

Juha Rautarinta

# AC/DC-PIIRIEN MITOITUS SÄHKÖASEMATOIMITUKSISSA

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2015

# AC/DC-PIIRIEN MITOITUS SÄHKÖASEMATOIMITUKSISSA

Rautarinta, Juha  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2015  
Ohjaaja: Tuomela, Jorma  
Sivumäärä: 40  
Liitteitä: 7

Asiasanat: mitoitus, sähköasema, apusähköjärjestelmä, tasasähkö

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Akku- ja Mitoitus-ohjelmia sekä selvittää niiden soveltuvuutta sähköasemien apusähköjärjestelmien mitoitukseen. Ohjelmia käytettiin VEO Oy:n toimittaman 110/20 kV:n sähköaseman tasasähköpiirien mitoituksen tutkimiseen.

Työn alkuun on kerätty teoriaa etenkin sähköasemien tasasähköjärjestelmien mitoituksessa huomioon otettavista asioista ja standardeista. Lopussa käydään läpi ohjelmien käyttöä, ohjelman käyttämiä laskumenetelmiä ja kaavoja.

Työn lopputuloksena saatiin tietoa ohjelmien käytöstä, ominaisuuksista ja laskentamenetelmistä. Lisäksi saatiin perustietoa sähköasemien tasasähköpiirejä koskevista standardeista sekä yleisesti mitoituksessa huomioon otettavista asioista.

## DIMENSIONING OF AC/DC CIRCUITS IN SUBSTATION DELIVERIES

Rautarinta, Juha

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

May 2015

Supervisor: Tuomela, Jorma

Number of pages: 40

Appendices: 7

Keywords: dimensioning, substation, auxiliary electric system, direct current

---

The purpose of this thesis was to examine Akku- and Mitoitus-programs and find out their suitability for the design of substations auxiliary electric system. The programs were used to research dimensioning of DC power circuits in 110/20 kV substation delivered by VEO Ltd.

The beginning of the work has been collected matters of theory and standards to take into account particularly in the design of substations DC power systems. At the end goes through the use of programs, the methods of calculation and formulas used by the program.

The end of work resulted in information about the use, features and methods of calculating in programs. Furthermore some basic information about the standards concerning the DC circuits of substations was obtained and generally from the matters which are taken into consideration in the dimensioning.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn tarkoitus .....	5
1.2	Ohjelmista lyhyesti .....	5
2	YRITYKSEN ESITTELY.....	6
3	DC-PIIRIEN MITOITUS SÄHKÖASEMILLA.....	8
3.1	Yleistä .....	8
3.2	Oikosulkusuojaus .....	9
3.3	Kaksoismaasulku .....	11
3.4	Jännitteen alenema .....	11
3.5	Laukaisukäyrät .....	12
3.6	Selektiivisyys .....	14
3.7	Asennustavasta johtuvat korjauskertoimet .....	16
3.8	Akustot.....	17
3.9	Akkupiirien suojauksen ominaisuudet.....	18
4	AKKU-OHJELMAN KÄYTTÖ .....	19
4.1	Maadoitustavan valinta .....	19
4.2	Akuston tietojen syöttö .....	20
4.3	Johtojen lämpötilojen oletusarvot ja kuormitettavuus .....	21
4.4	Pääkeskus ja alakeskukset.....	22
4.5	Johtojen arvojen syöttö .....	23
4.6	Poiskytkentäehtojen tarkistus.....	24
5	MITOITUS-OHJELMAN KÄYTTÖ.....	26
5.1	Verkon laskenta .....	27
5.2	Sulakkeen virranrajoitus ja selektiivisyys.....	31
5.3	Ohjelman muita ominaisuuksia.....	32
6	VSV LAPIN SÄHKÖASEMAN MITOITUKSEN TARKASTELU .....	32
6.1	Lähtötiedot .....	33
6.2	Oikosulkutarkastelu .....	33
6.3	Jännitteen aleneman tarkastelu .....	36
6.4	Selektiivisyyden tarkastelu .....	37
7	RAPORTOINTI .....	38
8	YHTEENVETO .....	39
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tutustua Ols-Consult Oy:n laatimiin laskentasovel-  
luksiin ja tutkia niiden soveltuvuutta VEO Oy:n toimittamien sähköasemien apusäh-  
köjärjestelmien mitoitukseen. Ohjelmaa käytetään Rauman Lapissa sijaitsevan Vak-  
ka-Suomen Voima Oy:n sähköaseman DC-piirien mitoituksen tutkimiseen. Työ kes-  
kittyy lähinnä DC-piirien mitoitukseen, mutta myös AC-piireille sopivaa Mitoitus-  
ohjelmaa käydään yleisesti läpi. Työssä selvitetään, mitä sähköaseman DC-piirien  
mitoituksessa on otettava huomioon ja mitä vaatimuksia SFS 6000 -standardi niille  
asettaa.

## 1.2 Ohjelmista lyhyesti

Ols-Consult Oy tarjoaa laajan valikoiman Microsoft Excel -ohjelmalle pohjautuvia  
sähkötekniisiä laskentasovelluksia. Ohjelmien lähtökohtana on ollut, että niitä pystyy  
käyttämään tavanomaisella sähkötekniisellä osaamisella. Kaavat perustuvat sähkötek-  
niikan peruskaavoihin ja laskentamenetelmät ovat IEC -standardin mukaisia. Ohjel-  
missa on myös käytetty soveltuvin osin pienjännitestandardia SFS 6000. Tässä työssä  
perehdytään pääasiassa tasajännitepiirien laskemiseen soveltuvaan ohjelmaan, joka  
on nimeltään Akku. Lisäksi tutkitaan vaihtojännitepiirien mitoitukseen soveltuvaan  
Mitoitus-ohjelmaa. (Ols-Consult Oy 2014.)

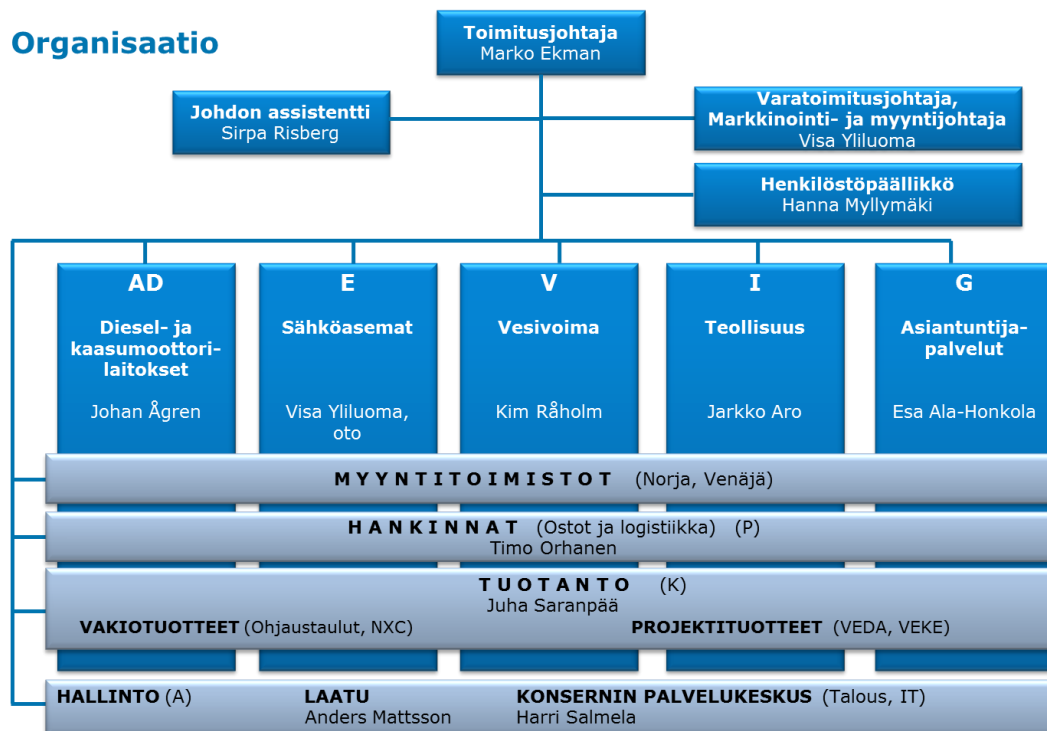
## 2 YRITYKSEN ESITTELY

VEO Oy on perustettu 6.12.1989. Ennen yhtiö on tunnettu nimellä Vaasa Engineering Oy, mutta vuonna 2012 nimi muutettiin VEO Oy:ksi. VEO-konsernin muodostaa emoyhtiö VEO Oy ja tytäryhtiöt Vaasa Kojeistot Oy, Vaasa Service Oy, Vaasa Engineering Kiinteistöt Oy, Vaasa Engineering As ja OOO Vaasa Engineering. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Marko Ekman. Työntekijöitä konsernissa on yli 350 ja liikevaihto vuonna 2013 oli 64 M€. Yhtiön pääkonttori on Vaasassa. Muualla Suomessa toimistoja on Seinäjoella, Paimiossa ja Rovaniemellä. Toimipisteitä löytyy myös Norjasta, Venäjältä ja Ruotsista. (VEO Oy Vuosikertomus 2013.)

VEO Oy toimittaa sähkönjakelu-, automaatio- ja käyttöratkaisuja energia- ja prosesseollisuuden siirtoon, jakeluun ja voimantuotantoon. Lisäksi toimintaan kuuluvat laitosten saneeraukset, huollot ja sähkökojeistojen valmistus. Päämarkkina-alue sijoittuu Pohjoismaihin ja Venäjän lähialueille. Markkina-alue ulottuu koko Eurooppaan asiakkaiden paikallisille ja maailmanlaajuisille tarpeilleen. Tuotteissa ja palveluissa otetaan aina huomion kohdemaassa vaikuttavat vaatimukset ja standardit. (VEO Oy:n www-sivut 2015.)

VEO Oy:n organisaatio muodostuu viidestä erillisestä liiketoimintayksiköstä. Sähköasemat yksikkö toteuttaa sähköasematoimituksia teollisuudelle ja sähköyhtiöille ympäri maailmaa. Sähköasematoimitukset toimitetaan tyypillisesti avaimet käteen -periaatteella. Tällainen toimitus sisältää kaiken suunnittelusta toteutukseen sekä testausten, käyttökoulutuksen ja dokumentaation. Diesel- ja kaasumootorilaitokset -yksikkö toimittaa automaatio- ja sähköistysjärjestelmiä ympäri maailmaa. Vesivoima -yksikkö toimittaa laitteita ja järjestelmiä uusiin sekä vanhoihin vesivoimalaitoksiin. Teollisuus -yksikkö toimittaa linjakäyttösovelluksia, kojeistoja ja ohjausjärjestelmiä teollisuuden eri prosesseihin. (VEO Oy:n www-sivut 2015.)

Kuvassa 1 esitellään yhtiön organisaatio vuonna 2015.



Kuva 1 Organisaatio vuonna 2015 (VEO Oy Organisaatiotaulukko 2015)

### 3 DC-PIIRIEN MITOITUS SÄHKÖASEMILLA

#### 3.1 Yleistä

Mitoituksen tarkoituksena on erityisesti varmistua sähkölaitteiston henkilöturvallisuuden säilymisestä ja laitteiston kehosta normaaleissa käyttöolosuhteissa sekä vika-tilanteissa. Nimellisjännitteeltään korkeintaan 1000 V:n vaihtojännitettä ja 1500 V:n tasajännitettä olevia sähköasennuksia koskevat vaatimukset on kirjattu SFS 6000 -standardissa. Sähköasennuksiin luetaan kuuluvaksi sähköasemat ja niiden erilaiset laitteet, johdot, johtojärjestelmät, laitteiden ja asennusten käytön edellyttämät ohjainlaitteet, maadoitusjärjestelmät sekä sähkötilan ympäristöstä erottavat rakennukset ja aidat. (Elovaara & Haarla 2011, 76.)

Standardi SFS 6000 edellyttää jo suunnitteluvaiheessa tehtyjä laskelmia sähköasennusten suojausta koskevien perusvaatimusten toteutumisesta. Väärin mitoitettun asennuksen korjaaminen valmiissa asennuksessa on työlästä ja kallista. Suojauksen perusvaatimukseen kuuluu ylivirta- ja vikasuojauksen toteutuminen. Jotta suunnitteluvaiheessa pystytään selvittämään suojausvaatimukset, tulee olla käytettävissä riittävät lähtötiedot. (ST 53.24 2012, 1.)

Sähköaseman ohjauspiirien tehonsyötössä käytetään akkuvarmennettua tasajänniteverkkoa. Normaalin verkkosyötön katketessa verkko siirtyy akkujen tehonsyötön vaaraan. Jännitetasoja on yleensä kaksi. Korkeampaa jännitettä käytetään suojauslaitteissa, katkaisijan viritysmoottoreissa ja erotinmoottoreissa sekä niiden ohjaus- ja lukituspiireissä. Korkeampana jännitetasona esimerkiksi 110/20 kV:n sähköasemalla käytetään yleensä 110V DC. Suuremmilla asemilla käytetään 220V DC -jännitettä, koska kaapelien pituudet kytkinkentällä ovat pidempiä. Varalaukaisupiireissä, automatiikka- ja merkinantolaitteissa käytetään pienempijännitteistä yleensä 48V DC -verkkoa. Valvontamoduuli valvoo ja ohjaa tasasuuntaajajärjestelmän tasasuuntaajien ja akuston toimintaa, kuten akuston latausta ja akuston kunnon valvontaa sekä välittää hälytykset ja tilatiedot käyttäjälle. (ST-Käsikirja 20 2005, 81.)



### 3.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksen tarkoitus on suojata johtimia oikosulkuvirran aiheuttamalta lämpenemiseltä. Suojauksen tulee toimia missä tahansa kohtaa johtoa tapahtuvassa viassa. Kaapelin lämpeneminen ja rakenteiden mekaaninen kestävyys vaikuttavat oikosulun sallittuun kesto-aikaan. Kaapelit ja muut komponentit mitoitetaan yleensä enintään 5 sekunnin oikosulkuvirran aiheuttaman lämpenemisen perusteella. Oikosulkuvirran suuruus vaikuttaa pisimpään sallittuun oikosulun kesto-aikaan. (ST 53.24 2012, 2.)

Tasavirralla ei ole luonnollisia nolakohtia. Tämä on erona vaihtosähköjärjestelmän oikosulkuvirtaan, joka katkeaa vapaaehtoisesti 100 kertaa sekunnissa 50 Hz:llä. Siksi kytkimien, sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden suoritusarvot tasavirralla poikkeavat vaihtovirta-arvoista, mikä on otettava huomioon komponenttien valintoja tehtäessä. Sähköasemien 110V DC - ja 220V DC -järjestelmät ovat usein maasta erotettu IT-järjestelmiä, jolloin oikosulkusuojien tulee olla kaksinapaisia. (ST-Käsikirja 20 2005, 165.)

Usein samat suojakytkimet soveltuvat vaihto- ja tasavirtapiirien suojaukseen. On kuitenkin huomioitava, että suojakytkimien jännitekestoisuudet ja laukaisukäyrät poikkeavat tasa- ja vaihtovirralla. Markkinoilta löytyy myös suojakytkimiä, jotka on suunniteltu erityisesti tasavirralla. Kun vaihtovirralla suunniteltuja suojia käytetään tasavirralla, niiden elinikä voi lyhentyä huomattavasti. Myös muita ongelmia voi syntyä esimerkiksi koskettimien materiaalia voi siirtyä +- ja -napojen välillä. (Ols-Consult Oy 2015.)

Kaavasta 1 voidaan laskea aika  $t$ , jonka kuluessa johtimen lämpötila nousee suurimpaan sallittuun:

$$t = \left(k * \frac{S}{I}\right)^2 \quad (\text{Kaava 1})$$

$t$  = kesto-aika (s)

$S$  = johtimen poikkipinta ( $mm^2$ )

$I$  = oikosulkuvirta (A)

$k$ = kerroin, joka ottaa huomioon johtimen resistiivisyyden, lämpötilakertoimen ja lämmönvarauskyvyn sekä alku- ja loppulämpötilat. Äärijohtimien kertoimien  $k$ -arvot on annettu SFS 6000-4-434 -standardin taulukossa 43.1. Tavallisesti käytetylle alle  $300\text{mm}^2$ :n PVC eristeiselle kuparijohtimelle kerroin on 115 ja alumiinille 76. (SFS-Käsikirja 600-1, 133.)

Kerroin pystytään myös määrittelemään SFS 6000-5-54 -liitteen 54A antamalla kaavalla 2 (SFS-Käsikirja 600-1, 313):

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ)}{\beta_{20}} \ln\left(\frac{\beta+\theta_f}{\beta+\theta_i}\right)} \quad (\text{Kaava 2})$$

$Q_c$ = johdinmateriaalin volumetrinen lämpökapasiteetti  $20^\circ\text{C}$  ( $\text{J}/^\circ\text{C mm}^3$ )

$\beta$  = resistiivisyyden lämpötilakertoimen käänteisarvo  $0^\circ\text{C}$  lämpötilassa ( $^\circ\text{C}$ )

$\beta_{20}$  = johtimen resistiivisyys  $20^\circ\text{C}$  lämpötilassa ( $\Omega\text{ mm}$ )

$\theta_i$  = johtimen alkulämpötila ( $^\circ\text{C}$ )

$\theta_f$  = johtimen loppulämpötila ( $^\circ\text{C}$ )

Näin voidaan määrittää MCMK kaapelin konsentriselle johtimelle kerroin  $k$  kaavasta 2. Laskennassa käytetyt arvot löytyvät samasta liitteestä kuin itse kaavakin (SFS-Käsikirja 600-1, 314).

$$k = \sqrt{\frac{3,45 \cdot 10^{-3} \text{ J}/^\circ\text{C} (234,5^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C})}{17,241 \cdot 10^{-6} \Omega} \ln\left(\frac{234,5^\circ\text{C} + 200^\circ\text{C}}{234,5^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C}}\right)} = 140,7$$

Oikosulkusuojauksen toteutuminen tulee varmistaa jo suunnitteluvaiheessa, eikä sitä tarvitse enää selvittää käyttöönottotarkastuksessa mittaamalla. Tarkastuksessa tulee kuitenkin varmistaa, että johtimien poikkipinnat ja suojalaitteet on valittu suunnitelmien mukaisesti. (D1-2012, 138.)

### 3.3 Kaksoismaasulku

IT-järjestelmissä ensimmäisen eristysvian vikavirta jännitteelle alttiiseen osaan tai maahan on pieni eikä aiheuta vaarallista kosketusjännitettä. Vaarallista askeljännitettä kuitenkin saattaa syntyä. Ensimmäistä vikaa ei yleensä vielä laukaista, vaan käyttö voi jatkua. Vika tulisi kuitenkin paikallistaa ja poistaa mahdollisimman pian. Jos ensimmäistä vikaa ei poisteta ja syntyy vika myös toisessa äärijohtimessa, tapahtuu kaksoismaasulku. Tasavirralla tapahtuvassa kaksoismaasulussa järjestelmän molemmat äärijohtimet ovat yhteydessä maadoitusjohtimeen tai jännitteelle alttiiseen maadoitettuun osaan. Tilannetta voidaan verrata oikosulkutilanteeseen. Tällaisessa vikatilanteessa kosketusjännite saattaa nousta vaarallisen suureksi. (ST-Käsikirja 20 2005, 171.)

