

Samuli Köykkä

## SÄHKÖKESKUSTEN STANDARDIN MUKAINEN VALMISTUS

Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Automaatio ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto  
2008

# SÄHKÖKESKUSTEN STANDARDIN MUKAINEN VALMISTUS

Köykkä, Samuli  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Lokakuu 2008  
Lehtio, Ari  
UDK: 621.31  
Sivumäärä: 39

Asiasanat: standardit, sähkötekniikka, käyttöönotto

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää standardien määräämiä sähkökeskusten suunnittelussa ja valmistuksessa huomioon otettavia asioita. Aiheena oli myös selvittää oikosulkuvirtojen määrittelyyn tarkoitettujen ohjelmien toimintaa.

Työn aiheen lähtökohta muodostui epävarmuudesta valmistettavien sähkökeskusten standardin mukaisuudesta. Lisäksi ongelmana oli selvittää valmistettavien keskusten oikosulkusuojauksen riittävyys sekä kaapelin mitoituksessa huomioon otettavia asioita.

Työn teoreettisessa osassa käsiteltiin standardien määräämiä tapoja suojautua sähköiskulta ja oikosululta. Lisäksi teoreettisessa osassa käsiteltiin kaapelin kuormitusta ja mitoituksen vaikuttavia asioita sekä sähkökeskuksen asennuksen jälkeisiä käyttöönottomittauksia.

Työn tuloksena saatiin kerättyä oleellista tietoa standardien määräämistä huomioon otettavista asioista. Oikosulkusuojauksen kannalta havaittiin tärkeäksi tiedustella asiakkaalta keskuksen asennuspaikalla olevan syötön oikosulkuvirran arvo. Lisäksi tuloksena saatiin käyttöön ABB:n docwin ohjelma sekä siitä tehty käyttöohje.

# MANUFACTURING ELECTRICAL CABINETS ACCORDING TO STANDARD

Köykkä, Samuli  
Satakunta Polytechnic  
Degree Programme in Electrical Engineering  
November 2008  
Lehtio, Ari  
UDC: 621.31  
Number of pages: 39

Key Words: standard, electrical engineering, deployment

---

The purpose of this thesis was to clarify matters that standards set to planning and manufacturing electrical cabinets. The purpose was also to clarify short circuit currents that affect cabinets and investigate the working methods of the docwin program.

The subject of this thesis was based on the uncertainty towards the matters that standards set and the question if those matters are already observed. Also there was a problem to clarify the sufficiency of the protection from short circuit currents and what is needed to observe when dimensioning cables.

The topics that were discussed in the theoretical part of the thesis include the issues that standards set to short circuit protection and what should be done to ensure sufficient protection against electric shock. The theoretical part also deals with the matters that affect the loading capacity of the cables and the deployment measurements after installation.

As the result of this thesis, relevant information was collected on how an electric cabinet must be done according to standards. Also, another very important result was that the short circuit current should always be enquired from the customer to ensure sufficient protection against short circuit currents. One result was also the manual concerning the docwin program manufactured by ABB.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PESMEL OY .....	7
2.1	Pesmel yrityksenä .....	7
2.2	Pesmelin valmistamat keskuksset .....	7
3	SÄHKÖKESKUSTEN STANDARDIN MUKAINEN VALMISTUS .....	8
3.1	Merkinnät ja dokumentaatio .....	8
3.1.1	Arvokilpi .....	8
3.1.2	Merkinnät .....	9
3.1.3	Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet .....	9
3.1.4	Osaluettelo.....	9
3.1.5	Keskuksesta toimitettavat piirustukset.....	10
3.2	Mekaaninen rakenne ja kotelointi.....	11
3.3	Lämpeneminen.....	12
3.4	Suojaus sähköiskulta.....	13
3.5	Suojamaadoitus .....	14
3.6	Oikosulkuvirrat .....	16
3.6.1	Prospektiivinen oikosulkuvirta.....	16
3.6.2	Dynaaminen oikosulkuvirta .....	16
3.6.3	Terminen nimelliskestovirta.....	17
3.6.4	Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta .....	18
3.6.5	Oikosulkuvirtojen määrittäminen docwin ohjelmalla .....	18
3.7	Oikosulkusuojaus.....	18
3.7.1	Sulake oikosulkusuojana .....	19
3.7.2	Katkaisijat.....	20
3.8	Kaapelin mitoitus .....	21
3.8.1	Kaapelin kuormitettavuus nimellisvirran mukaan .....	21
3.8.2	Asennustavasta johtuva korjauskerroin.....	22
3.8.3	Asennusympäristön lämpötilasta johtuva korjauskerroin .....	24
3.8.4	Kaapelin materiaalin vaikutus kuormitettavuuteen.....	24
3.8.5	Esimerkki kaapelin mitoituksesta.....	25
3.8.6	Kaapelin mitoitus docwin ohjelmalla.....	26
3.9	Komponenttien valinta.....	26
3.9.1	Pääkytkin .....	26
3.9.2	Kiskosto.....	27
3.9.3	Ryhmien etukojeet.....	28

3.9.4 Laitteiden etukojeet .....	29
3.10 Osastointi .....	30
3.11 Johdotus ja liitännät .....	31
4 KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET.....	32
4.1 Mittauslaite .....	32
4.2 Suojamaadoituspiirin jatkuvuus.....	33
4.3 Eristysvastusmittaus.....	34
4.4 Jännitekoestus .....	35
4.5 Jännösjännitemittaus .....	35
4.6 Toimintakokeet .....	36
4.7 Silmämääräinen tarkastus .....	36
4.8 Mittauspöytäkirja .....	36
5 YHTEENVETO .....	37
LÄHTEET .....	38
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä käsitellään teollisuuden valmistettavien sähkökeskusten suunnittelua ja valmistusta standardien vaatimalla tavalla. Standardit on luotu takaamaan sähköalan ammattilaisten sekä sähkölaitteita käyttävien ihmisten turvallisuus. Standardin mukaan valmistetulla sähkökeskuksella taataan, ettei henkilövahinkoja pääse puolivahingossakaan tapahtumaan. Standardin mukaan valmistettu keskus on myös suunniteltu kestämaan syntyviä vikatilanteita, kuten oikosulkuja.

Tässä työssä selvitetään teorian ja esimerkkien avulla, mitä asioita sähkökeskusten suunnittelussa ja valmistuksessa on otettava huomioon. Työssä esitellään yleisimpiä suojauskeinoja ja tapoja niin käyttäjiä kuin itse keskustakin varten. Työssä annetaan myös ohjeistusta keskuksen asennuksen jälkeisille käyttöönottomittauksille sekä keskukselta asiakkaalle toimitettavista tiedoista.

Yhtenä osana tähän työhön otettiin mukaan oikosulkuvirtalaskenta ohjelmat. Valittavina oli Schneider Electricin valmistama Myecodial ja ABB:n valmistama Docwin ohjelma. Lyhyen kokeilun jälkeen vaakakuppi kallistui hyvin vahvasti ABB:n hyväksi. Docwin ohjelmasta oli tehtävä myös sen käytön aloitusta helpottamaan lyhyt käyttöohje, joka tässä työssä on liitteen muodossa.

## 2 PESMEL OY

### 2.1 Pesmel yrityksenä

Pesmel Oy on perustettu 1978 Kauhajoella ja näiden kuluneiden kolmen vuosikymmenen aikana se on kasvanut pienestä muutaman henkilön työllistäneestä perheyri-tyksestä kansainvälisillä markkinoilla menestyneeksi materiaalinkäsittelylaitteita valmistavaksi yritykseksi. Henkilöstön ja liikevaihdon määrä on ollut tasaisessa kasvussa ja tällä hetkellä Pesmel työllistää jo noin 250 henkilöä. Lisäksi tätä kirjoittaessa on juuri meneillään fuusioituminen Helsingissä pääpaikkaansa pitävän hyllystöhissejä valmistavan Awa Oy:n kanssa, josta Pesmel on hankkinut itselleen koko osakekannan. Pesmelin valmistamat tuotteet voidaan karkeasti jakaa neljään pääryhmään: käärintäkoneisiin, kappaletavarankäsittelykoneisiin, automaattisiin lastaus- ja järjestelykoneisiin sekä Awa:n kanssa fuusioitumisen seurauksena mukanaan tuomiin hyllystöhisseihin.

### 2.2 Pesmelin valmistamat keskuksat

Pesmel valmistaa itse kaikki projekteissaan tarvittavat automaatio- ja sähkökeskuksat sekä ohjauspaneelit. Valmistettavat keskuksat ja niihin liittyvät ohjelmat testataan ja simuloidaan valmistuspaikalla, jolloin käyttöönottoaika keskusten asennuspaikalla jää mahdollisimman lyhyeksi. Pesmel vastaa tekemistään sähkökeskuksista myös asennuksen jälkeen ja huolehtii mahdollisista huoltotehtävistä, asiakkaan kanssa niin sovittaessa. Sähkökeskusten laadun takeena ovat Pesmelin omat sähköasentajat, jotka tarvittaessa käyttöönoton yhteydessä myös kouluttavat käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön. Sähkökeskusten suunnittelu ja niihin kuuluvat piirustukset on mahdollista toteuttaa joko CAD tai EPLAN ohjelmalla.

### 3 SÄHKÖKESKUSTEN STANDARDIN MUKAINEN VALMISTUS

#### 3.1 Merkinnot ja dokumentaatio

Keskusta koskevia tietoja voidaan antaa keskuksen arvokilvessä, piirustuksissa tai muussa keskuksen kuuluvassa dokumentaatiossa. Kuitenkin niin, että kaikki asennusta, käyttöä ja huoltoa koskevat tiedot ovat helposti saatavilla.

##### 3.1.1 Arvokilpi

Valmistettava keskus on varustettava aina vähintään yhdellä arvokilvellä. Kilven sijoitus täytyy olla näkyvällä ja helposti luettavalla paikalla keskuksen asennuksenkin jälkeen. Arvokilvestä on aina selvittävä keskuksen valmistajan nimi sekä mallimerkintä tai muu vastaava tunnistus, jonka perusteella tarpeellisten tietojen saaminen valmistajalta onnistuu. Arvokilvessä annetaan yleensä myös tiedot keskuksen nimellisjännitteestä, nimellisvirrasta, virtalajista, koteloituokasta sekä oikosulunkestävyydestä. Jollei näitä tietoja anneta arvokilvessä, täytyy ne ilmetä keskuksen mukana toimitettavista piirustuksista tai muusta materiaalista. [1]

Keskuksen oikosulunkestävyys voidaan ilmoittaa käyttäen termistä nimelliskestovirtaa  $I_{cw}$  sekä oikosulun suurin kesto-aika kyseisellä arvolla. Termistä nimelliskestovirta leimausta käytettäessä on ilmoitettava myös keskuksen dynaaminen oikosulkukestoisuus. Toinen tapa antaa oikosulkukestoisuus on käyttää ehdollista nimellisoikosulkuvirtaa  $I_{cc}$ . Ehdollista nimellisoikosulkuvirtaa käytetään etenkin silloin, kun keskus ei kestä asennuspaikalla vallitsevan syötön oikosulkuvirta raskuuksia ilman virtaa rajoittavia sulakkeita tai katkaisijoita. Sulaketta tai virtaa rajoittavaa katkaisijaa oikosulkusuojana käytettäessä on annettava myös niitä koskevat nimellisarvot. [1]



Arvokilvestä, keskuksen piirustuksista tai muusta materiaalista täytyy ilmetä myös keskuksen mitat, paino, apupiirien nimellisjännitteet sekä jakelujärjestelmä, johon keskus voidaan liittää.

### 3.1.2 Merkinnät

Keskuksessa olevien virtapiirien, suojalaitteiden sekä muiden komponenttien tunnuksien täytyy olla yhdenmukaisia keskuksen mukana toimitettavien piirustuksien kanssa. Hyvin usein myös keskuksen tilaajalla on omat vaatimuksensa keskuksen komponenttien merkkauksen suhteen. Esimerkiksi, keskuksen tilaaja voi vaatia, että komponenttien tunnukset on merkattava, sekä itse komponenttiin, että keskuksen asennuslevyn komponentin kohdalle. Lisäksi keskuksessa olevat suojamaadoituspisteet on aina merkattava suojamaadoitus merkillä. [1]

### 3.1.3 Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet

Keskuksen valmistajan on annettava keskuksen mukana luovutettavissa asiapapereissa keskuksen ja keskukseseen asennettujen laitteiden ja komponenttien asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Nämä tiedot voidaan antaa luovuttamalla käytettyjen komponenttien ja laitteiden mukana tulleet käyttöohjeet.

Keskuksen kuljetuksesta ja asennuksesta annettavissa ohjeissa on ilmoitettava toimenpiteet, jotka ovat ensiarvoisen tärkeitä estämään keskuksen vahingoittuminen kuljetuksen tai asennuksen aikana. Esimerkiksi, keskuksen asennuksen aikana mahdollisesti tarvittavien nostoliinujen paikat on ilmoitettava.

### 3.1.4 Osaluettelo

Osaluettelon tarkoitus on helpottaa kunnossapidon toimesta uusittavia komponentteja. Osaluettelosta on löydettävä jokainen käytetty komponentti tai laite ja osaluettelossa olevan tunnuksen on vastattava piirustuksissa olevaa tunnusta. Osaluettelossa on myös mainittava kunkin komponentin tarkka tyyppi, valmistaja sekä mahdolliset toimittajat, joiden perusteella uusittava komponentti voidaan tilata. [1]

### 3.1.5 Keskukselta toimitettavat piirustukset

Keskuksen käyttöönottoon toimitetaan normaalisti asennuskaavio, josta on löydyttävä kaikki asennuksessa tarvittava tieto. Normaalisti asennuskaavio pitää sisällään vähintään syöttökaapeleiden suositellun paikan, tyyppin ja poikkipinta-alan. Lisäksi siitä on löydyttävä kaapelihyllyjen sekä mahdollisten perustukseen tulevien putkikanavien sijainti, koko ja tarkoitus.

Keskuksen mukana toimitettavien piirikaavioiden on esitettävä kaikki keskuksen kuuluvat ja siihen liitettävät sähköiset piirit. Piirikaavioissa käytettävät komponentit ja kuvaavien symboleiden tunnistaminen on oltava yhtenäistä kaikissa keskuksen liittyvissä piirikaavioissa. Piirikaaviot voidaan jakaa valmistajan toimesta valmistajan parhaalla katsomallaan tavalla. Normaalisti keskukselta annettavat piirikaaviot jaetaan päävirtapiiri-, moottoripiiri- sekä logiikkapiirikaavioihin. [1]

Päävirtapiirikaaviosta on löydyttävä keskuksen päävirtapiiri piirrettynä niin kuin se on todellisuudessa tehty. Päävirtapiirikaaviossa esitetään normaalisti virtapiirin komponentit pääkytkimestä ryhmien etukojeisiin asti. Mahdolliset muuntajat ja virtalähteet sekä näiden toisiopuolen komponentit esitetään myös päävirtapiirikaaviossa. Päävirtapiirikaaviosta on esimerkki liitteenä 1.

Moottoripiirikaavioissa esitetään jokainen moottorilähtö sekä niihin liittyvät komponentit. Moottoripiirikaavioiden mukaan voidaan piirtää myös muita keskuksen liittyviä lähtöjä, kuten syötöt kokonaisuuteen kuuluville laitteille. Moottoripiirikaaviosta on esimerkki liitteenä 2.

Logiikkapiirikaavioissa kuvataan jokainen logiikkaan kuuluva digitaalinen tai analoginen lähtö ja tulo. Logiikkapiirikaavioissa esitetään myös mahdolliset kättelytiedot keskuksen kuuluvien ja muiden laitteiden välillä. Logiikkapiirikaaviosta on esimerkki liitteenä 3.

