

Kimi Railo

0,4 ja 1 kV:n jakelujännitteiden tutkiminen kiinteistön varavoimaverkossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

3.11.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Kimi Railo 0,4 ja 1 kV:n jakelujännitteiden tutkiminen kiinteistön varavoimaverkossa 43 sivua + 6 liitettä 3.11.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Pasi Poikonen lehtori Matti Sundgren
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin jakelujännitteen vaikutusta sähköverkon mitoitukseen ja kaapelointikustannuksiin maanalaisessa referenssikohteessa. Toissijaisena tavoitteena tutkittiin Febdokin soveltuvuutta 1 kV:n varavoimaverkon mitoittamiseen.</p> <p>Työ tehtiin Granlund Oy:lle. Sähköverkostot mallinnettiin Febdok-verkostomitoitusohjelmaan, ja kaapelointikustannuksia tutkittiin Ecom-tarjouslaskentasovelluksella hyödyntäen STULin tuottamaa tarjouslaskennan pakettirekisteriä.</p> <p>Työn teoriaosiossa käsitellään kohteen sähköverkon mitoitukseen liittyviä sähkötekniisiä suureita ja ilmiöitä, mm. muuntajan kytkentävirtasysäystä ja sen vaikutusta varavoimakoneen mitoitukseen sekä 1 kV:n maasulkusuojausta.</p> <p>Tulokseksi saatiin, että 1 kV:n jakelujännitettä käyttämällä kaukaisimman ryhmäkeskuksen varavoimajakelun nousukaapeloinnissa saavutettiin useiden kymmenien tuhansien eurojen säästö. Sähköverkon mitoituksen kannalta havaittiin, että erijännitteisten verkostojen mallintaminen onnistuu Febdokilla, tosin ohjelman automaattisen poiskytkentäaikatarkastelun tuloksia täytyy kyseenalaistaa.</p>	
Avainsanat	sähkösuunnittelu, Febdok, 1 kV:n jakelu, varavoimaverkko, kaapelointikustannukset

Author Title Number of Pages Date	Kimi Railo Study of utilizing 0,4 and 1 kV distribution voltages in a building's auxiliary power network 43 pages + 6 appendices 3 rd of November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Pasi Poikonen, Team Manager Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The main goal of this final year project was to study the effects of the use of different distribution voltages on sizing a building's auxiliary power distribution network. A secondary objective was to study if Febdok can be used to design auxiliary power networks which operate at various voltage levels.</p> <p>Different electricity distribution scenarios of a survey site were modelled with Febdok, a software which can be used to design and document electrical installations and check if they meet requirements of different standards. In this case, the distribution networks were designed to meet the requirements of the Finnish SFS 6000 standard of low voltage electrical installations. The cost effects of utilizing different voltages were calculated by using Ecom software. The software includes an extensive database of prices required by offer calculation procedure.</p> <p>The results of this study indicated that notable cost savings can be achieved by using 1 kV distribution voltage. As a secondary result, it was disclosed that Febdok is indeed a suitable tool for the modelling of distribution networks which operate at 0,4 and 1 kV voltages. However, the software's results are not reliable when it comes to automatic inspection of switch off times required by the standard.</p>	
Keywords	electrical designing, Febdok, 1 kV distribution, auxiliary power network, cabling costs

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Referenssikohteen esittely	2
2.1	Sähkölaitekuorma	2
2.2	Sähkönjakeluverkon rakenne	3
3	Sähkönjakeluverkkojen mitoittaminen	7
3.1	Mitoittamisen perusteet	7
3.2	Jakelujännitteen vaikutus sähkön siirtoon	8
3.3	Mitoituksen eteneminen	9
3.4	Kaapelin kuormitettavuus	10
3.5	Jännitteenalenema	11
3.6	Ylivirtasuojaus	14
3.7	Maasulkusuojaus	19
3.8	Suojauksen selektiivisyys	20
3.9	Muuntajan kytkentävirtasysäys	23
3.10	Muuntaja varavoimaverkossa	25
4	Sähkötekniset tarkastelut	28
4.1	Sähköverkon mallintaminen	28
4.2	Laskentaoletukset ja -parametrit	30
4.3	Laskentatilanne 1	31
4.3.1	Mallintaminen	31
4.3.2	Tulokset	32
4.4	Laskentatilanne 2	33
4.4.1	Mallintaminen	33
4.4.2	Tulokset	35
4.5	Laskentatilanne 3	36
4.5.1	Mallintaminen	36
4.5.2	Tulokset	37
5	Jakelujännitteen vaikutus kaapelointikustannuksiin	38
5.1	Kustannusten tarkastelu Ecomilla	38
5.2	Tulosten vertailu	39
6	Febdokin soveltuvuus verkon laskentaan	40

7	Yhteenveto	41
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. 1 kV:n jakelun periaatekaavio	
	Liite 2. Lista Febdokin käyttämistä suureista	
	Liite 3. 1. laskentatilanteen tulokset (400 V NJ ja VV)	
	Liite 4. 2. laskentatilanteen tulokset (400 V NJ ja 1 kV VV)	
	Liite 5. 3. laskentatilanteen tulokset (1 kV NJ ja VV)	
	Liite 6. Ecomin laskentaoletukset	

1 Johdanto

Insinööriyössä mitoitettiin referenssikohteeseen normaali- ja varavoimajakeluverkko käyttäen 400 V:n ja 1 kV:n jakelujännitteitä. Työn tarkoituksena oli tutkia korkeamman jakelujännitteen teknistaloudellista järkevyyttä ja vaikutusta varavoimaverkon mitoittamiseen. Koska nousujohdoilla voi sähköasennuksen tarjouslaskentaa tehdessä olla hyvinkin suuri yksikkökohtainen hinta, tutkittiin, voitaisiko näitä kaapelointikustannuksia pienentää. Toissijaisena tavoitteena tutkittiin Nelfon Febdok-mitoitusohjelmiston soveltuvuutta 1 kV:n varavoimajakelun mitoittamiseen.

Sähköverkon mitoituksen haastavuus referenssikohteessa johtui virtapiirien suuresta pituudesta – pisimmillään n. 800 m – yhdistettynä kohteeseen vaadittuun varavoimajakeluun. Vaikka mitoitettavassa verkossa ei esiintynytäkään erityisen suuria kuormituksia, olisi pelkän perinteisen 400 V:n jännitteen käyttäminen näin pitkillä siirtoetäisyyksillä vaatinut huomattavan suurten johdinpinta-alojen ja mahdollisesti useamman rinnakkaisen kaapelin käyttämistä. Tämä johtuu siitä, että valtakunnanverkkoon verrattuna varavoimakoneella on rajallinen kyky tuottaa virtaa oikosulkutilanteessa, ja sähköverkon toimiva oikosulkusuojaus perustuu riittävän suuriin oikosulkuvirtoihin. Lisäksi suuri jännitteenalenema olisi myös muodostunut mitoittavaksi tekijäksi suuremmilla kuormituksilla.

Suurempaa jakelujännitettä käyttämällä voitiin käyttää ohuempia johdinpinta-aloja sekä kompensoida jännitteenalenemaa 0,4/1 kV:n muuntajien väliottokytkimien vuoksi. Tutkittaviksi vaihtoehtoiksi rajattiin kaksi eri pienjännitettä [SFS 6002 2015: 15]:

- kiinteistöjen sähköjakelussa yleisesti käytetty 400 V sekä
- suurin mahdollinen pienjännite 1 kV.

Rajaus näihin jännitteisiin tehtiin siksi, että koko pienjännitealueella voidaan pääosin käyttää samoja kaapeleita ja komponentteja. Pyrkimys on siis hyödyntää koko jännitealue tehokkaasti, samalla käyttäen yleisesti ja jatkuvasti saatavilla olevia komponentteja, esimerkiksi ns. suosituimmuuskaapeleita. Muita tämän jänniterajauksen tuomia hyötyjä ovat, että

- nimelliskäyttöjännitteeltään enintään 1 kV:n sähkötöihin riittää S2-sähköpätevyys, ja

- enintään 1 kV:n ja enintään 1600 kVA:n laitteistoille ei tarvitse nimetä sähkökäytönjohtajaa [Sähköturvallisuuslaki: 68 §].