Automaattisen syötön poiskytkennän on toimittava siten, että kosketusjänniterajaa suurempaa jännitettä ei esiinny niin kauaa, että se on ihmiselle vaaraksi. Kosketusjännitteen raja- arvot ovat SFS 6000-4-411 -standardin mukaan 50 V vaihtojännitettä ja 120 V tasajännitettä. Jos jännitteelle alttiit osat on yhdistetty suojajohtimella yhteiseen maadoitusjärjestelmään, noudatetaan TN-järjestelmän suojausehtoja. Piirien impedanssien ja suojalaitteiden ominaisuuksien on oltava sellaiset, että syöttö kytkeytyy pois standardin määrittämässä ajassa. Korkeintaan 32 A:n suojalaitteella suojatulta 110V DC -järjestelmältä ei vaadita poiskytkentää sähköiskulta suojaamisen takia, mutta poiskytkentäaika tulisi pitää kohtuullisen pienenä laitteiston ja kaapeleiden suojaamiseksi. Jos poiskytkentä ei tapahdu kohtuullisessa ajassa, seurauksena voi olla kaapelin eristeen sulaminen ja pahimmassa tapauksessa kaapelipalo. 220 V:n järjestelmissä taulukossa annettu pisin poiskytkentäaika on 5 sekuntia. Yli 32 A:n ryhmissä ja pääjohdoissa, joissa on kiinteät laitteet, poiskytkentäaika on korkeintaan 5 sekuntia. (SFS-Käsikirja 600-1, 97.)

### 3.4 Jännitteen alenema

Jännitteen alenema on monella tapaa haitallinen ilmiö sähköverkossa. Kun moottoreiden jännite alenee, niiden ottama virta kasvaa ja momentti pienenee, kuorman kuitenkin pysyessä samana moottori lämpenee enemmän. Kontaktorien koskettimet

saattavat hitsautua kiinni, koska kelojen jännitteen alenema aiheuttaa kosketinpaineen pientymistä. (Ols-Consult Oy 2015.)

Yleinen sähkölaitteiden sallima jännitteen-vaihtelu on  $\pm 10\%$ . SFS 6000-5-525 -standardin suosituksen mukaan jännitteen alenema ei saa olla sähköasennuksen liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä valaistuksessa suurempi kuin  $3\%$  ja muussa käytössä suurempi kuin  $5\%$  sähköasennuksen nimellisjännitteestä. (SFS-Käsikirja 600-1, 262.)

Tasavirralla jännitteen alenema voidaan laskea kaavasta 3:

$$\delta U = I * 2R * l \quad (\text{Kaava 3})$$

Josta voidaan laskea vastaava suhteellinen jännitteen alenema kaavasta 4:

$$\delta u = \frac{\delta U}{U_n} * 100\% \quad (\text{Kaava 4})$$

$\delta U$  = jännitteen alenema (V)

$I$  = kuormitusvirta (A)

$l$  = johdon pituus (m)

$r$  = ominaisresistanssi ( $\Omega/m$ )

$U_n$  = nimellisjännite

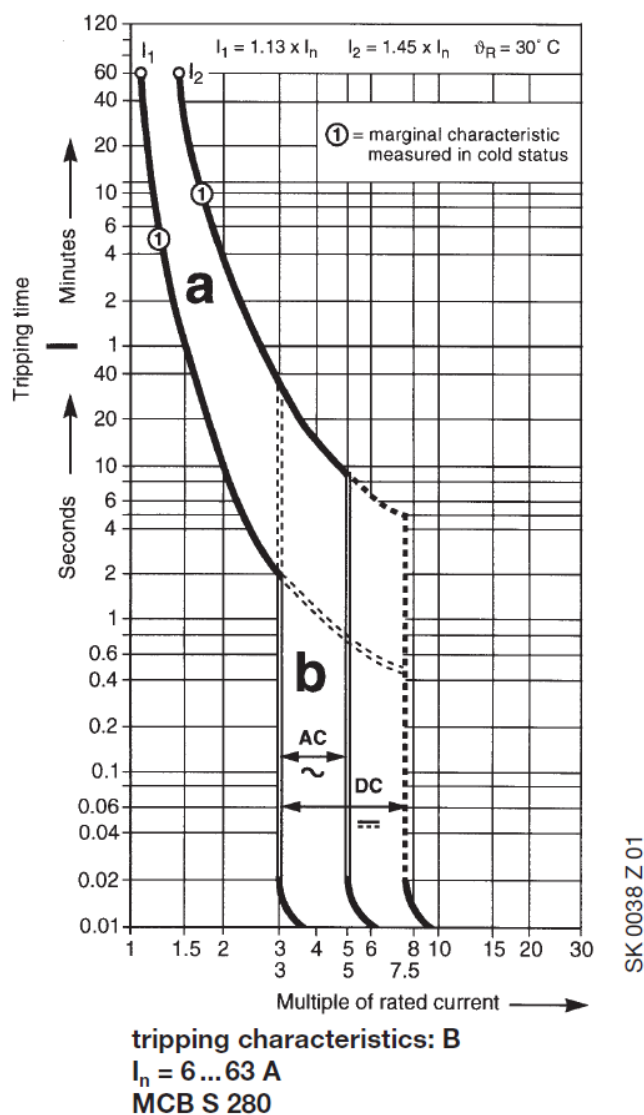
$\delta u$  = suhteellinen jännitteen alenema. (D1-2012, 233.)

### 3.5 Laukaisukäyrät

Tärkeimmät huomioon otettavat asiat johdonsuojakatkaisijan valinnassa ovat nimellisvirta ja -jännite, katkaisukyky ja laukaisukäyrä. Oikosulkusuojat on valittava siten, että ne suojaavat johdon liialliselta termiseltä rasitukselta. Tämä vaatimus saadaan täytettyä, kun suojattavan johdon sallittua termistä rasitusta kuvaava virta-aikaominaiskäyrä on sitä suojaavan suojalaitteen virta-aikaominaiskäyrän yläpuolella kaikilla odotettavilla oikosulkuvirran arvoilla. Eniten laukaisukäyrän valintaa vaikuttaa kuorman tyyppi. (D1-2012, 260.)

Sulakkeiden ala- ja ylärajakäyrät on määritelty IEC 60269 -standardissa. Tämä standardi sallii sulakkeille suuren toleranssin. Valmistajat saavat sijoittaa omien sulakkeidensa sulamisvirtakäyrät vapaasti standardissa olevan käyrän sisään. Mitoituksessa on hyvä käyttää IEC:n antamaa käyrää, koska silloin voidaan jatkossa käyttää vapaasti eri valmistajien sulakkeita. (Ols-Consult Oy 2015.)

Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrät ovat määritelty IEC 60898 - ja 60947-2 -standardeissa. Standardissa on määritelty ylä- ja alarajakäyrät samalla tavalla kuin sulakkeille. Johdonsuojia on viidellä erilaisella laukaisukäyrällä, jotka ovat B, C, D, K ja Z. Valmistajat yleensä ilmoittavat laukaisukäyrissä myös eri laukaisualan tasa- ja vaihtovirrälle. (D1-2012, 258.)



Kuva 2. ABB MCB S 280 -tasavirrälle suunnitellun johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrä B (ABB Oy)

B-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu resistiivisille kuormille. Tällaisia ovat esimerkiksi valaistus ja lämmitysryhmät. B-tyyppi soveltuu myös pistorasiaryhmille, kunhan ryhmään ei kytketä suuria käynnistysvirtoja ottavia laitteita.

C-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu lievästi induktiivisille ja resistiivisille kuormille, kuten lämmitys- ja pistorasiaryhmille. C-tyyppi kestää paremmin käynnistysvirtoja kuin B-tyyppi, mutta se ei suojaa johtoja niin hyvin oikosulkuvirroilta.

D-tyypin johdonsuojakatkaisija on tarkoitettu erittäin induktiivisille kuormille, joissa on suuret käynnistysvirrat. Se soveltuu esimerkiksi moottorikäyttöjen suojaukseen.

K-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu myös induktiiviselle kuormalle esimerkiksi moottoreiden ja muuntajien yhteyteen. Sitä käytetään yleensä teollisuuden asennuksissa.

Z-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu käytettäväksi virtapiireissä, joissa on puolijohteita, kuten diodeissa, tyrstoreissa sekä piireissä, joissa on erittäin pieni oikosulkuvirta. (D1-2012, 258.)

### 3.6 Selektiivisyys

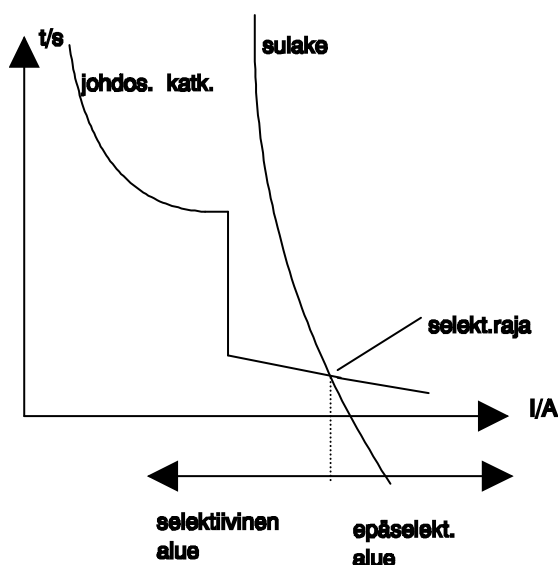
Selektiivisyydellä tarkoitetaan syöttösuunnasta lähinnä vikapaikkaa olevan ylivirtasuojan toimimista niin, että se erottaa mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Vikapaikasta riippuva oikosulkuvirta kulkee kaikkien sitä edeltävien oikosulkusuojien läpi. Selektiivisyys saavutetaan, kun mikään lauennutta suojaa edeltävistä suojusta ei laukea. Selektiivisyydelle ei ole asetettu standardeissa mitään vaatimuksia. Etenkin sähköasemilla selektiivisyyden toteutuminen on tärkeää, koska esimerkiksi ohjauspiirissä tapahtuva vika ei saisi laukaista koko ohjaustaulun sähköä. (Ruppa 2001.)

Selektiivisyyttä tarkastellaan normaalisti piirtämällä piirissä sarjassa olevien ylivirtasuojien laukaisukäyrät samaan virta-aika koordinaatistoon. Ylivirtasuojien toiminta

on selektiivistä, jos niiden laukaisukäyrät eivät leikkaa eivätkä sivua toisiaan. Usein käytetään 100 ms:n varmuusmarginaalia etenkin sulakkeissa. Valmistajat usein myös julkaisevat omista tuotteistaan selektiivisyystaulukoita, joista on nopea selvittää, toteutuuko selektiivisyys. (Ruppa 2001.)

Laukaisukäyriä vertailtaessa tulee käyttää jälkimmäisen ylivirtasuojan ylijarakäyrää ja edellisen ylivirtasuojan alarajakäyrää. Täydellisen selektiivisyyden tavoittelu ei ole aina tarpeen, ja se voi johtaa turhaan ylimitoitukseen. (D1-2012, 265.)

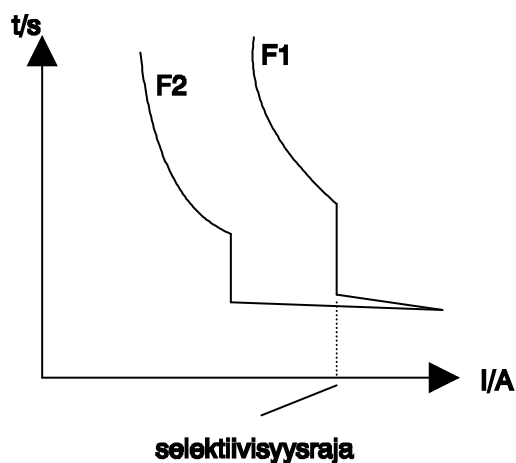
Jos ylivirtasuojina on ensin sulake ja sen jälkeen johdonsuojakatkaisija, laukaisukäyrät leikkaavat aina jollakin ylivirran arvolla. KytKentä ei siis ole koskaan täysin selektiivinen. Tässä tapauksessa tilannetta kutsutaan osittain selektiiviseksi. KytKentä on kuitenkin käytännössä selektiivinen, jos piirin maksimi oikosulkuvirta ei ylitä laukaisukäyrien leikkauspisteen virta-arvoa. (Ruppa 2001.)



Kuva 3. Osittain selektiivinen tilanne, kun peräkkäisinä suojina on johdonsuojakatkaisija ja sulake (Ruppa 2001)

Kahden johdonsuojakatkaisijan peräkkäinen kytkentä ei ole selektiivinen, mikäli oikosulkuvirta jälkimmäisen katkaisijan takana on niin suuri, että molemmat johdonsuojat menevät magneettisen pikalaukaisun alueelle. Molempien johdonsuojien men-

nessä magneettiselle laukaisulle on laukaisujärjestys satunnainen eli epäselektiivinen. Selektiivisyys toteutuu, mikäli katkaisijoiden välisen johdon resistanssi ja jälkimmäisen johdonsuojan resistanssi vaimentavat oikosulkuvirtaa niin paljon, ettei edellä oleva johdonsuoja laukea magneettisesti. (Ruppa 2001.)



Kuva 4. Kahden johdonsuojakatkaisijan selektiivisyyden tarkastelu (Ruppa 2001)

### 3.7 Asennustavasta johtuvat korjauskertoimet

Johdon kuormitettavuuteen vaikuttavat eristemateriaali, johdinmateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden virtapiirien läheisyys. Virran aiheuttaman lämmön luovuttamiskyky määrää johdon kuormitettavuuden. Todellinen kaapelin kuormitettavuus saadaan kertomalla kuormitettavuustaulukosta saatu virta-arvo tarvittavilla korjauskertoimilla. Johdon kuormitettavuus katsotaan standardin SFS 6000-5-523 -kuormitettavuustaulukoista. (D1-2012, 216.)

Kuormitettavuustaulukot on ilmoitettu tietyssä lämpötilassa. Jos ympäristön lämpötila poikkeaa 25 °C lämpötilasta ilmassa ja 15 °C maassa, tulee käyttää korjauskerrointa. Maa-asennuksissa myös maan lämmönjohtavuudella on merkitystä johdon kuormitettavuuteen. Kuiva hiekkainen maa on paljon huonompi johtamaan kaapelista vapautuvaa lämpöä kuin kostea savi. Lisäksi mitoitettavan kaapelin lähellä voi olla muita kuormitettuja kaapeleita, jotka tulee ottaa huomioon kaapelin kuormitusta laskehtaessa. Jos kaapelihyllyjä on asennettu päällekkäin, löytyy standardin taulukosta B52.21 sille oma korjauskerroin. Kaapelihyllyjen pystysuoran etäisyyden toisistaan



tulee olla vähintään 300 mm ja 20 mm seinästä. Jos etäisyys on pienempi, tulee korjauskerrointa pienentää. (D1-2012, 223.)

Taulukoista arvoja katsottaessa on hyvä muistaa, että kertoimet soveltuvat samanlaisille kaapeleille, jotka ovat samalla tavalla kuormitettuja kaapeliryhmiä. Samoja kertoimia sovelletaan monijohdinkaapeleille ja kahden tai kolmen yksijohdinkaapelin ryhmiin. Vierekkäisistä piireistä johtuvia korjauskertoimia ei tarvitse käyttää, jos lähkeäin olevien kaapeleiden etäisyyden ollessa toisistaan on kaksi kertaa niiden halkaisija. Useampia korjauskertoimia käytettäessä kerrotaan kertoimet keskenään, jolloin saadaan kokonaiskorjauskerroin. (D1-2012, 225.)

### 3.8 Akustot

Sähköasemalla käytetään paikallisakkuja varmistamaan katkoton tehonsyöttö myös silloin, kun verkkosähköä ei ole saatavissa. Paikallisakut ovat tehty kestäväksi jatkuvaan ylläpitovarausta useiden vuosien ajan. Normaali autoissa käytetty käynnistysakku kestää ylläpitovarausta vain 1 -2 vuotta, mikä tekee niistä sopimattomia paikalliskäyttöön. (ST 52.30.02 2003, 1.)

Paikallisakkuratkaisuna perinteisesti on käytetty avointa lyijyakustoa. Niitä käytetään edelleen käyttökohteissa, jossa vaaditaan erittäin korkeaa sähkönsyötön luotettavuutta. Lisäksi käytössä pitää olla avoimien akkujen vaatima luonnollisella riittävällä ilmanvaihdon varustettu akkuhuone. Uudiskohteissa lähes poikkeuksetta käytetään suljettuja lyijyakustoja. Suljettujen akustojen etuja ovat vähäinen huollon ja tilan tarve sekä niiden purkausominaisuudet. Suljettujen akustojen haittoja ovat vaikeampi kunnonvalvonta ja avoimia akkuja lyhyempi käyttöikä. (ST 52.30.02 2003, 2.)

Yleensä akkukäytöt mitoitetaan vakiotehokuormalle. Mitoituksessa käytetään hyväksikäyttäjän julkaisemia vakiotehopurkaustaulukoita, jossa on annettu akuston tehonsyöttökyky. Mitoituksessa tarvittavia lähtötietoja ovat varmistusaika, DC-teho, minimijännite sekä kennolukumäärä. Jos kennolukumäärää ei tiedetä, pitää tietää maksimijännite, josta pystytään laskemaan kennomäärä. (ST 52.30.02 2003, 2.)

Akkuihin varastoitunut energia voi myös vapautua vahingossa ja hallitsemattomasti napojen välisen oikosulun vuoksi. Suuren virran aiheuttama lämpeneminen voi aiheuttaa kipinöintiä, metallin sulamista, höyrystä elektrolyysiä tai aiheuttaa jopa räjähdysten. Akut tulee aina suojata sulakkein ja mahdollisesti kytkimellä, jolla akuston voi erottaa järjestelmästä. Akkusulakkeet tulee sijoittaa niin lähelle akun napoja kuin mahdollista. Oikosulkusuojana voidaan myös käyttää akuston keskipistesulaketta, joka katkaisee sekä +- ja -piirin vikatapauksessa. (Ols-Consult Oy 2015.)

### 3.9 Akkupiirien suojauksen ominaisuudet

Sähköasemalla varmennettu jakeluverkko on identtinen normaalin verkon kanssa. Akkuvarmennetun verkon suojauksessa pätevät samat ehdot ja olosuhteet, kuin normaaliin verkkoon. Poikkeuksena on se, että akkuvarmennetun syötön vikavirran syöttökyky on pienempi kuin normaalissa syöttötilanteessa. Suojalaitteiden toiminta-asettelu on määritettävä siten, että ne toimivat myös akkuvarmennetun syötön kanssa. (ST-Käsikirja 20 2005, 151.)

Tasasähköjärjestelmässä esiintyvä oikosulkuvirta riippuu akun ominaisuuksista ja tilasta sekä piirien resistansseista. Lähtökohtana pidetään sitä, että sulakkeet on saatava palamaan myös vajaavaraustilassa. Akuston kyky syöttää oikosulkuvirtaa on 150 - 200 kertaa 10 tunnin purkausvirta, kun varaustila on täysi. Oikosulkuvirta 50 %:n varaustilassa putoaa noin 70 – 80 %:iin täydestä varaustilasta. Akun vanhetessa sen sisäinen resistanssi kasvaa, joka pienentää sen oikosulkuvirran syöttökykyä. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että akun sisäinen resistanssi kasvaa 15 vuodessa kaksinkertaiseksi. (ST-Käsikirja 20 2005, 166.)

