 0,78.

Virta, jonka mukaan kaapeli mitoitetaan on:

$$I = \frac{281A}{1,05 * 0,78} = 343A$$

Vertailemalla laskettua virta-arvoa taulukkoon 7 ja 8, voidaan valita asennettavaksi kaapelityypiksi 3x240AL+72Cu.

Turvakytkin valitaan moottoritehon mukaan taulukosta 31, jonka mukaan kyseiseen moottorilähtöön valitaan OT800ELRR6TZ- mallinen turvakytkin.

Taulukko 31. ABB:n teräslevykateloidut 6-napaiset turvakytkimet.
(ABB Oy 2012, Hakupäivä 5.2.2013.)

Suurin moottoriteho / AC-23A				Rengas- läpivienti- aukkojen lukumäärä / päätty [kpl]	Sis. peiteren- gaslaipat, aihion koko / lukumäärä		Sisältää apukos- kettimet	Apukos- kettimia enintään	Lajimerkki
230V	400V	500V	690V		ø25.5	ø40.5			
[kW]	[kW]	[kW]	[kW]						
30	45	45	45	4	2	2	2S+2A	2S+2A	OT90ALRR6TZ
37	55	55	55	4	2	2	2S+2A	2S+2A	OT125ELRR6TZ
45	75	75	75	4	2	2	2S+2A	2S+2A	OT160ELRR6TZ
55	110	132	160	8	6	6	4S+2A	4S+2A	OT200KLRR6TZ
75	132	160	200	8	4	4	4S+2A	4S+2A	OT250KLRR6TZ
90	160	200	250	8	4	4	4S+2A	4S+2A	OT315KLRR6TZ
110	220	280	355	8	4	4	4S+2A	4S+2A	OT400DLRR6TZ
180	315	400	560	8	4	4	4S+2A	4S+2A	OT630KLRR6TZ
200	400	500	710	8	4	4	4S+2A	4S+2A	OT800ELRR6TZ
250	500	600	800	8	2	2	2S+2A	4S+2A	OT1000BLRR6TZ

Vastaavasti sama moottorilähtö suoralla käynnistyksellä olisi seuraavanlainen.

Käynnistykseen kulunut aika:

$$\Delta t_1 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{100}{60}\right)}{8543 \text{ Nm} - 500 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_1 = 0,020 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{500 - 100}{60}\right)}{8087 \text{ Nm} - 1000 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_2 = 0,092 \text{ s}$$

$$\Delta t_3 = \frac{15,5 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * \left(\frac{996 - 500}{60}\right)}{8543 \text{ Nm} - 1500 \text{ Nm}}$$

$$\Delta t_3 = 0,114 \text{ s}$$

Käynnistykseen kulunut aika yhteensä on:

$$\Delta t = 0,02 \text{ s} + 0,092 \text{ s} + 0,114 \text{ s}$$

$$\Delta t = 0,226 \text{ s}$$

Moottorin nimellisvirraksi on ilmoitettu 640A ja käynnistysvirta on 7,6 kertainen nimellisvirtaan nähden.

Virta käynnistyshetkellä on:

$$I_{start} = 7,6 * 640A$$

$$I_{start} = 4864A$$

Moottorin verkosta ottama virta käynnistyksen jälkeen kyseisellä kuormituksella ja lämpöreleen asetteluarvo on:

$$I = \frac{1500Nm}{3417Nm} * 640A$$

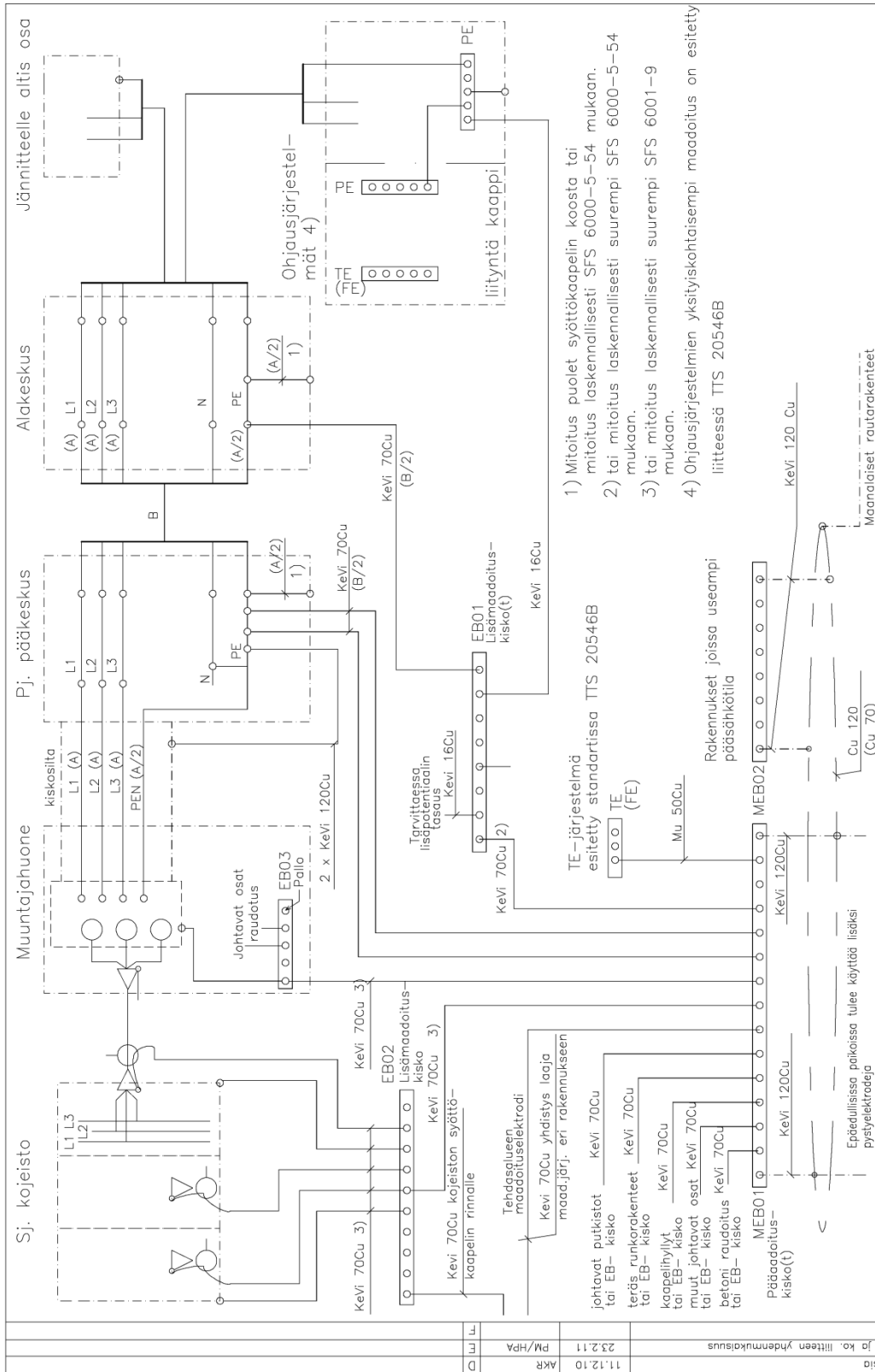
$$I = 281A$$

Puolessavälin käynnistystä aika on 0,113s, jolloin moottorin verkosta ottama virta on momenttikäyrästä katsottuna:

$$I_{0,113s} = 6,125 * 640A$$

$$I_{0,113s} = 3920A$$

Yhteenvetona suorassa käynnistyksessä käynnistykseen kulunut aika olisi yli 10 kertaa lyhempi tähti- kolmio-käynnistimeen verrattuna. Kahvasulake AM 315A pysyisi samana, koska se juuri ja juuri kestäisi suoran käynnistyksen, joten samat moottorilähdön komponentit sopisivat myös suoraan käynnistykseen.



TEHDAS/OSASTO	OSTO/MAADOITUKSET	HYVÄKSYNTÄ	PVM	MÄPPI/VALLEHTI	RYHMÄ	PIIRILUKSEN NIMI	POSITIO
		TARKASTANIIT	PVM	SUHDE	LITTYTY	TEHDASSTANDARDI LITE TTS 20546A	TTS20546A
		TEHNTYT	JEK	LEHTI	KORVA	MAADOITUSJÄRJESTELMÄN PERIAATEKAAVIO	TOIMITAJAN NUMERO
			18.09.2008				PIIRIUSJÄRNUMERO
							TTS20546A
							REVISIO
							- 3
							B

TTS tekstin ja ko. liitteen yhdenmukaisuus

Tarkennuksia

11.12.10

23.2.11

PM/HPA

KESKUSMÄÄRITTELYLOMAKE TTS 20672 A 1 (1)