Insinööri työ tehtiin Granlund Oy:lle, joka on vuonna 1960 perustettu suomalainen – alun perin LVI-suunnitteluun ja -konsultointiin keskittynyt – kiinteistöalan konserni. Nykyisin yrityksen ydinliiketoimintaa on kaiken kattava talotekninen suunnittelu, energiatehokkuuteen ja ympäristöön liittyvä konsultointi sekä ohjelmistoliiketoiminta. Lisäksi Granlundin palvelutarjonnasta löytyy laaja-alaista asiantuntijaosaamista aina KSL-suunnittelusta magneettikenttätarkasteluihin ja puhdastiloista AV-suunnitteluun.

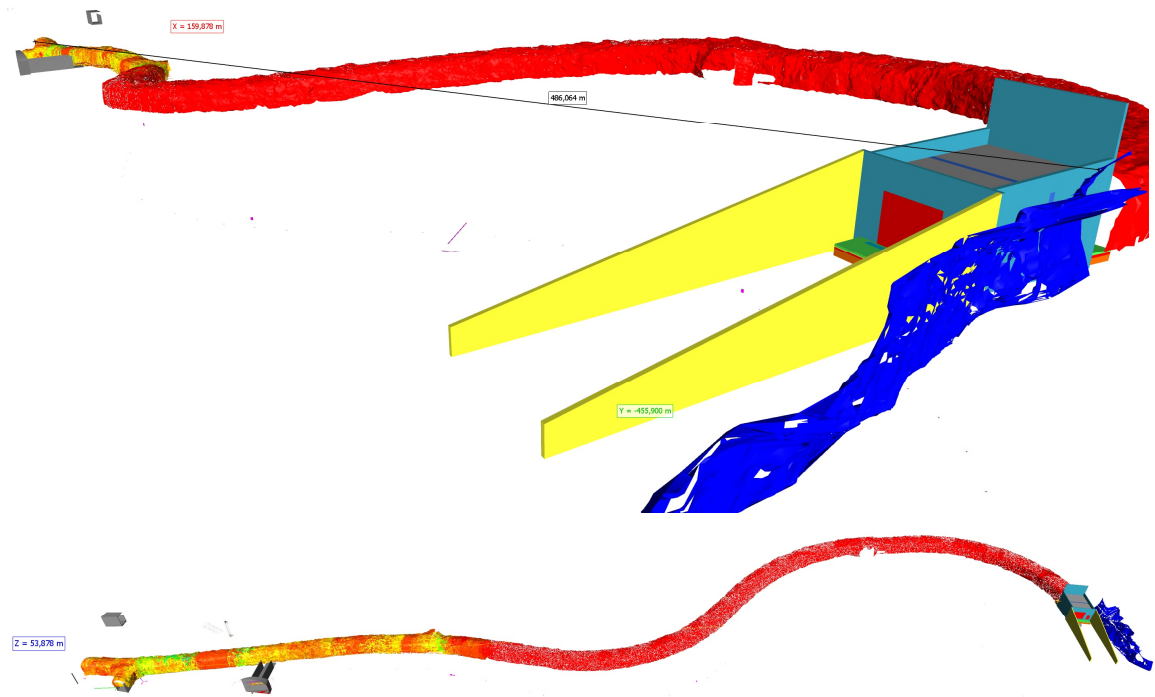
2 Referenssikohteen esittely

2.1 Sähkölaitekuorma

Tarkasteltava referenssikohteen sähköverkko palvelee n. 560 metriä pitkää huoltotunnelia maanalaiseen kohteeseen. Osuuden sähkölaitekuorma koostuu pääasiassa valaistuksesta, suuaukkorakennuksen sähkösulatuksista, tunnelin päihin sijoitetuista puhaltimista, turvavalaituksesta, telekeskuslaitteista sekä n. 130 metrin välein sijoitetuista pistorasiakeskuksista. Kuvassa 1 on ote laserkeilatun tunnelin IFC-mallista.

Tilaaajan vaatimuksista johtuen tunneliin on rakennettu myös varavoimaverkko, johon on liitetty joka kolmas valaisin, telejakamot, automaatiokeskus sekä mm. ulko-oven ohjauskeskus. Tunnelin ryhmäkeskukset on jaettu erillisiin normaali- ja varavoimaosiin, ja näihin kytketyt tarkastellut kuormitukset ilmenevät liitteiden 3–5 piiriluetteloista.

Tunneliin sijoitettujen ryhmäkeskusten nimellisvirroissa on varauduttu tulevaisuudessa louhittaviin lisätunneleihin sekä mahdollisesti toteutettaviin uusiin pumppaamoihin. Tunneliin sijoitetut pistorasiakeskukset palvelevat huoltotilanteiden ja pelastusviranomaisten tarpeita.

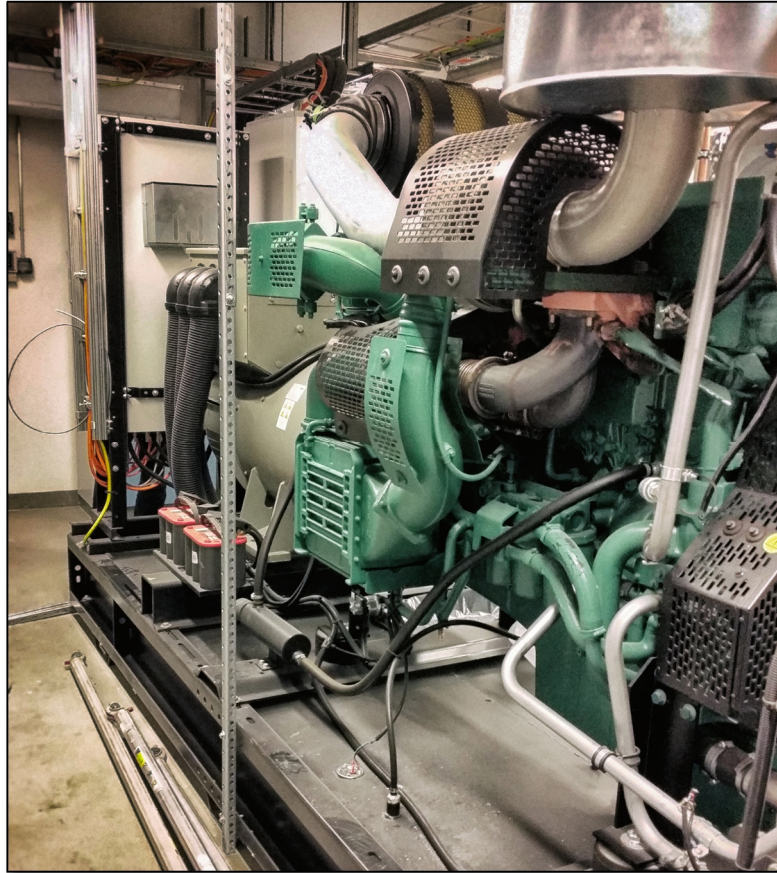


Kuva 1. Havainnollistus laserkeilatun huoltotunnelin IFC-mallista Navisworksissa. Pituutta huoltotunnelin kuvassa näkyvällä osuudella on noin 560 m.

2.2 Sähköjaketuverkon rakenne

Referenssikohteen sähköverkko on liitetty valtakunnan verkkoon kahdella 20 kV:n 1 000 kVA:n kuivamuuntajalla. Muuntajat syöttävät omia pääkeskuksiaan PK1 ja PK2, ja kummatkin pääkeskukset on edelleen jaettu ohjattavilla katkaisijoilla erotettuihin 1 250 A:n normaali- ja varavoimaosiin. Pääkeskusten välillä on olemassa yhdistysmahdollisuus kiskosillan kautta, mikäli toinen muuntaja on poissa käytöstä. Pääkeskusten pääkatkaisijoina käytetään ilmakatkaisijoita, muutoin katkaisijat ovat kompaktikatkaisijoita. Muuntajien rinnankäynti on estetty katkaisijalukituksilla, joten oikosulkukestoisuudet voidaan mitoittaa yhden muuntajan syöttötilanteelle.

Varavoimaverkon tehontuotosta vastaa kuvaa 2 vastaava nimellisteholtaan 630 kVA:n varavoimakone, joka on liitetty omaan pääkeskukseensa. Kuvassa 3 on nähtävillä esimerkki varavoimapääkeskuksen toteutuksesta. Kuten talotekniikan varavoimajakelussa yleensäkin, varavoimakoneen generaattorin tarjoilema pääjännite on 400 V. Varavoimapääkeskuksesta lähtee kiskosillat kummankin varsinaisen pääkeskuksen varavoimaosiin.