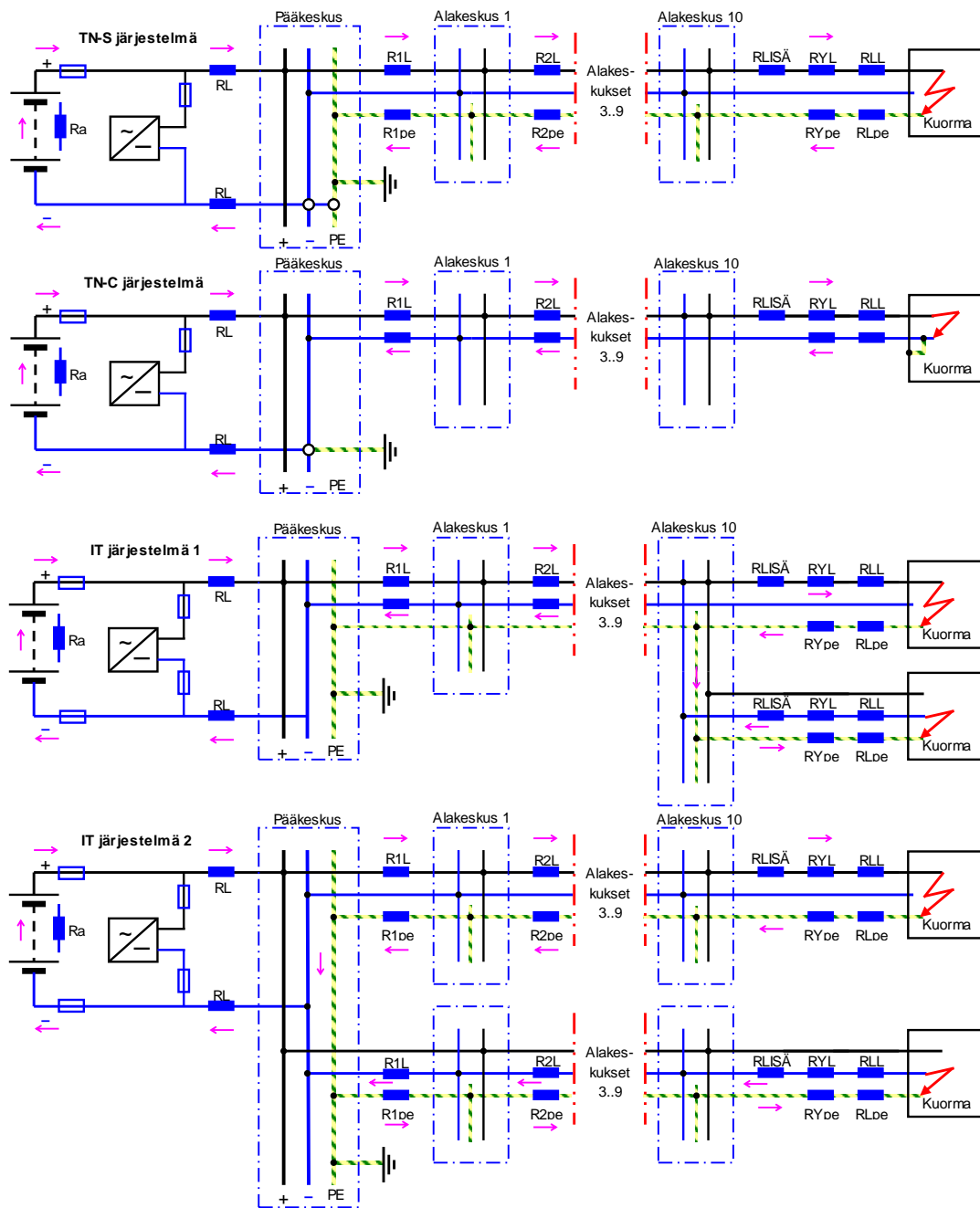
Oikosulkusuojaus tasasähköpiireissä toteutetaan sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. Kiskostoilta lähtevillä syötöillä on omat ylivirtasuojansa. Akuston pääsulakkeet on mitoitettu niin, että palavat vain tasasähkökeskuksen kiskoston oikosulussa. Tasasähkön jakelu on hyvä toteuttaa säteittäisenä. Selektiivisyyden takia ei ole hyvä käyttää kahta johdonsuojakatkaisijaa peräkkäin. (ST-Käsikirja 20 2005, 166.)

## 4 AKKU-OHJELMAN KÄYTTÖ

Akku-ohjelmalla voidaan mitoittaa akuilla syötettyä DC -verkkoa. Ohjelma laskee keskuksien minimi- ja maksimioikosulkuvirrat, johtojen kuormitettavuuden, johtojen suurimman sallitun sulakkeen nimellisvirran silloin, kun sulake toimii oiko- ja yli-kuormitussuojana. Lisäksi ohjelmalla voidaan laskea ryhmä- ja liitäntäjohtojen maksimipituudet laukaisuehtojen mukaisesti, johtojen lyhytaikainen virtakestoisuus ja oikosulkusuojien läpi pääsevät  $I^2t$  -arvot. Ohjelma ilmoittaa myös PE-jatkuvuusmittauksessa tarvittavat resistanssi arvot sekä akkujen, johtojen ja keskuksien jännitteen aleneman prosentteina verkon nimellisjännitteestä. (Ols-Consult Oy 2014.)

### 4.1 Maadoitustavan valinta

Ohjelmassa on mahdollisuus valita neljä erilaista maadoitustapaa, jotka ovat TN-S, TN-C, IT1 ja IT2. TN-S-järjestelmässä miinus ja maadoituskiskot on yhdistetty pääkeskuksella, josta eteenpäin ne jatkuvat erillisillä johtimilla. TN-C-järjestelmässä ei ole erillistä suojajohdinta, vaan se on yhdistetty miinus johtimeen. IT-järjestelmät ovat ns. ”kelluvia” eli kumpikaan äärijohtimista ei ole normaalitilanteessa yhteydessä maahan. IT1- ja IT2-järjestelmien ero on piirien toteutustavassa. IT1-järjestelmässä vikavirran reitti on lyhyempi, jolloin se sallii pidemmät kaapelipituudet. Sähköasemilla maadoitukset on usein tehty IT1-järjestelmän mukaisesti.



Kuva 5. Ohjelmassa käytettävät maadoitusjärjestelmät (Ols-Consult Oy 2015)

#### 4.2 Akuston tietojen syöttö

Laskennan kannalta tärkeimmät akustosta selvitettävät arvot ovat akkujen ja kennojen lukumäärä, kennojen maksimi- ja minimijännitteet sekä kennojen sisäinen resistanssi uusille akuille ja vanhoille akuille. Kennojen sisäinen resistanssi pitää muistaa jakaa kahdella, jos akut on kytketty rinnan. Lisäksi on mahdollisuus syöttää akkutyypin, akun nimellijännite sekä akun kapasiteetti, mutta nämä arvot eivät vaikuta

itse laskentaan. Kun akuston tiedot on syötetty, näyttää ohjelma akuston maksimi- ja minimijännitteen ja jännitteen aleneman prosentteina nimellisjännitteestä. Lisäksi akkujen oikosulkuvirran voi tarkistaa syöttämällä kaikkien ryhmäjohtojen pituudeksi 0 m.

Akkutyyppe		Powersafe 12V92F	
Akun Un / kapasiteetti	12 V	92 Ah	
Akkuja / kennoja sarjassa	9 kpl //	54 kpl //	
	Minimi	Maksimi	
Kennon jännite	1,8 V	2,2 V	
Kennon sisäin. resistanssi	0,84 mohm	1,28 mohm	
Minimi ja maksimi jännite	97,2 V	118,8 V	
dUa =	0,41 %	0,63 %	

Kuva 6. Akuston arvojen syöttö

### 4.3 Johtojen lämpötilojen oletusarvot ja kuormitettavuus

Laskennan oletusarvot -kohdasta voidaan muuttaa kuormitettujen johtojen lämpötilojen oletusarvoja, jotka vaikuttavat laskentaan. Ohjelmassa on valmiiksi tallennettuna suositeltavat oletusarvot. Johtimien ja konsentrisen johtimen lämpötilojen arvoja käytetään johtojen lyhytaikaisen virtakestoisuuden sekä ryhmä- ja liitäntäjohtojen pienimmän vikavirran laskuun. Johtimien alkulämpötilaa voi tarvittaessa muuttaa kuormitusvirtojen ollessa pieniä verrattuna johtimien poikkipintaan. On kuitenkin hyvä muistaa, että näiden arvojen muuttaminen vaikuttaa kaikkiin laskennassa oleviin johtimiin.

Jännitekerroin ottaa huomioon oikosulussa olevan vikakohdan ylimenovastuksen, koska oikosulku on harvoin täydellinen eli täysin vastukseton. Oikosulkuvirtojen laskenta lämpötiloja käytetään resistanssien muuttamisen, kun lasketaan maksimi- ja minimoioikosulkuvirtoja. dU-lämpötila-arvot vaikuttavat jännitteen aleneman laskuun käytettyjen resistanssien muuntoon. Oletusarvot saa palautettua alkuperäisiksi painamalla ”INITIAL VALUE” -makroa.

Laskennan oletusarvot	
Johdin	
Loppulämpötila	160 °C PVC
Alkulämpötila	70 °C PVC
Loppulämpötila	250 °C PEX
Alkulämpötila	90 °C PEX
Konsentrisen PE	
Loppulämpötila	250 °C
Alkulämpötila	60 °C
<b>Jännitekerroin</b>	<b>0,8</b>
Oikosulkuvirtojen laskenta	
Minimi	90 °C
Maksimi	20 °C
dU lämpötilat	
PVC	50 °C
PEX	70 °C
Oletusarvojen palautus	
<input type="button" value="INITIAL VALUE"/>	

Kuva 7. Laskennan oletusarvot

Kaapelien kuormitettavuuden laskentaan voidaan käyttää SFS 6000 -standardin menetelmää E tai IEC 60364 -standardin menetelmää E. Asennustavasta tai ympäristön lämpötilasta johtuvat korjauskertoimet syötetään ohjelmalle johtokohtaisesti.

Kuormitettavuus Iz
<input type="text" value="SFS 6000"/>
Menetelmä E (ilmassa)
Ympäristö lämpötila 25 °C
Johdinlämpötila
PVC 70 °C; PEX 90 °C
SFS: 4 kuorm. johdinta
IEC: 2 kuorm. johdinta

Kuva 8. Kaapelien kuormitettavuuden valinta

#### 4.4 Pääkeskus ja alakeskukset

Pääkeskus -kohdasta valitaan laskuissa käytettävä maadoitusjärjestelmä. Maadoitusjärjestelmän tyyppi vaikuttaa paljon oikosulkuvirtoihin ja se taas vaikuttaa johtojen pituuksiin, joten on tärkeää selvittää oikea maadoitusjärjestelmä huolellisesti. Verkon nimellisjännite arvoa käytetään jännitteen aleneman laskentaan. Kuormitusvirtaan voidaan ilmoittaa keskuksen kuormitusvirta, jolloin ohjelma laskee keskuskiskoston

jännitteen aleneman. Myös alakeskusten virrat summautuvat pääkeskuksen  $\Sigma I_b$ -virtaan.

Pääkeskus		R20 2,3 mohm	
Maadoitusjärjestelmä	IT 1	+	-
Verkon nimellisjännite	110 V	110 V IT 1	PE x
Keskuksen oikosulkuvirrat	1037 A min	2378 A max	dU <sub>max</sub> 1,01 %
Kuormitusvirta	10 A	$\Sigma I_b$ 15 A	dU <sub>max</sub> -dU <sub>a</sub> 0,07 %

Kuva 9. Pääkeskuksen arvojen asettelu

Tuloksena saadaan keskuksen maksimi- ja minimoikosulkuvirrat. Maksimioikosulkuvirtaa voidaan käyttää keskuksen mitoitukseen. Lisäksi ohjelma laskee maksimijännitteen aleneman dU<sub>max</sub>, jossa on mukana akuston maksimijännitteen alenema. dU<sub>max</sub>-dU<sub>a</sub> -arvossa ei ole mukana akuston jännitteen alenemaa.

#### 4.5 Johtojen arvojen syöttö

Johtimien materiaali, eristysmateriaali ja poikkipinta valitaan ensimmäisen rivin valikoista. Toisen rivin valikosta valitaan PE-johtimen tyyppi ja poikkipinta-ala. Ohjelma ilmoittaa myös jos äärijohtimien ja PE-johtimien suhde on epälooginen, mutta se ei vaikuta laskentaan.

Johtoja voi myös valita useamman rinnakkain, mutta yli kahden johdon rinnan kytkennässä kuitenkin saattaa laskuun tulla epätarkkuutta. Käytännössä yli kahden johdon rinnan kytkennät ovat harvinaisia. Jos rinnan kytketyn lisämaadoitusjohtimen poikkipinta on eri kuin varsinaisessa syöttävässä johdossa, voidaan tasavirralla johtimen poikkipinnaksi valita lähin yhteenlaskettu poikkipinta.

Syöttävä johto 1		Rinnan kpl	
Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	6	1
PE johdin / poikkipinta	Konsentr. Cu	6	1
Pituus	10 m		dU <sub>cab</sub> 0,31 %
Korjauskertoin k =	0,73	l <sub>z</sub> = 33 A SFS	RL20 30,8 mohm
Maks. sulake ylikuorm.suojana	25 A gG		R <sub>pe20</sub> 30,8 mohm

Kuva 10. Johtojen arvojen syöttö

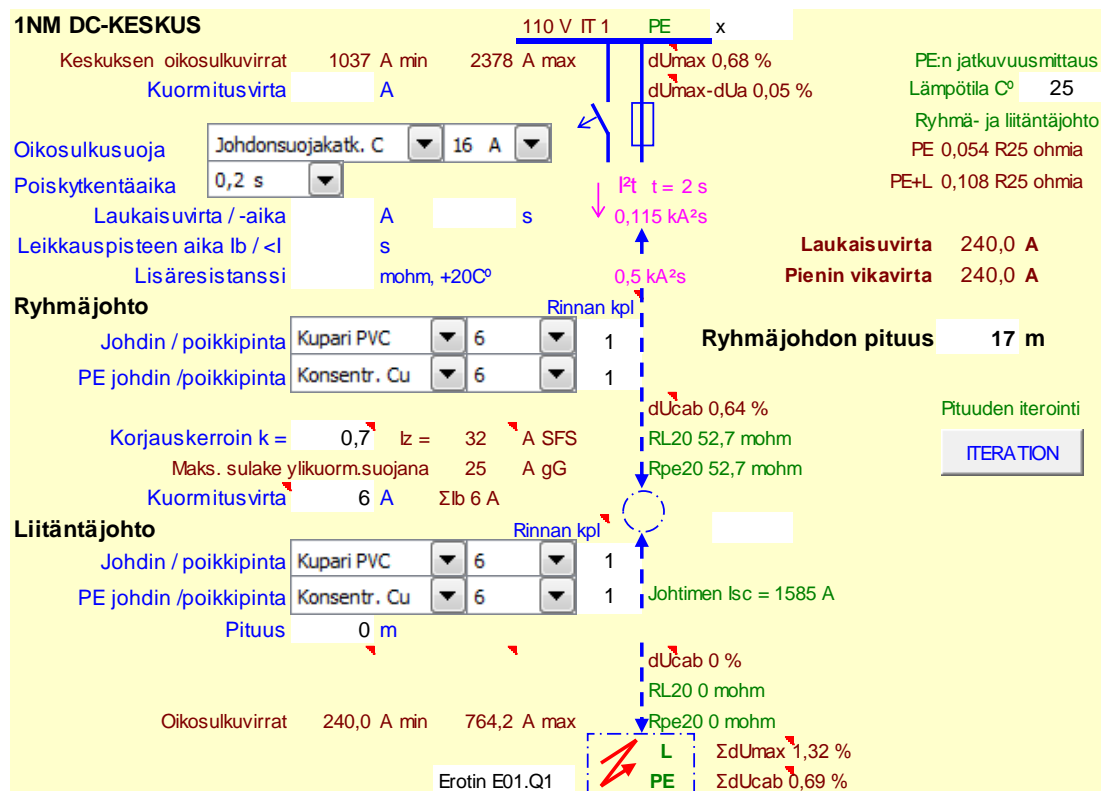
Johdon pituus asetetaan pituussoluun. Jättämällä solu tyhjäksi tai asettamalla pituudeksi 0 lasku ei ota johtoa huomioon. Korjauskertoimella  $k$  voidaan asettaa johdon asennustavasta johtuva korjauskerroin. Arvojen asettelun jälkeen ohjelma ilmoittaa kaapelin kuormitettavuuden eli  $I_z$ -arvon, kaapelin jännitteen aleneman, johtimien aiheuttaman resistanssin piiriin sekä suurimman sallitun sulakkeen, joka täyttää SFS 6000 -vaatimukset ylikuormitussuojana.

#### 4.6 Poiskytkentäehtojen tarkistus

Poiskytkentäehtojen tarkistamiseksi tulee valita ryhmäjohtoa suojaavan oikosulkusuojan tyyppi ja sen nimellisvirta. Oikosulkusuojia on valittavana 11 erilaista. Sulakkeita on valittavana kahdella laukaisukäyrällä. Toinen on IEC-standardin gG-sulakkeen ylärajakäyrä ja toinen vaihtoehto on ABB OFAA\_GG -sulakkeen ylärajakäyrä. Johdonsuojakatkaisijat noudattavat standardien mukaisia tasavirralla annettuja magneettisen laukaisun ylärajakäyriä.

Ohjelmassa on nykyisin johdonsuojakatkaisijoissa käytetyt B-, C-, D-, K- ja Z-laukaisukäyrät. Lisäksi löytyy ABB:n erityisesti tasavirralla suunnitellut S28x UC johdonsuojakatkaisijat B-, K- ja Z-laukaisukäyrillä. Lisäksi on vapaa valinta mahdollisuus minkä tahansa oikosulkusuojan määrittämiselle. Suojasta ilmoitetaan laukaisuvirta ja -aika. Suojan läpi päästämä  $I^2t$  pystytään laskemaan, kun ilmoitetaan ylikuormitussuojan ja ylivirtasuojan ylärajakäyrien leikkauspisteen aika. Sulakkeilla poiskytkentäaikaa voidaan muuttaa välillä 0,1- 5 sekuntia. Johdonsuojakatkaisijoilla aika on aina vakio 0,2 sekuntia.





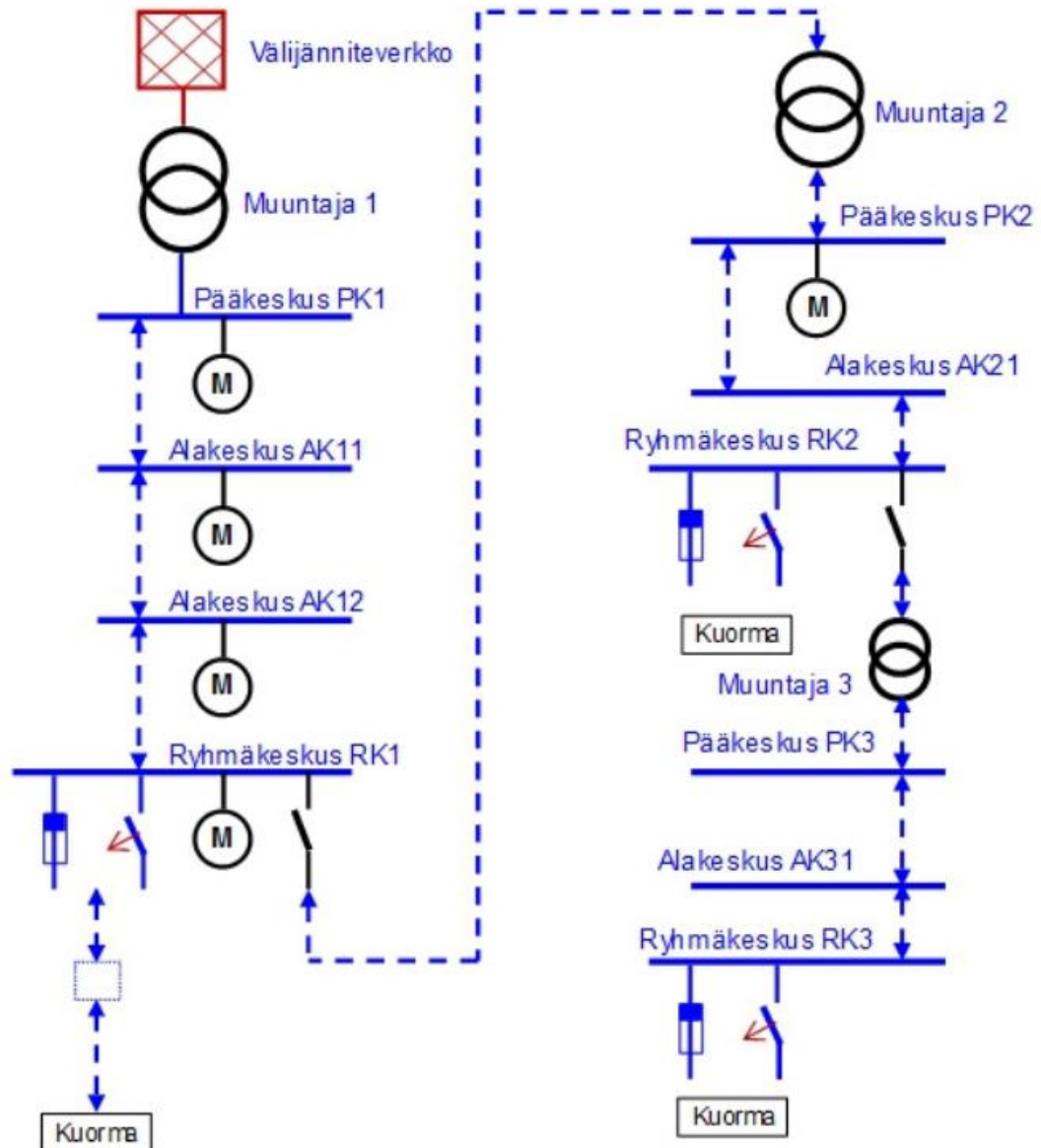
Kuva 11. Poiskytkentäehtojen tarkistus Akku-ohjelmalla

Ohjelmaan syötetään ryhmäjohton ja mahdollisen liitäntäjohton tiedot. Tämän jälkeen syötetään ryhmäjohton pituus tai se voidaan iteroida pienimmän vikavirran mukaan, jolloin ohjelma näyttää pisimmän ryhmä- ja liitäntäjohton yhteispituuden. Iterointi tapahtuu ”ITERATION” -makrosta.