### 3.2 Mekaaninen rakenne ja kotelointi

Keskuksessa on luvallista käyttää vain keskukseen vaikuttavia lämpörasituksia ja kosteutta kestäviä materiaaleja. Keskukseen kuuluvan koteloinnin kaikkien osien, mukaan lukien ovien ja kiskoilla liukuvien laatikoiden tai vastaavien lukitukset on suunniteltava kestämaan normaali käytöstä johtuvia rasituksia. Keskukseen kuuluvat komponentit ja johtimet on pyrittävä järjestämään mahdollisimman helposti käytettäväksi ja huollettaviksi sekä mahdollisimman turvallisesti. [3]

Keskukseen asennettavien komponenttien ilma- ja pintavälit tulee ottaa huomioon niitä sinne mitoitettaessa. Komponenteille annettujen ilma- ja pintavälien täytyy säilyä myös epänormaaleissa tilanteissa, kuten oikosulussa. Keskuksessa olevien erillisten virtapiirien välisiin ilma- ja pintaväliden sekä eristyksien mitoitamiseen käytetään nimellisjännitteeltään suuremman piirin arvoja. [3]

Keskukseen tulevien kaapelien johdinten liittimien on taattava syötettävän laitteen nimellisvirtaa ja johtimien oikosulunkestävyyttä vastaava kosketuspaine liittimissä. Keskuksen valmistajan on ilmoitettava, ovatko käytetyt liittimet tarkoitettu kuparivai alumiinijohdinten kytkemiseen. Liittimet on sijoitettava keskukseen niin, että liitettävälle johtimille taataan kunnollinen tila, jossa johtimet eivät jää rasituksen alaisiksi ja näin lyhentäisi niiden käyttöikä. Kaapeleissa oleville johtimille täytyy taata riittävä tila, joka mahdollistaa johtimien taivuttelun erilleen. Keskukseen tulevien ja keskuksesta lähtevien nolla- ja suojajohtimien liittimet on sijoitettava vastaavien vaihejohtimien välittömään läheisyyteen. Kaapelien läpiviennit on suunniteltava niin, että keskukselta vaadittu kotelointiluokka ja kosketussuojaus säilyvät vielä kaapelien asennuksenkin jälkeen. [3]

Keskuksen kotelointiluokka annetaan tunnuksella IP, joka tarkoittaa keskuksen suojastetta ulkoisia uhkia, kuten pölyä ja vettä vastaan. IP merkintä koostuu yleensä kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero kertoo laitteen suojauksen vieraita esineitä ja pölyä vastaan taulukon 3.1 mukaan ja toinen numero suojauksen vettä vastaan taulukon 3.2 mukaan.

Taulukko 3.1 IP luokan ensimmäinen numero ja sitä vastaava suojaus

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 3.2 IP luokan toinen numero ja sitä vastaava suojaus

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 vesiruiskeita kestävä
6	Joka suunnasta suurella paineella tulevan ruiskun kestävä
7	Hetkellisen upotuksen veteen kestävä
8	Pysyvän upotuksen veteen kestävä

Esimerkiksi IP21 kertoo, että laite on suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 12,5 mm ja suojauksen suoraan yläpuolelta tippuvaa vettä vastaan.

Keskuksen valmistajan ja tilaajan välinen asia on sopia keskuksen suojausluokasta. Koteloidun keskuksen suojausluokan on kuitenkin oltava vähintään IP2X ja ulos-asennettavien keskusten suojausluokan vähintään IP23. Keskukselle annettu suojausluokka koskee normaalisti koko keskusta. Tapauksessa, jossa keskuksen kuuluvan jonkun osan suojausluokka poikkeaa pääosan suojausluokasta, on se annettava erikseen. Esimerkiksi IP44, ohjaustaulu IP21. [1]

### 3.3 Lämpeneminen

Keskusta suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon komponenttien häviötehosta johtuva lämpeneminen. Komponenttien kohdalla riittää, että keskuksen sisätilan lämpötila ei ylitä alhaisimman lämpötilakestoisuuden omaavan komponentin toimintaylärajaa.

Keskuksen ulkopinnalla olevien metallista valmistettujen ohjauskahvojen lämpötila ei saa nousta yli 15 °C ympäristön lämpötilaa korkeammaksi. Eristetystä materiaalis-

ta olevien ohjauskahvojen sallitaan lämpenevän 25 °C ympäristön lämpötilaa korkeammaksi. [2]

Kosketeltavissa olevien koteloiden tai näiden kansien metallipintojen lämpötila ei saa nousta yli 30 °C ja eristetyistä materiaalista olevien 40 °C ympäristön lämpötilaa korkeammaksi. Kansille ja kotelolle, joita on mahdollista, mutta normaali käytössä ei tarvitse koskettaa sallitaan 10 °C korkeammat lämpenemisrajat. Poikkeuksellisen korkean lämpötilan saavuttavat komponentit, kuten jarruvastukset täytyy varustaa varoitusmerkillä. [2]

Keskusten viilennykseen on olemassa monia vaihtoehtoja. Yleisin ja edullisin ratkaisu on asentaa keskuksen tuuletin ja ilmansuodatin, joilla keskuksen lämmennyt sisäilma tuodaan ulos ja viileämpää ulkoilmaa saatetaan keskuksen sisälle. Valmistettavien keskusten, joiden asennuspaikka sijaitsee tehtaissa tai maissa, joiden ympäristön lämpötila on korkea ja viilennykseen ei riitä tavanomainen tuuletin täytyy varustaa ilmastointilaitteella. Keskuksen tilaajalla on usein myös omat vaatimuksensa keskuksen jäähdytyksen kannalta.

#### 3.4 Suojaus sähköiskulta

Keskus täytyy valmistaa niin, että vältetään suoralta ja epäsuoralta kosketukselta jännitteisiin osiin. Suora kosketus on kyseessä, kun ihminen koskettaa jännitteeseen osaan. Epäsuorasta kosketuksesta on kyse, kun ihminen koskettaa normaalisti jännitteettömään osaan, mutta johon on vian, kuten eristeen rikkoutumisen vuoksi muodostunut jännite. [3]

Yleisin käytetty tapa suojautua sähköiskulta on käyttää kotelointia. Kotelointi on suunniteltava niin, että kotelon avaamiseen on käytettävä avainta tai työkalua. Kotelon avaaminen on myös voitava olla mahdollista vain, kun kotelon jännitteelliset osat on ensin saatettu jännitteettömiksi erotuslaitteena toimivan kytkimen tai vastaavan avulla. Kotelon avaaminen jännitteellisenä saa olla mahdollista ammattihenkilön toimesta erikoistyökalulla, kunhan kotelon lukitus palautuu kotelon oven sulkeuduttua ja kotelossa olevan erotuslaitteen voi avata kotelon oven ollessa auki. Koteloon pääsy voi olla mahdollista myös, kunhan jännitteellisten komponenttien suojausluok-

ka on vähintään IP2X ja suojusten poistaminen vaatii työkalun käyttöä tai niiden poistaminen katkaisee jännitteen suojaavilta osiltaan. [3]

Jännitteisten osien eristämällä taataan riittävä suojaus, kunhan suojattavat osat ovat kauttaaltaan päällystetty eristeaineella. Eristeaineen on oltava normaalia kulumista, kuten hankausta ja lämpörasitusta kestävä. Eristeaineen poistaminen on myös oltava mahdotonta, ilman sitä rikkomatta. Jännitteellisen osan perusmaalaukset, lakkaus tai emalointi ei ole riittävä eriste.

Pienoisjännitteen käyttö on myös yksi tapa suojautua sähköiskulta. Pienoisjännite tai toiselta nimeltään suojajännite järjestelmiä on kahta tyyppiä SELV ja PELV. SELV järjestelmä on maasta erotettu, kun PELV järjestelmä voi olla toisiopuolen toisesta navastaan maadoitettu. Nimellisjännite vaihtojännitteellä täytyy näissä suojapiireissä olla alle 50 V ja tasajännitteellä alle 120 V. Kosketussuojausta ei suojapiireissä tarvitse käyttää, kunhan nimellisjännite ei nouse yli 25 V vaihto- ja 60 V tasajännitteellä. [3]

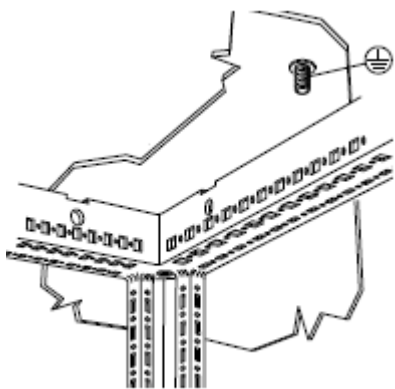
Sähköiskulta suojautumiseen voidaan tarpeen vaatiessa käyttää myös suojaseinää, verkkoa tai asentamalla jännitteelliset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. [3]

### 3.5 Suojamaadoitus

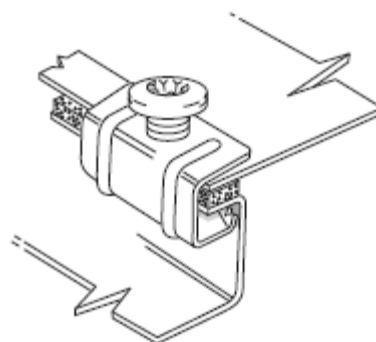
Keskuksen kunnollisen suojamaadoituksen teko on ensiarvoisen tärkeää keskuksessa tai keskuksen syöttämässä piirissä tapahtuvalta vialta suojautumiseen. Suojamaadoituspiiri koostuu suojajohtimista ja keskuksen johtavista osista siten, että keskuksessa olevat jännitteelle alttiit osat sekä virtapiirin suojamaadoituspiiri ovat galvaanisessa yhteydessä. Keskuksessa olevia johtavia, mutta pieniä osia ei tarvitse liittää suojamaadoituspiiriin, kunhan taataan etteivät ne voi joutua kosketuksiin jännitteisten osien kanssa.

Keskukseen kuuluvan jonkun osan irrotus ei saa katkaista suojamaadoituspiiriä muiden keskukseen kuuluvien osien väliltä. Käytön takia ulosvedettäviä laatikoita tai vastaavia osia ei tarvitse erikseen maadoittaa, kunhan niiden liukupinnat ovat metallisia. Keskukseen kuuluvien ovien tai kansiensa saranat katsotaan riittävän hyvin suo-

jamaadoittavan ne, kunhan näihin oviin tai kansiin ei ole kiinnitetty yli suojajännitteellä toimivia laitteita. Keskuksen kotelointia suojajamaadoituspiirin osana käytettäessä, täytyy sen johtokyvyn olla vähintään käytettävän suojajohtimen johtokykyä vastaava. [1]



Kuva 3.1 Keskuksen katon maadoitusliitin



Kuva 3.2 Keskuksen pohjalevyn maadoittava kiinnitin

Keskukselta lähtevien suojajohtimien ja kaapelien mahdollisen suojavaipan liittimien pitää olla kuparijohtimelle tarkoitettuja. Keskuksessa täytyy myös olla varattuna oma kytkentäpaikkansa jokaiselle sieltä lähtevälle suojajohtimelle. Keskukselta lähtevän kaapelin suojajohtimen poikkipinta-ala määräytyy samassa kaapelissa olevien vaihejohtimien poikkipinta-alan mukaan taulukon 3.3 mukaan.

Taulukko 3.3 Suojajohtimen poikkipinta-ala käytettävien vaihejohtimien perusteella

Vaihejohtimen poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	Suojajohtimen poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>
pp ≤ 16	16
pp ≤ 35	16
pp ≤ 400	pp/2
pp ≤ 800	pp/4

Taulukon 3.3 arvot soveltuvat käytettäväksi, kun suojajohtimen materiaali on sama vaihejohtimien kanssa. Muutoin suojajohtimen poikkipinta-ala pitää määritellä niin, että sen johtokyky on taulukosta saatavaa vastaava.

Sellaisen laitteen kosketeltavissa olevat osat, joiden liittäminen suojajamaadoituspiiriin estää laitteen kytkentätapa, täytyy kytkeä suojajamaadoituspiiriin käyttäen erillistä suo-

jajohdinta. Tällaisessa tapauksessa suojajohtimen poikkipinta-alan määrää laitteen nimellisvirta taulukon 3.4 mukaisesti. [1]

Taulukko 3.4 Keskuksen ja laitteen välisen suojajohtimen poikkipinta-ala laitteen nimellisvirran mukaan, kun laitteen syöttökaapelin suojajohdinta ei voida käyttää

Nimellisvirta	Suojajohtimen
$I \leq 20$	Vaihejohdinta
$I \leq 25$	2,5
$I \leq 32$	4
$I \leq 63$	6
$I > 63$	10

### 3.6 Oikosulkuvirrat

Keskukseen vaikuttavien prospektiivisen ja dynaamisen oikosulkuvirran suuruus on tärkeä tietää jo keskuksen suunnitteluvaiheessa. Näin voidaan taata riittävä oikosulkusuojaus, käyttämällä siihen suunniteltuja suojalaitteita.

#### 3.6.1 Prospektiivinen oikosulkuvirta

Prospektiivinen oikosulkuvirta on virta joka muodostuu keskuksen virtapiiriin, kun keskuksen virtaa rajoittavat suojalaitteet korvataan mahdollisimman pieni impedanssilla, eli oikosulkuvirtaa rajoittamattomalla johtimella. Prospektiivinen oikosulkuvirta  $I_p$  on se virta, jonka mukaan keskus oikosulkusuojataan. Keskuksen tilaaja ilmoittaa prospektiivisen oikosulkuvirran arvon keskuksen asennuspaikalla. [1]

#### 3.6.2 Dynaaminen oikosulkuvirta

Dynaamisella oikosulkuvirralla tarkoitetaan suurinta mahdollista oikosulkuvirran arvoa. Tämä arvo saavutetaan noin 10ms kuluttua oikosulun syntyhetkestä. Dynaamista oikosulkuvirtaa kutsutaan usein myös sysäysoikosulkuvirraksi. Etukojeilla, kuten sulakkeilla, on mahdollista rajoittaa dynaamista oikosulkuvirtaa.



Dynaaminen oikosulkuvirta saadaan seuraavasti

$$I_{dyn} = k\sqrt{2} I_k$$

missä

$I_k$  on oikosulkuvirran tehollisarvo, eli prospektiivinen oikosulkuvirta

$k$  on sysäyskerroin

Suurjännitteillä sysäyskerroina  $k$  voidaan käyttää arvoa 1,8. Alle 1000 V pienjännitteillä sysäyskerroimen arvo riippuu oikosulkuvirran tehollisarvon, eli prospektiivisen oikosulkuvirran suuruudesta ja se voidaan lukea taulukosta 3.5. [1]

Taulukko 3.5 Sysäyskerroimen suuruus oikosulkuvirran tehollisarvon mukaan

$I_k/kA$	Sysäyskerroin $k$	$\cos\Phi$
$\leq 10$	1,2	0,5
$\leq 20$	1,4	0,3
$\leq 50$	1,5	0,25
$> 50$	1,6	0,2

### 3.6.3 Terminen nimelliskestovirta

Keskuksen terminen nimelliskestovirta  $I_{cw}$  on lyhytaikainen virta, jonka keskuksen virtapiiri valmistajan mukaan kestää vahingoittumatta tietyn mittaisen ajan. Kestoai-  
ka on yleensä 1 sekunti. Lyhyemmällä ajalla valmistajan täytyy ilmoittaa sekä termi-  
nen nimelliskestovirta, että sitä vastaava aika. Eli, jos keskuksen tilaaja ilmoittaa  
prospektiiviseksi oikosulkuvirraksi asennuspaikalla 50 kA ja keskuksen virtapiiri  
kestää tämän ilman oikosulkusuojalaitteina toimivia laitteita, niin se voidaan leimata  
käyttäen  $I_{cw}$  leimausta,  $I_{cw} = 50kA$ .

Termisen nimelliskestovirran ja ajan välinen riippuvuus, enintään kolmen sekunnin  
mittaisessa oikosulussa, saadaan kaavalla  $I^2t = \text{vakio}$ . Kuitenkin täytyy huomioida,  
ettei dynaaminen oikosulunkestoisuus ylitä. [1]

### 3.6.4 Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta

Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta  $I_{cc}$  on prospektiivisen oikosulkuvirran arvo, min-  
kä keskuksen virtapiiri valmistajan määräämällä oikosulkusuojalla kestää. Ehdollista  
nimellisoikosulkuvirtaa käytettäessä valmistajan on myös ilmoitettava oikosul-  
kusuojan yksityiskohdat sekä keskuksen dynaaminen oikosulkukestoisuus. [1]

Esimerkiksi, keskuksen asennuspaikalla prospektiivisen oikosulkuvirran  $I_p$  arvoksi  
on ilmoitettu 50 kA. Keskus on valmistettu siten, että oikosulkukestoisuudeltaan pie-  
nimmän käytetyn komponentin kestoisuus on 10kA. Tällöin voidaan keskus leimata  
käyttäen ehdollista nimellisoikosulkuvirtamerkintää seuraavasti.

$I_{cc} = 10 \text{ kA } 1s, I_{dyn} = 20 \text{ kA}, \text{ max pääsulake } gG200A$

### 3.6.5 Oikosulkuvirtojen määrittäminen docwin ohjelmalla

Oikosulkuvirtojen määrittelyyn on saatavilla myös tarkoitukseen soveltuvia valmiita  
ohjelmia. Tähän työhön valittiin mukaan ABB:n valmistama docwin ohjelma, jolla  
on mahdollista tarkastella oikosulkuvirtoja sähköpiirin eri osissa. Kyseisellä ohjel-  
malla on myös mahdollista tarkastella sähköpiirin selektiivisyyttä sekä mitoittaa käy-  
tettäviä kaapeleita. Docwin ohjelmasta lisää liitteessä 4.