Kuva 2. Nimellisteholtaan 630 kVA:n varavoimakone asennettuna. Moottorina on Volvon 16,1-litrainen TWD1653GE, joka 1 500 rpm:n nopeudella tuottaa 564 kW:n nimellisen akselitehon.

Normaalijakelutilanteessa pääkeskukset ja niiden taakse kytketyt kuormat siis syötetään omien muuntajiensa takaa, ja sähkökatkon aikana pääkeskusten varavoimaosat irrotetaan muusta verkosta ja syötetään varavoimapääkeskuksesta. Tarkasteltava osuus kohteen sähköverkon nousujohtokaaviosta on esitetty kuvassa 4.

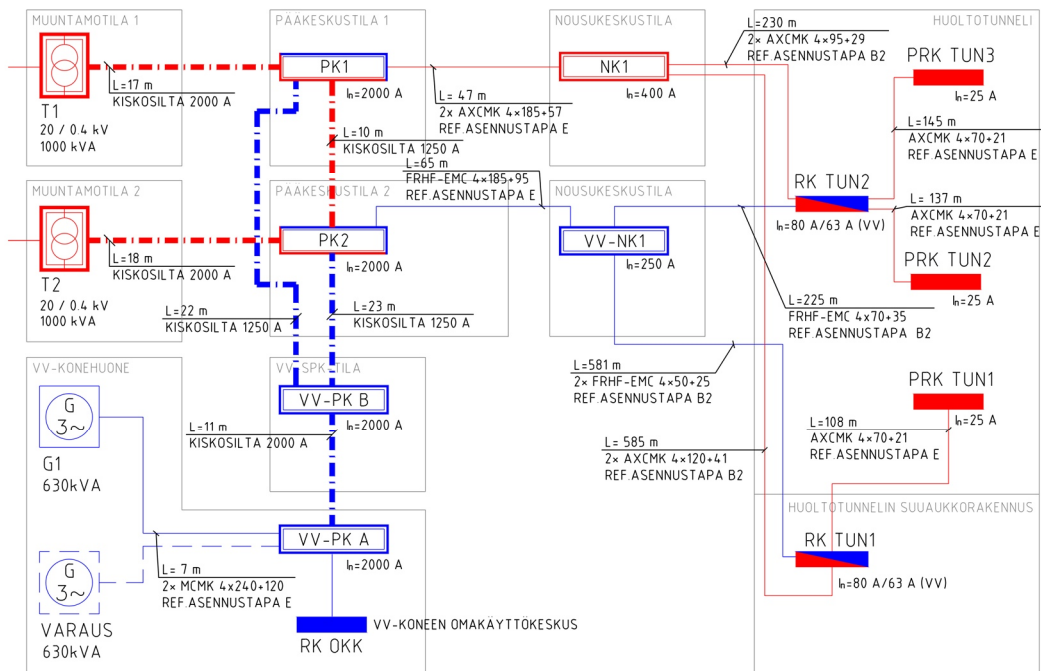


Kuva 3. Varavoimapääkeskuksen esimerkkitoetus.

Huoltotunnelin ryhmäkeskuksissa on erilliset normaali- ja varavoimaosat, ja niiden välille on myös sijoitettu ohjattava katkaisija. Katkaisija pidetään oletusarvoisesti auki, ja suljetaan varavoimaverkon huoltotoimenpiteiden ajaksi. Normaali-jakelutilanteessa osia syötetään siis kahta eri reittiä pitkin. Tarkasteltavien ryhmäkeskusten normaali-jakeluosien nimellisvirrat ovat 80 A ja varavoimaosien 63 A.

NOUSUJOHTOKAAVIO / LASKENTATILANNE 1

■ = NORMAALIJAKELU ■ = VARAVOIMAJAKELU ■ = KESKUKSESSA VARAVOIMAOSA



Kuva 4. Mallinnettavan verkon nousujohtokaavio, ensimmäinen laskentatilanne.

Tutkittavassa 1 kV:n jakeluvaihtoehdossa käytetään maasta erotettua IT-jakelujärjestelmää. Liitteessä 1 on esitetty tämän jakelun ja maasulkusuojauksen periaate. 1 kV:n jänniteportaan perässä oleva 400 V:n jakelu on toteutettu normaalisti TNC-S-järjestelmällä. Kuvassa 5 on nähtävillä olemassa olevan asennuksen 0,4/1 kV:n muuntajia.



Kuva 5. Kolme kappaletta 0,4/1 kV:n 30 kVA:n muuntajia asennettuna.

Referenssikohteen sähkösuunnittelussa noudatettiin kohteen tilaajan omaa ohjeistusta, joka asetti vaatimuksia mm. ryhmäjohtojen minimipoikkipinta-alalle, kaapelivaippojen materiaaleille ja asennusten palonkestävyydelle. Varavoimajakelu toteutettiin palonkestävillä FRHF-kaapeleilla. Huoltotunneleiden ja kaivosten sähköistyksen suunnittelussa yleisesti huomioitavia seikkoja on käsitelty esimerkiksi ST-kortissa 51.78.

3 Sähkönjakeluverkkojen mitoittaminen

3.1 Mitoittamisen perusteet

Sähkölaki edellyttää toteuttamaan sähköasennukset ”hyvän teknisen käytännön mukaisesti siten, että se – ei vaaranna ihmisten terveyttä ja turvallisuutta, kotieläimiä tai omaisuutta” [Sähköturvallisuuslaki, 12 §]. Lisäksi edellytetään, että noudatetaan kulloinkin voimassa olevia sähköturvallisuusviranomaisen TUKESin listaamia standardeja, ellei laadita selvitystä poikkeamisesta ja tarvittaessa hankita lausuntoa valtuutetulta tarkastajalta tai laitokselta.

Niinpä insinööriyön referenssikohteen mitoitus perustuukin asennus- ja laskentaperiaatteisiin, jotka on listattu standardissa SFS-6000 pienjännitesähköasennuksista sekä sitä täydentävässä teknisessä raportissa CENELEC TR 50480. Laskenta suoritetaan Nelfon kehittämällä Febdok-ohjelmistolla, joka sisältää edellä mainitut mitoitusperusteet sisäänrakennettuna.

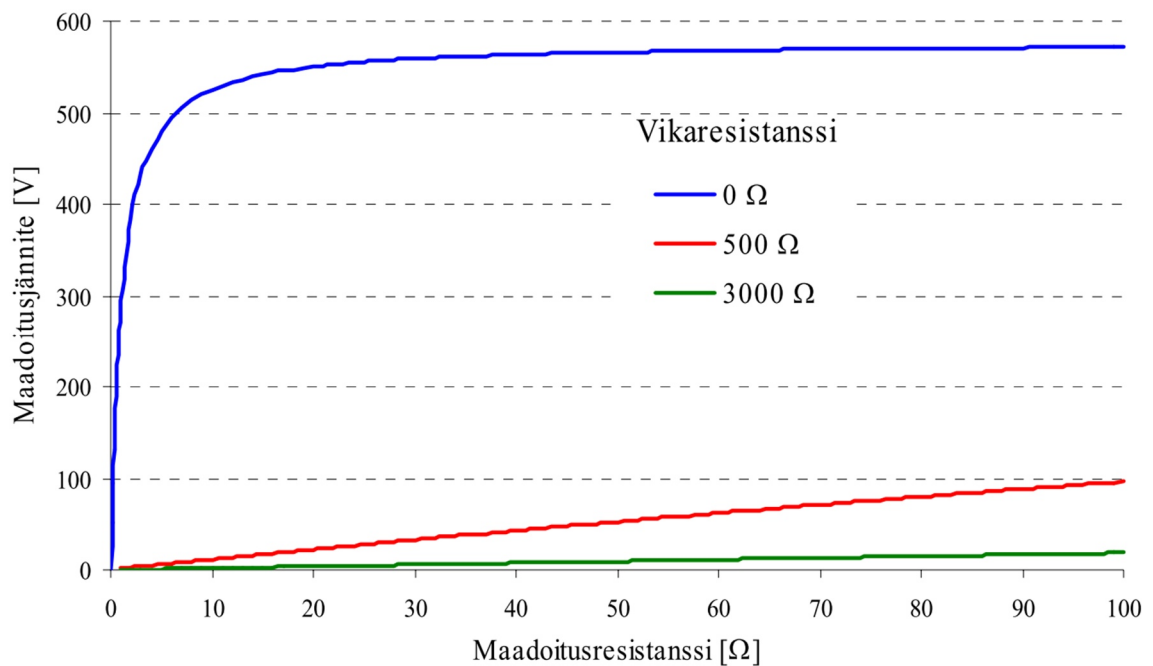
3.2 Jakelujännitteen vaikutus sähkön siirtoon