Ohjelma näyttää johdon päässä olevan maksimi- ja minimoikosulkuvirrat, johdossa tapahtuvan jännitteen aleneman, jännitteen aleneman johdon päässä akusto huomioiden sekä ilman akuston huomioimista, oikosulkusuojan laukaisuvirran ja oikosulkusuojasta läpi pääsevä lyhytaikainen virta  $I^2t$ . Lisäksi ohjelma ilmoittaa ryhmä- ja liitäntäjohtojen PE-johtimen sekä PE + äärijohdin vastusarvot jatkuvuusmittauksen vertailuarvoiksi.

## 5 MITOITUS-OHJELMAN KÄYTTÖ

Mitoitus-ohjelma on kehitetty sähkösuunnittelijan perustyökaluksi sähköverkon mitoitukseen. Ohjelmalla voidaan laskea maksimi- ja minimoikosulkuvirrat verkon eri osissa, ryhmäjohtojen maksimipituudet niin, että poiskytkentäehdot täyttyvät, johtojen jännitteen alenema annetulla kuormitusvirralla, johtojen sallittu Iz-kuormitettavuus, johdon sallittu kuormitettavuus jaksoittaisella kuormalla, jatkuvuusmittauksen tarkastusta varten ryhmäjohtojen PE- ja PE+L-resistanssiarvot, oikosulkumoottorin käynnistyksessä syntyvän jännitteen alenema, sulakkeiden selektiivisyys sekä paljon muita mitoituksen kannalta tärkeitä arvoja. Oikosulkuvirrat ohjelmassa lasketaan IEC 60909 -standardin sääntöjen mukaisesti. Ohjelma antaa oletusarvot kaikille komponenteille, joille se on mahdollista. Maadoitusjärjestelmiä ohjelmassa on valittavana kaksi: TN ja IT. (Ols-Consult Oy 2015.)



Kuva 12. Yksinkertainen kuva Mitoitus-ohjelman verkosta (Ols-consult Oy 2014)

### 5.1 Verkon laskenta

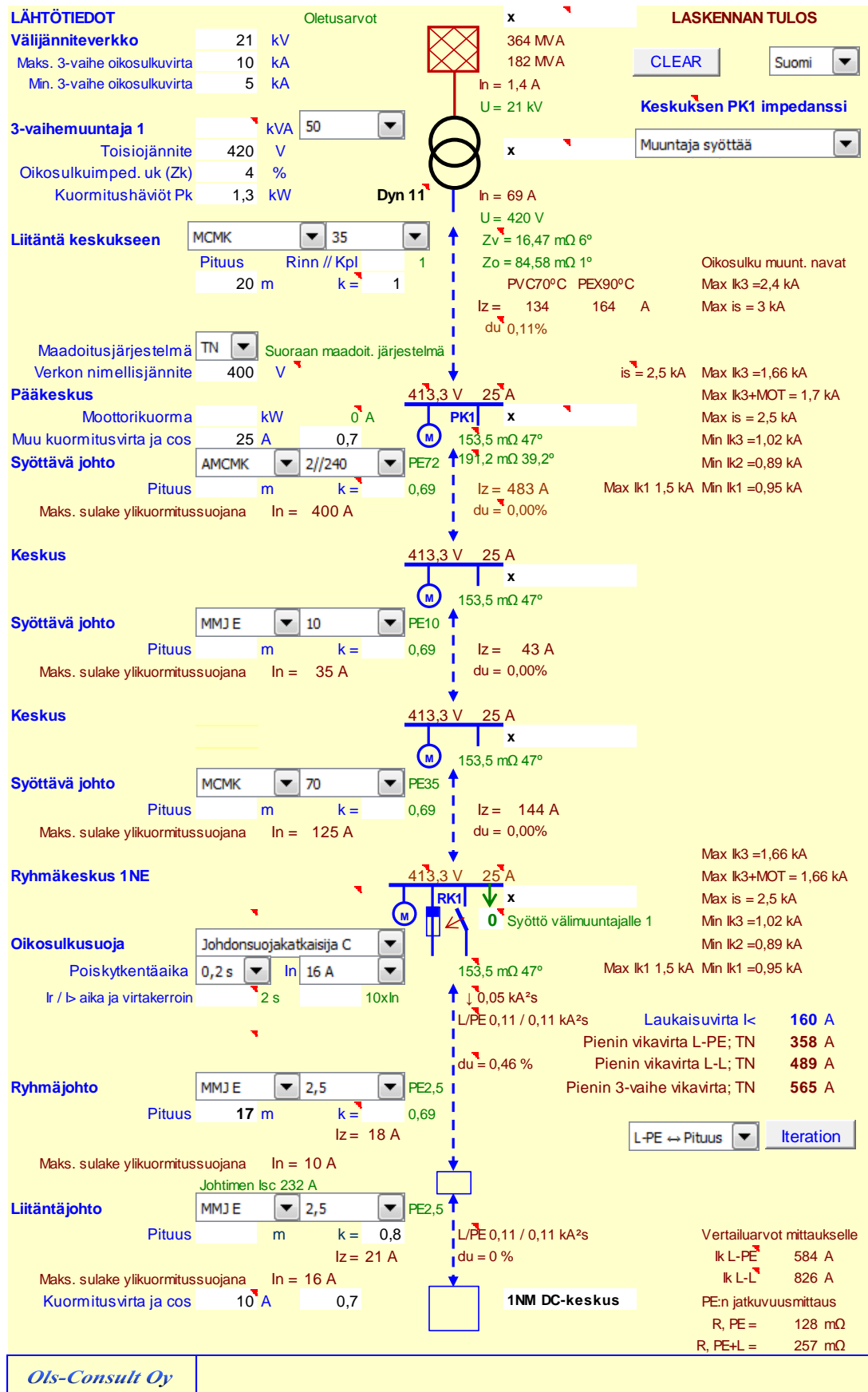
Ohjelman käyttö oli hyvin nopea oppia varsinkin, kun olin käyttänyt Akku-ohjelmaa entuudestaan. Arvojen syöttö tapahtuu pitkälti samalla tavalla, mutta lisäksi syötettäviin arvoihin tulee mukaan syöttävän verkon tiedot, muuntajan arvot sekä kuormien tehokertoimet. Muuntaja voidaan myös korvata antamalla syöttävän verkon oikosulkum impedanssi tai oikosulkuvirta.

Välijänniteverkosta tarvittavia tietoja ovat jännite sekä maksimi- ja minimioikosulkuvirrat. Muuntajasta tarvittavia arvoja ovat muuntajan nimellinen teho, toisiojännite, oikosulkuimpedanssi sekä kuormitushäviöteho. Aina näitä kaikkia arvoja ei ole tiedossa, silloin voidaan käyttää ohjelman antamia oletusarvoja. Tämän jälkeen valittavana on liitântä pääkeskukseen. Vaihtoehtoina on MCMK, AMCMK, Al- tai Cu-kiskosilta sekä Al- tai Cu- yksijohdinkaapeli. Lisäksi valitaan verkonmaadoitustapa ja ilmoitetaan nimellisjännite.

Pääkeskukseen pystytään lisäämään moottorikuormaa, joka käytännössä vikatilanteessa syöttää oikosulkuvirtaa verkkoon päin. Tämä otetaan myös huomioon ohjelman oikosulkuvirran laskennassa. Lisäksi voidaan lisätä muuta kuormaa ilmoittamalla kuormitusvirta ja tehokerroin.

Johtojen asettelu tapahtuu valitsemalla johdon tyyppi, poikkipinta-ala, pituus ja asennustavasta johtuva korjauskerroin. Kaapelivalikosta löytyvät yleisimmin käytetyt kaapelit ja poikkipinnat. Johtoa ei oteta huomioon laskuissa jos sen pituudeksi asetetaan 0 tai solu jätetään tyhjäksi.

Ryhmäkeskus-kohdasta valitaan ryhmäjohtoa suojaava laite ja sen nimellistoimintavirta. Vaihtoehtoina on katkaisija, IEC-laukaisukäyrän mukaiset aM- ja gG-sulakkeet, yhdeksän eri valmistajien sulaketta sekä johdonsuojakatkaisijat B-, C-, D-, K- ja Z-laukaisukäyrillä. Sulakkeilla voidaan laukaisuaika valita väliltä 0,1- 5 s. Johdonsuojakatkaisijoilla aika on aina vakio 0,2 s. Katkaisija-valinta tarkoittaa käytännössä katkaisijan ja sitä ohjaavan suojareleen käyttöä ja ohjelmalle annetaan silloin ylivirtalaukaisun asetteluarvo, sen toleranssi ja ylikuormitusasettelun ja ylivirta-asettelun leikkauspisteen aika.



Kuva 13. Sähkösaman tasasuuntaajan AC- syötön mitoitus esimerkki Mitoitus-ohjelmalla

Suojauksen määrittelyn valinnan jälkeen annetaan ryhmäjohton tiedot, mahdollinen liitäntäjohto sekä johdon kuormitus normaalitilanteessa. Ohjelmalle voidaan syöttää ryhmäjohton pituus, jolloin se laskee johdon päässä olevan vikavirran. Ohjelmalla voidaan myös iteroida maksimipituus ryhmäjohtolle, niin että laukaisuehdot täyttyvät annetulla suojalaitteella.

Tuloksina saadaan ryhmäjohton pienin vikavirta vaiheen ja maadoituksen välillä L-PE, pienin vaiheiden välinen vikavirta L-L, pienin kolmivaiheisen oikosulun vikavirta sekä johtoa suojaavan suojan laukaisuvirta. Pienimmän vikavirran tulee olla vähintään suojan laukaisuvirta-arvon suuruinen, jotta suojaus toimii oikein annetulla poiskytkentäajalla. Suhteellinen jännitteen alenema dU näkyy ryhmäjohtokohtaisesti johdon vierellä. Ohjelma ilmoittaa maksimi gG-tyypin sulakkeen, jota voidaan käyttää ylikuormitussuojana valitulle johdolle.

Kaikista käytössä olevista keskuksista ohjelma antaa monia eri oikosulkuvirta-arvoja. Max Ik3 on maksimioikosulkuvirta keskuskiskoston oikosulussa. Tätä arvoa voidaan käyttää keskuksen ja laitteiden termisen 1 s:n oikosulkuvirran mitoitusarvona. Arvoa voi myös käyttää suojien laukaisuarvon määrittämiseen. Tässä arvossa ei ole mukana moottorien syöttämää oikosulkuvirtaa, vaan sille ilmoitetaan oma arvonsa Max Ik3+MOT. Max is eli sysäyoikosulkuvirta-arvoa tulee käyttää mitoitettaessa keskuksien ja laitteiden dynaamista oikosulkukestävyyttä. Minimioikosulkuvirta arvoja tulee käyttää suojien asettelussa. Ohjelmassa näkyy myös kuormitettuna laskettu käyttöjännite keskuksien kiskostolla.

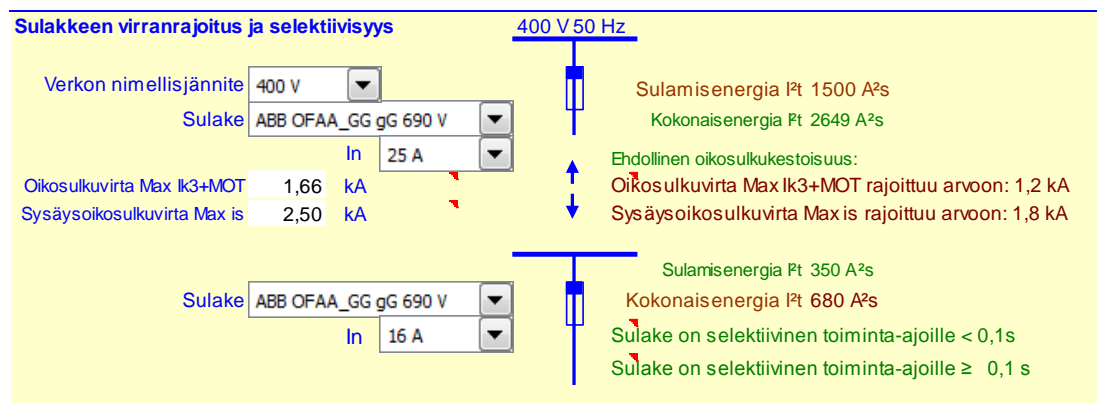
Ohjelma antaa myös Max Ik3 - ja is-arvon muuntajan navoilla tapahtuvassa oikosulussa. Tällä arvolla voidaan mitoittaa mm. kiskosilta sekä mahdolliset muuntajan lähelle sijoitetut virtamuuntajat. Myös muuntajavalmistaja tarvitsee nämä arvot mitoituksiin.

Syöttö välimuuntajalle kohdasta vaihtamalla arvo 0→1 kytkeytyy silloin TULOS\_2-lehdellä oleva muuntaja kiinni verkkoon. Laskenta tapahtuu edellä käydyn kaavan mukaisesti.

## 5.2 Sulakkeen virranrajoitus ja selektiivisyys

Ohjelmassa on osio, jolla voidaan tarkistaa sulakkeiden selektiivisyyden toteutumisen.

Ohjelmasta valitaan verkon nimellisjännite sekä sulakkeet ja niiden nimellisvirrat, joiden selektiivisyyttä halutaan tarkastella. Sulakevalikosta löytyy neljä ABB:n, kolme Siemensin ja kaksi IFÖ:n sulakemallia. Ilmoitetaan ohjelmalle ryhmäkeskukseen oikosulkuvirta Max  $I_{k3+MOT}$  ja sysäysoikosulkuvirta  $i_s$ , jotka ovat oletuksena Ryhmäkeskus 1:n arvot.



Kuva 14. Sulakkeen selektiivisyyden tarkastelu

Ohjelma ilmoittaa onko sulake selektiivinen toiminta-ajoille  $< 0,1s$  ja  $\geq 0,1s$ . Näistä ensimmäinen eli pienempi toiminta-aika tarkoittaa oikosulkuselektiivisyyttä ja suurempi tarkoittaa ylikuormitus-selektiivisyyttä, jossa ohjelma edellyttää 5 %:n marginaalia.

Sulake ei ole selektiivinen toiminta-ajoille  $< 0,1s$

Sulake ei ole selektiivinen toiminta-ajoille  $\geq 0,1s$

Kuva 15. Ohjelman ilmoitus kun selektiivisyys ei toteudu

### 5.3 Ohjelman muita ominaisuuksia

Ohjelmassa on myös muita hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten valaisinryhmän jännitteen aleneman lasku, jossa pystytään laskemaan valaisinasennuksen jännitteen alenema valaisimien arvoista, niiden lukumäärästä ja kaapeleiden pituudesta.

Ohjelmalla pystytään myös laskemaan muuntajan ottama kytkentäsysäysvirta, moottorin käynnistyksessä ottama virta sekä vaihtojänniteverkon peruslaskuja esim. virralle, impedanssille, resistanssille ja reaktanssille.

## 6 VSV LAPIN SÄHKÖASEMAN MITOITUKSEN TARKASTELU

Vakka-Suomen Voiman Lapin sähköaseman tasasähköpiirit valittiin aloituspalaverissa ohjelman testaamisen kohteeksi. Uusi asema ja kytkinkenttä rakennetaan vanhan aseman vierelle. Asemalle uusitaan kaikki ulkokentän kojeet ja sinne on toimitettu uusi asemarakennus VEKE 24 -kojeistolla. Aseman pääurakoitsija on VEO ja sen on tarkoitus olla käyttökunnossa 2015 toukokuun loppuun mennessä.

Aseman tasasähkökeskus on malliltaan Efore OPUS C 110, joka on varustettu kahdella MRC 110 1600W/14,5A -tasasuuntaajalla. Järjestelmä on varustettu Vidi+-valvontayksiköllä, mikä valvoo järjestelmän toimintaa ja välittää hälytykset käyttäjälle. Akustona toimii yhdeksän kappaletta sarjaan kytkettyä PowerSafe 12V92F -etunapa-akkua. Yhden akun nimellisjännite on 12 V ja kapasiteetti 92 Ah. Tasasuuntaajat, valvontayksikkö ja akut on asennettu 2000x600x600 vapaalla ilmanvaihdolla varustettuun kaappiin. Järjestelmän nimellisjännite on 110 V ja maadoitustapa on kelluva eli IT.



## 6.1 Lähtötiedot

Mitoitus pystytään tekemään vain riittäväillä lähtötiedoilla. Mitä enemmän lähtötietoja on käytettävissä, sitä tarkemmin mitoitus onnistuu. Jos jotakin lähtötietoa ei ole saatavissa, pitää käyttää oletusarvoa tai arviota.

Kaapelien pituudet mitattiin sähköaseman putkituskuvista sekä asemarakennuksen johdotuskuvista. Samoista kuvista selvitettiin kaapelien asennustapa korjauskertomien määrittämistä varten. Kuvat olivat mittakaavassa, joten mittaus onnistui hyvin AutoCAD-ohjelmiston Measure-toiminnolla. Kaapelien poikkipinnat ja tyypit selvisivät piirikaavioista ja kaapeliluetteloista. Johtoja suojaavien sulakkeiden koko ja tyyppi selvitettiin piirikaavioista. Piirien kuormana olevien moottoreiden ja kelojen tiedot etsittiin laitteiden datalehdistä ja kytkentäkuvista. Kuormien tiedot tarvitaan jännitteen aleneman tarkastelua varten.

Selvittää piti myös DC-keskuksen tiedot sekä siihen liitetyn akuston tiedot. Akkuvalmistaja ei osannut sanoa virallista kantaa vanhan akun sisäisen resistanssin kasvulle eikä myöskään yhden kennon resistanssia. Joten käytin akkuvalmistajan katalogista löytynyttä koko akun sisäistä resistanssia. Tästä pystytään laskemaan yhden kennon resistanssi jakamalla se kennojen lukumäärällä eli kuudella. Vanhojen akkujen kennon resistanssi arvioitiin kaksinkertaiseksi. Näiden tietojen perusteella piirrettiin AutoCAD-ohjelmalla DC-jakeluperiaatekuvat (Liite 5), joista mitoituksen tarkastelua on hyvä jatkaa.