### 3.7 Oikosulkusuojaus

Valmistettava keskus on rakennettava siten, että se kestää sille määritellyt oikosulku-  
virtojen aiheuttamat lämpö- ja dynaamiset rasitukset. Keskuksen tilaajan täytyy il-  
moittaa keskuksen valmistajalle asennuspaikalla olevan syötön oikosulkuvirta. Val-  
mistajan on oikosulkusuojattava keskus käyttämällä siihen suunniteltuja sulakkeita  
tai vastaavia kytkinlaitteita. Oikosulkurasitukset myös pienenevät oleellisesti oi-  
kosulkusuojana käytettävien sulakkeiden tai kytkinlaitteiden jälkeisessä virtapiirissä.

### 3.7.1 Sulake oikosulkusuojana

Pienjänniteverkoissa yleisin käytetty oikosulku- ja ylikuormitussuoja on sulake. Sulakkeen toiminta perustuu sen sisälle sijoitettuun sulakelankaan, jonka kautta suojattavan virtapiirin virta kulkee. Ylivirran vaikutuksesta sulakelanka kuumenee sulamispisteeseensä, höyrystyy ja virtapiiri katkeaa. Sulakkeen oikosulkuvirtaa rajoittavan ominaisuuden muodostaa virtapiirin katkeamisesta sulakkeen sisälle aiheutuvan valokaaren suuri resistanssi.

Sulakkeen tunnuksen ensimmäinen kirjain ilmaisee katkaisukyvyn ja toinen kirjain käyttöluokan taulukon 3.6 mukaisesti. Esimerkiksi tehdasympäristöön oikosulku- ja ylivirtasuojaukseen komponenteille ja kaapeleille soveltuvim sulake on gG tyyppin, kun taas M tyyppin sulakkeet soveltuvat parhaiten hitaasti käynnistyvien moottorien oikosulkusuojaukseen.

Taulukko 3.6 Sulakkeiden katkaisualueet ja käyttöluokat.

Ensimmäinen kirjain
g Katkaisukyky käsittää koko virta-alueen
a Katkaisukyky käsittää tietyn osa-alueen
Toinen kirjain
G Yleiskäyttö
M Moottoripiirisuojaus
R Puolijohdesuojaus
D Aikahidastettu sulake
N Aikahidastamaton sulake

Sulakkeille on määritelty standardien mukaiset koot ja kokoja vastaavat nimellisvirrat. Sulakepohjat ja kannet valmistetaan näiden kokojen perusteella. Sulakkeiden koot ja nimellisvirrat on esitetty taulukossa 3.7 [5]

Taulukko 3.7 Sulakkeiden koot ja virta-alueet.

Koko	sulakkeen virta-alue [A]
00	6 - 160
0	6 - 160
1	80 - 250
2	125 - 400
3	315 - 630
4	500 - 1000
4a	500 - 1250

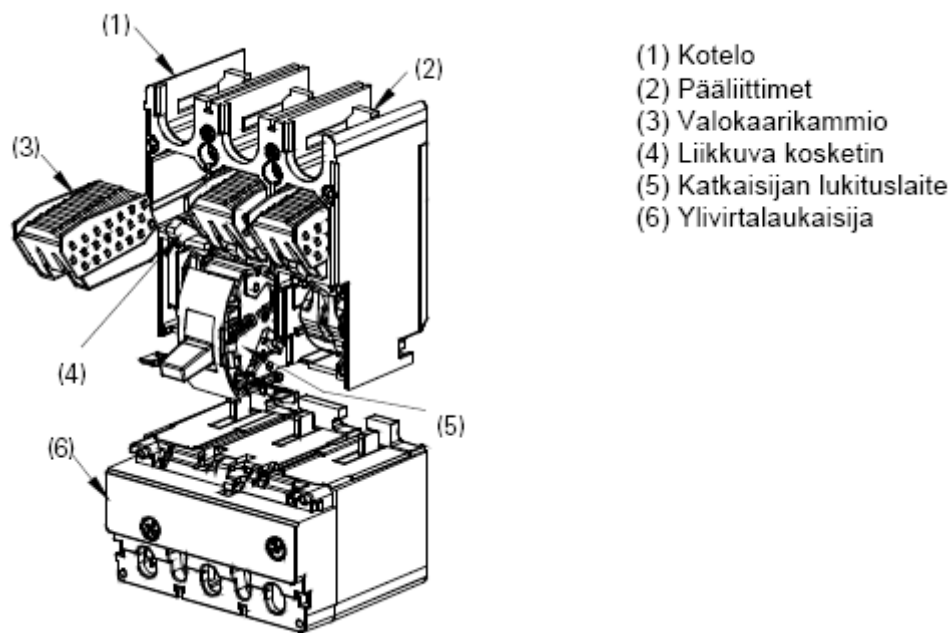


Kuva 3.3 kahvasulakkeita kokojärjestyksessä 00, 0, 1, 2, 3, 4 ja 4a

### 3.7.2 Katkaisijat

Ilma- tai kompaktikatkaisijoiden käyttö oiko- ja ylivirtasuojana on teollisuus ympäristöissä sulakkeen ohella hyvä vaihtoehto. Katkaisijaa valitessa tärkeitä ominaisuuksia ovat nimellisvirta, virrankatkaisukyky sekä termisen ja dynaamisen oikosulkuvirran kestävyys.

Katkaisijoita on saatavana sekä virran termomagneettiseen että elektroniseen perustuvaan oiko- ja ylivirtatunnistamiseen. Katkaisijat on valinnan mukaan varustettu, joko kiinteällä ylivirran laukaisu-arvolla tai säädettävällä, jolloin katkaisijaan voidaan asettaa ylivirran arvo jolla katkaisijan halutaan toimivan. Katkaisijoita on saatavana myös vikavirtojen ohella jännitesuojalla varustettuna. [6]



Kuva 3.4 Erään valmistajan kompaktikatkaisija.

### 3.8 Kaapelin mitoitus

Asennettavan kaapelin kuormitettavuuden termisten rasitusten määrittäminen on ensiarvoisen tärkeää kaapelin ja sen eristeen pitkän eliniän kannalta. Oleellimmat kaapelin valintaan vaikuttavat seikat tarvittavan kuormitettavuuden ohella ovat asennustapa, kaapelin eristeen ja johdinten materiaali sekä asennusympäristön lämpötila.

#### 3.8.1 Kaapelin kuormitettavuus nimellisvirran mukaan

Kaapelin mitoitus alkaa kaapelissa johdetun mitoitusvirran määrittelyllä. Kaapelin kuormitettavuuden minimiarvon erityyppisille etukojeille tarkistetaan taulukoista. gG tyyppisten sulakkeiden nimellisvirran mukaan johdetun kaapeleiden kuormitettavuuden minimiarvot on esitetty taulukossa 3.8. [3]

Taulukko 3.8 Kaapelin kuormitettavuus gG tyyppin sulakkeen nimellisvirralla

gG tyyppin sulakkeen nimellisvirta A	Kaapelin kuormitetta- vuus 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
225	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

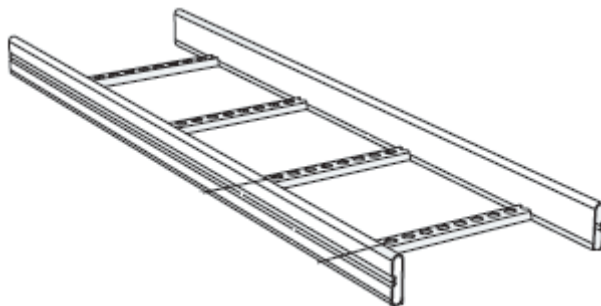
### 3.8.2 Asennustavasta johtuva korjauskerroin

Tehdasympäristöissä yleisimmin käytetty asennustapa on käyttää kaapelihyllyä, jota pitkin asennettava kaapeli vedetään. Asennustavasta johtuvaan korjauskertoimeen vaikuttavat käytetyn kaapelihyllyn rakenne, hyllyyn asennettavien kaapeleiden lukumäärä sekä kaapeleiden etäisyys toisistaan. Lisäksi, jos hyllyjä on useita päällekkäin, niin niiden vaikutus korjauskertoimeen täytyy ottaa huomioon. Hyllyasennuksesta johtuvat kaapeleiden kuormitukseen vaikuttavat korjauskertoimet esitetään taulukossa 3.9. [3]

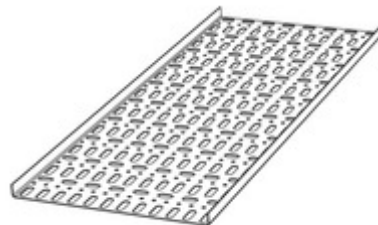
Taulukko 3.9 Kaapelin kuormitettavuuden korjauskerroin hyllyasennuksessa.

Asennustapa	Hyllyjä kpl.	Kaapeleita samassa hyllyssä kpl.					
		1	2	3	4	6	9
Tikashylly	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
Kaapelit kosketusetäisyydellä toisistaan	2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
	3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
Tikashylly	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Kaapelien välissä kaapelin halkaisijan verran tilaa	2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	
	3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	
Rei'itetty hylly	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,78
Kaapelit kosketusetäisyydellä toisistaan	2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,73
	3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,70
Rei'itetty hylly	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	
Kaapelien välissä kaapelin halkaisijan verran tilaa	2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	
	3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	
Pystysuora rei'itetty hylly	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
Kaapelit kosketusetäisyydellä toisistaan	2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
Pystysuora rei'itetty hylly	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	
Kaapelien välissä kaapelin halkaisijan verran tilaa	2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	

Taulukon korjauskertoimet pätevät, kun tikashyllyjen tai päällekkäin asennettujen rei'itettyjen hyllyjen etäisyys toisistaan on vähintään 300 mm ja mahdollisen seinän tai muun pinnan ja hyllyn välinen etäisyys 20 mm. Pystysuorasti selät vastakkain asennettujen rei'itettyjen hyllyjen etäisyys toisistaan on oltava vähintään 225 mm. Pienemmillä hyllyjen tai hyllyn ja muun pinnan välisellä etäisyydellä korjauskertoimia täytyy pienentää. [3]



Kuva 3.5 Pala kaapelitikashyllyä.



Kuva 3.6 Pala rei'itettyä kaapelihyllyä.

### 3.8.3 Asennusympäristön lämpötilasta johtuva korjauskerroin

Kaapelin kuormitettavuudelle annetut arvot on yleensä annettu 25 °C vastaavaan asennusympäristön lämpötilaan. Korjauskertoimien avulla kaapelin suurin sallittu kuormitusvirta saadaan sovitettua kulloinkin olevaa lämpötilaa vastaavaksi. Lämpötilasta johtuva korjauskerroin riippuu myös käytettävän kaapelin eristemateriaalista. Korjauskertoimet yleisimmin käytetyille PVC ja PEX/EPR eristeisille kaapeleille löytyy taulukosta 3.10. [3]

Taulukko 3.10 Ympäristön lämpötilasta johtuva korjauskerroin

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

Taulukon korjauskertoimet pätevät ilmaan asennettaville kaapeleille. Maahan ja putkiin asennettaville kaapeleille on omat korjauskertoimensa.

### 3.8.4 Kaapelin materiaalin vaikutus kuormitettavuuteen

Kaapelia valitessa täytyy myös ottaa huomioon käytettävän kaapelin eristemateriaali sekä johdinten materiaali. Kaapelin materiaalin, etenkin johdinmateriaalin valintaan vaikuttaa suuresti myös hinta. Normaalisti voidaan pitää kustannustehokkaana valita kupari kaapeli, jos johdinten poikkipinta-ala jää alle 25 mm<sup>2</sup>. Tätä suuremmilla poikkipinta-aloilla kannattaa mahdollisuuksien mukaan melkein aina käyttää alumiini johtimisia kaapeleita. Taulukossa 3.11 esitetään kaapelin materiaalista sekä johtimien poikkipinta-alasta johtuva kuormitettavuus. [3]



Taulukko 3.11 Kaapelin johtimien poikkipinta-alan ja materiaalin vaikutus kuormitettavuuteen.

Kaapelin johtimien poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	Kaapelin eristeen materiaali			
	PVC 70 °C		PEX tai EPR 90 °C	
	Johtimien materiaali			
	Kupari	Alumiini	Kupari	Alumiini
1,5	19		24	
2,5	26		33	
4	36		44	
6	45		56	
10	63		78	
16	85	65	104	80
25	107	83	132	101
35	134	102	164	125
50	162	124	200	152
70	208	159	256	194
95	252	194	310	236
120	292	225	370	274
150	338	260	415	316
185	386	297	474	361
240	456	350	560	425
300	527	404	646	490

### 3.8.5 Esimerkki kaapelin mitoituksesta

Esimerkin tapauksena käytetään erään juuri työn alla olevan projektin sähkökeskuk-  
sen syöttökaapelin mitoitusta. Kyseessä olevan keskuksen pääsulakkeina toimivat  
nimellisvirraltaan 200 Ampeerin gG tyyppin kahvasulakkeet. Materiaaliltaan kaape-  
liksi valitaan pex eristeinen kaapeli, jonka vaihejohtimien materiaali on alumiini ja  
suojajohtimen kupari. Asennusympäristön lämpötilaksi on ilmoitettu 35 °C ja kaapeli  
asennetaan tikashyllylle niin, että sen viereen jää kaapelin halkaisijan verran tilaa.

Taulukosta 3.8 saadaan kaapelin minimi kuormitettavuudeksi 221 Ampeeria. Korja-  
uskertoimeksi tikashyllyasennuksesta taulukon 3.9 mukaan tulee 1. Taulukosta 3.10  
saadaan lämpötilasta johtuvaksi korjauskertoimeksi 0,92.

Kaapelin minimi kuormitettavuudeksi korjauskertoiminen saadaan

$$221 \text{ A} / (0,92 \cdot 1) = 240 \text{ A}$$

Saadun tuloksen perusteella valitaan taulukosta 3.4 pex eristeinen alumiini kaapeli, jonka vaihejohtimien poikkipinta-ala on vähintään  $120 \text{ mm}^2$ . Erään valmistajan kaapeliluettelosta valitaan kaapelin tyyppi AXQJ 3x120/41, jossa vaihejohtimien materiaali on alumiini ja poikkipinta-ala  $120 \text{ mm}^2$ . Kyseisessä kaapelissa suojajohtimen materiaali on kupari, jonka poikkipinta-ala on  $41 \text{ mm}^2$ .

### 3.8.6 Kaapelin mitoitus docwin ohjelmalla

Kaapeleiden mitoitukseen on myös olemassa valmiita ohjelmia, jotka määrittelevät automaattisesti käytettävän kaapelin johtimien poikkipinta-alan syötettyjen arvojen perusteella. Tähän työhön otettiin mukaan ABB:n valmistama ohjelma docwin. Kyseisen ohjelman kaapelin mitoituksesta lisää liitteessä 4.

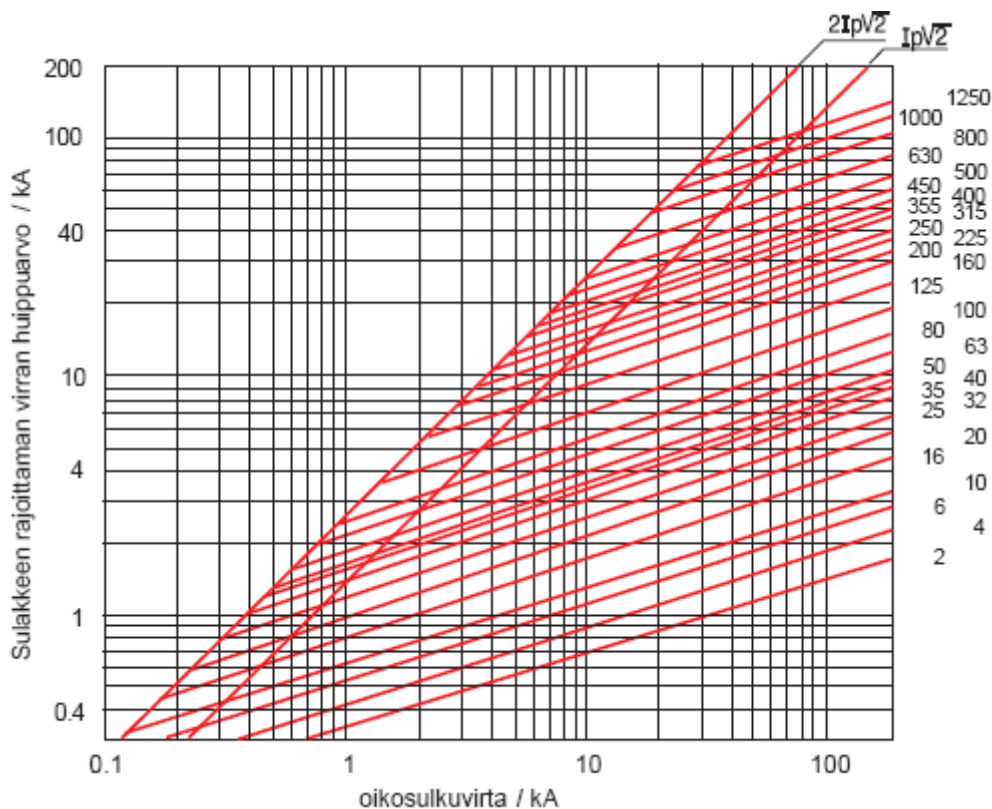
## 3.9 Komponenttien valinta

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.