Jakelujännitteen suurentaminen parantaa sähkönjakelun hyötysuhdetta, mutta toisaalta monimutkaistaa sen suojausta ja kasvattaa verkon komponenttikirjoa. Suuremman jännitteen tuoma hyöty perustuu siihen, että sama teho siirretään verkossa pienempää virtaa käyttäen. Kuten Ohmin laista johdetusta kaavasta $P_L = I^2R$ käy ilmi, häviöteho suurenee neliöllisesti virran kasvaessa. Käänteisesti tämä tarkoittaa, että puolittamalla virta putoaa piirissä häviävä teho neljännekseen. Verkon mitoituksessa suurempi jakelujännite tarkoittaa, että koska sähköverkon komponentit mitoitetaan kokonaisvirran mukaan, voidaan pienemmälle virralle käyttää edullisempia komponentteja. Huomattavimmat säästöt tulevat ohuempien johdinpoikkipinta-alojen käytöstä.

Taajamien jakeluverkoissa 1 kV:n jännitettä käytetään jonkin verran muutamien kilometrin johto-osuuksilla, mutta tällöin jännite muunnetaan suoraan 20 kV:sta 1 kV:iin käyttämällä 20/1/0,4 kV kolmikäämimuuntajia [1000 V sähkönjakelu 2005: 62]. Insinööriyössä tarkastelun kohteeksi on rajattu 0,4/1/0,4 kV-jänniteporras, sillä yleisesti talotekniikan kiinteistöissä käytettävät varavoimageneraattorit tarjoilevat 0,4 kV:n jännitettä.

Nostettaessa jakelujännitettä siirtohäviöiden pienentämiseksi merkittävimpinä lisäkomponentteina verkkoon tulevat 0,4/1 kV:n muuntajat. Kilovoltin osuus toteutetaan maasta erotettuna IT-jakeluna, sillä mikäli verkko olisi maadoitettu (TN), kaksoisvian – siis maaoikosulun ja nollajohtimen katkeamisen – sattuessa voisi jännite-epäsymmetriasta aiheutuva vaarallisen korkea maadoitusjännite siirtyä maadoituksen kautta kulutuskojeiden runkoihin kosketusjännitteeksi. Maadoitusjännitteellä tarkoitetaan maadoitusjärjestelmän ja referenssimaan välistä jännite, kosketusjännitteellä taas samanaikaisesti kosketeltavissa olevien johtavien osien välistä jännitettä. Kosketusjännite voi olla suurimmil-

laan maadoitusjännitteen suuruinen. Maadoitusjännitteen suuruuksia erilaisilla vikaresistansseilla on nähtävissä kuvassa 6. Maasulkusuojausta käsitellään tarkemmin luvussa 3.7.



Kuva 6. Maadoitusjännitteen suuruus tehollisesti maadoitetussa verkossa kaksoisvian aikana kilometrin pituisella 1 000 V:n johdolla. Kosketusjännite on suurimmillaan maadoitusjännitteen suuruinen. [Lohjala 2005: 121]

3.3 Mitoituksen eteneminen

Sähköverkon turvallinen käyttö edellyttää sen mitoittamista. Pienjänniteverkon osalta kyseisessä toimenpiteessä tarkastellaan kaapeleiden ja komponenttien

- kestoisuutta käynnistys- ja nimelliskuormitusvirroilla,
- dynaamista oikosulkuvirtakestoisuutta – siis virran suurinta hetkellisarvoa,
- termistä oikosulkuvirtakestoisuutta – eli virran tehollisarvoa,
- jännitteenalennemaa käynnistys- ja nimelliskuormituksilla,
- syötön automaattisen poiskytkennän toteutumista määrättyissä aikarajoissa sekä
- suojalaitteiden selektiivisyyttä.

Mitoitusta varten on tunnettava kuormitusten paitsi pätö- ja loistehon tarve, myös mahdollisesti esiintyvä säröteho. Huipputehoa laskettaessa tulee arvioida kuormien käyttöastetta. Näiden lisäksi on huomioitava asennusympäristön asettamat rajoitteet sekä tilaajan mahdolliset erityisvaatimukset. Eri jänniteportaita laskettaessa tulee muuntajien

takana olevat suureet redusoida tarkasteltavaan jännitetasoon, joka tässä tapauksessa on 0,4 kV.

Varavoimaverkon mitoittaminen on haastavampaa, sillä valtakunnan verkkoon verrattuna oikosulkutehoa on tarjolla rajoitetusti, eli verkon jännitejäykkyys on huonompi, ja varavoimakoneen kuormanottokyky on rajallinen. Syötön automaattinen poiskytkentä vaatii teholähteeltä tarpeeksi suurta oikosulkuvirtaa, jotta standardin sallimia poiskytkentäaikoja ei ylitetä.

3.4 Kaapelin kuormitettavuus

Virran kulkiessa virtapiirissä aiheuttavat sen komponenttien impedanssit tehohäviöitä, jotka ilmenevät niiden lämpenemisenä. Kaapeleiden tapauksessa kuormitettavuutta – siis normaalitilanteen virtaa, jolla johtimet ja kaapeli eivät lämpene asennusolosuhteissaan liikaa – rajoittaa eristeen lämmönkestävyys. Kaapeleiden ylikuormittaminen lyhentää niiden elinikää mm. haurastuttaen eristeitä ja on riski paloturvallisuuden kannalta. Myös johdinmateriaalien sähkönjohtavuus heikkenee lämpötilan kasvaessa, mutta tätä seikkaa tarvitsee huomioida lähinnä vain palon aikana toimivien järjestelmien mitoituksessa. [Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille 2015: 7.]

SFS 6000-5-52 ilmoittaa suurimmiksi sallituiksi kaapelien käyttölämpötiloiksi seuraavat:

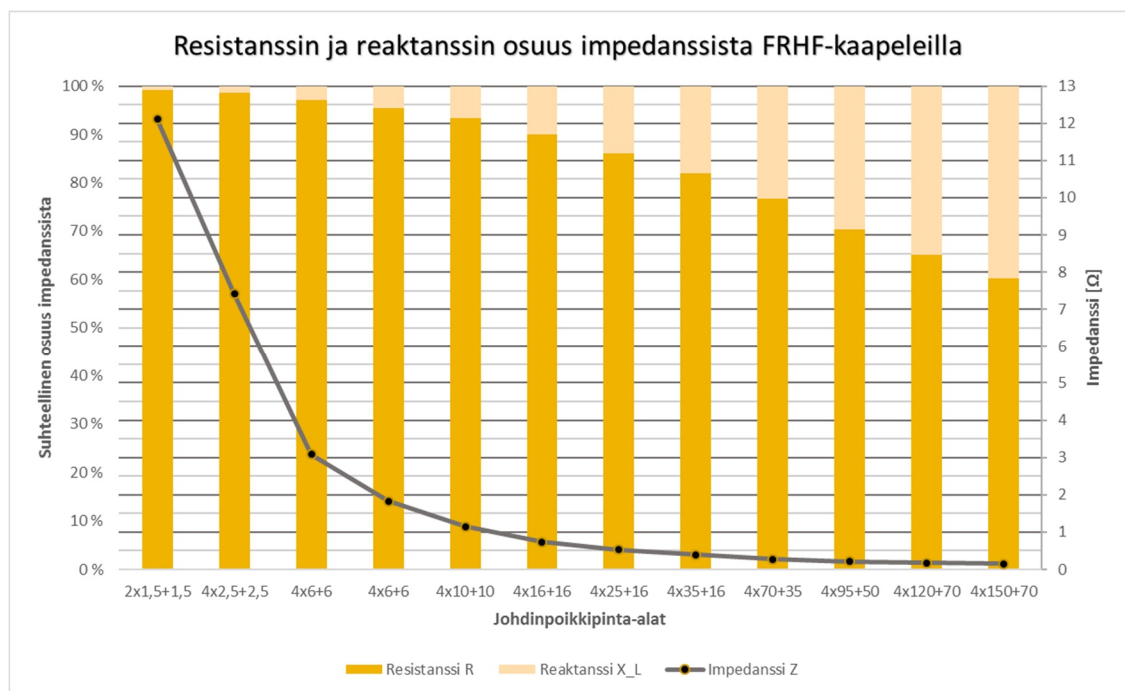
PVC-eristeiset	70 °C johtimessa
PEX-eristeiset	90 °C johtimessa

Asennusympäristön kyky haihduttaa lämpöä on ratkaisevassa osassa. Kaapelin asennustavalla, ympäröivällä aineella, ympäristölämpötilalla ja mahdollisilla muilla lämpölähteillä, kuten muilla kuormitetuilla kaapeleilla, on merkitystä kuormitettavuutta määrittäessä. Näille ympäristötekijöille esitetään standardissa korjauskertoimet, joita sovelletaan suojalaitteen kuormitusvirtaan. Mitoittavaksi tekijäksi muodostuu piirin vaativimman paikan ympäristöolosuhde.