## 6.2 Oikosulkutarkastelu

Lapin sähköaseman tasasähköpiirien oikosulkuvirrat laskettiin Akku-ohjelman avulla. Lapin asemalla 110 kV:n korkeajännite piirejä ulkokentällä on yksi. Jos korkeajännite piirejä olisi useampi, yleensä riittää kun lasketaan kauimmaisen erotinmoottorin, lukituspiirin, viritysmoottorin ja ohjauspiirin oikosulkuvirrat. 20 kV:n keskijännitekatkaisijoiden viritysmoottoreiden, ohjaus- ja lukituspiirien oikosulkuvirrat laskettiin kauimmaisen kojeen navoilta.

Ohjelmalla tarkasteltiin oikosulkuvirtoja kaksoismaasulun aikana ja oikosulun aikana. Ohjelma ottaa aina kaksoismaasulun huomioon, kun maadoitustavaksi on valittu IT1. Valittaessa maadoitustavaksi TN-S, ohjelma ei ota huomioon kaksoismaasulkua. Vikavirran oletetaan tällöin menevän äärijohtimesta PE-johtimen kautta maahan. Mahdollisia muita virtateitä laskuissa ei huomioida. Kun kyseessä on 110 V:n järjestelmä, siltä ei standardin mukaan vaadita poiskytkentää kaksoismaasulussa henkilösuojauksen takia (kohta 3.3 Kaksoismaasulku). Tässä esimerkissä riittää siis se, että lasketaan käyttäen TN-S-maadoitustapaa, mutta vertailun vuoksi lasketaan myös IT1-maadoitustavalla.

Akku-ohjelmalla saadut tulokset kaksoismaasulussa löytyvät liitteestä 6. Liitteestä 7 löytyvät TN-S-järjestelmän mukaan saadut tulokset. Piirit on laskettu muuten täysin samoilla arvoilla, vain maadoitustapa on muutettu. Lisäksi laskin erotinmoottorin E01.Q1-syötön oikosulkuvirrat kaksoismaasulussa käsin. Erotinmoottorin syötön ohjelmalla saadut tulokset löytyvät liitteen 7 ensimmäiseltä sivulta.

Laskin minimioikosulkuvirran ohjelmassa käytetyllä tavalla muuttaen johdinten resistanssit ensin maksimikäyttölämpötilaan 70 °C. Maksimioikosulkuvirran laskin samaan tapaan kuin ohjelmassa on laskettu, käyttäen 20 °C:n lämpötilaa.

Johtimien resistanssi voidaan laskea kaapelin tiedoista saatavalla resistanssiarvolla (Liite 3 ja 4). Selvennykseksi kaavoihin on hyvä katsoa kuva 5.

Johtimien resistanssit:

$$R_L = 0,002\text{km} * 1,15 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,0023 \text{ } \Omega$$

$$R_{YL} = R_{Ype} = 0,028\text{km} * 3,08 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,0862 \text{ } \Omega$$

Akuston arvojen lasku:

$$U_{max} = 54 * 2,2\text{V} = 118,8\text{V}$$

$$U_{min} = 54 * 1,83\text{V} = 98,8\text{V}$$

$$R_{amin} = 54 * 0,00084 \text{ } \Omega = 0,0454 \text{ } \Omega$$

$$R_{amax} = 54 * 0,00168 \text{ } \Omega = 0,0907 \text{ } \Omega$$

Maksimioikosulkuvirran laskemiseen käytettiin kaavaa 5.

$$I_{kmax} = \frac{U_{max}}{R_{amin} + 2R_L + R_{YL} + R_{Ype}} \quad (\text{Kaava 5})$$

$I_{kmax}$  = piirin maksimioikosulkuvirta (A)

$U_{max}$  = akuston maksimijännite (V)

$R_{amin}$  = uusien akkujen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_L$  = akkujohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_{YL}$  = ryhmäjohtimen äärijohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_{Ype}$  = ryhmäjohtimen maadoitusjohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$$\frac{118.8V}{0,0454 + 2 * 0,0023 + 0,0862 + 0,0862} = 534,1 A$$

Akku-ohjelmalla saatu tulos oli 534,1 A, joten käsin laskulla päästiin samaan tulokseen.

Minimioikosulkuvirtaan laskettaessa pitää johtojen resistanssit muuttaa ensin 70 °C käyttölämpötilaan kaavalla 6.

$$R_{jT} = [1 + \alpha(T - 20^\circ\text{C})] * R_{T20} \quad (\text{Kaava 6})$$

$R_{jT}$  = johdon lämpötilakorjattu resistanssi ( $\Omega$ )

$\alpha$  = lämpötilan korjauskerroin, kuparille ja alumiinille 0,004/°C

$T$  = lämpötila johdon resistanssi muunnetaan (°C)

$R_{T20}$  = johdon resistanssi 20 °C lämpötilassa ( $\Omega$ )

$$R_{YL} = R_{Ype} = [1 + 0,004(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] * 0,0862 \Omega = 0,1034 \Omega$$

$$R_L = [1 + 0,004(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] * 0,0023 \Omega = 0,0028 \Omega$$

Tämän jälkeen voidaan laskea minimioikosulkuvirta kaavalla 7.

$$I_{kmin} = \frac{c \cdot U_{min}}{R_{amax} + 2R_L + 2R_{YL} + 2R_{Ype}} \quad (\text{Kaava 7})$$

$c$  = jännitekerroin

$I_{kmin}$  = piirin minimoikosulkuvirta (A)

$U_{min}$  = akuston minimijännite (V)

$R_{amax}$  = vanhojen akkujen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_L$  = akkujohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_{YL}$  = ryhmäjohdon äärijohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$R_{Ype}$  = ryhmäjohdon maadoitusjohtimen resistanssi ( $\Omega$ )

$$\frac{0,9 \cdot 98,8V}{0,0907 \Omega + 2 \cdot 0,0028 \Omega + 2 \cdot 0,1034 \Omega + 2 \cdot 0,1034 \Omega} = 174,2 A$$

Akku-ohjelmalla saatu tulos oli 174,2 A, eli tulokseksi saatiin sama.

### 6.3 Jännitteen aleneman tarkastelu

Jännitteen aleneman tarkastelu Akku ohjelmalla pystyttiin tekemään samalla kertaa kuin oikosulkuvirtojen tarkastelu. Ohjelmalla saadut tulokset löytyvät liitteestä 5.

Lisäksi jännitteen alenema laskettiin käsin vertailun vuoksi. Laskenta suoritetaan samoja menetelmiä käyttäen kuin ohjelmassa.

Ensin muunnetaan johtimien resistanssit 50 °C lämpötilaan kaavalla 5.

$$R_Y = [1 + 0,004(50^\circ C - 20^\circ C)] * 0,0862 \Omega = 0,0965 \Omega$$

$$R_L = [1 + 0,004(50^\circ C - 20^\circ C)] * 0,0023 \Omega = 0,0026 \Omega$$

Jännitteen alenema prosentteina lasketaan yhdistämällä kaava 3 ja 4. Jolloin saadaan kaava 8, jota ohjelmakin käyttää.

$$dU_{max} = \sum I_{kuorm} * (R_{amax} + 2R_{jT}) * \left(\frac{100}{U_{verkko}}\right) \quad (\text{Kaava 8})$$

$dU_{max}$  = jännitteen alenema verkon nimellisjännitteestä (%)

$\sum I_{kuorm}$  = piirissä kulkeva kuormitusvirta (A)

$R_{amax}$  = akuston maksimiresistanssi ( $\Omega$ )

$R_{jT}$  = johtojen resistanssit muutettuna oletusarvojen mukaisiin lämpötiloihin ( $\Omega$ )

$U_{verkko}$  = verkon nimellisjännite (V)

$$dU_{max} = 6A * [0,0907 \Omega + 2*(0,0026 \Omega + 0,0965 \Omega)] * \left(\frac{100}{110V}\right) = 1,58 \%$$

Akku ohjelmalla saatu jännitteen alenema oli 1,58 %, eli tulokset ovat samat.

#### 6.4 Selektiivisyyden tarkastelu

Akuston sulakkeen ja keskuksen lähtöjen sulakkeiden selektiivisyys tarkastettiin Mittoitus-ohjelmalla. Ohjelmalla todettiin, että selektiivisyys toteutui kaikilla lähdön sulakkeilla.

20 kV:n katkaisijan viritysmoottorin ja ohjauskelan piireissä molemmissa tilanne oli sama. 1NM-tasasähkökeskuksessa suojana on 25 A:n gG-kytkinvaroke ja 20 kV -kojeiston kauimmaisessa J17-kennossa liitosjohdon suojana 6 A:n johdonsuoja C-laukaisukäyrällä. Sulakkeen ja johdonsuojan sarjaan kytkentä on selektiivisyyden kannalta hyvä yhdistelmä. Selektiivisyys pystytään katsomaan suoraan ABB:n oikosulkuselektiivisyystaulukosta (Liite 1). Taulukosta nähdään että gG 25A-sulake on selektiivinen C6-johdonsuojakatkaisijan kanssa 0,8 kA:n oikosulkuvirtaan asti. Suurin mahdollinen oikosulkuvirta näissä piireissä on Akku ohjelmalla laskettuna n. 0,7 kA, joten selektiivisyys näissä piireissä toteutuu täysin.

110 kV:n ohjaus- lukituspiireissä sekä 20 kV:n lukituspiireissä 1NM-tasasähkökeskuksessa suojana oli B25-johdonsuoja ja OT1-ohjaustaulussa suojana oli C6-johdonsuoja. Kahden johdonsuojan sarjaan kytkentä on usein huono selektiivisyyden kannalta. Syötöstä kauemman johdonsuojan takana tapahtuvassa oikosulus-

sa virta usein kasvaa niin suureksi, että myös syötöstä katsottuna ensimmäinen johdonsuojakatkaisija menee magneettiseen pikalaukaisuun. Molempien laukaisukäyrät piirrettiin samaan virta-aikakoordinaatistoon (Liite 2) ja todettiin, että johdonsuojat ovat selektiivisiä termisen laukaisun osalla, mutta oikosulussa epäselektiivisiä. Piireissä laskettu oikosulkuvirta on maksimissaan n. 1,2 kA ja selektiivisyyden toteutumiseen vaaditaan alle 0,1 kA:n oikosulkuvirta. Jos oikosulkuvirta on suurempi, molemmat johdonsuojakatkaisijat menevät magneettisen pikalaukaisun alueelle ja kumpi tahansa voi laueta ensin. Tätä tilannetta voidaan kutsua osittain selektiiviseksi.

## 7 RAPORTOINTI

Yksi työn tehtävistä oli selvittää, pystyykö Akku ohjelmasta saadut tulokset siirtämään suoraan VEO:n entuudestaan käyttämään raporttiin. Raportti on yksinkertainen selvitys tilaajalle, josta selviää muun muassa, että mitoitus on tehty asianmukaisesti, asennusolosuhteet on otettu huomioon ja suojalaitteet toimivat oikein. Akku ohjelmasta voidaan myös suoraan tulostaa tai luoda pdf-tiedosto, jota voidaan käyttää itse raporttina tai raportin liitteenä.

Tietojen siirtäminen ohjelmasta onnistui hyvin suoraan kopioimalla ohjelman tulokset ja liittämällä raporttiin. Kuorman jännitteen arvo oli sellainen, mitä ei saatu ohjelmasta suoraan. Ohjelma kuitenkin ilmoittaa johdon päässä olevan jännitteen aleneman prosentteina. Tästä arvosta pystytään helposti laskemaan kuorman jännite voltteina. Lisäsin raporttipohjaan kaavan, joka laskee kuorman jännitteen ilmoittamalla jännitteen aleneman kaapelin päässä prosentteina.

## 8 YHTEENVETO

Akku ohjelma osoittautui erittäin helppokäyttöiseksi ja monipuoliseksi ohjelmaksi akkupiirien laskentaan. Aluksi ohjelma vaikutti hieman hankalalta, mutta käytön oppi nopeasti. Ohjelman ohjeissa on selvitetty kaikki ohjelmassa käytettävät laskutavat, joka mielestäni selkeytti ohjelman toiminnan ymmärtämistä. Työn edetessä käytöstä tuli sujuvaa ja ohjelmasta oppi uusia ominaisuuksia.

Pääsin työn ohessa myös osallistumaan yhden päivän koulutukseen, jossa käytiin läpi ohjelmien käyttöä sekä muuta mitoituksen kannalta tärkeitä asioita. Läpi käytiin myös käytännön esimerkkejä, jotka selkeyttivät huolellisen mitoituksen tärkeyttä. Koulutuksen sisältö oli mielenkiintoinen ja antoi paljon uutta pohdittavaa.

Koulussa käydyistä laskuista ja sähköjakelujärjestelmien perustiedoista oli suuri apu. Työn aikana kuitenkin tuli paljon uutta tietoa mm. sähköaseman komponenteista, mitoituksesta ja tasasähköjärjestelmistä.

Työn aikataulu oli melko tiukka, ja työstä ei haluttu liian laajaa. Aloituspalaverissa sovittu rajaus ja sisältö onnistuivat mielestäni hyvin, ja työstä tuli sopiva kokonaisuus.

Jatkossa Mitoitus-ohjelman käyttöä sähköasemien AC-piirien mitoitukseen voisi tutkia enemmän. Ols-Consult Oy:n tarjoama Selektiivisyys-ohjelma voisi myös olla hyödyllinen ja mielenkiintoinen tutkittavaksi.

## LÄHTEET

ABB Oy. Technical data. Miniature circuit-breakers S 280 UC series.

D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2012. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Sähköinfo: 2013

Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II. Helsinki: Gaudeamus.

Reka Kaapeli Oy www-sivut 2015. Viitattu 23.4.2015. <http://www.reka.fi/>

Ols-Consult Oy. 2014. Viitattu 13.3.2015. <http://www.ols-consult.fi/index.html>

Ols-Consult Oy. 2015. Mitoitusta ja ohjelmien käyttöä koskeva koulutus ja materiaalit 27.3.2015.

Ruppa E. 2001. Ylivirtasuojauksen selektiivisyys -opiskelumoniste. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu: 15.4.2015.  
<http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/selektiivisyys.doc>

SFS-Käsikirja 600-1 Sähköasennukset osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 2012. Suomenstandardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS

ST-Käsikirja 20. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. 2005 Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.

ST 53.24. Ohjeita kiinteistöjen enintään 1000 V johtojen mitoituksesta ja suojauksesta. 2012. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.

ST 52.30.02 Akustot ja varaajat, valinta ja mitoittaminen. 2003. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.

VEO Oy Vuosikertomus 2013

VEO Oy:n www-sivut 2015. Viitattu 12.3.2015. <http://veo.fi/>

VEO Oy:n Organisaatiotaulukko 2015



## LIITTEET

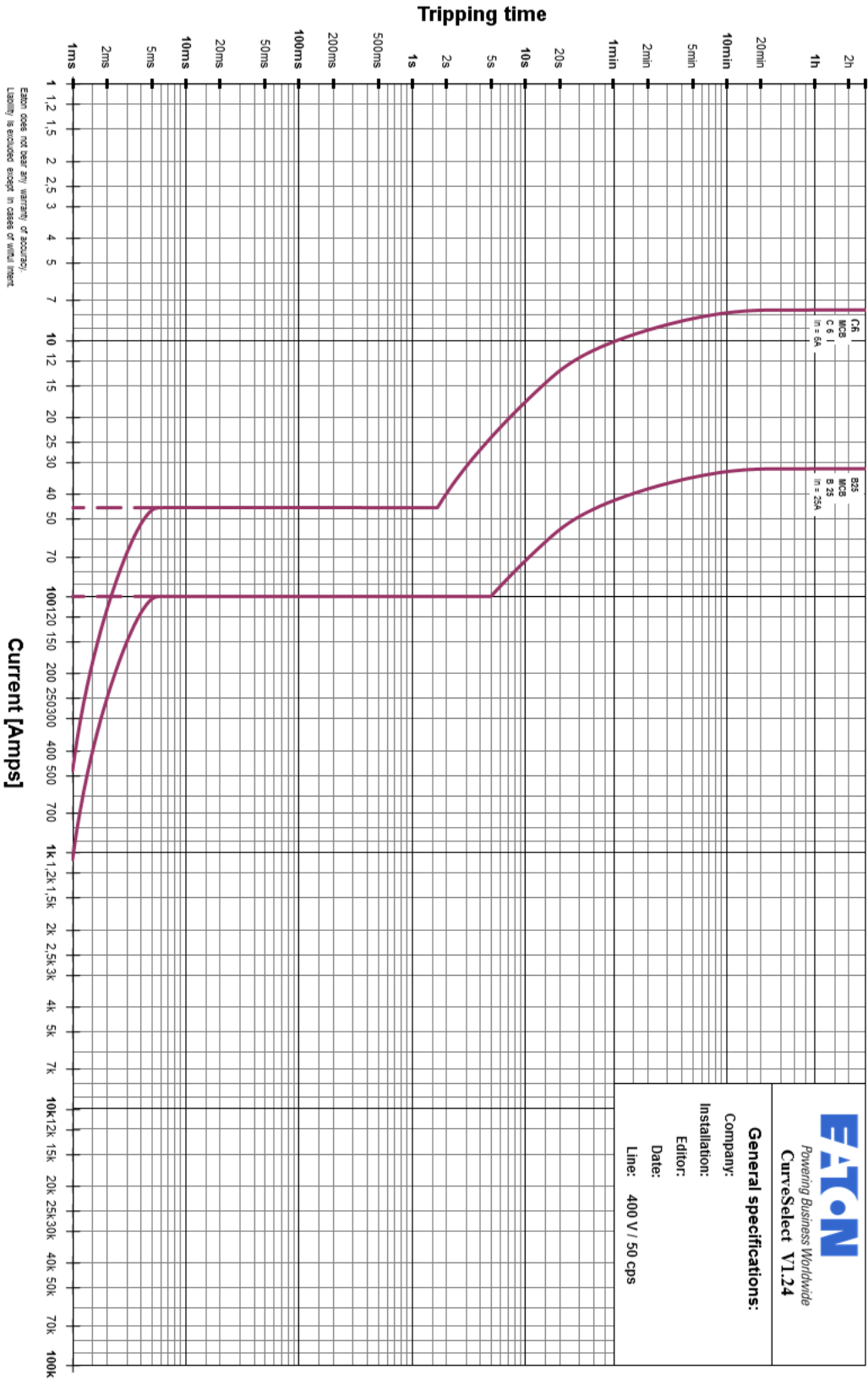
- LIITE 1     ABB Johdonsuojakatkaisijoiden selektiivisyystaulukko
- LIITE 2     B25 ja C6 Johdonsuojien laukaisukäyrät
- LIITE 3     REKA Kaapeli MCMK tekniset tiedot
- LIITE 4     REKA Kaapeli MK 90 tekniset tiedot
- LIITE 5     DC-jakeluperiaatekuvat
- LIITE 6     Akku ohjelman tulokset IT1
- LIITE 7     Akku ohjelman tulokset TN-S