### 3.9.1 Pääkytkin

Pääkytkimen valintaan vaikuttaa suojattavan keskuksen nimellisvirta, syöttävän verkon oikosulkuvirta sekä haluttu virranrajoituskyky. Yleisesti ottaen pääkytkimenä käytetään varoke pohjaa, johon asennetaan kahvasulakkeet. Myös kompakti- tai ilmakatkaisijaa voidaan käyttää.

Esimerkin tapauksessa valitaan pääkytkimen varokkeiksi keskuksen nimellisvirran mukaan 200 A gG tyyppin kahvasulakkeet. Valitun sulaketyypin virranrajoituskyky nähdään kuvaajasta 3.1. [5]



Kuvaaja 3.1 gG tyypin sulakkeen rajoittama oikosulkuvirran huippuarvo

Keskuksen asennuspaikalla olevaksi syötön oikosulkuvirraksi on ilmoitettu 50 kA. Kuvaajasta 3.1 nähdään, että ilmoitetulla oikosulkuvirran arvolla valitut 200 A gG tyypin sulakkeet rajoittavat oikosulkuvirran huippuarvon noin 20 kA:iin. Tämä tarkoittaa, että pääkytkimen jälkeisen keskuksen virtapiirin täytyy kestää dynaamisesti vähintään 20 kA oikosulkuvirta. Kuvaajasta nähdään myös dynaaminen oikosulkuvirta, joka muodostuisi ilman sulakkeen rajoittamaa vaikutusta. Syötön 50 kA oikosulkuvirralla, se olisi jo noin 120 kA.

### 3.9.2 Kiskosto

Virtakiskoston valintaan vaikuttaa kiskostossa kulkeva keskuksen nimellisvirta sekä kiskostoon kohdistuva oikosulkuvirta. Seuraavassa on esimerkin valossa kuvattu kiskoston eri osien valintaa.

Esimerkin keskuksen nimellisvirta on 200 ampeeria. Keskuksen oikosulkuvirta pääkytkimen syöttö puolella on 50 kA. Pääkytkimenä käytetyt gG tyypin 200 A kah-

vasulakkeet rajoittavat oikosulkuvirran 23 kA:iin. Kiskostosta lähtee neljä ryhmää joista kolmen nimellisvirta on 63 A ja yhden 25 A.

Erään valmistajan luettelosta valitaan virtakiskojärjestelmä, jonka virtakestoisuus on 250 ampeeria. Virtakiskoston perusosiin kuuluvat yleensä kuparikiskot, joiden vahvuus määräytyy nimellisvirran mukaan sekä virtakiskoston profiili. Virtakiskostosta otetun ryhmän adapteri valitaan ryhmän kokonaisvirran mukaan. Esimerkin keskukosen kiskostoon valitaan kolme 80 A ja yksi 40 A virta-adapteri.

Kiskoston johteiden pitimien määrään vaikuttaa kiskostoon kohdistuva oikosulkuvirta. Mitä suurempi oikosulkuvirta on, sitä pienempi on pitimien välinen etäisyys toisistaan. Esimerkin tapauksessa pitimien väliseksi etäisyydeksi toisistaan saadaan taulukon 3.12 mukaan 275mm. [4]

Taulukko 3.12 Oikosulkuvirran suuruudesta määräytyvä virtakiskon pitimien välinen etäisyys toisistaan.

Kiskostoon vaikuttava oikosulkuvirta kA	Virtakiskon pitimien välinen etäisyys mm
10	400
15	400
20	350
25	275
30	200
35	125
40	50

Eri kiskostojen valmistajilla on omat taulukkonsa, joiden mukaan pitimien etäisyys toisistaan valitaan. Yllä olevan taulukon arvot pätevät nyt valitulle kiskostolle.

### 3.9.3 Ryhmien etukojeet

Kiskostosta lähteville ryhmille valitaan ylivirta- ja oikosulkusuojaksi joko sulakkeet tai kompaktikatkaisijat. Normaalisti hyvä vaihtoehto pääkytkimen tapaan on gG tyyppin sulakkeet suhteellisen edullisen hintansa puolesta. Tässä esimerkin tapauksessa käytetään kuitenkin asiakkaan toiveen mukaan kompaktikatkaisijoita.

Kompaktikatkaisijoiksi valitaan erään valmistajan sarjasta kolme nimellisvirraltaan 63 A sekä yksi 25 A katkaisija. Kyseisissä katkaisijoissa on termomagneettinen ylivirtarele, jossa ylivirtasuoja on mahdollista asettaa toimimaan 0,8 – 1 kertaisella nimellisvirralla sekä oikosulkusuoja 5 – 10 kertaisella nimellisvirralla.

Ylivirta- ja oikosulkusuojat asetellaan kaikilla katkaisijoilla maksimiarvoihinsa. Tästä seuraa, että katkaisijoiden jälkeisissä virtapiireissä kolmessa oikosulkuvirtana on 630 A ja yhdessä 250 A.

Sulakkeita käytettäessä ryhmien etukojeina olisivat oikosulkuvirrat olleet kuvaajan 3.1 mukaan 63 A ryhmissä noin 5,2 kA ja 25 A ryhmässä noin 3,5 kA.

#### 3.9.4 Laitteiden etukojeet

Esimerkin keskuksen kolme 63 A ryhmää koostuu moottorilähdöistä. Kaikkia moottoreita ohjaa taajuusmuuttaja joidenka etukojeiksi valmistaja on määritellyt moottorisuojakytkimet. Moottorisuojakytkimet kestävät yleensä aina 50 kA oikosulkuvirran, jotenka niihin kohdistuva kompaktikatkaisijoiden rajoittama 630 A oikosulkuvirta on hyvin pieni.

Ryhmissä on myös moottorijarrusyöttöjä, joiden etukojeina käytetään johdonsuojakytkimiä. Johdonsuojakytkimiä on saatavilla 6 kA, 10 kA, 15 kA ja 20 kA oikosulkuvirta kestoisuudella. Johdonsuojiksi voitaisiin valita 6 kA oikosulkuvirtakestoisuuden omaavat kytkimet, mutta asiakkaan vaatimuksien mukaan on käytettävä 15 kA kytkimiä.

Neljänteen 25 A ryhmään kuuluu 110 V muuntaja sekä kaksi 24 V tasajännitelähdettä. Näiden etukojeiksi valitaan myös 15 kA johdonsuojakytkimet. Muuntajan ja jännitelähteiden suhteellisen suuren kytkentävirran takia valittavat kytkimet on myös oltava hitaita D käyrän omaavia.

### 3.10 Osastointi

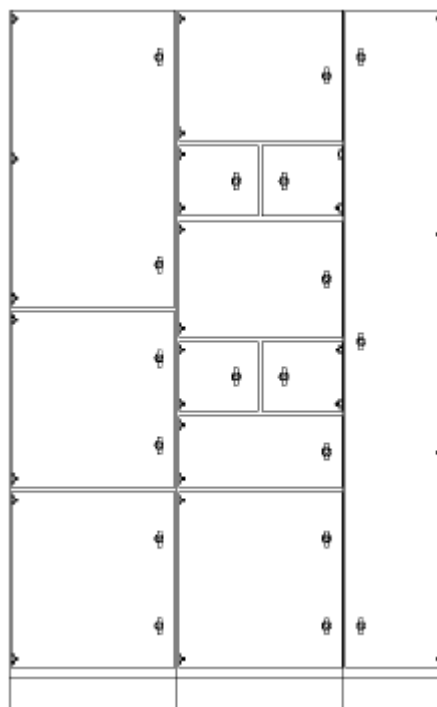
Keskuksen valmistaja ja tilaaja sopivat keskenään keskuksen osiointista. Yleisimmin käytettyjä keskustyyppisiä ovat rivityskeskus ja kennokeskus tai näiden yhdistelmä.

Rivityskeskus koostuu normaalisti komponenttien vievän tilan suhteen tarvittavan monesta samankorkuisesta keskus elementistä. Rivityskeskuksen ensimmäinen osa voidaan varata esimerkiksi logiikka ja tasavirta komponenteille, toinen osa moottorilähdöille ja kolmas osa syötölle ja syötön komponenteille. Rivityskeskus on myös mahdollista varustaa väliseinillä, jolloin on mahdollista kosketella vain sen osaston komponentteja joiden ovi kulloinkin on auki.

Kennokeskuksessa on normaalisti kennorivistö pituus- ja korkeussuunnassa. Kennojen määrä riippuu tarvittavien komponenttien määrästä ja jaosta kennojen kesken. Normaalisti kennokeskukseseen asennetaan esimerkiksi yksi moottorilähtö yhteen kennoon. Kennokeskukseseen liittyvät logiikka ja tasavirtakomponentit asennetaan yleensä kaikki samaan kennoon. On myös mahdollista käyttää kennokeskusta ja rivityskeskuksen yhdistelmää, jolloin moottorilähdöt ovat kennoissa ja tasavirtakomponentit rivityskeskuksessa.



Kuva 3.7 Osa rivityskeskusta



Kuva 3.8 kennokeskus

### 3.11 Johdotus ja liitännät

Keskusta johdotettaessa täytyy muutamisiin 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 kelta-vihreää yhdistelmää ei koskaan saa käyttää muun, kuin suojajohtimen värinä. Suositeltavat värit pää- ja ohjausvirtapiireissä käytettäväksi on esitetty taulukossa 3.13. [1]

Taulukko 3.13 Suositellut värit jännitelajeittain

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 3.14.

Taulukko 3.14 Keskuksen sisäisen johdotuksen johdinten poikkipinta-alat kuormituksen mukaan

Kuormitusvirta A	Vaihejohtimen Poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	Nolla- ja suojajohti- men poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>
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

## 4 KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET

### 4.1 Mittauslaite

Mittauksia tehdessä on oleellisen tärkeää voida luottaa saatuihin mittaustuloksiin. Mittauslaitetta valittaessa valikoimaa on enemmän kuin tarpeeksi. Käytettäväksi on aikoinaan valittu hyvin yleisessä käytössä oleva profitest 204 konetesteri. Kyseisellä testerillä voidaan suorittaa kaikki tarvittavat mittaukset, joita ovat suojamaadoituspiirin jatkuvuus, eristysvastus, jännitekoestus sekä jäännösjännitemittaus. Testeriin on myös mahdollista hankkia lisälaitteena kuvassa 4.1 näkyvä printteri ja näppäin yhdistelmä tulosten hallintaan. Mittaukset voi suorittaa testerin näytön vieressä olevilla painikkeilla tai kauko-ohjaamalla mittauspäistä löytyvillä painikkeilla. [7]





Kuva 4.1 Profitest 204 konetesteri

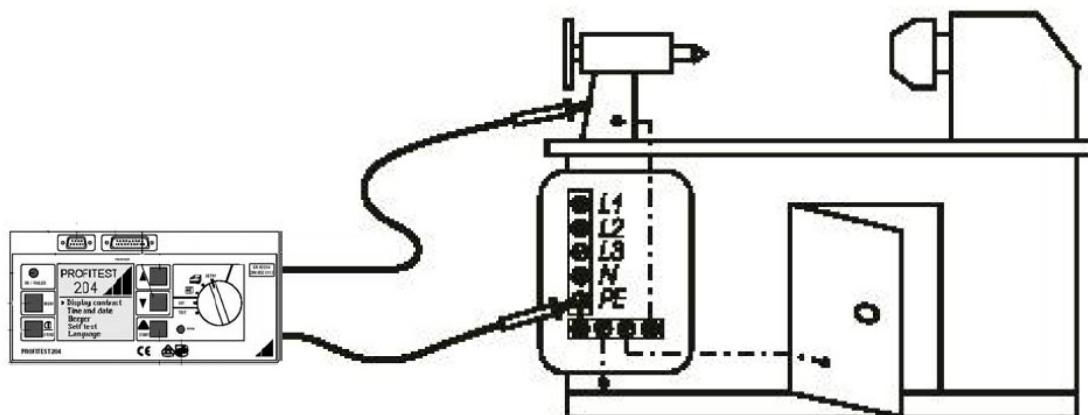
#### 4.2 Suojamaadoituspiirin jatkuvuus

Suojamaadoituspiirin jatkuvuusmittauksella varmistetaan riittävä maadoitus asennetun koneen suojamaadoituspiirin eri pisteiden ja koneen keskuksen maadoitus liittimen välillä. Normaalisti suojamaadoituspiirin eri pisteillä tarkoitetaan asennetussa koneessa sijaitsevien moottorien asennuspetiä. Mittauksessa käytetään mittauslaitteesta johdettua 50Hz tai 60Hz taajuisista 10A koestusvirtaa. Mittauksella selviää jännitteenalenuma mitattavassa suojajohdinhaarassa. Mittaustulos on hyväksyttävä, kun koestuspisteen ja maadoitusliittimen välinen jännite ei ylitä taulukossa 4.1 annettuja arvoja. [7]

Taulukko 4.1 Sallittu jännitteen alenuma suojajohdinhaarassa

Koestettavan suojajohtimen johdinpoikkipinta-ala [mm <sup>2</sup> ]	Suurin mitattu jännitteenalema 10A koestusvirralla [V]
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
>6,0	1,0

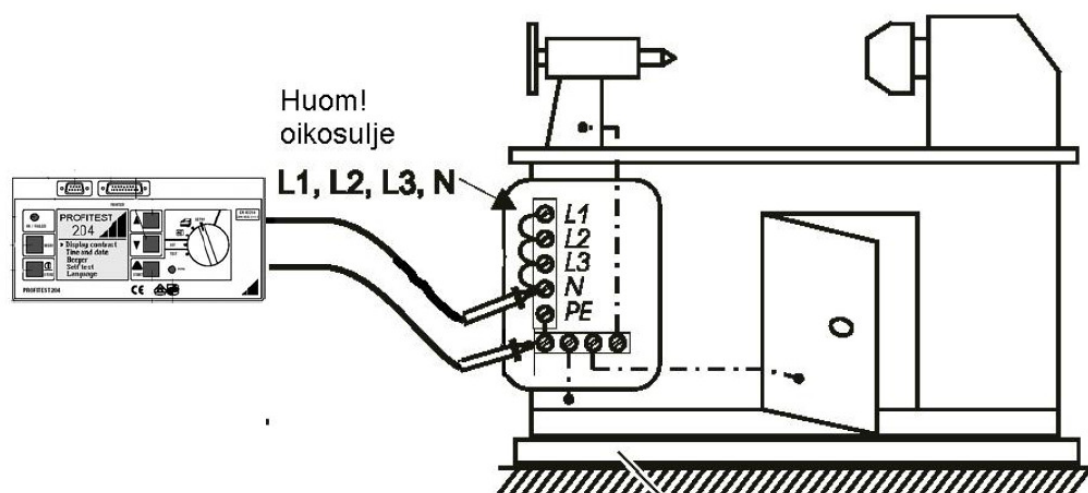
Jos jännitteenalenema ylittää sallitun arvon täytyy maadoitusjohdinten liittännät tarkistaa ja maadoitusta parantaa.