08.10.2008

Rev. 2

KOJEISTON TUNNUS: 4EE06LOMAKKEEN TÄYTTÄJÄ: 3 / 12 / 2014 T.KOIVISTO

SÄHKÖTEKNISET TIEDOT

Nimellisjännite	400 V 50 Hz	Oikosulkukestoisuus	<u>105</u> kA dyn <u>50</u> kA 1s
Nimellisvirta	<u>1250</u> A	Syöttävän muuntajan mukaan	<input checked="" type="checkbox"/> Syöttävä muuntaja <u>500</u> kVA
Pääkytkinlaite	<u>630</u> A Erotin <input type="checkbox"/>	Katkaisija	<input type="checkbox"/> Kytkinvaroke <input checked="" type="checkbox"/>
Ohjaujännite	<u>400</u> V <u>50</u> Hz	Keskuksesta	<input checked="" type="checkbox"/> Ulkopuolelta <input type="checkbox"/>
Apujännite	<u> </u> V <input type="checkbox"/>	Jakelujärjestelmä	<input checked="" type="checkbox"/> Ohjaujännitekiskot <input type="checkbox"/>
UPS-jännite	<u> </u> VAC <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> -käyttömaadoitettu TN-S <input checked="" type="checkbox"/>
Lisävarusteet			<input type="checkbox"/> -nolla ja suojapiiri yhdistetään TN-C <input type="checkbox"/>
Vikavirranvalvonta	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> -käyttömaadoitettu TN-C-S <input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/> -maad. vastusjärjestelmä IT <input type="checkbox"/>

RAKENNETIEDOT

Keskuslaji	Kenno <input checked="" type="checkbox"/>	Kotelo	<input type="checkbox"/>	Kehikko	<input type="checkbox"/>
Kotelointiluokka	IP <u>21</u>				
Keskuksen rakenne	1-puoleinen <input checked="" type="checkbox"/>	2-puoleinen	<input type="checkbox"/>	1-puoleiset,	<input type="checkbox"/>
				selät vastakkain	
Kaapelikuilut(min.)	1 kpl/ <u>2</u> kenttä(ä)	Erotettu väliseinillä	<input checked="" type="checkbox"/>	Ryhmlähdöt	<input checked="" type="checkbox"/>
Kalustus	Lähtökohtaiset ovet <input checked="" type="checkbox"/>	Yksikkölähdöt	<input checked="" type="checkbox"/>	Vääntimet ja kuittauspainikkeet	ovissa <input checked="" type="checkbox"/>
	Kenttäkohtainen etukoje <input checked="" type="checkbox"/>	Pystykiskot	<u>1250</u> A	Laippa-aukotetut	<input type="checkbox"/>
Kiskosto	Kokoojat <u>1250</u> A	Palonkestävät	<input type="checkbox"/>	1-vaih. virta	<input checked="" type="checkbox"/>
Kennojen pohjat	Avoimet <input checked="" type="checkbox"/>	1-vaiheinen	<input checked="" type="checkbox"/>	3-vaiheinen	<input checked="" type="checkbox"/>
Syötön mittaukset	Jännite <input checked="" type="checkbox"/>	1-vaiheinen	<input checked="" type="checkbox"/>	3-vaiheinen	<input checked="" type="checkbox"/>
	Virran huippunos.				
	Teho/energia				
Pistorasiat keskuksen etuseinään	<u> </u> kpl <u> </u> A	<u> </u> kpl <u> </u> A		<u> </u> kpl <u> </u> A	

ASENNUSTIEDOT

Syöttö	Kiskotetaan <input type="checkbox"/>	Ylhäältä	<input checked="" type="checkbox"/>	Cu	<input checked="" type="checkbox"/>
	Kaapeloidaan <input checked="" type="checkbox"/>	Alhaalta	<input type="checkbox"/>	Al	<input type="checkbox"/>
Syöttökaapelin laji ja poikkipinta	MCMK 3*185+90	Alhaalta	<input type="checkbox"/>	Ylhäältä	<input checked="" type="checkbox"/>
Päävirtakaapelit liitetään		Riviliittimiin	<input checked="" type="checkbox"/>	Kojeisiin	<input checked="" type="checkbox"/>
		Yli <u>6</u> mm ² kaapelit kojeisiin ja pienemmät riviliittimiin	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ohjauskaapelit liitetään		Alhaalta	<input type="checkbox"/>	Ylhäältä	<input checked="" type="checkbox"/>
Asennustila	Leveys x korkeus <u> </u> mm	Riviliittimiin	<input checked="" type="checkbox"/>	Kojeisiin	<input type="checkbox"/>
Kuljetusreitti	Leveys x korkeus <u> </u> mm				
Lattiarakenne	Betoni <input checked="" type="checkbox"/>	Teräsristikko	<input type="checkbox"/>		
Alusteräksät asentaa	Rakennuttaja <input type="checkbox"/>	Urakoitsija	<input type="checkbox"/>		
Lattian suoruusvaatimus	<u> </u> mm/m				

TUNNUSMERKINNÄT

Kojeiston väri	Standardin mukaan <input checked="" type="checkbox"/>	Ohjeen mukaan	<input type="checkbox"/>
Kojeiden merkitseminen	Ei merkitä <input type="checkbox"/>	Merkitään	<input checked="" type="checkbox"/>
Sisäisten johtimien merkitseminen	Ei merkitä <input type="checkbox"/>	Merkitään	<input checked="" type="checkbox"/>

LISÄTIETOJA