Työvaiheet kuormitettavuutta määritettäessä ovat

1. Piirin suojalaitteen valinta kuormitusvirran perusteella
2. Suojalaitetta vastaava kuormitusvirran selvitys
3. Asennusolosuhteista johtuvien korjauskerrointen määrittäminen
4. Johdinpoikkipinta-alan ja -materiaalin valitseminen

Pienjänniteverkoissa ovat resistiiviset häviöt merkittävimmissä osassa, sillä reaktiivisten häviöiden osuus varsinkin pienen pinta-alan omaavissa kaapeleissa on marginaalinen, kuten kuvasta 7 käy ilmi. Reaktanssin voidaan ajatella muodostuvan puhtaasti induktanssista, sillä pienjännitteillä kapasitanssin vaikutus reaktanssiin on mitätön.



Kuva 7. Resistanssin R ja reaktanssin X osuudet kokonaisimpedanssin muodostumisessa FRHF-XCCMK-kaapelilla.

3.5 Jännitteenalenema

Yksi sähkön laadun kriteeri on jännitteenalenema. Virran kulkiessa virtapiirissä, aiheuttaa virtapiiriin impedanssi siirtotiellä jännitehäviötä ennen kulutus pistettä. Jännitehäviön suuruuteen vaikuttaa piirin kuormitusvirta ja johtimen impedanssi. Pienjännitteellä ja pienillä johdinpoikkipinta-aloilla jännite alenee nopeasti virran kasvaessa. Impedanssien suuruuksista erilaisilla kaapelipoikkipinta-aloilla saa käsityksen kuvasta 7.

Liian alhainen jännite aiheuttaa erilaisia sähkölaitteiden toimintahäiriöitä; esimerkiksi tarpeeksi alhaisella jännitteellä ($\Delta u > 15\%$) kontaktorien koskettimet eivät jaksakaan pitää [Varavoimalaitokset 2013: 115]. Moottorin tapauksessa sen käynnistäminen liian alhaisella jännitteellä kasvattaa moottorin verkosta ottamaa virtaa ja pienentää verkon jännitettä entisestään. Tämä ylivirta voi aiheuttaa suojalaitteiden ennenaikaisia laukeamisia tai jopa moottorin hajoamisen liian suuren virran polttaessa käämitysten eristeet.

Normaalisti jännitteenalenema ei muodostu mitoittavaksi tekijäksi, elleivät kyseessä ole suuret kaapelipituudet tai kuormat [Lempinen 2015: 24]. Standardin SFS 6000-5-52 ohjeelliset arvot suurimmalle suhteelliselle jännitteenalenemalle ovat

- yleiseen jakeluverkkoon kytketyille valaistuskuormille 4 %
- yleiseen jakeluverkkoon kytketyille muille kuormille 5 %
- yksityiseen teholähteeseen kytketyille valaistuskuormille 6 %
- yksityiseen teholähteeseen kytketyille muille kuormille 8 %.

Käytännössä jännitteenaleneman pienentämiseksi joudutaan rajoittamaan siirrettävää tehoa tai pienentämään virtapiirin resistanssia, siis käyttämään suurempia johdinpoikkipinta-aloja sekä useita rinnakkaisia kaapeleita. Jälkimmäinen keino suurentaa rakentamisvaiheen kustannuksia, mutta pienentää elinkaaren aikana tehohäviöistä kumuloituvia kustannuksia.

Jännitteenaleneman suuruus tulee tarkistaa aina, vaikka se ei muodostuisikaan mitoittavaksi tekijäksi. Tarkka laskenta voidaan suorittaa osoitinlaskennan ja yleisen piiriteorian avulla, mutta likiarvokaava riittää yleensä käytännön mitoituksiin. On huomioitava, että jännitteenalenema lasketaan piirin suunnitellun virran mukaan, eikä nimellisvirran mukaan. Standardi SFS 6000-5-52 esittää likimääräisen kaavan, jolla tämä absoluuttinen jännitteenalenema lasketaan:

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \phi + \lambda \sin \phi \right) I_B \quad (1)$$

- u on jännitteenalenema voltteina
- b on kerroin, joka kolmivaiheisille piireille on 1 (jos nollajohdinten virta kumoutuu) ja yksivaiheisille piireille 2
- ρ_1 on johdinmateriaalin resistiivisyys 20 °C lämpötilassa
- L on johtojärjestelmän pituus metreinä
- S on johtimien poikkipinta-ala mm²:nä
- $\cos \phi$ on tehokerroin (oletus 0,8 jos ei tunneta)
- λ on johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden (oletus 0,08 mΩ/m jos ei tunneta)
- I_B on suunniteltu virta ampeereina

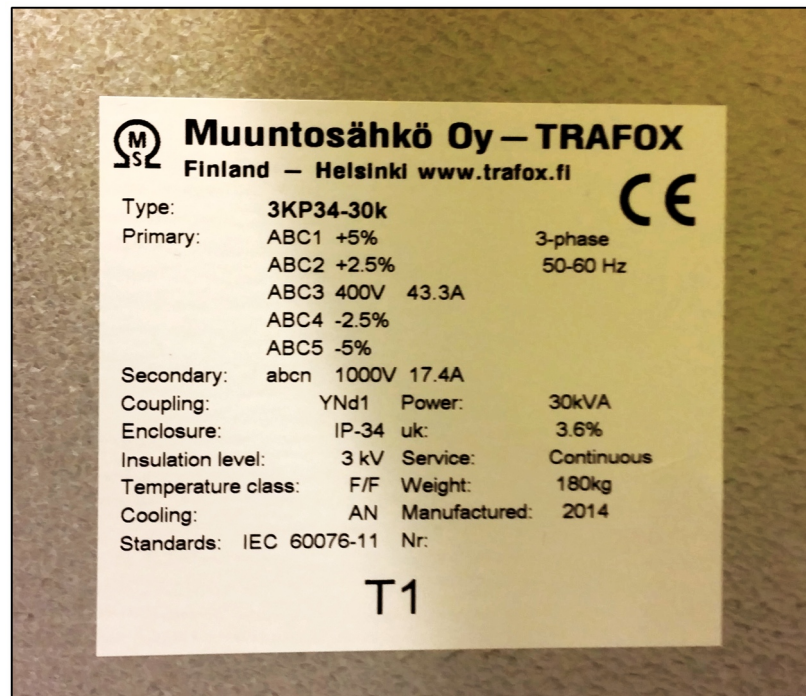
Jännitteenalenema esitetään yleensä prosenttilukuna seuraavan kaavan mukaan

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0} \quad (2)$$

jossa U_0 on vaiheen ja nolla välinen jännite voltteina.

Huomautettakoon vielä, että edellä mainittu standardi sallii jännitealenemarajan kasvattamisen 0,005 %/m 100 metrin ylittävälle kaapeliosuudelle, mikäli asennuksen pääjohdot ovat yli 100 m pitkiä. Lisäksi suurempi jännitteenaleneman sallitaan hetkellisesti suuria käynnistysvirtoja ottavien laitteiden tapauksessa. Vaikka standardi sallisi suurenkin jännitealeneman, on kuitenkin tapauskohtaisesti tarkasteltava kuinka alhaiseksi jännite on järkevää päästää.