Kuva 4.2 Suojamaadoituspiirin jatkuvuusmittaus

#### 4.3 Eristysvastusmittaus

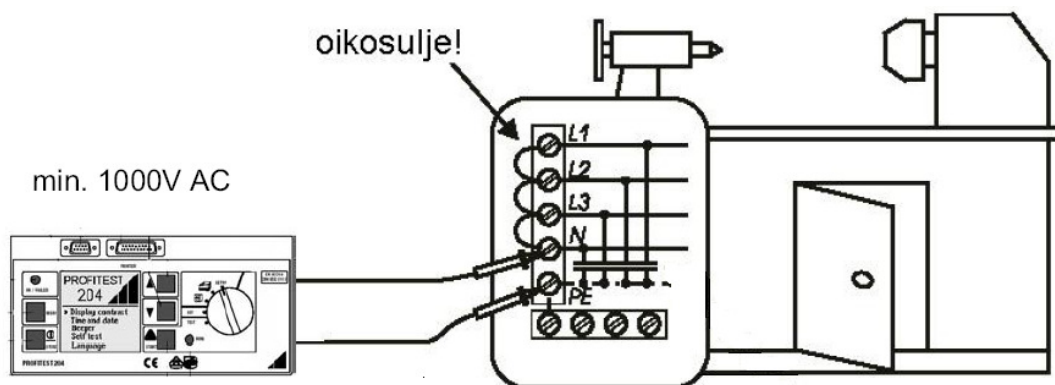
Eristysvastusmittauksella varmistetaan, että koneen jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Eristysvastus mitataan suojajohtimen ja oikosuljettujen vaiheiden sekä mahdollisen nollan väliltä. Testijännitteenä käytetään 500 tai 1000 V:n tasajännitettä, kun koneen nimellisjännite on alle 1000 V. Mittausta suoritettaessa mitattava laite on myös syytä eristää verkosta. Eristysvastusmittaus on hyväksyttävä, kun mitattu arvo on vähintään  $1\text{M}\Omega$ . Mahdollinen vika löytyy yleensä mitattavasta kaapelista tai mitattavan kohteen käämityksestä, jossa eristemateriaali on likainen tai vettenyt. [7]



Kuva 4.3 Eristysvastusmittaus

#### 4.4 Jännitekoestus

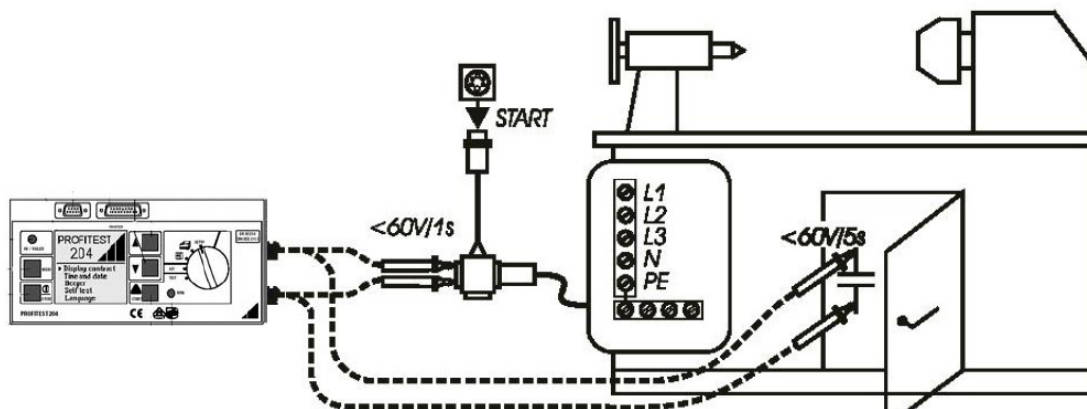
Jännitekoestusmittauksella varmistetaan, että sähkölaitteisto kestä sähköpiirien ja maadoituspiirin välillä koestusjännitteen. Jännitekoestus suoritetaan eristysvastusmittauksen tapaan oikosuljettujen vaiheiden sekä mahdollisen nollan ja suojamaan välillä. Koestusjännitteen on oltava kaksinkertainen nimellisjännitteeseen nähden tai vähintään 1000 V. Koestusjännitteen on oltava taajuudeltaan 50 tai 60 Hz ja syötettävä vähintään 500 VA muuntajasta. Komponentit joiden rakenne ei kestä jännitekoestusta erotetaan koestuksen ajaksi. [7]



Kuva 4.4 Jännitekoestus

#### 4.5 Jäännösjännitemittaus

Jäännösjännitemittauksella varmistetaan, että jännitteisten osien varausjännite syötön katkaisun jälkeen on riittävän alhainen. Mikäli koestettavan laitteen nimellisjännite on suurempi kuin 60 V, on sen 5 sekunnin kuluessa syötön katkaisusta alennuttava 60 V:n tai sen alle. Mikäli laitteiston toiminnalle koituu häiriötä tästä purkautumisnopeudesta, on kyltein ilmoitettava aika, jonka jälkeen keskus voidaan avata syötön katkaisun jälkeen. [7]



Kuva 4.5 Jännösjännitemittaus

#### 4.6 Toimintakokeet

Toimintakokeeseen kuuluu kaikkien sähkölaitteiston toimintojen testaus. Erityisen tärkeää on varmistaa turvallisuuteen ja suojaamiseen liittyvät toiminnot, kuten vikavirtasuojakytkimen toiminta.

#### 4.7 Silmämääräinen tarkastus

Sähkökeskuksen ja sinne asennettujen komponenttien silmämääräinen tarkastus tehdään jännitteettömänä ennen keskuksen käyttöönottoa. Silmämääräisesti tarkastetaan komponenttien kuorien sekä johdinten eristyksien kunto. Johdinten kuormitukset tarkastetaan ja katsotaan, että käytetyt poikkipinta-alat sekä asennustavat ovat suunnitelmien mukaiset. Keskuksissa tarkistetaan sinne asennettujen suoja- ja kytkinlaitteiden suunnitelmien mukaisuus. Silmämääräisesti tarkastetaan myös käytettyjen johdinvärien oikeellisuus sekä se, että keskukseseen on merkattu kaikki vaadittavat merkinnät. [2]

#### 4.8 Mittauspöytäkirja

Mittauspöytäkirjaan täytetään mitatuista testeistä saadut tulokset. Mittauspöytäkirja arkistoidaan ja se on myös toimitettava asiakkaalle kaupan yhteydessä. Mittauspöytäkirja 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. Mittauspöytäkirjasta on esimerkki liitteenä 5.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia sähkökeskuksen standardinmukaisuudelle annettuja suunnittelussa ja valmistuksessa huomioon otettavia asioita Pasmel Oy:ssä. Työn edetessä tuli huomatuksi, että valmistettavissa keskuksissa oli hyvin pitkälti vaadittavia asioita jo entuudestaan huomioitu.

Yksi hyvin tärkeä seikka standardinmukaisen keskuksen valmistuksen kannalta on keskuksen asennuspaikalla olevan syötön oikosulkuvirta. Tähän onkin jatkossa syytä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Kyseinen oikosulkuvirta olisikin tiedettävä hyvin varhaisessa vaiheessa, mieluiten jo kaupan tekohetkellä. Näin taattaisiin oikeaoppinen ja riittävä keskuksen suojaaminen kyseiseltä oikosulkuvirralla. Nykytilannehan on, ettei oikosulkuvirta keskuksen asennuspaikalla useinkaan ole tiedossa. Toinen tärkeä seikka, johon tässä työssä syvennyttiin, on kaapelinmitoituksessa kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavien korjauskertoimien huomioiminen.

Työn edetessä siihen otettiin mukaan myös ABB:n valmistama docwin ohjelma, jolla oikosulkuvirtoja voidaan tarkastella sähköpiirin eri osissa. Docwin ohjelman avulla saadaankin helposti oikosulkuvirta keskuksen syöttöliittimissä, eli saadaan huomioitua keskuksen syöttökaapelin impedanssin alentava vaikutus annettuun oikosulkuvirran arvoon. Docwin ohjelman käytön aloituksen helpottamiseksi, siitä tehtiin myös käyttöohje, joka tässä työssä on liitteenä 4.

## LÄHTEET

- [1] SFS-EN 60439–1. Jakokeskukset. osa 1. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2000. 77 s.
- [2] SFS-EN 60204–1. Koneturvallisuus. osa 1. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2000. 181 s.
- [3] SFS-KÄSIKIRJA 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 1. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007. 664 s.
- [4] RITTAL Oy, Virtakiskojärjestelmät [verkkodokumentti]. [viitattu 12.10.2008]. Saatavissa: <http://www.rittal.fi>
- [5] ABB, Pienjännitekojeet [verkkodokumentti]. [viitattu 20.10.2008]. Saatavissa: <http://www.abb.fi>
- [6] SIEMENS Oy, Sentron kompaktikatkaisijat [verkkodokumentti]. [viitattu 19.10.2008]. Saatavissa: <http://www.siemens.fi>.
- [7] KONTRAM Oy, Profitest 204 mittausohjeita [verkkodokumentti]. [viitattu 17.10.2008]. Saatavissa: <http://www.kontram.fi>.