## Johdonsuojakatkaisijat S 200 -sarja

**Oikosulkuselektiivisyys:** Oikosulkutapauksessa selektiivisyys on voimassa taulukossa annettuun arvoon saakka.

sarjat		päävarokekatkaisija S700										sulake gL/gG									
		16	20	25	35	40	50	63	80	100	16	20	25	35	50	63	80	100	125	160	
<b>S 200-B, C</b> <small>Pienemmät virrat kuin 6A ja 8A pätevät vain C- käyrällä.</small>	≤2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	1	1.2	4	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	
	3	10	10	10	10	10	10	10	8	8	0.3	0.7	1.2	4.6	6	6	6	6	6	6	
	4	10	10	10	10	10	10	10	8	8	0.3	0.6	0.9	2.8	6	6	6	6	6	6	
	6	10	10	10	10	10	10	10	8	8	0.2	0.5	0.8	2	3.3	5.5	6	6	6	6	
	8	10	10	10	10	10	10	10	8	8	0.2	0.4	0.7	1.7	2.8	4.5	6	6	6	6	
	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	0.2	0.4	0.7	1.5	2.5	3.5	5	6	6	6	
	13	10	10	10	10	10	10	10	8	8		0.7	1.5	2.5	3.5	5	6	6	6	6	
	16	10	10	10	10	10	10	10	8	8			1.3	2	2.9	4.1	6	6	6	6	
	20		10	10	10	10	10	10	8	8				1.8	2.6	3.5	5	6	6	6	
	25			10	10	10	10	10	8	8				1.8	2.6	3.5	5	6	6	6	
	32				10	10	10	10	8	8					2.2	3	4	6	6	6	
	40					10	10	10	8	8					2.5	4	6	6	6	6	
	50/63						10	10	8	8							3.5	5	6	6	
<b>S 200 M-B, C S 200 P-B, C</b>	≤2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	1	1.2	4	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15		
	3	15	15	15	15	15	15	15	10	10	0.3	0.7	1.2	4.6	6	6	6	6	6	6	
	4	15	15	15	15	15	15	15	10	10	0.3	0.6	0.9	2.8	6	6	6	6	6	6	
	6	15	15	15	15	15	15	15	10	10	0.2	0.5	0.8	2	3.3	5.5	6	6	6	6	
	8	15	15	15	15	15	15	15	10	10	0.2	0.4	0.7	1.7	2.8	4.5	6	6	6	6	
	10	15	15	15	15	15	15	15	10	10	0.2	0.4	0.7	1.5	2.5	3.5	5	6	6	6	
	13	15	15	15	15	15	15	15	10	10		0.7	1.5	2.5	3.5	5	6	6	6	6	
	16	15	15	15	15	15	15	15	10	10			1.3	2	2.9	4.1	6	6	6	6	
	20		15	15	15	15	15	15	10	10				1.8	2.6	3.5	5	6	6	6	
	25			15	15	15	15	15	10	10				1.8	2.6	3.5	5	6	6	6	
	32				15	15	15	15	10	10					2.2	3	4	6	6	6	
	40					15	15	15	10	10					2.5	4	6	6	6	6	
	50/63						15	15	10	10							3.5	5	6	6	
<b>S 200-K S 200 P-K</b>	≤2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	0.3	1.2	4	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15		
	3	10	10	10	10	10	10	10	10	0.3	0.7	1.2	4.6	6	6	6	6	6	6		
	4	10	10	10	10	10	10	10	10	0.3	0.6	0.9	2.8	6	6	6	6	6	6		
	6	10	10	10	10	10	10	10	10		0.7	1.7	3	5.9	6	6	6	6	6		
	8	10	10	10	10	10	10	10	10			1.3	2.2	3.8	6	6	6	6	6		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10				1.7	2.5	4	6	6	6	6		
	16	10	10	10	10	10	10	10	10					2.2	3.1	4.8	6	6	6		
	20		10	10	10	10	10	10	10						3.1	4.8	6	6	6		
	25			10	10	10	15	10	10						2.8	3.5	6	6	6		
	32				10	10	10	10	10							3.5	6	6	6		
	40					10	10	10	10							5.5	6	6	6		
	50/63						10	10	10									6	6	6	
	<b>S 200 Z S 200 P-Z</b>	≤2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	0.5	2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	
3		10	10	10	10	10	10	10	10	0.3	0.7	1.2	6	6	6	6	6	6	6		
4		10	10	10	10	10	10	10	10	0.3	0.6	1.3	7	6	6	6	6	6	6		
6		10	10	10	10	10	10	10	10	0.2	0.5	0.9	2.7	6	6	6	6	6	6		
8		10	10	10	10	10	10	10	10	0.2	0.5	0.8	1.7	3.8	6	6	6	6	6		
10		10	10	10	10	10	10	10	10		0.4	0.8	1.3	2.4	4	6	6	6	6		
16		10	10	10	10	10	10	10	10			0.5	1.1	1.7	3	4.5	6	6	6		
20			10	10	10	10	10	10	10				0.9	1.5	2.3	3.5	5.2	6	6		
25				10	10	10	15	10	10					1.4	2	3	4	6	6		
32					10	10	10	10	10					1.4	2	3	4	6	6		
40						10	10	10	10						2	3	4	6	6		
50/63							10	10	10							2.2	3.5	5.8	6		

Tripping graphs



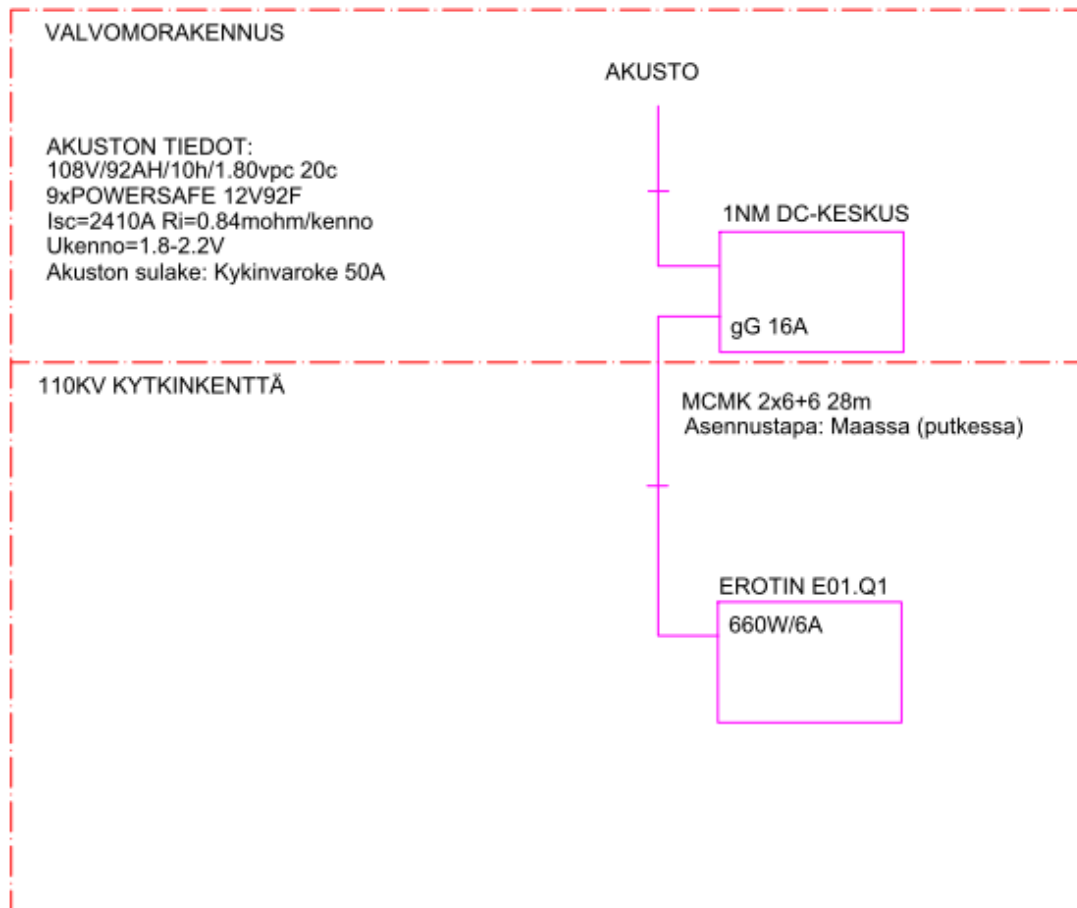
LIITE 3

Tunnus	Suurin vetovoima vetopäällä [kN]	Suurin vetovoima vetosukalla [kN]	Vaihejohtimen maks. tasavirtaresistanssi, +20 °C [ohm/km]	Kuormitettavuus maassa, johdin +65 °C [A]	Kuormitettavuus ilmassa, johdin +70 °C [A]
2x1,5/1,5	0.15	0.06	12.1	-	-
2x1,5/1,5	0.15	0.06	12.1	-	-
2x1,5/1,5	0.15	0.06	12.1	-	-
2x1,5/1,5	0.15	0.06	12.1	-	-
2x2,5/2,5	0.25	0.10	7.41	-	-
2x2,5/2,5	0.25	0.10	7.41	-	-
2x2,5/2,5	0.25	0.10	7.41	-	-
2x2,5/2,5	0.25	0.10	7.41	-	-
2x6/6	0.60	0.24	3.08	-	-
2x6/6	0.60	0.24	3.08	-	-
2x10/10	1.00	0.40	1.83	-	-
2x10/10	1.00	0.40	1.83	-	-
3x1,5/1,5	0.23	0.09	12.1	26	19
3x1,5/1,5	0.23	0.09	12.1	26	19
3x2,5/2,5	0.38	0.15	7.41	35	26
3x2,5/2,5	0.38	0.15	7.41	35	26
3x6/6	0.90	0.36	3.08	57	45
3x6/6	0.90	0.36	3.08	57	45
3x10/10	1.50	0.60	1.83	77	63
3x10/10	1.50	0.60	1.83	77	63
3x16/16	2.40	0.96	1.15	100	85
3x16/16	2.40	0.96	1.15	100	85
4x1,5/1,5	0.30	0.12	12.1	26	19
4x1,5/1,5	0.30	0.12	12.1	26	19
4x1,5/1,5	0.30	0.12	12.1	26	19
4x1,5/1,5	0.30	0.12	12.1	26	19
4x2,5/2,5	0.50	0.20	7.41	35	26
4x2,5/2,5	0.50	0.20	7.41	35	26
4x2,5/2,5	0.50	0.20	7.41	35	26
4x2,5/2,5	0.50	0.20	7.41	35	26
4x6/6	1.20	0.48	3.08	57	45
4x6/6	1.20	0.48	3.08	57	45
4x10/10	2.00	0.80	1.83	77	63
4x10/10	2.00	0.80	1.83	77	63
4x16/16	3.20	1.28	1.15	100	85
4x16/16	3.20	1.28	1.15	100	85

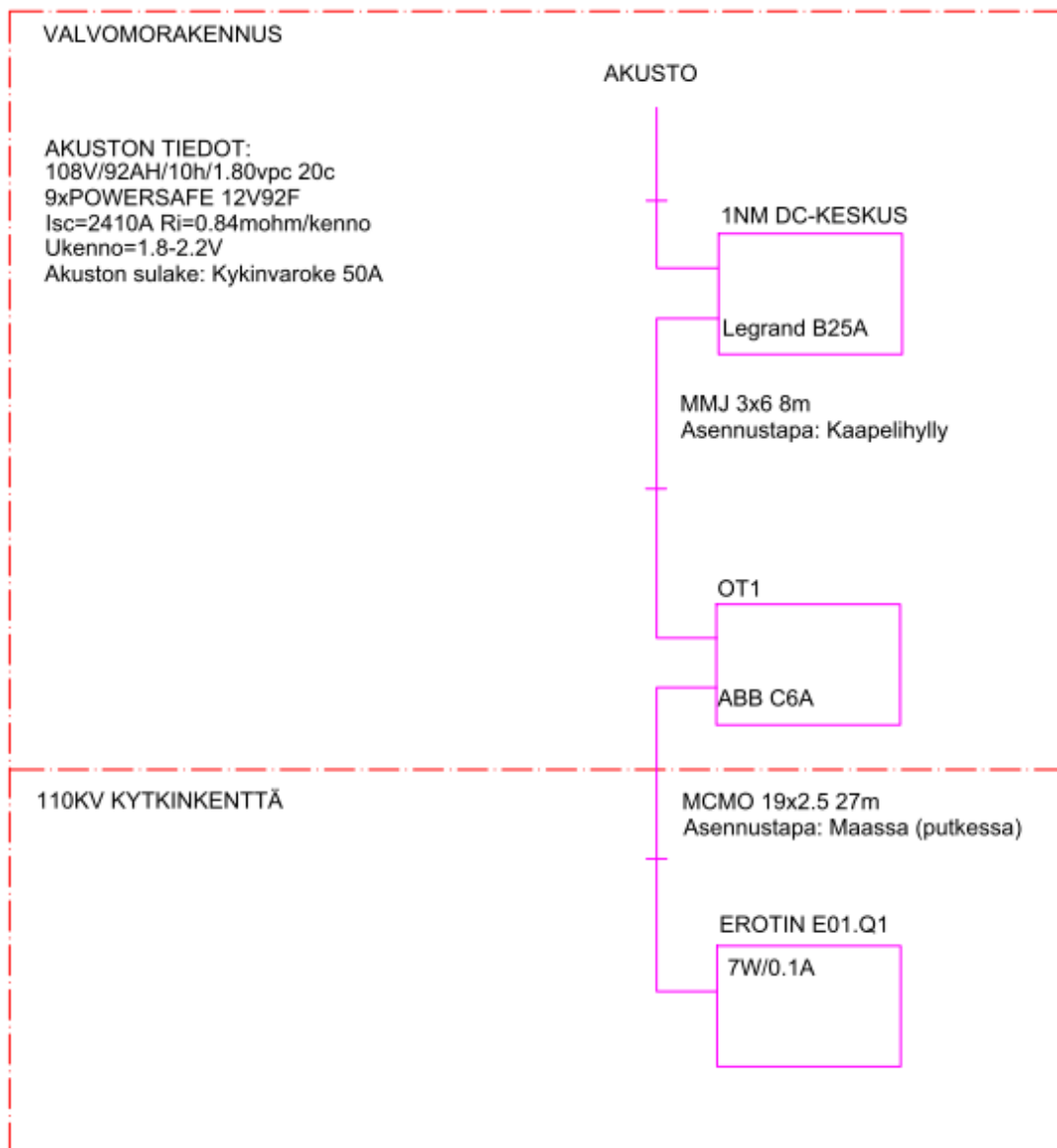
## LIITE 4

Tunnus	Suurin vetovoima vetopäällä [kN]	Vaihejohtimen maks. tasavirtaresistanssi, +20 °C [ohm/km]	Pakkaustiedot [m]
1,5 HA	0.08	12.1	250 nippu
1,5 RU	0.08	12.1	250 nippu
1,5 MU	0.08	12.1	250 nippu
1,5 SI	0.08	12.1	250 nippu
1,5 KEVI	0.08	12.1	250 nippu
2,5 HA	0.13	7.41	200 nippu
2,5 RU	0.13	7.41	200 nippu
2,5 MU	0.13	7.41	200 nippu
2,5 SI	0.13	7.41	200 nippu
2,5 KEVI	0.13	7.41	200 nippu
4 MU	0.20	4.61	150 nippu
4 SI	0.20	4.61	150 nippu
4 KEVI	0.20	4.61	150 nippu
6 MU	0.30	3.08	100 nippu
6 SI	0.30	3.08	100 nippu
6 KEVI	0.30	3.08	100 nippu
10 MU	0.50	1.83	100 nippu
10 SI	0.50	1.83	100 nippu
10 KEVI	0.50	1.83	100 nippu
16 MU	0.80	1.15	100 nippu
16 MU	0.80	1.15	1000 K7
16 SI	0.80	1.15	100 nippu
16 SI	0.80	1.15	1000 K7
16 KEVI	0.80	1.15	100 nippu
16 KEVI	0.80	1.15	1000 K7
25 MU	1.25	0.727	100 nippu
25 MU	1.25	0.727	1000 K7
25 SI	1.25	0.727	100 nippu
25 SI	1.25	0.727	1000 K7
25 KEVI	1.25	0.727	100 nippu
25 KEVI	1.25	0.727	1000 K7
35 MU	1.75	0.524	50 nippu
35 MU	1.75	0.524	500 K6
35 SI	1.75	0.524	50 nippu
35 SI	1.75	0.524	500 K6
35 KEVI	1.75	0.524	50 nippu
35 KEVI	1.75	0.524	500 K6

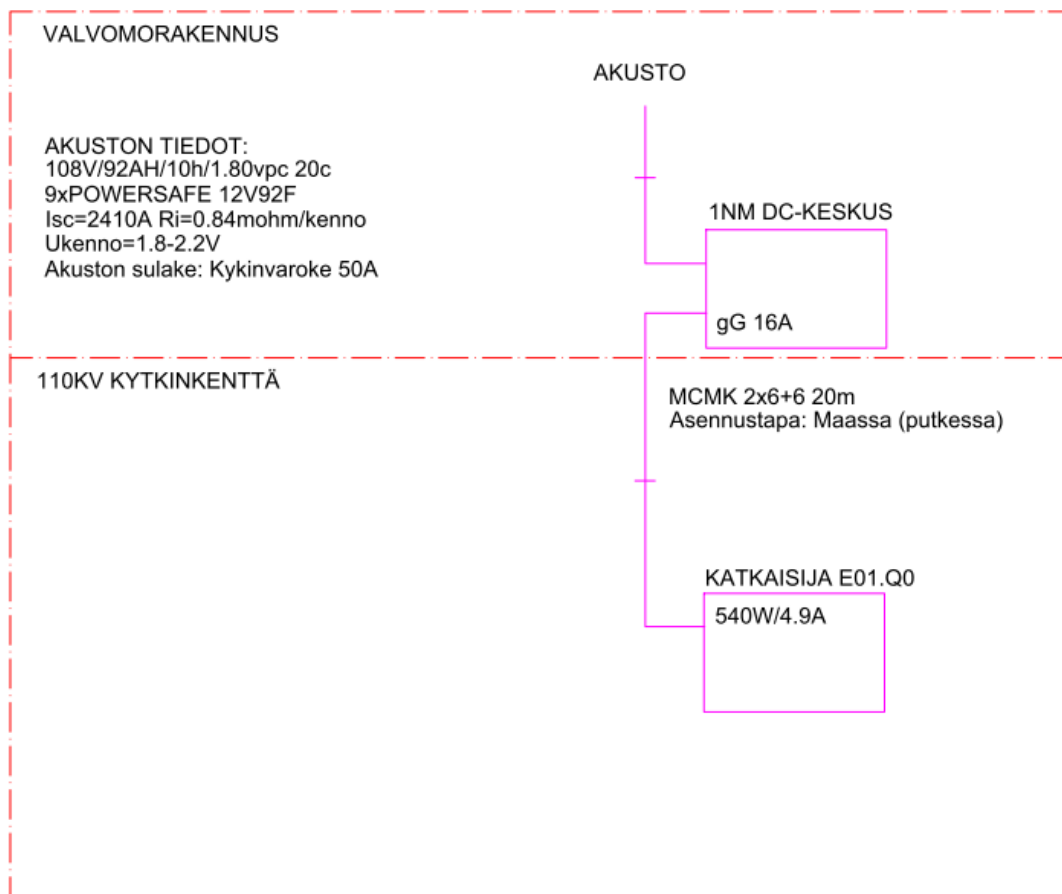
DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
110KV EROTINMOOTTORI



DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
110KV LUKITUSPIIRI

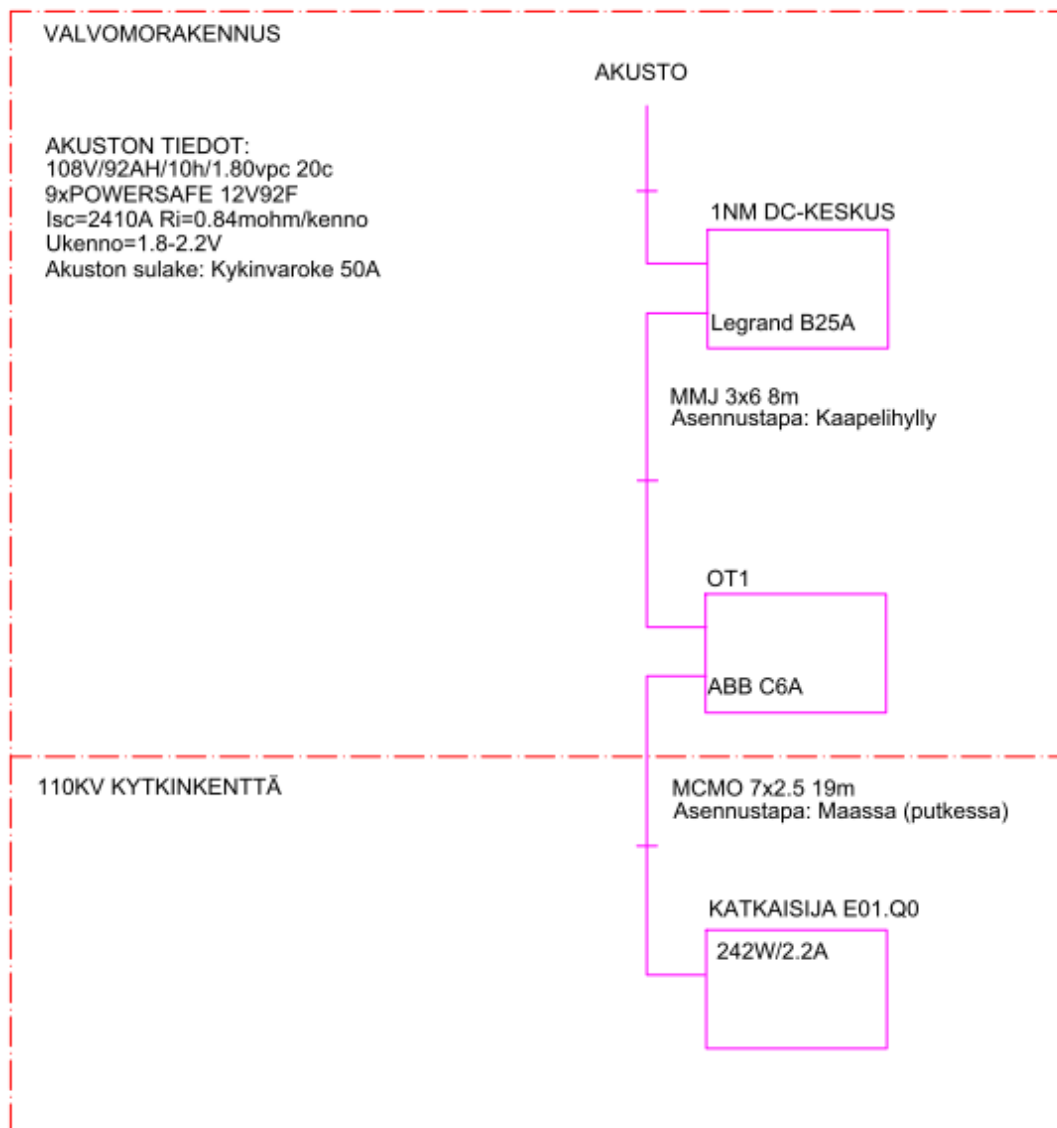


DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
110KV KATKAISIJAN VIRITYSMOOTTORI

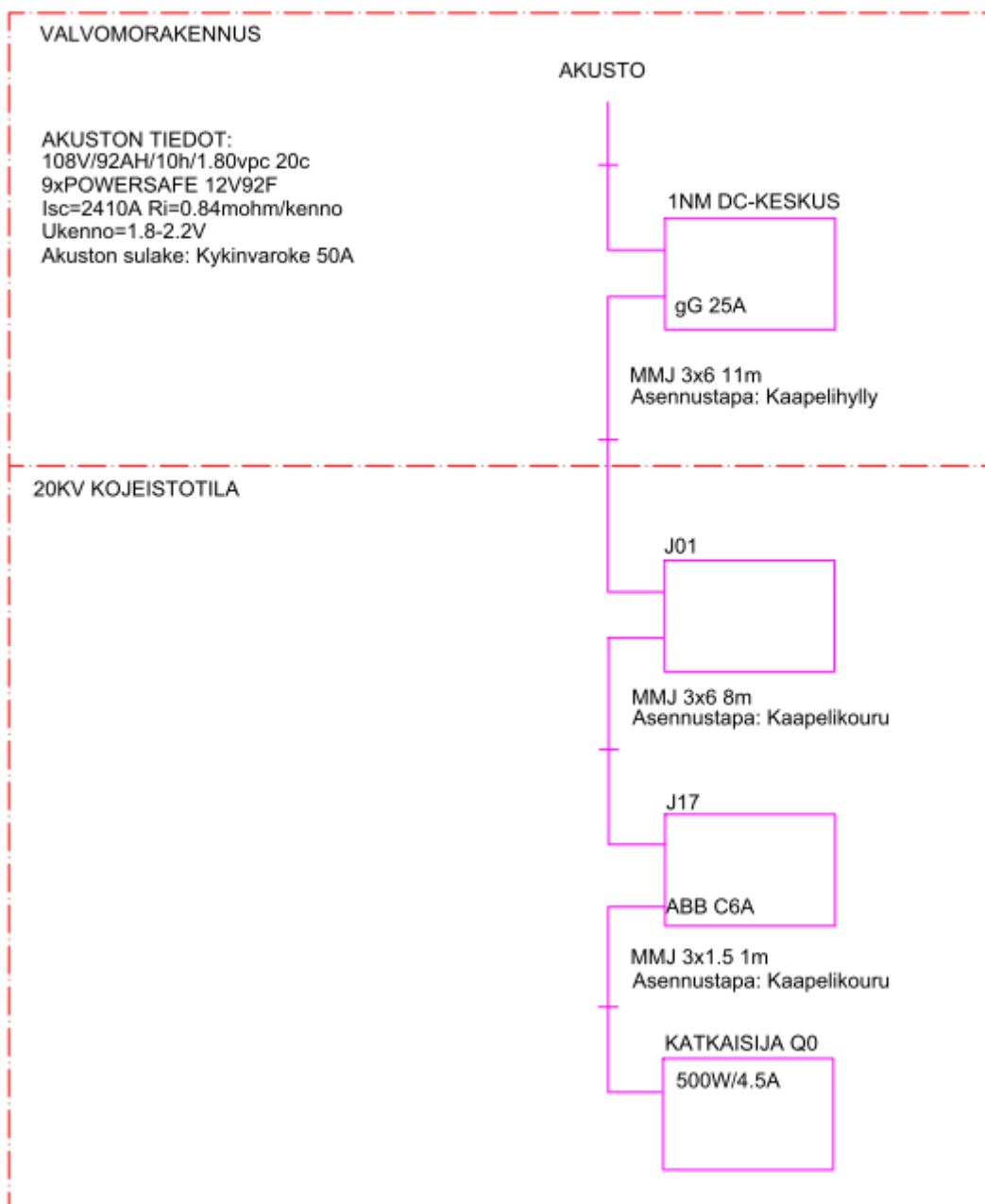




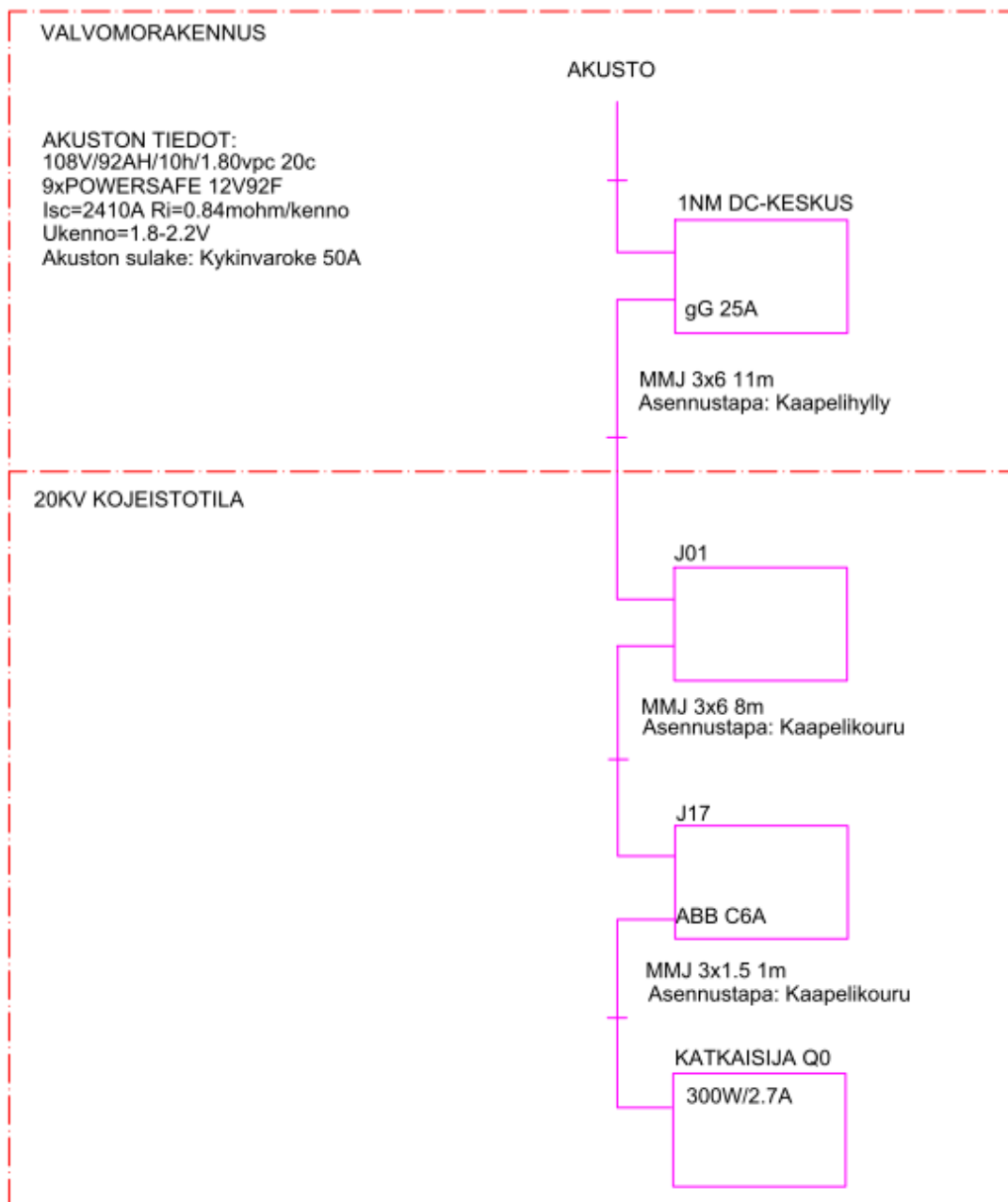
DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
110KV OHJAUSPIIRI



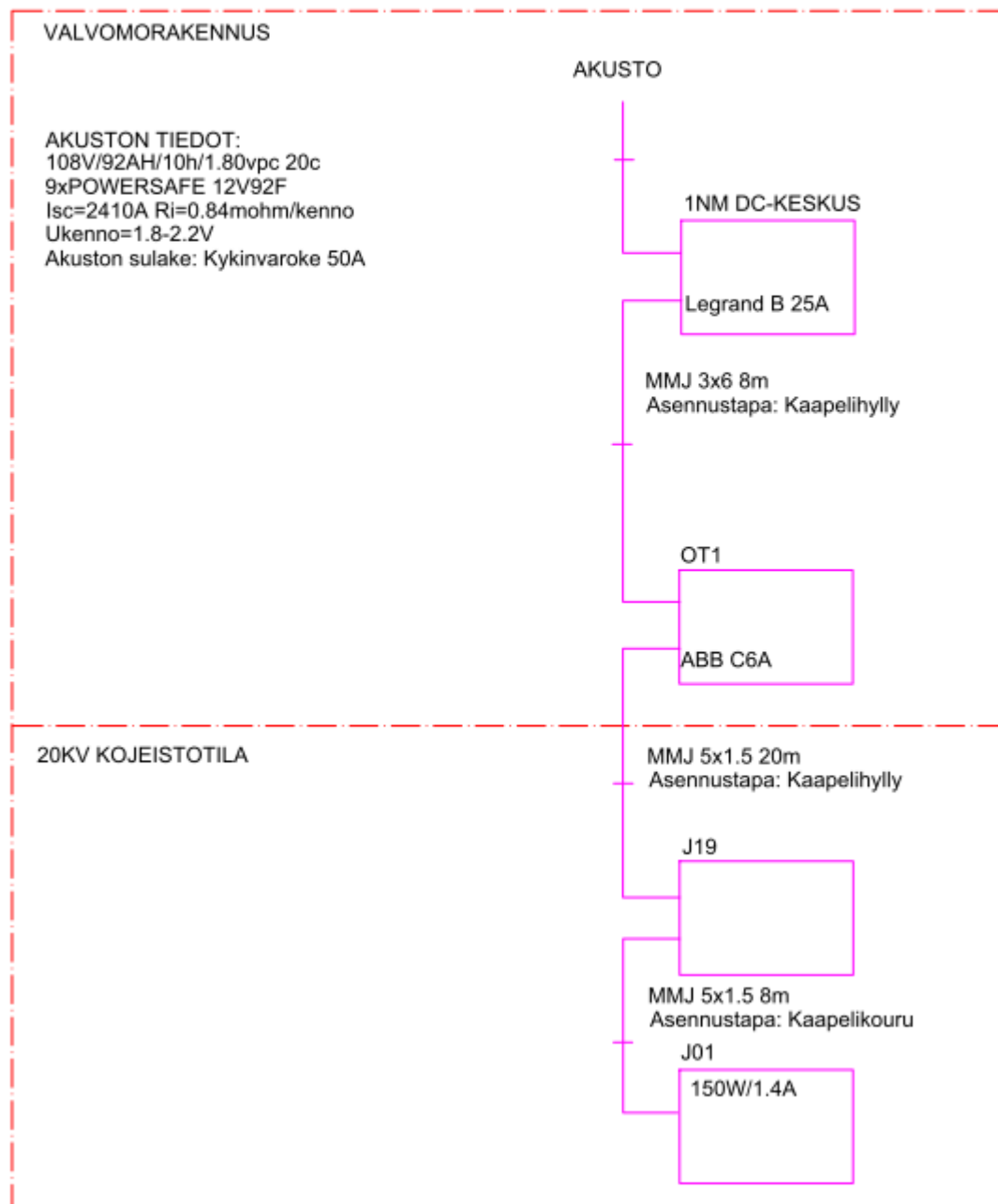
DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
20KV KATKAISIJAN VIRITYSMOOTTORI



DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
20KV OHJAUSPIIRI



DC-JAKELUPERIAATE LASKELMIA VARTEN  
VSV LAPIN SÄHKÖASEMA  
20KV LUKITUSPIIRI



**Akkutyypit** PowerSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti 12 V 92 Ah

Akkuja / kennoja sarjassa 9 kpl // 54 kpl //

Minimi Maksimi

Kennon jännite 1,83 V 2,2 V

Kennon sisäin. resistanssi 0,84 mohm 1,68 mohm

Minimi ja maksimi jännite 98,8 V 118,8 V

dUa = 0,25 % 0,49 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

Pituus 2 m 1 kpl //

Korjauskerroin k = 1 lz = 85 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 63 A gG

**Pääkeskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellisjännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta 6 A Σlb 6 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 6

Pituus 0 m

**Pääkeskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 10

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 10

Pituus m

**1NM DC-keskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Sulake gG IEC60269 16 A

Poiskytkentäaika 5 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika lb / <l s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 6

Korjauskerroin k = 0,7 lz = 32 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 25 A gG

Kuormitusvirta 6 A Σlb 6 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16

Pituus 0 m

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila 160 C° PVC

Alkulämpötila 70 C° PVC

Loppulämpötila 250 C° PEX

Alkulämpötila 90 C° PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 C°

Alkulämpötila 60 C°

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 C°

Maksimi 20 C°

dU lämpötilat

PVC 50 C°

PEX 70 C°

Oletusarvojen palautus

**INITIAL VALUE**

Kielen valinta

Suomi

Kuormitettavuus lz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 C°

Johdinlämpötila

PVC 70 C°; PEX 90 C°

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

**Lisää keskuksia**

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,088 R25 ohmia

PE+L 0,176 R25 ohmia

Laukaisuvirta 65,0 A

Pienin vikavirta 176,4 A

**Ryhmäjohtoon**

Ryhmäjohtoon pituus 28 m

Pituuden iterointi

**ITERATION**

**AKKU**

*Ols-Consult Oy*

**110kV erotinmoottori E01.Q1**

<b>AKKU</b>	<b>110kV erotinmoottori E01.Q1</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**Akkutyypit** PowerSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti 12 V 92 Ah

Akuja / kennoja sarjassa 9 kpl // 54 kpl //

Minimi Maksimi

Kennon jännite 1,83 V 2,2 V

Kennon sisäin. resistanssi 0,84 mohm 1,68 mohm

Minimi ja maksimi jännite 98,8 V 118,8 V

dUa = 0,00 % 0,01 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

Pituus 2 m 1 kpl //

Korjauskerroin k = 1 lz = 85 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 63 A gG

**1NM DC-keskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellisjännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max dUmax 0,01 %

Kuormitusvirta 0,1 A ΣIb 0,1 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6 1 Rinnan kpl

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 6 1

Pituus 8 m

Korjauskerroin k = 0,88 lz = 40 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 35 A gG

**Alakeskus 1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max dUmax 0,01 %

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 0 A

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 10 1 Rinnan kpl

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 10 1

Pituus m

**OT1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max dUmax 0,01 %

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A

Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika Ib / <l s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 2,5 1 Rinnan kpl

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 2,5 1

Korjauskerroin k = 0,7 lz = 18 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG

Kuormitusvirta 0,1 A ΣIb 0,1 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16 1 Rinnan kpl

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16 1

Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 80,6 A min 237,9 A max

Lukitusk. E01.Q1

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila 160 C° PVC

Aikulämpötila 70 C° PVC

Loppulämpötila 250 C° PEX

Aikulämpötila 90 C° PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 C°

Aikulämpötila 60 C°

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 C°

Maksimi 20 C°

dU lämpötilat

PVC 50 C°

PEX 70 C°

Oletusarvojen palautus

INITIAL VALUE

Kielen valinta

Suomi

Kuormittavuus lz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 C°

Johdinlämpötila

PVC 70 C°; PEX 90 C°

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

Lisää keskuksia

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,204 R25 ohmia

PE+L 0,408 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A

Pienin vikavirta 80,6 A

Ryhmäjohtoon pituus 27 m

Pituuden iterointi

ITERATION

Johtimen Isc = 4183 A

ΣdUmax 0,05 %

ΣdUcab 0,04 %

**110kV lukituspiiri**

<b>AKKU</b>	<b>110kV lukituspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**Akkutyypit** PowerSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti	12 V	92 Ah
Akkuja / kennoja sarjassa	9 kpl //	54 kpl //
Kennon jännite	Minimi 1,83 V	Maksimi 2,2 V
Kennon sisäin. resistanssi	0,84 mohm	1,68 mohm
Minimi ja maksimi jännite	98,8 V	118,8 V
dUa =	0,20 %	0,40 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	16	1
Pituus	2 m	1 kpl //	
Korjauskerroin k =	1	Iz = 85 A SFS	
Maks. sulake ylikuorm.suojana		63 A gG	

**Pääkeskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellijännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta 4,9 A ΣIb 4,9 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	6	1
PE johdin / poikkipinta	Konsentr. Cu	6	1
Pituus	0 m		

**Pääkeskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	10	1
PE johdin / poikkipinta	Kerrattu Cu	10	1
Pituus			

**1NM DC-keskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Sulake gG IEC60269 16 A

Poiskytkentäaika 5 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika Ib / <I s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	6	1
PE johdin / poikkipinta	Konsentr. Cu	6	1
Korjauskerroin k =	0,7	Iz = 32 A SFS	
Maks. sulake ylikuorm.suojana		25 A gG	
Kuormitusvirta	4,9 A	ΣIb 4,9 A	

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta	Kupari PVC	16	1
PE johdin / poikkipinta	Konsentr. Cu	16	1
Pituus	0 m		