Eräs lisähyöty, joka 0,4/1 kV:n muuntajia käytettäessä saadaan, on, että muuntajilla voidaan kompensoida jännitteenalenemaa, mikäli kuormitus pysyy riittävän tasaisena. Referenssi kohteeseen tulevat muuntajat on varustettu väliottokytkimillä, jotka sallivat jänniteasettelun $\pm 2,5$ %:n ja ± 5 %:n portailla. Asennetun 0,4/1 kV:n muuntajan kilpiarvoja on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. 0,4/1 kV:n muuntajan kotelossa näkyvät sähkötekniset tiedot.

3.6 Ylivirtasuojaus

Standardi vaatii kohdassa SFS 6000-4-43 430.3 yleisesti käyttämään suojalaitteita, jotka kykenevät katkaisemaan ylivirrat, ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa vahinkoa asennuksille. Ylivirtoja esiintyy ylikuormituksen, oikosulun sekä maasulun aikana.

Joitain poikkeuksia lukuun ottamatta virtapiirit tulee varustaa virran katkaisevalla ylikuormitussuojalla virtapiirin komponenttien ja ympäristön suojaamiseksi. Standardi määrää ylikuormitussuojan täyttämään ehdot $I_B \leq I_n \leq I_Z$ sekä $I_2 \leq 1,45 * I_Z$, jossa I_B on piirin suunniteltu virta, I_Z on johtimen jatkuva kuormitettavuus, I_n on suojalaitteen mitoitusvirta ja I_2 on suojalaitteen toiminnan vaatima virta määritellyssä toiminta-ajassa. Useimmissa tapauksissa voidaan samalla suojalaitteella toteuttaa sekä ylikuormitus- että oikosulkusuojaus, mikäli suojalaite toteuttaa standardin vaatimat ehdot. Katkaisijat täyttävät jälkimmäisen ehdon suoraan, ja ne voidaan täten valita suoraan kuormitettavuuden perusteella. Sulakesuojauksista käytettäessä tulee täyttää ehto $kI_n \leq 1,45 * I_Z$. Erilaisia arvoja k -kertoimelle esitetään käsikirjassa D1 (2012) luvussa 43.1.

Oikosulkusuoja – kuten ylikuormitussuojakin – sijoitetaan yleensä kohtaan, jossa johdinpoikkipinta-ala pienenee tai verkon ominaisuudet muuttuvat muuten. SFS 6000-4-43 434.5.2 edellyttää katkaisemaan oikosulkuvirran ennen johdinten lämpenemistä enimmäiskestoonsa. Oikosulkutilanteiden aikana vikavirtojen suuruudet ilmoitetaan kiloampereiden kokoluokassa.

Tarkkoja virta-arvoja kaikille erilaisille tapauksille on mahdotonta laskea, sillä vikavirtojen suuruuksiin vaikuttavat mm. vikapaikan sijainti, vikakohtan impedanssi sekä erilaiset kytkentätilanteet ja kuormitukset. Niinpä katkaisukyky- ja kestoisuusmitoituksissa tilanteeksi oletetaan pahin skenaario, eli 3-vaiheinen oikosulku, jossa vikapaikan impedanssi on 0Ω ja johdinlämpötila ympäristöä vastaava. Tätä tarkoitusta varten täytyy selvittää suurin verkossa esiintyvä vikavirta I_{k3max} , eli I_{c3Lmax} . Varavoimasyöttötilanteen oikosulkuvirrat ovat pienempiä kuin normaalisyöttötilanteessa, joten määräävät arvot saadaan normaalin muuntajasyöttötilanteen laskelmista. Mikäli sähköverkkoa syöttää yhtäaikaaisesti useampi teholähde, tulee komponenttien oikosulkukestoisuus mitoittaa kestämään näiden syöttämä yhteenlaskettu oikosulkuteho. Tällaista tilannetta pyritään yleensä välttämään, esimerkiksi katkaisijalukituksin.

Koska suojalaitteiden laukaisunopeus on yleensä käänteisaikainen – siis suuremmalla vikavirralla laite toimii nopeammin –, tulee selvittää myös pienin esiintyvä vikavirta I_{k1min} , eli I_{c1Lmin} , jotta voidaan valita laukaisuaikavaatimukset täyttävät suojalaitteet tai niiden aseteltavat laukaisuarvot. IT-järjestelmässä yksivaiheisen oikosulun syntyminen ei ole mahdollista, tällöin käytetään mitoituksessa pienintä 2-vaiheista oikosulkuvirtaa I_{k2min} , eli I_{c2Lmin} . Toisin kuin suurinta virtaa laskettaessa, pienintä virtaa laskettaessa johdinlämpötilana käytetään suurinta kaapelin sallimaa lämpötilaa.

Oikosulkutilanteen virrat aiheuttavat huomattavia voimia johdinten/kiskojen välille. Käsitöksen oikosulkutilanteen dynaamisen virran aiheuttaman voiman suuruudesta saa seuraavan laskuesimerkin avulla. Kahden yhdensuuntaisen johtimen välillä vaikuttavan voimavaikutuksen voi laskea seuraavalla yhtälöllä [Ahoranta: 257]:

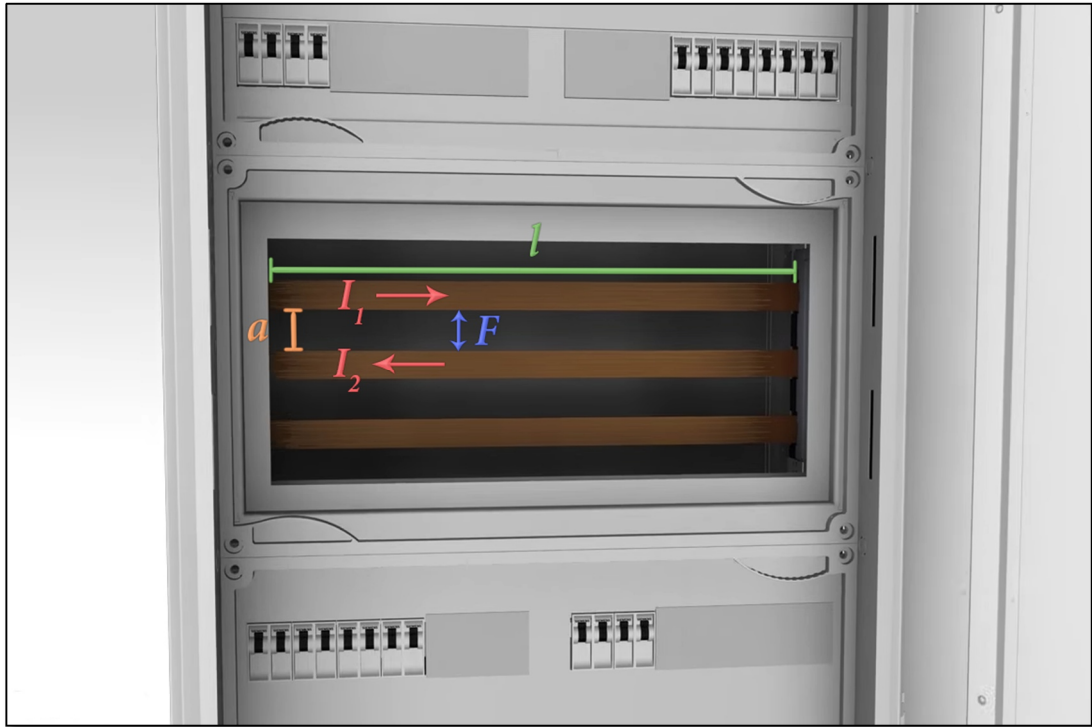
$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \frac{l}{a} \quad (3)$$

- F on johtimiin vaikuttava voima [N]
- μ_0 on ilman permeabiliteetti [$\frac{H}{m}$]
- I_1 ja I_2 ovat johdinten virrat [A]
- l on johdinten pituus [m]
- a on johdinten etäisyys toisistaan [m]

Jakokeskuksessa olevien kiskojen kiinnitysvälin pituus $l = 480$ mm, keskinäinen etäisyys $a = 80$ mm ja oikosulkuvirrat I_1 ja $I_2 = 32000$ A. Sijoittamalla nämä arvot yhtälöön