## LIITELUETTELO

LIITE 1 Päävirtapiirikaavio

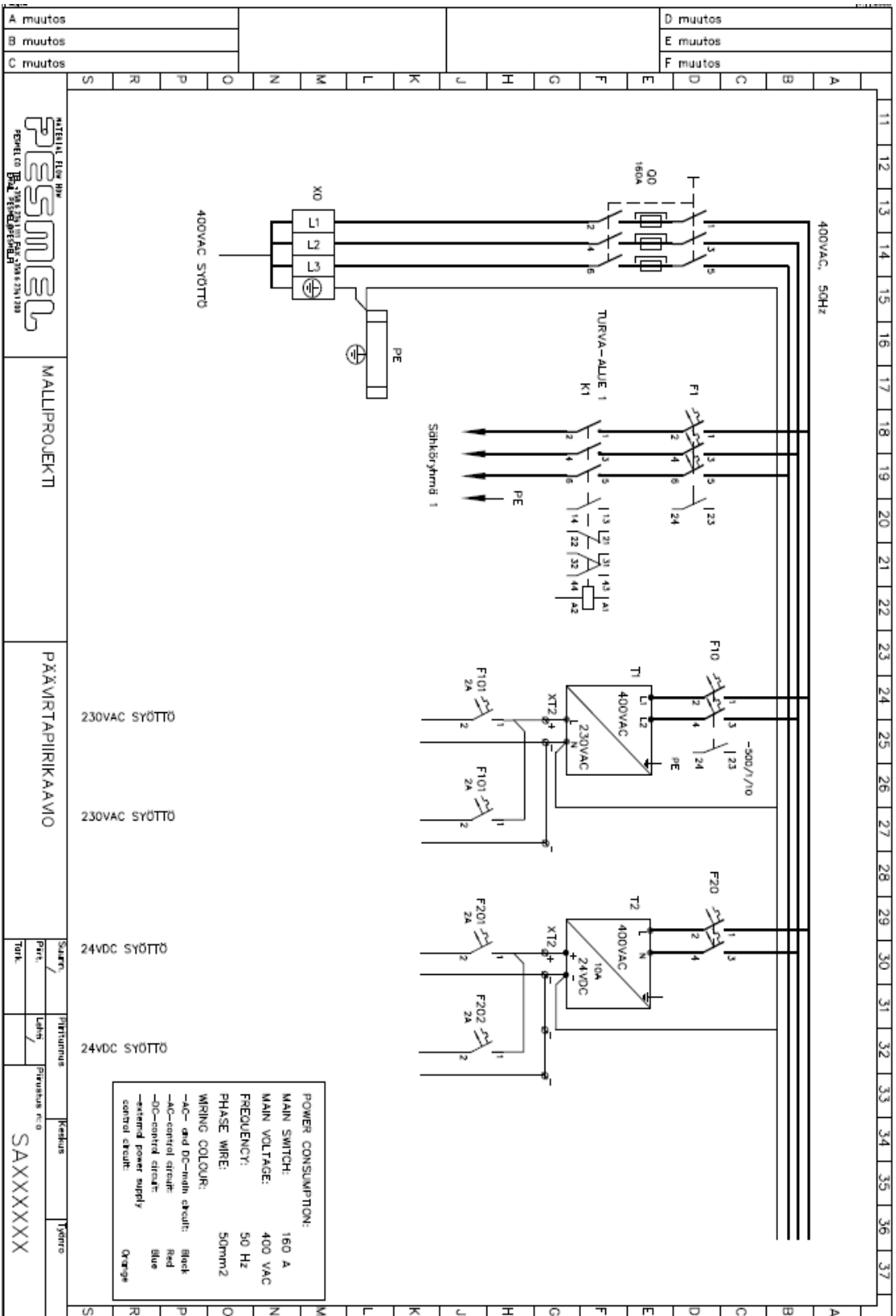
LIITE 2 Moottoripiirikaavio

LIITE 3 Logiikkapiirikaavio

LIITE 4 Docwin käyttöohje

LIITE 5 Mittauspöytäkirja

# LIITE 1



A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A											

MITTILÄ, RILIN RY  
**PRESENER**  
 POWER CO. Oy  
 Pöytäkatu 10  
 FIN-00100 HELSINKI

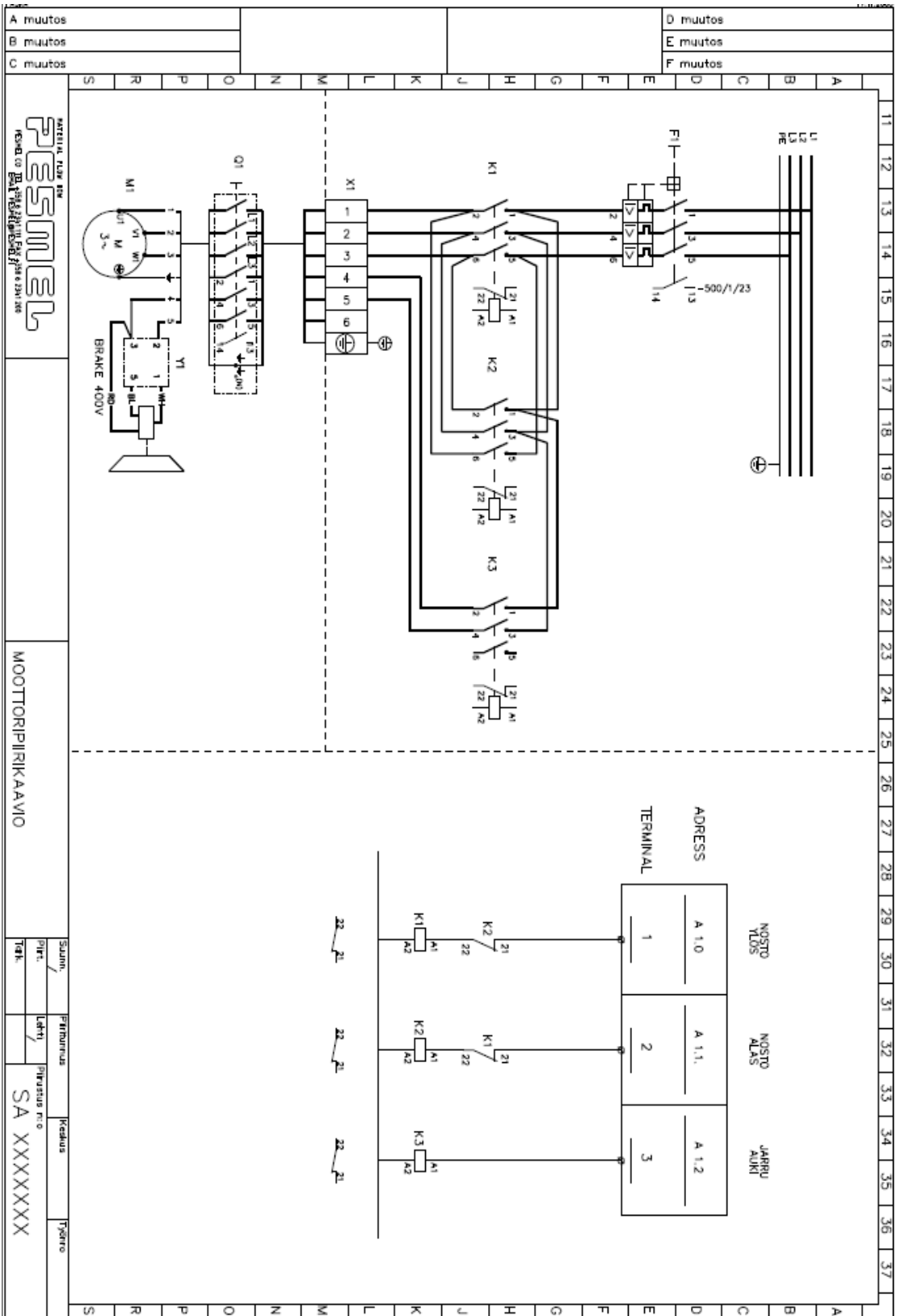
MALLIPROJEKTI

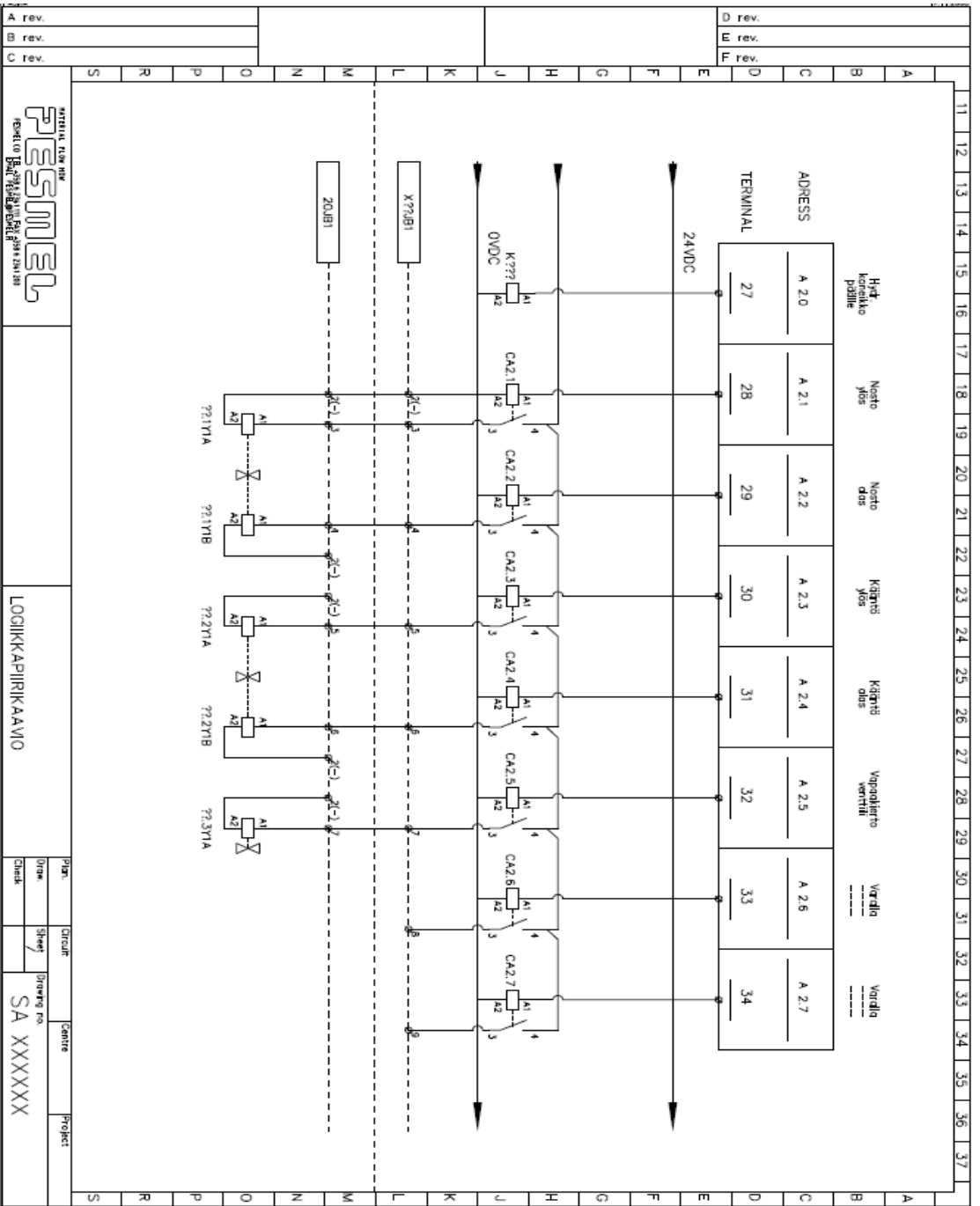
PÄÄVIRTAPIIRIKAAVIO

Saari	Siirtunius	Keskus	Tedro
Prnt.	Uhts	Prntus r:o	
Touk			

SAXXXXXX





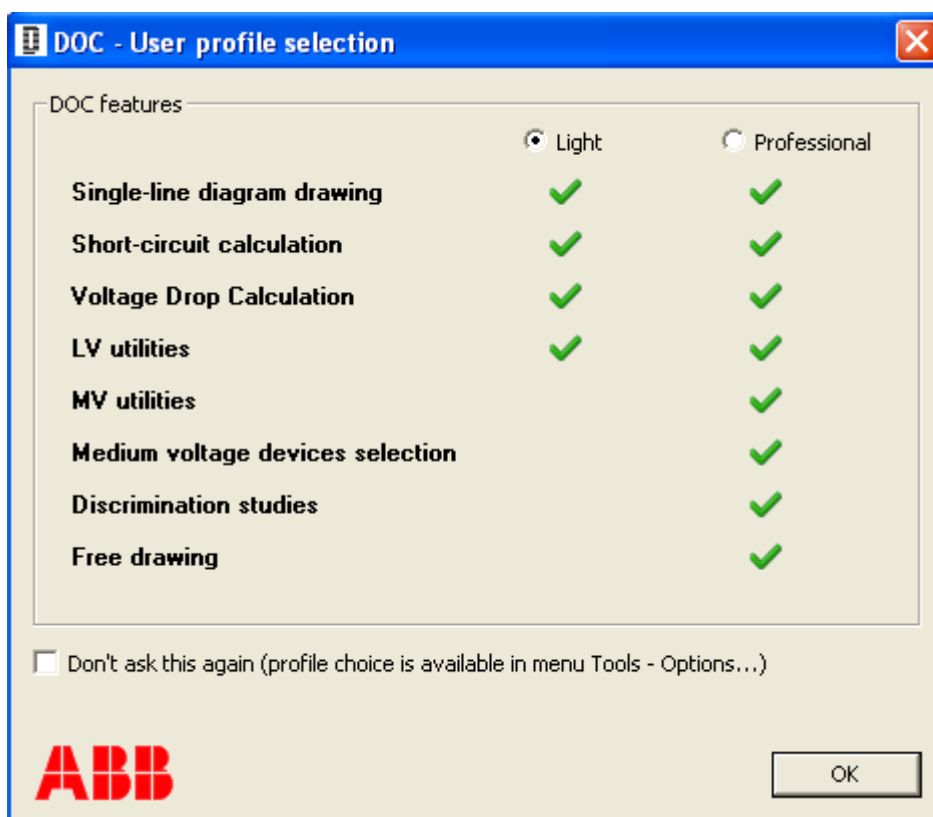


## Docwin käyttöohje

### Ohjelman käynnistys

Ohjelmaa käynnistettäessä aukeaa kuvan 1 mukainen näkymä, josta voidaan valita ohjelmasta käytettävä versio. Light versio on tarkoitettu alle 1000 V järjestelmien tarkasteluun ja professional versio yli 1000 V:n jakeluverkkojen, muuntajien sekä generaattorien tarkasteluun.

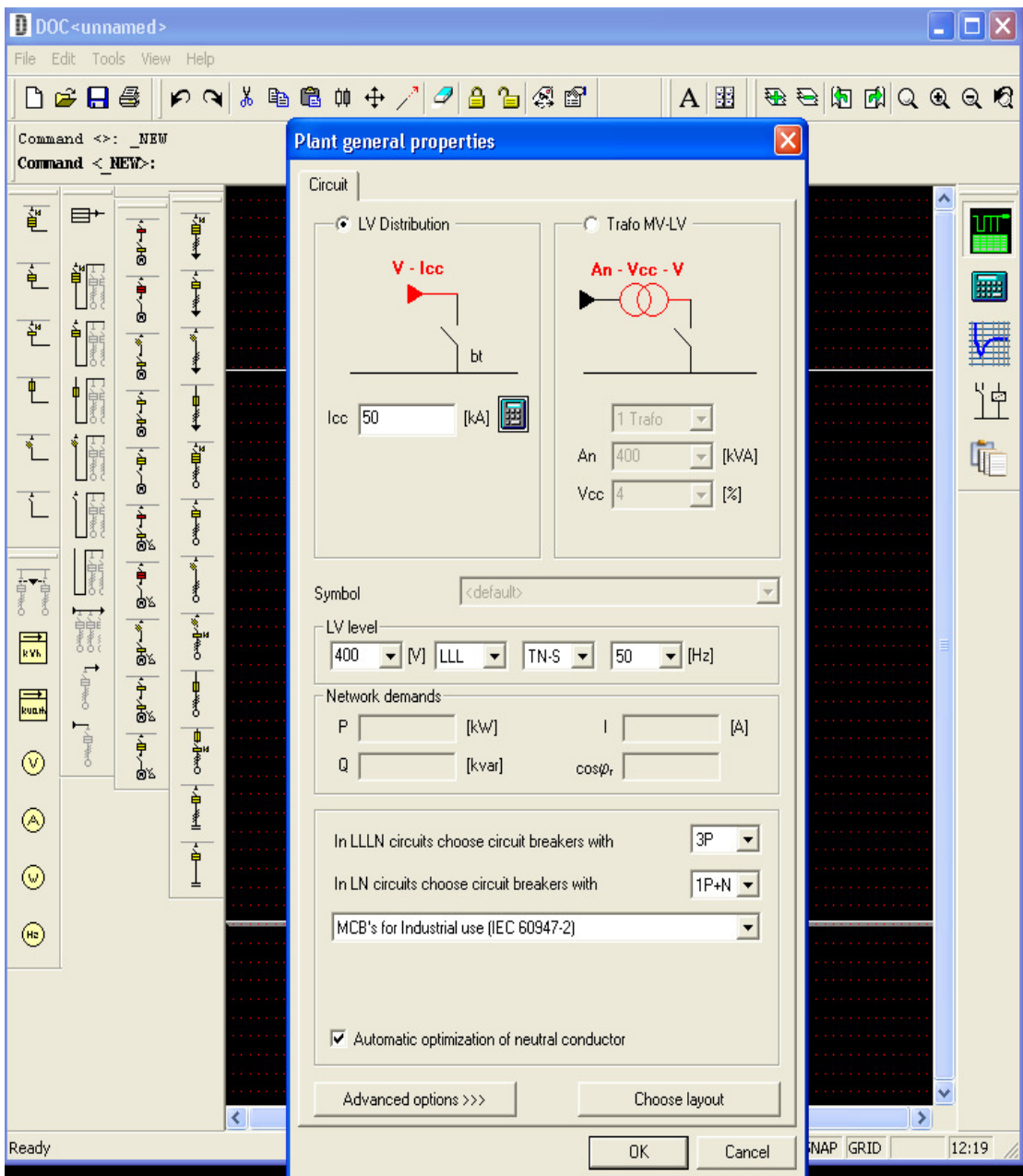
Tässä ohjeessa tutustutaan light versioon ja sen yleisimpiin toimintoihin, joten käytettäväksi ohjelmaversioksi valitaan kuvan 1 mukaan light.



Kuva 1 ohjelmasta käytettävän version valinta.

## Alkuarvot

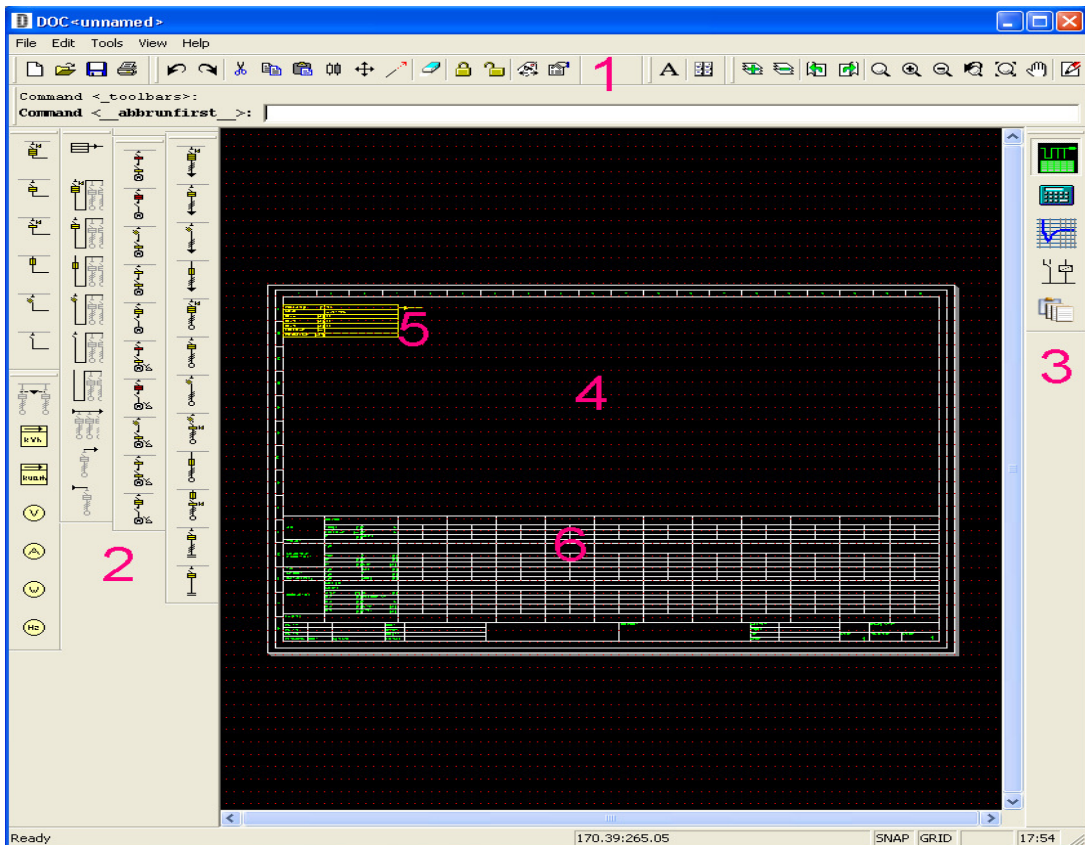
Ohjelman käynnistyksen jälkeen aukeaa kuvan 2 mukainen näkymä, johon annetaan keskusta syöttävän verkon tiedot. Valitaan LV eli pienjänniteverkko. Icc kohtaan syötetään asiakkaalta saatu syötön oikosulkuvirran arvo, joka tässä esimerkin tapauksessa on 50 kA. LV level kenttiin syötetään keskuksen nimellisjännite, virtapiirin rakenne sekä käytettävä taajuus. Lopuksi valitaan rakenteeltaan käytettäväksi halutut johdonsuojakytkimet 3- ja 1-vaihepiireissä sekä standardi jonka mukaan ne määräytyvät ja valitaan ok.



Kuva 2 Ohjelman käynnistyksen jälkeinen näkymä






## Piirustuspohja

Aloitussarvojen annon jälkeen aukeaa kuvan 3 mukainen piirustuspohja, jossa on 6 aluetta.



Kuva 3 piirustuspohja

1. Täältä alueelta löytyvät piirtämiseen ja tiedoston käsittelyyn tarvittavat yleiset toiminnot ja komennot.
2. Täältä alueelta valitaan valmiiksi tehtyjä symboleja. Valitsemalla esimerkiksi moottorilähdön symbolin, tulee se valituksi ja sen voi viedä piirtoalueelle haluaansa kohtaan.
3. Tästä löytyvät pikavalinnat tarvittaville toiminnoille seuraavasti

-  Piirto toiminnan valinta
-  Komponenttien arvojen laskenta ja mitoitus
-  Käyrästöjen katsontatila
-  Kytkimien valintatila
-  Tulostusvalikko

4. Piirtoalue, johon valitut symbolit on mahdollista järjestää.
5. Syötön tiedot, jotka määrättiin aloitusvaiheessa.
6. Sarakkeet, jotka täyttyvät käytettävien komponenttien tiedoista.

### Esimerkki komponenttien automaattisesta valinnasta

Kuvassa 4 on piirrettyä keskuksen päävirtakaavio, johon on alueelta kaksi valittu gG tyyppin sulake keskuksen oikosulkusuojaksi FU1.1, virtakisko BW1.1 sekä kolme ryhmää joiden suojiksi on valittu kompaktikatkaisijat QF1.1, QF1.2 ja QF1.3. Ryhmien kuormiksi on määrätty 63A, 41A ja 25A.