Oikosulkuvirrat 229,4 A min 686,1 A max

Viritysm. E01.Q0

CLEAR

Laskennan oletusarvot

Johdin

Loppulämpötila 160 °C PVC

Alkulämpötila 70 °C PVC

Loppulämpötila 250 °C PEX

Alkulämpötila 90 °C PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 °C

Alkulämpötila 60 °C

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 °C

Maksimi 20 °C

dU lämpötilat

PVC 50 °C

PEX 70 °C

Oletusarvojen palautus

INITIAL VALUE

Kielen valinta

Suomi

Kuormitettavuus Iz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 °C

Johdinlämpötila

PVC 70 °C; PEX 90 °C

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

Lisää keskuksia

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,063 R25 ohmia

PE+L 0,126 R25 ohmia

Laukaisuvirta 65,0 A

Pienin vikavirta 229,4 A

Ryhmäjohtoon pituus 20 m

Pituuden iterointi

ITERATION

Johtimen Isc = 894 A

ΣdUmax 1,04 %

ΣdUcab 0,64 %

<b>AKKU</b>	<b>110kV katkaisijan viritysmoottori</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**Akkutyypit** Pow erSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti 12 V 92 Ah

Akkuja / kennoja sarjassa 9 kpl // 54 kpl //

Minimi Maksimi

Kennon jännite 1,83 V 2,2 V

Kennon sisäin. resistanssi 0,84 mohm 1,68 mohm

Minimi ja maksimi jännite 98,8 V 118,8 V

dUa = 0,09 % 0,18 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

Pituus 2 m 1 kpl //

Korjauskertoin k = 1 Iz = 85 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 63 A gG

**1NM DC-keskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellisjännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta 2,2 A ΣIb 2,2 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6 1

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 6 1

Pituus 8 m

Korjauskertoin k = 0,88 Iz = 40 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 35 A gG

**Alakeskus 1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 0 A

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 10 1

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 10 1

Pituus m

**OT1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A

Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika Ib / <I s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 2,5 1

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 2,5 1

Korjauskertoin k = 0,7 Iz = 18 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG

Kuormitusvirta 2,2 A ΣIb 2,2 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 15 1

PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 15 1

Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 107,9 A min 312,0 A max

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila 160 °C PVC

Alkulämpötila 70 °C PVC

Loppulämpötila 250 °C PEX

Alkulämpötila 90 °C PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 °C

Alkulämpötila 60 °C

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 °C

Maksimi 20 °C

dU lämpötilat

PVC 50 °C

PEX 70 °C

Oletusarvojen palautus

INITIAL VALUE

Kielen valinta

Suomi

Kuormitettavuus Iz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 °C

Johdinlämpötila

PVC 70 °C; PEX 90 °C

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

Lisää keskuksia

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,144 R25 ohmia

PE+L 0,287 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A

Pienin vikavirta 107,9 A

Ryhmäjohton pituus 19 m

Pituuden iterointi

ITERATION

Ohj. kela E01.Q0

ΣdUmax 0,82 %

ΣdUcab 0,64 %

**AKKU**

**110 kV ohjauspiiri**

*Ols-Consult Oy*



**Akkutyypit** PowerSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti 12 V 92 Ah

Akkuja / kennoja sarjassa 9 kpl // 54 kpl //

Minimi Maksimi

Kennon jännite 1,83 V 2,2 V

Kennon sisäin. resistanssi 0,84 mohm 1,68 mohm

Minimi ja maksimi jännite 98,8 V 118,8 V

dUa = 0,19 % 0,37 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

Pituus 2 m 1 kpl //

Korjauskerroin k = 1 lz = 85 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 63 A gG

**1NM DC-keskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellisjännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max dUmax 0,39 %

Kuormitusvirta 4,5 A ΣIb 4,5 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6 1

PE johdin /poikkipinta Kerrattu Cu 6 1

Pituus 11 m

Korjauskerroin k = 0,88 lz = 40 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 35 A gG

**J01**

Keskuksen oikosulkuvirrat 485 A min 1009 A max dUmax 0,39 %

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 0 A

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6 1

PE johdin /poikkipinta Kerrattu Cu 6 1

Pituus 8 m

Korjauskerroin k = 0,8 lz = 36 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 32 A gG

**J17**

Keskuksen oikosulkuvirrat 361 A min 711 A max dUmax 0,39 %

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A

Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika Ib / <l s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1

PE johdin /poikkipinta Kerrattu Cu 1,5 1

Korjauskerroin k = 1 lz = 19 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG

Kuormitusvirta 4,5 A ΣIb 4,5 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1

PE johdin /poikkipinta Konsentr. Cu 1,5 1

Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 291,9 A min 621,3 A max

Viritysm. Q0

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila 160 C° PVC

Alkulämpötila 70 C° PVC

Loppulämpötila 250 C° PEX

Alkulämpötila 90 C° PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 C°

Alkulämpötila 60 C°

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 C°

Maksimi 20 C°

dU lämpötilat

PVC 50 C°

PEX 70 C°

Oletusarvojen palautus

INITIAL VALUE

Kielen valinta

Suomi

Kuormitettavuus lz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 C°

Johdinlämpötila

PVC 70 C°; PEX 90 C°

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

**Lisää keskuksia**

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,012 R25 ohmia

PE+L 0,025 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A

Pienin vikavirta 291,9 A

**Ryhmäjohdon pituus 1 m**

Pituuden iterointi

ITERATION

Johtimen Isc = 407 A

dUcab 0 %

RL20 0 mohm

Rpe20 0 mohm

ΣdUmax 0,5 %

ΣdUcab 0,13 %

**AKKU**

**20kV katkaisijan viritysmoottori**

**Akkutyypit** Pow erSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti	12 V	92 Ah
Akuja / kennoja sarjassa	9 kpl //	54 kpl //
<b>Minimi</b>	<b>Maksimi</b>	
Kennon jännite	1,83 V	2,2 V
Kennon sisäin. resistanssi	0,84 mohm	1,68 mohm
Minimi ja maksimi jännite	98,8 V	118,8 V
dUa =	0,11 %	0,22 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta

Pituus  m  kpl //

Korjauskerroin k =  lz =  A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana  A gG

**1NM DC-keskus**

Maadoitusjärjestelmä

Verkon nimellijännite  V

Keskuksen oikosulkuvirrat  A min  A max

Kuormitusvirta  A  $\Sigma Ib$  2,7 A

**Syöttävä johto 1**

Johdin / poikkipinta

PE johdin / poikkipinta

Pituus  m

Korjauskerroin k =  lz =  A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana  A gG

**J01**

Keskuksen oikosulkuvirrat  A min  A max

Kuormitusvirta  A  $\Sigma Ib$  0 A

**Syöttävä johto 2**

Johdin / poikkipinta

PE johdin / poikkipinta

Pituus  m

Korjauskerroin k =  lz =  A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana  A gG

**J17**

Keskuksen oikosulkuvirrat  A min  A max

Kuormitusvirta  A

**Oikosulkusuoja**

Johdonsuojakatk. C  A

Poiskytkentäaika  s

Laukaisuvirta / -aika  A  s

Leikkauspisteen aika lb / <l  s

Lisäresistanssi  mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta

PE johdin / poikkipinta

Korjauskerroin k =  lz =  A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana  A gG

Kuormitusvirta  A  $\Sigma Ib$  2,7 A

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta

PE johdin / poikkipinta

Pituus  m

Oikosulkuvirrat  A min  A max

Viritysm. Q0

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila  C° PVC

Aikulämpötila  C° PVC

Loppulämpötila  C° PEX

Aikulämpötila  C° PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila  C°

Aikulämpötila  C°

**Jännitekerroin**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi  C°

Maksimi  C°

dU lämpötilat

PVC  C°

PEX  C°

Oletusarvojen palautus

**INITIAL VALUE**

Kielen valinta

Kuormitettavuus lz

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila  C°

Johdinlämpötila

PVC  C°; PEX  C°

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

Lisää keskuksia

**ADD** **REMOVE**

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C°

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE  R25 ohmia

PE+L  R25 ohmia

Laukaisuvirta  A

Pienin vikavirta  A

Ryhmäjohdon pituus  m

Pituuden iterointi

**ITERATION**

<b>AKKU</b>	<b>20kV ohjauspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**Akkutyyppi** PowerSafe 12V92F

Akun Un / kapasiteetti 12 V 92 Ah

Akuja / kennoja sarjassa 9 kpl // 54 kpl //

	Minimi	Maksimi
Kennon jännite	1,83 V	2,2 V
Kennon sisäin. resistanssi	0,84 mohm	1,68 mohm
Minimi ja maksimi jännite	98,8 V	118,8 V
dUa =	0,06 %	0,12 %

**Liitäntäjohdot**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16

Pituus 2 m 1 kpl //

Korjauskerron k = 1 Iz = 85 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 63 A gG

**1NM DC-keskus**

Maadoitusjärjestelmä IT 1

Verkon nimellisjännite 110 V

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max

Kuormitusvirta 1,4 A ΣIb 1,4 A

**Syötävä johto 1**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 6

Pituus 8 m

Korjauskerron k = 0,88 Iz = 40 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 35 A gG

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 0 A

**Syötävä johto 2**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 6

Pituus 0 m

**OT1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A

Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika Ib / <l s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5

Korjauskerron k = 0,88 Iz = 17 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 10 A gG

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 1,4 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5

Pituus 8 m

Korjauskerron k = 1 Iz = 19 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG

Oikosulkuvirrat 49,6 A min 152,9 A max

Kuormitusvirta 1,4 A

**Laskennan oletusarvot**

Johdin

Loppulämpötila 160 C° PVC

Alkulämpötila 70 C° PVC

Loppulämpötila 250 C° PEX

Alkulämpötila 90 C° PEX

Konsentrinen PE

Loppulämpötila 250 C°

Alkulämpötila 60 C°

**Jännitekerroin 0,9**

Oikosulkuvirtojen laskenta

Minimi 90 C°

Maksimi 20 C°

dU lämpötilat

PVC 50 C°

PEX 70 C°

Oletusarvojen palautus

INITIAL VALUE

Kielen valinta

Suomi

Kuormitettavuus Iz

SFS 6000

Menetelmä E (ilmassa)

Ympäristö lämpötila 25 C°

Johdinlämpötila

PVC 70 C°; PEX 90 C°

SFS: 4 kuorm. johdinta

IEC: 2 kuorm. johdinta

Lisää keskuksia

ADD REMOVE

PE:n jatkuvuusmittaus

Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto

PE 0,346 R25 ohmia

PE+L 0,691 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A

Pienin vikavirta 49,6 A

Ryhmäjohton pituus 20 m

Pituuden iterointi

ITERATION

Johtimen Isc = 407 A

Lukitusk. J01

ΣdUmax 1,09 %

ΣdUcab 0,97 %

<b>AKKU</b>	<b>20kV lukituspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**1NM DC-keskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max  
 Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Sulake gG IEC60269 16 A  
 Poiskyttäaika 5 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 6

Korjauskerroin  $k = 0,7$   $I_z = 32$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 25 A gG  
 Kuormitusvirta 6 A  $\Sigma I_b$  6 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16  
 Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 296,1 A min 534,1 A max  
 Erotinm. E01.Q1

110 V TN-S PE x

$dU_{max}$  0,52 %  
 $dU_{max}-dU_a$  0,03 %

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,088 R25 ohmia  
 PE+L 0,176 R25 ohmia

$I_{Pt}$  t = 5 s  
 0,021 kA²s

0,6 kA²s

Laukaisuvirta 65,0 A  
 Pienin vikavirta 296,1 A

Rinnan kpl

Ryhmäjohtoon pituus 28 m

$dU_{cab}$  1,05 %  
 RL20 86,2 mohm  
 Rpe20 86,2 mohm

Pituuden iterointi  
 ITERATION

Rinnan kpl

Johtimen  $I_{sc} = 894$  A

$dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm

$\Sigma dU_{max}$  1,58 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  1,08 %

<b>AKKU</b>	<b>110kV erotinmoottori E01.Q1</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**OT1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max  
 Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A  
 Poiskyttäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 2,5  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 2,5

Korjauskerroin  $k = 0,7$   $I_z = 18$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG  
 Kuormitusvirta 0,1 A  $\Sigma I_b$  0,1 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16  
 Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 140,8 A min 237,9 A max  
 Lukitusk. E01.Q1

110 V TN-S PE x

$dU_{max}$  0,01 %  
 $dU_{max}-dU_a$  0 %

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,204 R25 ohmia  
 PE+L 0,408 R25 ohmia

$I_{Pt}$  t = 2 s  
 0,016 kA²s

0,09 kA²s

Laukaisuvirta 90,0 A  
 Pienin vikavirta 140,8 A

Rinnan kpl

Ryhmäjohtoon pituus 27 m

$dU_{cab}$  0,04 %  
 RL20 200,1 mohm  
 Rpe20 200,1 mohm

Pituuden iterointi  
 ITERATION

Rinnan kpl

Johtimen  $I_{sc} = 4183$  A

$dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm

$\Sigma dU_{max}$  0,05 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  0,04 %

<b>AKKU</b>	<b>110kV lukituspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**1NM DC-keskus**

Keskuksen oikosulkuvirrat 921 A min 2378 A max  $dU_{max}$  0,43 %  
 Kuormitusvirta A  $dU_{max}-dU_a$  0,02 %

Oikosulkusuoja Sulake gG IEC60269 16 A  
 Poiskytkentäaika 5 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 6 Rinnan kpl 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 6 Rinnan kpl 1

Korjauskerron  $k = 0,7$   $I_z = 32$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 25 A gG  
 Kuormitusvirta 4,9 A  $\Sigma I_b$  4,9 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16 Rinnan kpl 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16 Rinnan kpl 1

Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 367,3 A min 686,1 A max

Viritysm. E01.Q0

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,063 R25 ohmia  
 PE+L 0,126 R25 ohmia

$I^2t$  t = 5 s  
 0,021 kA²s  
 0,6 kA²s

Laukaisuvirta 65,0 A  
 Pienin vikavirta 367,3 A

Ryhmäjohton pituus 20 m

$dU_{cab}$  0,61 %  
 RL20 61,6 mohm  
 Rpe20 61,6 mohm

Pituuden iterointi  
 ITERATION

$dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm

Johtimen  $I_{sc} = 894$  A

$\Sigma dU_{max}$  1,04 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  0,64 %

<b>AKKU</b>	<b>110kV katkaisijan viritysmoottori</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**OT1**

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max  $dU_{max}$  0,19 %  
 Kuormitusvirta A  $dU_{max}-dU_a$  0,01 %

Oikosulkusuoja Johdonsuojakat. C 6 A  
 Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 2,5 Rinnan kpl 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 2,5 Rinnan kpl 1

Korjauskerron  $k = 0,7$   $I_z = 18$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG  
 Kuormitusvirta 2,2 A  $\Sigma I_b$  2,2 A

**Liitäntäjohto**

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 16 Rinnan kpl 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 16 Rinnan kpl 1

Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 180,8 A min 312,0 A max

Ohj. kela E01.Q0

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,144 R25 ohmia  
 PE+L 0,287 R25 ohmia

$I^2t$  t = 2 s  
 0,016 kA²s  
 0,09 kA²s

Laukaisuvirta 90,0 A  
 Pienin vikavirta 180,8 A

Ryhmäjohton pituus 19 m

$dU_{cab}$  0,63 %  
 RL20 140,8 mohm  
 Rpe20 140,8 mohm

Pituuden iterointi  
 ITERATION

$dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm

Johtimen  $I_{sc} = 4183$  A

$\Sigma dU_{max}$  0,82 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  0,64 %

<b>AKKU</b>	<b>110 kV ohjauspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**J17** 110 V IT 1 PE x

Keskuksen oikosulkuvirrat 361 A min 711 A max  
 Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A  
 Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**  
 Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1  
 PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5 1  
 Ryhmäjohton pituus 1 m

Korjauskerroin  $k = 1$   $I_z = 19$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG  
 Kuormitusvirta 4,5 A  $\Sigma I_b$  4,5 A

**Liitäntäjohto**  
 Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 1,5 1  
 Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 291,9 A min 621,3 A max  
 Viritysm. Q0

$dU_{max}$  0,39 %  
 $dU_{max}-dU_a$  0,02 %  
 $I^2t$   $t = 2$  s  
 0,016 kA<sup>2</sup>s  
 0,033 kA<sup>2</sup>s  
 $dU_{cab}$  0,11 %  
 RL20 12,1 mohm  
 Rpe20 12,1 mohm  
 $dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm  
 $\Sigma dU_{max}$  0,5 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  0,13 %

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,012 R25 ohmia  
 PE+L 0,025 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A  
 Pienin vikavirta 291,9 A

Pituuden iterointi  
 ITERATION

<b>AKKU</b>	<b>20kV katkaisijan viritysmoottori</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**J17** 110 V IT 1 PE x

Keskuksen oikosulkuvirrat 361 A min 711 A max  
 Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A  
 Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s  
 Leikkauspisteen aika  $I_b / <I$  s  
 Lisäresistanssi mohm, +20C°

**Ryhmäjohto**  
 Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1  
 PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5 1  
 Ryhmäjohton pituus 1 m

Korjauskerroin  $k = 1$   $I_z = 19$  A SFS  
 Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG  
 Kuormitusvirta 2,7 A  $\Sigma I_b$  2,7 A

**Liitäntäjohto**  
 Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1  
 PE johdin / poikkipinta Konsentr. Cu 1,5 1  
 Pituus 0 m

Oikosulkuvirrat 291,9 A min 621,3 A max  
 Viritysm. Q0

$dU_{max}$  0,24 %  
 $dU_{max}-dU_a$  0,01 %  
 $I^2t$   $t = 2$  s  
 0,016 kA<sup>2</sup>s  
 0,033 kA<sup>2</sup>s  
 $dU_{cab}$  0,07 %  
 RL20 12,1 mohm  
 Rpe20 12,1 mohm  
 $dU_{cab}$  0 %  
 RL20 0 mohm  
 Rpe20 0 mohm  
 $\Sigma dU_{max}$  0,3 %  
 $\Sigma dU_{cab}$  0,08 %

PE:n jatkuvuusmittaus  
 Lämpötila C° 25  
 Ryhmä- ja liitäntäjohto  
 PE 0,012 R25 ohmia  
 PE+L 0,025 R25 ohmia

Laukaisuvirta 90,0 A  
 Pienin vikavirta 291,9 A

Pituuden iterointi  
 ITERATION

<b>AKKU</b>	<b>20kV ohjauspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	

**OT1**

110 V TN-S PE x

Keskuksen oikosulkuvirrat 557 A min 1197 A max

Kuormitusvirta A

Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. C 6 A

Poiskytkentäaika 0,2 s

Laukaisuvirta / -aika A s

Leikkauspisteen aika / <l s

Lisäresistanssi mohm, +20C°

Ryhmäjohto

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5 1

Korjauskertoin k = 0,88 lz = 17 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 10 A gG

Kuormitusvirta 0 A ΣIb 1,4 A

Liitäntäjohto

Johdin / poikkipinta Kupari PVC 1,5 1

PE johdin / poikkipinta Kerrattu Cu 1,5 1

Pituus 8 m

Korjauskertoin k = 1 lz = 19 A SFS

Maks. sulake ylikuorm.suojana 16 A gG

Oikosulkuvirrat 91,2 A min 152,9 A max

Kuormitusvirta 1,4 A

Lukitusk. J01

PE

PE:n jatkuvuusmittaus  
Lämpötila C° 25

Ryhmä- ja liitäntäjohto  
PE 0,346 R25 ohmia  
PE+L 0,691 R25 ohmia

$I^2t = 2\text{ s}$   
0,016 kA²s

0,033 kA²s

Laukaisuvirta 90,0 A

Pienin vikavirta 91,2 A

Rinnan kpl

Ryhmäjohton pituus 20 m

dUcab 0,69 %

RL20 242 mohm

Rpe20 242 mohm

Pituuden iterointi

ITERATION

Rinnan kpl

Johtimen Isc = 407 A

0,033 kA²s

dUcab 0,28 %

RL20 96,8 mohm

Rpe20 96,8 mohm

ΣdUmax 1,09 %

ΣdUcab 0,97 %

<b>AKKU</b>	<b>20kV lukituspiiri</b>
<i>Ols-Consult Oy</i>	