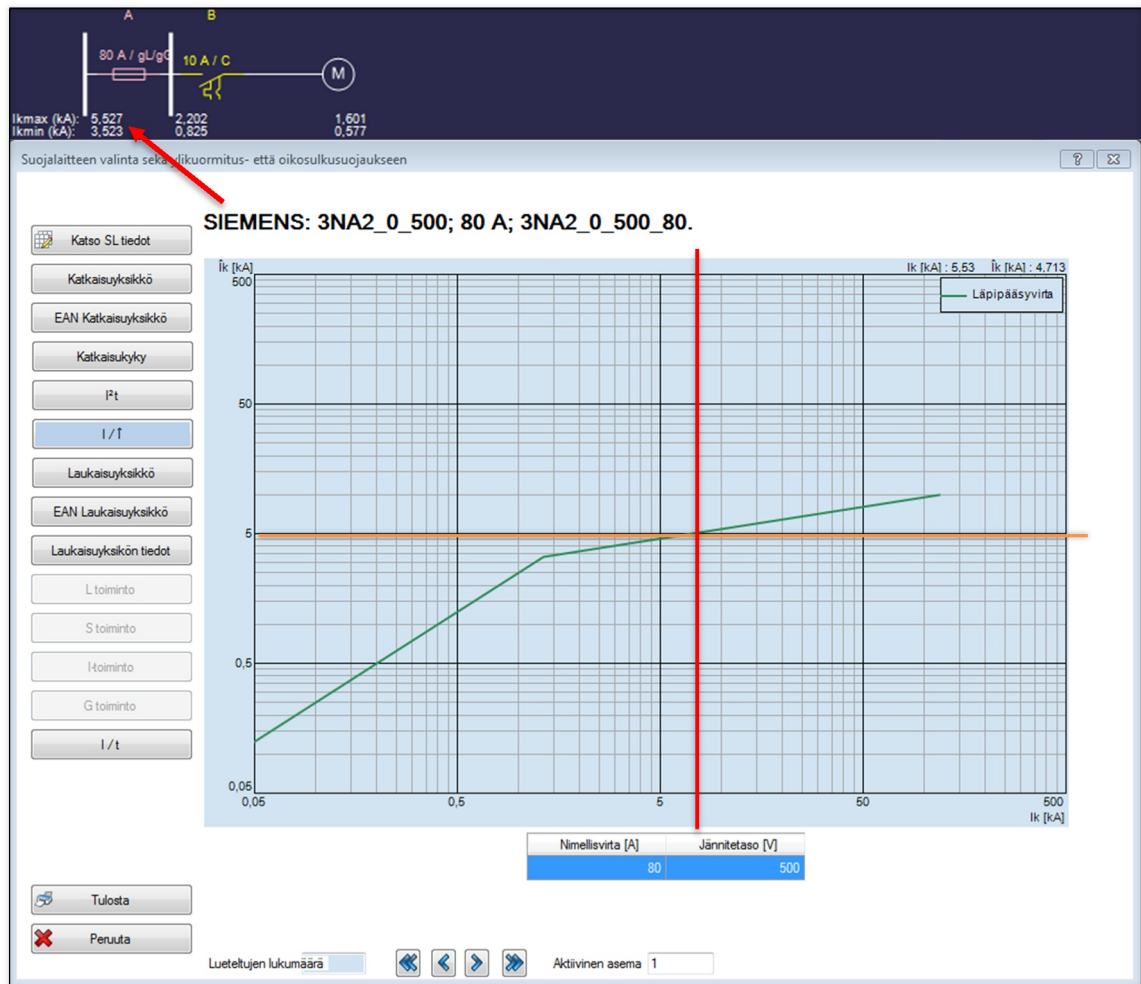
3, $F = \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m}}{2\pi} * 32000 \text{ A} * 32000 \text{ A} * \frac{0,48 \text{ m}}{0,08 \text{ m}}$, saadaan kiskojen kiinnityskohtiin vaikuttavan voiman suuruudeksi 1229 N. Tämä vastaa ($m = \frac{F}{g} = \frac{1229 \text{ N}}{9,81 \frac{m}{s^2}}$) noin 125 kg:n massaa.

Suureet on havainnollistettu kuvassa 9.



Kuva 9. Virran voimien laskennan suuret havainnollistettuna jakokeskuksen virtakiskoissa.

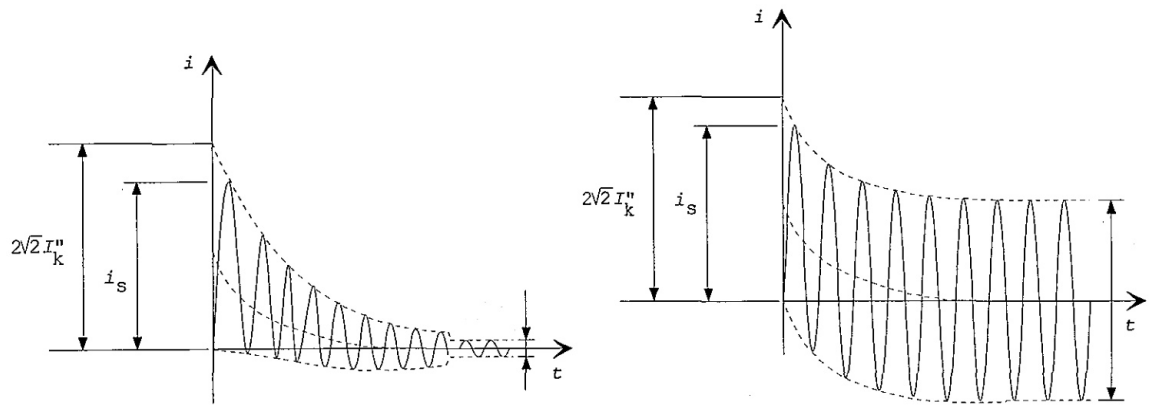
Tätä dynaamista virtaa, jonka mukaan esimerkiksi keskkuset kojeineen mitoitetaan, ilmaistaan suurella I_{pk} tai I_{dyn} . Yleensä pyritään käyttämään suojalaitteita, jotka rajoittavat tätä arvoa pienemmäksi. Tällöin puhutaan ns. ehdollisesta oikosulkuvirrasta I_{cc} . Tällöin voidaan valita pienemmän virtakestoisuuden ja katkaisukyvyn omaavia komponentteja. Kuva 10 demonstroi kahvasulakkeen virranrajoitusominaisuutta.



Kuva 10. Kuvan tilanteessa havaitaan, että kahvasulake A:n näkemä prospektiivinen oikosulkuvirta I_k on 5,527 kA, mutta se rajoittaa virran huippuarvon \hat{I}_k 5 kA:iin.

Sähködynamista voimavaikutusta voidaan käyttää myös hyödyksi, esimerkiksi kompaktkatkaisijoiden vikavirtojen pikalaukaisussa. Katkaisijat suunnitellaan siten, että vastakaissauntaiset virrat aiheuttavat hylkivän voimavaikutuksen toisiinsa nähden ja pakottavat katkaisijan koskettimet erilleen [Coordination of LV protection devices 2008: 5].

Alkuoikosulkuvirran vaimeneminen riippuu teholähteen tyypistä, kuten kuvasta 11 käy ilmi. Generaattorin sijaitessa vikapaikan lähellä, laskee oikosulkuvirta nopeasti, sillä generaattorin sisäinen impedanssi kasvaa oikosulun aikana. Mitä kauempana generaattori sijaitsee vikapaikasta, sitä merkityksettömämmäksi muuttuva impedanssi käy suhteessa kokonaisimpedanssiin. [Huotari & Partanen 1998: 7.]



Kuva 11. Epäsymmetrisen alkuoikosulkuvirran I_k'' vaimeneminen. Vasemman puoleisessa kuvassa generaattori sijaitsee lähellä vikapaikkaa, oikean puoleisessa taas kaukana. Syysysoikosulkuvirran I_s vaimeneminen riippuu oikosulkupiirin R/X -suhteesta. [Huotari & Partanen 1998: 4.]

Huomautettakoon tässä, että Febdok käyttää mitoitusperusteena prospektiivista oikosulkuvirtaa I_p , eli I_k . Suojalaitteen rajoittamaa virtaa ei automaattisesti huomioida, vaan rajoitettu virta-arvo tulee käydä lukemassa suojalaitteen oikosulunrajoitusdiagrammista. Mitoittamalla ehdollisen oikosulkuvirran mukaan päästään taloudellisempaan mitoitukseen, mutta tällöin keskuksiin tulee muistaa lisätä maininta suurimmasta mahdollisesta suojaavasta suojalaitteesta.