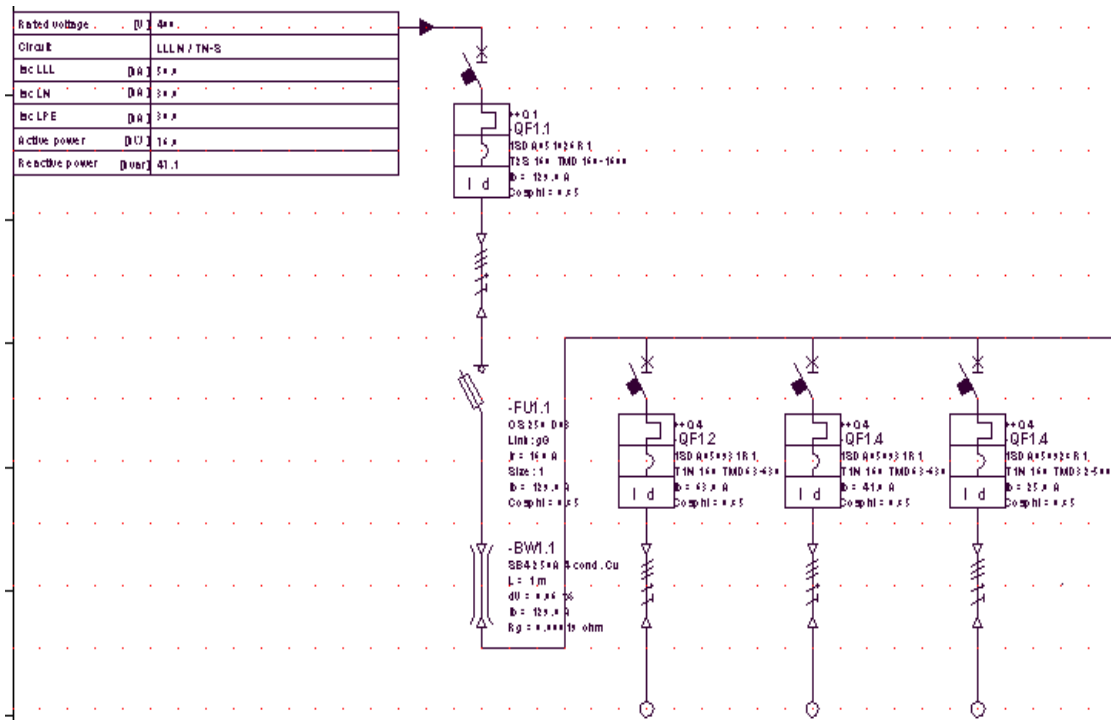
Komponenttien piirtoalueelle asettelun jälkeen painetaan komponenttien arvojen laskenta ja mitoitus painiketta, jolloin ohjelma mitoittaa komponentit kuvan 4 osoittamalla tavalla.

FU1.1 -> 160A gG + OS250D03 varokepohja

QF1.2 ja QF1.3 -> T1N 160 TMD63-630

QF1.4 -> 160 TMD32-500

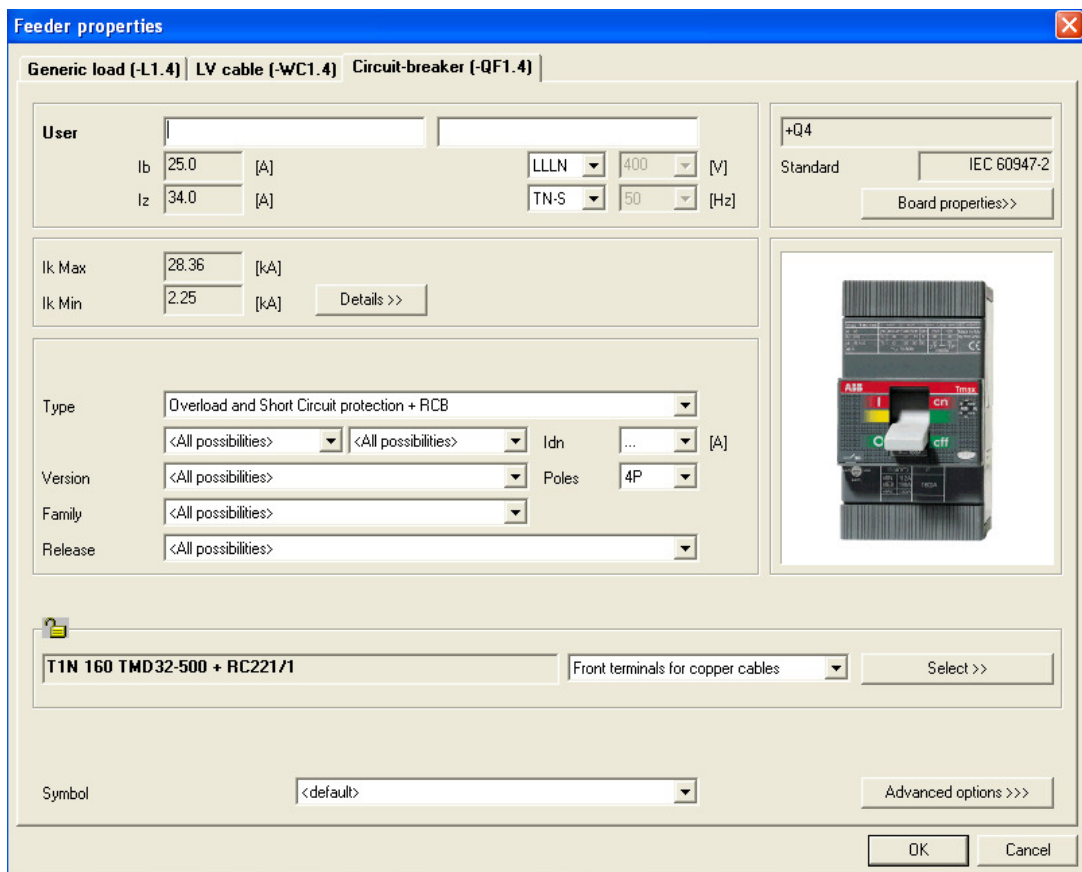
BW1.1 -> SB4 250A 4pole, Cu



Kuva 4 keskuksen päävirtakaavio

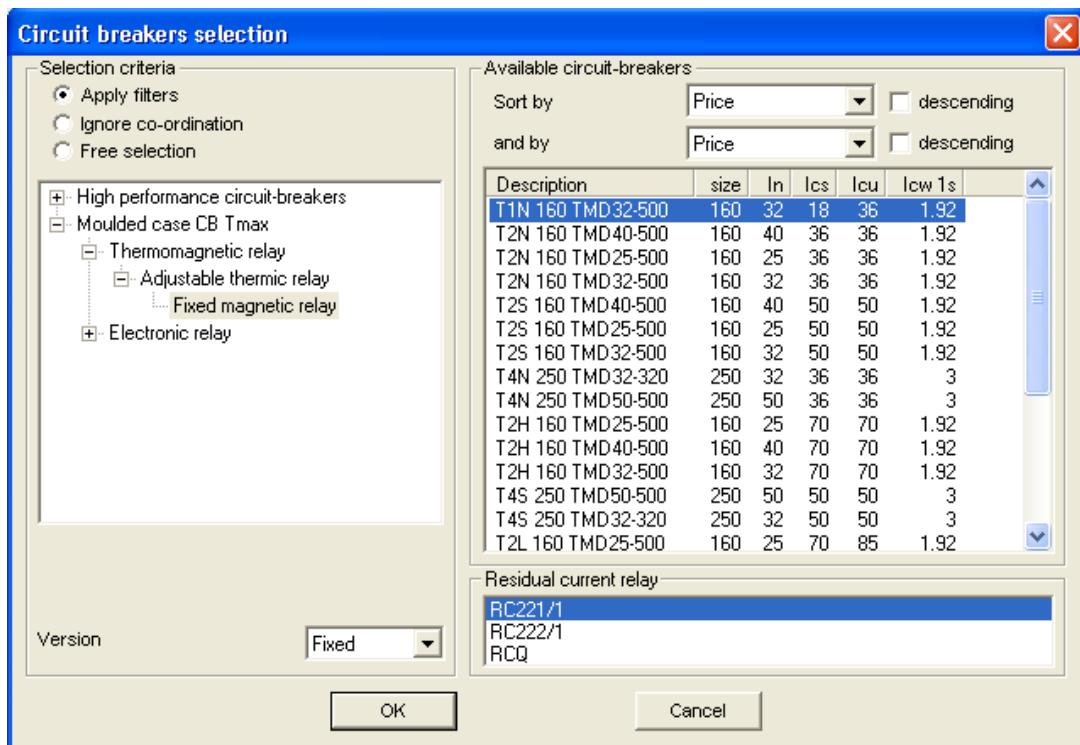
## Komponenttien tarkastelu

Yhtä komponenttia tutkittaessa, tässä esimerkiksi QF1.4 katkaisijaa, klikataan sitä, jolloin aukeaa kuvan 5 mukainen näkymä. Näkymästä selviää ohjelman valitsema katkaisija, joka on T1N 160 TMD32-500. Select näppäimen takaa aukeavasta valikosta katkaisijan voi vapaasti valita itse nimellis- ja katkaisuvirran perusteella kuvan 6 mukaan. Valittavia vaihtoehtoja voidaan myös karsia alasettelöiden avulla. Näin voidaan valita käytettävän katkaisijan suojaustapa, nimellisvirta, tuoteperhe ja versio sekä kytkentänapojen lukumäärä.

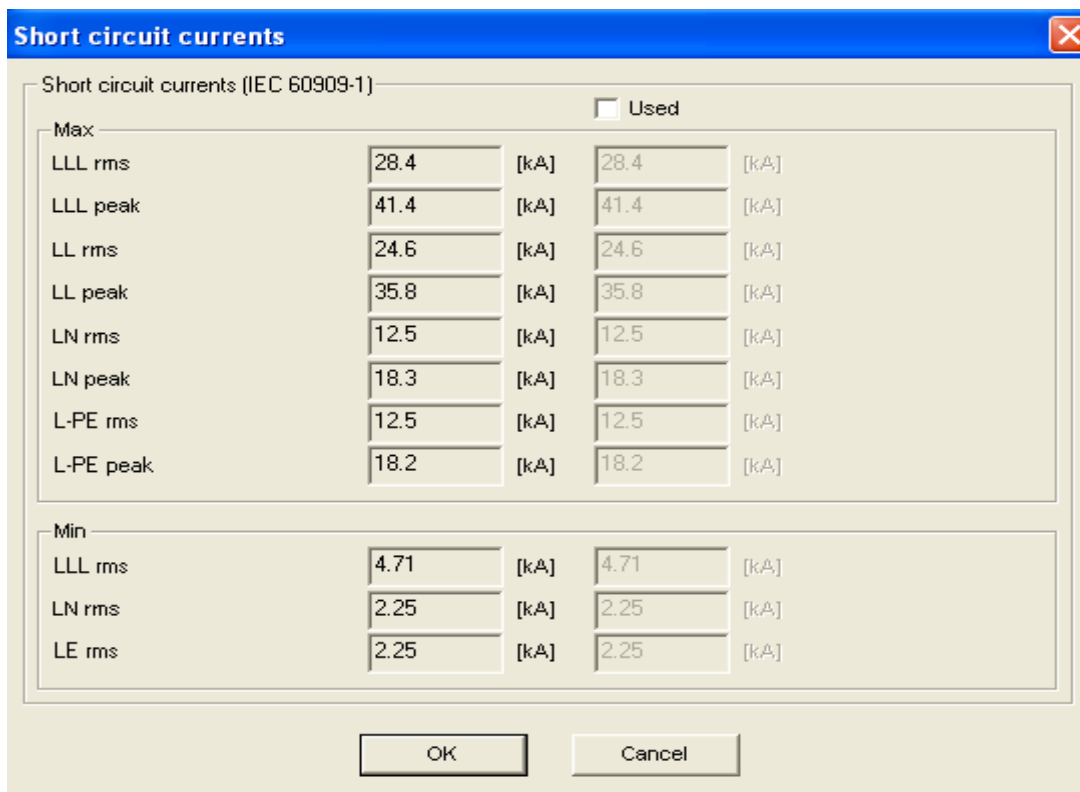


Kuva 5 valitun katkaisijan tiedot.

Oikosulkuvirtoja valitun komponentin kohdalla päästään tutkimaan valitsemalla details, jolloin aukeaa kuvan 7 mukainen näkymä. Näkymästä ilmenee kolmivaiheinen, kahden vaiheen välinen, vaiheen ja nollan välinen sekä vaiheen ja PE johtimen väliset oikosulkuvirrat.



Kuva 6 mahdolliset vapaasti valittavat katkaisijat



Kuva 7 valitun komponentin kohdalla vaikuttavat oikosulkuvirrat.



Piirustusalueelle voidaan myös tuoda taulukko komponentin arvoista. Tämä onnistuu valitsemalla board properties ja sieltä label. Halutun taulukon voi siirtää haluamaansa paikkaan piirustusalueella. Esimerkkinä on taulukko 1, katkaisijan QF1.2 arvoista.

Taulukko 1 Katkaisijan arvoista koostuva taulukko.

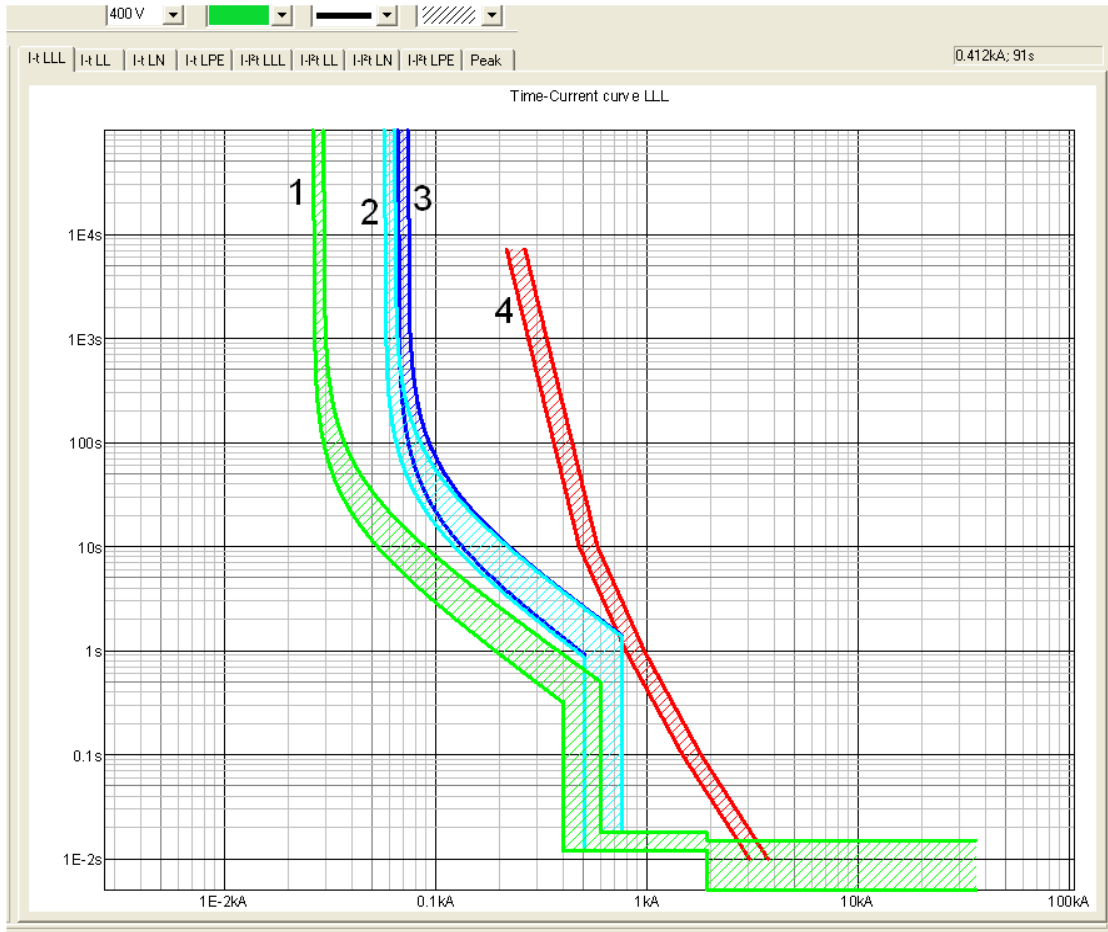
Board	+Q4
MCB Standard	IEC 60947-2
Rated voltage	Ue 400 [V]
Rated current	In 63 [A]
Short circuit current	Isc 28.4 [kA]
Peak current	I <sub>p</sub> 41 [kA]
Design temperature	40 [°C]
Internal temperature	[°C]

## Selektiivisyys

Sähköpiirissä olevien suojalaitteiden keskinäistä selektiivisyyttä päästään tarkastelemaan valitsemalla alueelta kolme löytyvä käyrästöjen tarkastelu painike. Kuvaan 8 on valittu keskuksen virtapiiriin vaikuttavien suojalaitteiden laukaisukäyrät. Valitut käyrät ovat numeroitu siten, että 1, 2 ja 3 vastaavat ryhmien etukojeina olevia kompaktikatkaisijoita ja numero 4 vastaa keskuksen pääkytkimenä toimivaa 160A gG tyyppin sulaketta.

Suojalaitteet ovat keskenään selektiivisiä, jos ensin laukeavaksi tarkoitettun suojalaitteen laukaisukäyrä jää sähköpiirissä ylempänä toimivan suojalaitteen laukaisukäyrän niin sanotulle vasemmalle puolelle.

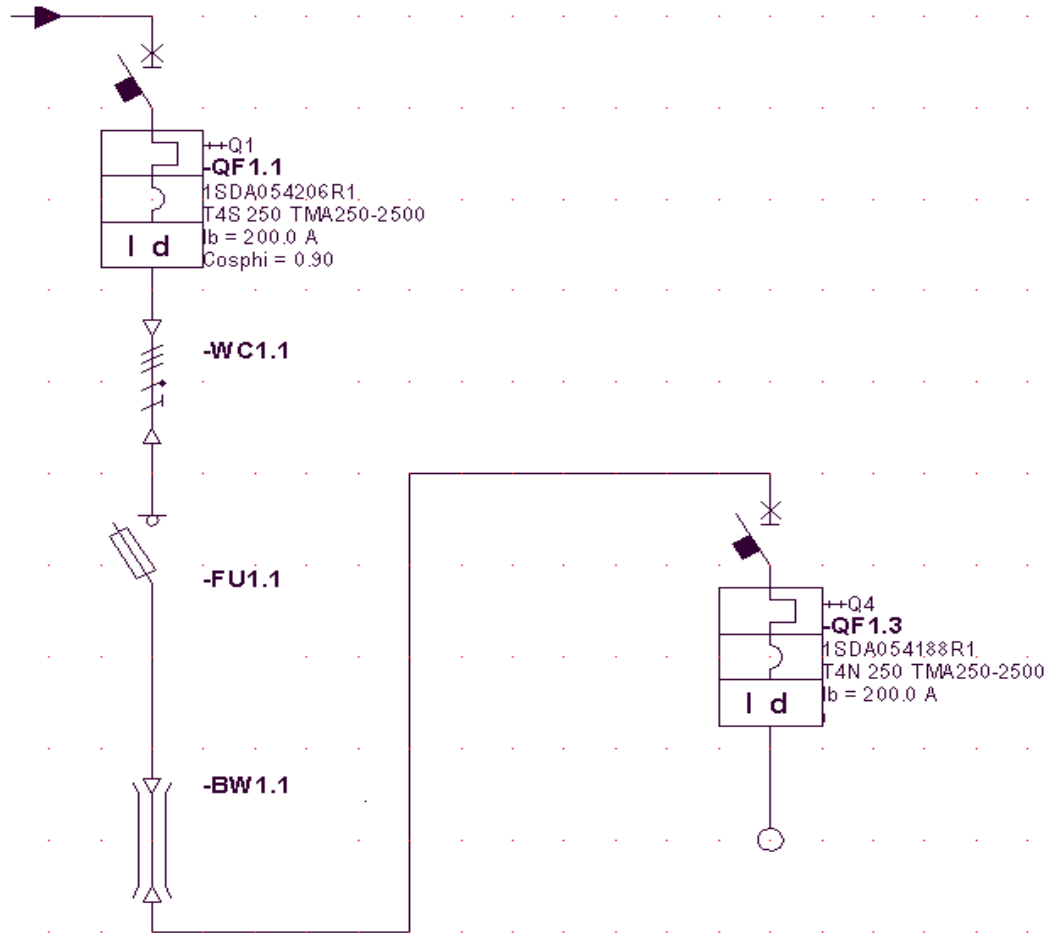
Esimerkkinä olevan keskuksen sähköpiiri voidaan kuvassa 8 olevista käyristä todeta olevan selektiivisesti suojattu.



Kuva 8 Esimerkin keskuksen sähköpiirin suojalaitteiden selektiivisyys.

## Kaapelin mitoitus

Otetaan tarkasteluun keskuksen syöttökaapelin mitoitus. Kuvaan 9 on piirretty keskuksen pelkistetty päävirtapiiri, jonka kuormana on yksi 200A ryhmälähtö. Kuvassa 9 on myös keskusta syöttävä lähtö QF1.1, keskuksen pääsulakkeet FU1.1, virtakisko BW1.1, ryhmän suojalaitteena toimiva katkaisija QF1.3 sekä mitoitettava syöttökaapeli WC1.1.



Kuva 9 Keskuksen syöttökaapelin mitoitukseen piirretty sähköpiiri.

Päästäksemme antamaan kaapelille kaapelin mitoitukseen vaikuttavat materiaalista, asennustavasta ja asennusympäristöstä johtuvat suureet, täytyy se klikkaamalla valita, jolloin aukeaa kuvan 10 mukainen näkymä.

Kuvan 10 vasemmassa yläreunassa nähdään kaapeliin vaikuttava kuormitusvirta sekä  $\cos \Phi$ .  $\cos \Phi$  arvo muodostuu kuormana olevista laitteista. Tässä esimerkissä on moottorikuorma, jonka  $\cos \Phi$  arvoksi on annettu 0,9.

LV cable (-WC1.1)

**LV cable**

User: [ ] [ ]

Ib 200.0 [A] LLLN 400 [V] TN-S 50 [Hz]

Cosφ 0.90

Ambient temperature 40 [°C]

Maximal dV% allowed 4 [%]

Cable with double insulation

Definition of cable  Busduct

Length 100 [m]

Multi-core

EPR/XLPE Al

**Installation method**

Surface mounted

On ladders

Distance >=1 cable diameter

34

Phase 1 x 150 [mm²] Iz 277.513 [A]

Neutral 1 x 95 [mm²] Kt 0.91

PE 1 x 95 [mm²] dV 1.93 [%]

Symbol <default>

Further results

Reduction factors

Short circuit currents

Advanced options >>>

OK Cancel

Kuva 10 Kaapelin valinnan mukainen näkymä.

Näkymän oikeassa yläreunassa on mahdollista antaa asennusympäristön lämpötila sekä kaapelin suurin sallittu jännitteenalenema. Tässä on lämpötilaksi määritelty 40 °C sekä suurimmaksi sallituksi jännitteenalenemaksi 4 %. Huomioitavaa on, että ohjelma määrittelee lämpötilasta johtuvan korjauskertoimen 30 °C asteen normaalilämpötilan mukaan, kun se yleensä taulukoihin on annettu 25 °C asteen mukaan. Tämä seikka saadaan korjattua antamalla 5 °C todellista korkeampi asennuslämpötila.

Kaapelin tyyppi ja asennustapa annetaan alusvetolaatikoiden avulla. Kuvan 10 mukaan kyseessä olevan kaapelin on määrätty olevan monijohtiminen, EPR eristeinen, johdinmateriaaliltaan alumiinia sekä pituudeltaan 100 metriä.

Kaapelin asennustavaksi on annettu maanpäällinen tikashyllyasennus, niin että samalla hyllyllä olevien kaapeleiden välissä on kaapelin halkaisijan verran tilaa. Nämä

valinnat voidaan tehdä, joko installation method kohdassa olevien alasetolaatikoiden avulla tai antamalla niitä vastaava asennustapaa ilmaiseva numero, joka tässä tapauksessa on 34.

Kuvan 10 vasemmassa alareunassa päivittyvät kaapelin johdinpoikkipinta-alat automaattisesti sitä mukaa, kun kaapelia ja siihen vaikuttavia suureita muutetaan. Alhaalla keskellä päivittyvät kaapelin suurin sallittu kuormitusvirta  $I_z$ , kaapelin asennuksesta, asennuslämpötilasta ja muista annetuista suureista johtuva korjauskerroin  $K_t$  sekä kaapelin jännitteenalenema  $dV$ .

valitsemalla advanced options aukeaa kuvan 11 mukainen näkymä, jossa voidaan antaa määriteltävän kaapelin kanssa samalla hyllyllä kulkevien kaapeleiden sekä läheisten kaapelihyllyjen lukumäärä. Lisäksi on mahdollista antaa kaapelille suurimmat sallitut lämpötilat toimintatilassa ja oikosulun hetkellä sekä pienin kaapelin mitoitusvirran ja kuormitusvirran välinen suhde.

The screenshot shows a software dialog box titled "Advanced" with a close button in the top right corner. The dialog is divided into several sections:

- Installation details:** A dropdown menu is set to "No adjacent circuits". Below it, another dropdown menu is set to "1 tray". There are three more empty dropdown menus below that.
- PE and PE=Phase:** Both checkboxes are checked. There is a "Length" field with a unit "[m]" and a dropdown menu below it.
- Temperature settings:** Three temperature fields are present:
  - Max working temperature: 90 [°C]
  - Max temp. during short circuit ( $S \leq 300\text{mm}^2$ ): 250 [°C]
  - Max temp. during short circuit ( $S > 300\text{mm}^2$ ): 250 [°C]
- Installation method:** Two checkboxes are checked: "PE in the same conduit of phase" and "Installation symmetry is considered for parallel cables".
- Presence of third harmonics:** A dropdown menu is set to "Harmonic rate  $0 \leq TH < 15\%$ ".
- Minimal  $I_z/I_b$  allowed:** A text field contains the value "1.3".

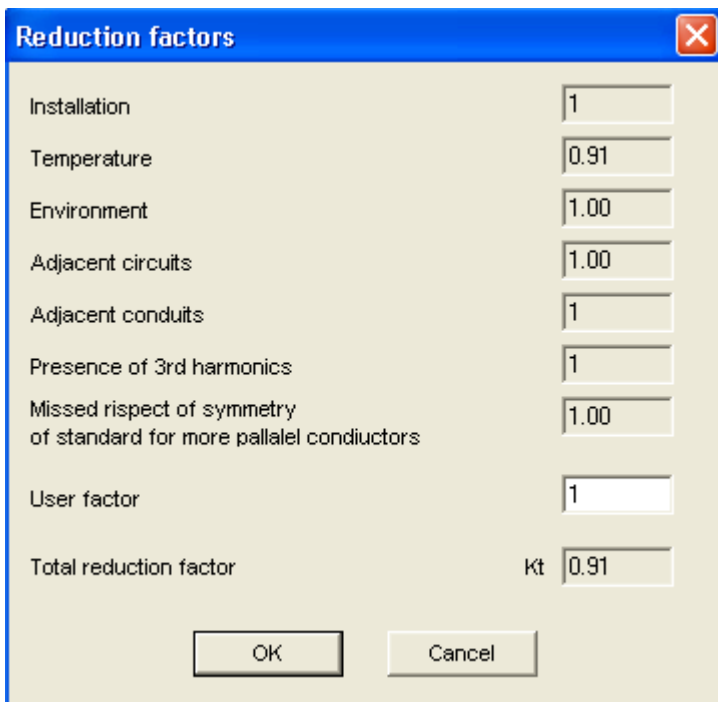
At the bottom right, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Kuva 11 Advanced options

Tässä esimerkissä kaapelille annettujen suureiden perusteella ohjelma määritteli kaapelin vaihejohtimien poikkipinta-alaksi  $150\text{mm}^2$  ja nolla- ja suojajohtimien poikkipin-

ta-alaksi  $90\text{mm}^2$ . Kyseisessä kaapelissa suurin mahdollinen kuormitusvirta ohjelman mukaan on 277A, korjauskertoimen arvo 0,91 ja jännitteenalenema 1,93 %.

Korjauskertoimeen vaikuttavia arvoja voidaan tarkastella valitsemalla reduction factors, jolloin aukeaa kuvan 12 mukainen näkymä. Kyseiseen näkymään on mahdollista antaa myös oma korjauskerroin user factor kohtaan, jos on jotain mitä ohjelma ei kaapelin asennuksessa tai muussa ota huomioon.



Factor	Value
Installation	1
Temperature	0.91
Environment	1.00
Adjacent circuits	1.00
Adjacent conduits	1
Presence of 3rd harmonics	1
Missed respect of symmetry of standard for more parallel conductors	1.00
User factor	1
Total reduction factor (Kt)	0.91

Kuva 12 Kaapelin korjauskertoimeen vaikuttavat suuret

### **Kaapelin oikosulkuvirrat**

Kaapelin oikosulkuvirtoja voidaan tarkastella valitsemalla short circuit currents, jolloin aukeaa kuvan 13 mukainen näkymä. Näkymästä huomataan kaapelin impedanssin vaikutus oikosulkuvirran alenemiseen, kun kolmivaiheinen oikosulkuvirta kaapelin alkupäässä on 50kA, on se kaapelin loppupäässä eli keskuksen syöttöliittimissä 33kA.

**Short circuit currents**

Max.  [kA]  
 Min.  [kA]

Short circuit currents in detail

Max values at line beginning

10 ms

LLL	<input type="text" value="50.0000"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
LL	<input type="text" value="43.3013"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
LN	<input type="text" value="30.0000"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
L-PE	<input type="text" value="30.0000"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]

Min values at line end

10 ms

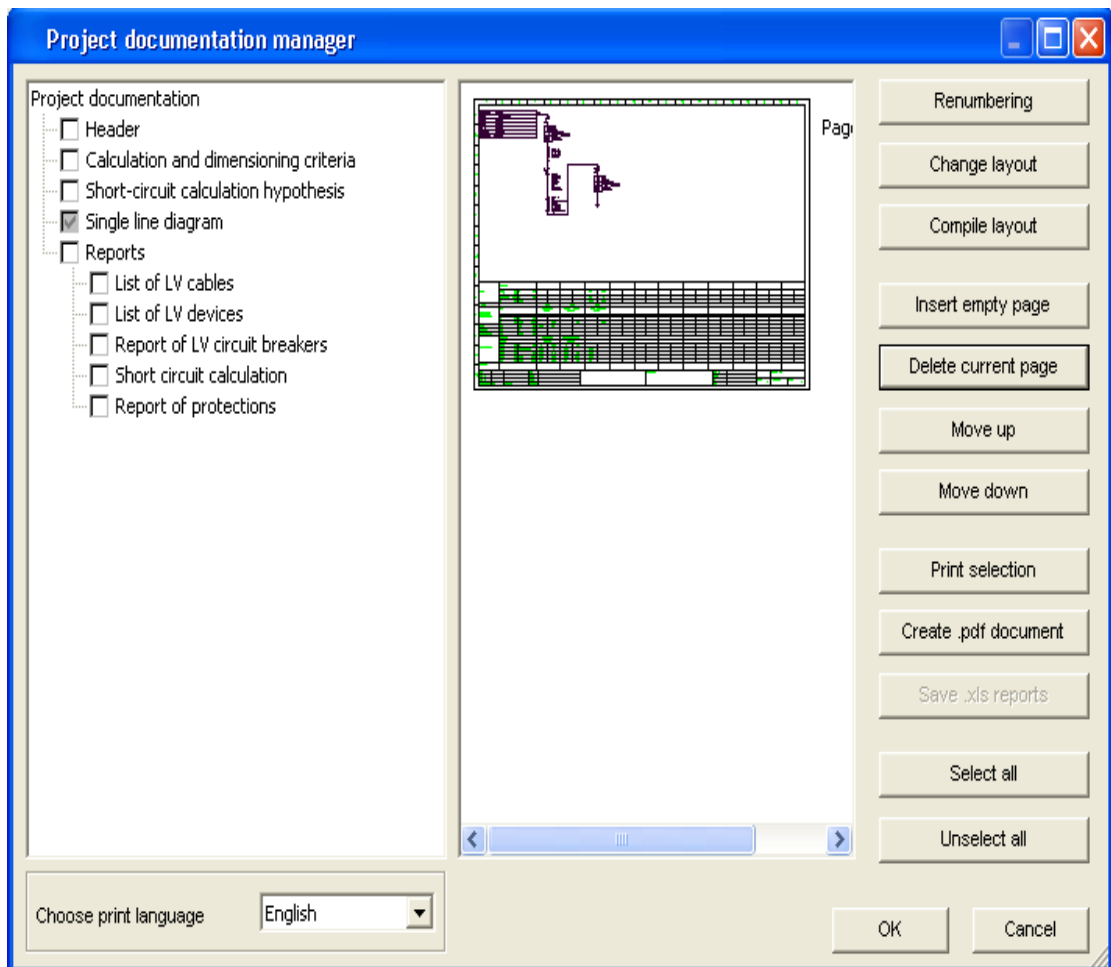
LLL	<input type="text" value="33.1849"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
LL	<input type="text" value="28.7389"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
LN	<input type="text" value="16.9606"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]
L-PE	<input type="text" value="16.9532"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	[kA]

Kuva 13 Kaapelin oikosulkuvirrat

## Tulostus

Tulostus toimintoon päästään valitsemalla alueelta kolme löytyvä tulostuksen valinta pikanäppäin tai vaihtoehtoisesti valitsemalla file ja aukeavasta valikosta print. Tulostusvalikosta aukeaa kuvan 14 kaltainen näkymä.

Tulostus valikosta voidaan tulostettavaksi valita halutut asiat, kuten kaapeli- ja komponenttiluettelot sekä suojalaitteiden laukaisukäyrät. Create pdf document toiminnolla voidaan luoda tulosteesta myös pdf tiedosto.



Kuva 14 Tulostuksen valinta