Myös ylivirran termiset vaikutukset voivat vahingoittaa eristystä, jatkoksia tai ympäröiviä materiaaleja. Tätä lämpövaikutusta kuvataan suurella I_{cw} tai I_{th} . Arvo tälle suurelle ilmoitetaan yleensä virran tehollisarvon suuruutena yhden sekunnin mittaisessa oikosulussa. Standardissa SFS-EN 61439-1 on esitelty useimpiin käytännön sovelluksiin sopivia kertoimia termisen ja dynaamisen virran laskentaan.

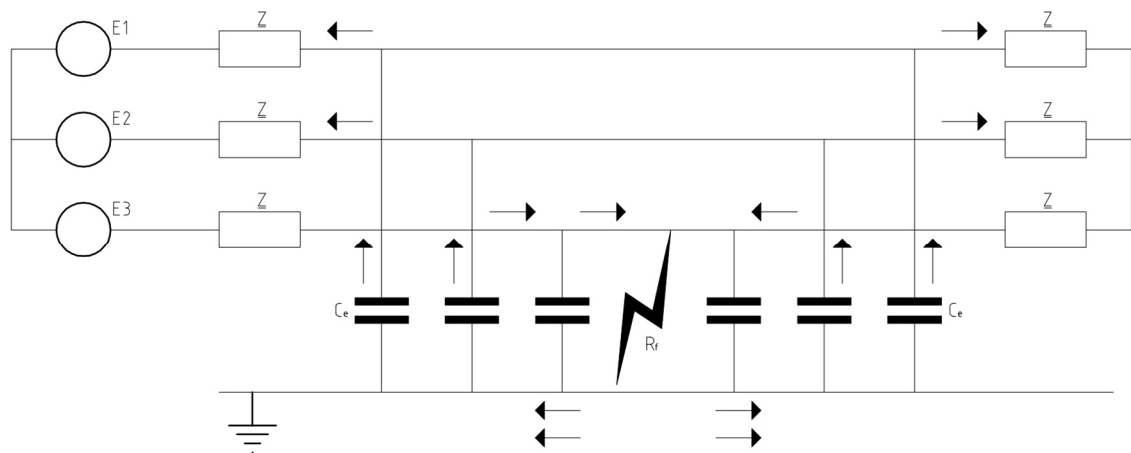
Sähköiskuilta suojaamisen takia standardi asettaa ylärajat vian poiskytkentäajoille. Kuten aiemmin todettiin, vikatilanteissa kojeiden johtavissa osissa saattaa esiintyä vaarallisen suuruisia kosketusjännitteitä. Ei-vikaantuneiden vaiheiden jännitteet voivat nousta pahimmillaan jopa pääjännitteen suuruiseksi. Yleisin tapa näiltä kosketusjännitteiltä suojautumiseen on käyttää syötön automaattista poiskytkentää. Suurimmat sallitut ajat poiskytkennälle on esitetty standardissa SFS 6000-4-4-1, ja ne ovat

- 0,1 s yli 400 V:n vaihejännitteillä alle 32 A suojalaitteen ryhmäjohtoilla,
- 0,4 s 230 V vaihejännitteillä alle 32 A suojalaitteen ryhmäjohtoilla ja
- 5 s muilla ryhmäjohtoilla ja pääjohtoilla.

1 kV:n osuus on pääjohtoa, joten poiskytkennän suurimpana aikarajana käytetään 5 sekuntia.

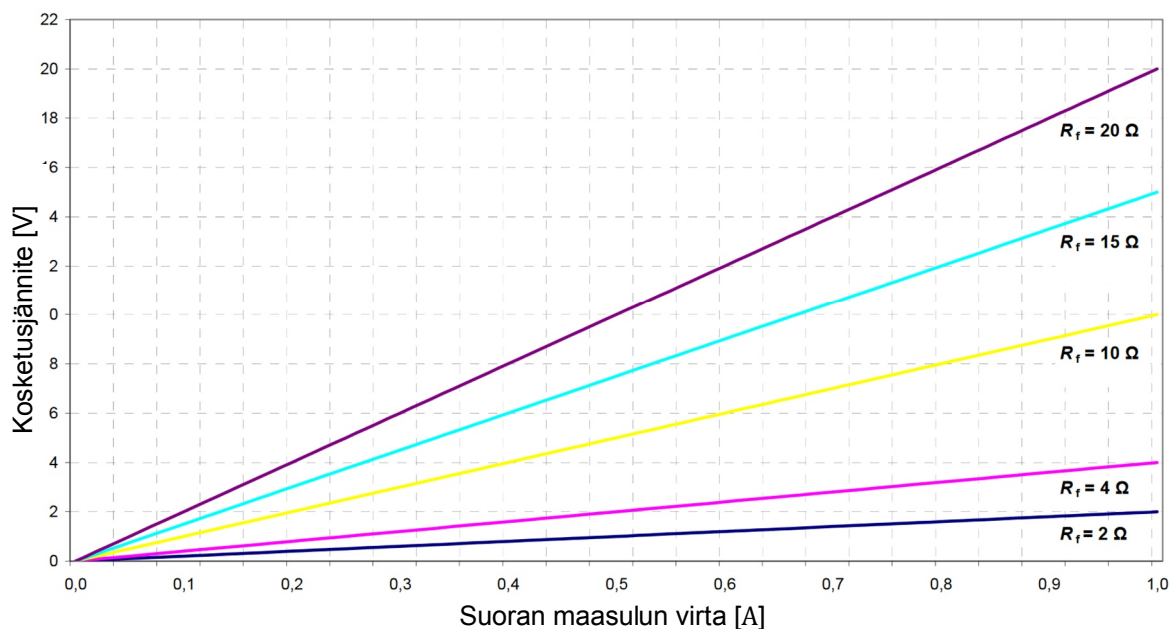
3.7 Maasulkusuojaus

1 kV:n jakelu toteutetaan IT-jakeluna, jolloin kyseinen osuus tulee varustaa maasulkusuojuuksella. Maasulku on määritelty eristysviaksi, jossa käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai siihen johtavassa yhteydessä olevan osan välille syntyy virtapiiri [TTT-käsikirja - Luku 8 2000: 1]. Käyttömaadoitetussa verkossa (TN) maasulku vastaa yksivaiheista oikosulkua, mutta maasta erotetussa verkossa tilanne on erilainen. Vaikka vikavirralla ei ole galvaanista paluureittiä, maasulkutilanteessa kulkee siltikin jännite-epäsymmetriasta aiheutuva kapasitiivinen vikavirta maakapasitanssien kautta. Periaate virtojen kulkureiteille yksivaiheisessa maaviassa on esitetty kuvassa 12. Kuten kuvasta 13 huomataan, maasulkutilanteiden virrat ovat niin pieniä, ettei niitä sulakkeita tai johdonsuojakatkaisijoita käyttäen voida katkaista.



Kuva 12. IT-järjestelmän yksivaiheisessa maasulkuvuissa vikavirroilla on kaksi reittiä, sekä 0,4/1 ja 1/0,4 kV:n muuntajan käämien kautta. Virta on luonteeltaan kapasitiivista ja sen suuruus riippuu vikapaikan sijainnista.

Yksinkertaisin tapa toteuttaa suuntaamaton maasulkusuojaus on mitata tähtipisteen ja maan jännitettä. Tämä suojaus toteutetaan kompaktikatkaisijan, jännitemuuntajan sekä hidastusreleen avulla. Maasulkuvirran kulkiessa virtapiirissä aiheutuu muuntajan tähtipisteen ja maan välille jännite-ero, sillä kolmivaiheinen symmetria menetetään. Tämä potentiaaliero mitataan jännitemuuntajan avulla ja viedään hidastusreleen kautta kärkitietona katkaisijan laukaisureleelle. Hidastusrelettä käytetään siksi, etteivät lyhytaikaiset maasulut – esimerkiksi ylijännitesuojan toiminta – aiheuta turhaa katkaisua. Suojauksen ja 1 kV:n järjestelmän toteutusperiaate on esitetty kaaviona liitteessä 1.



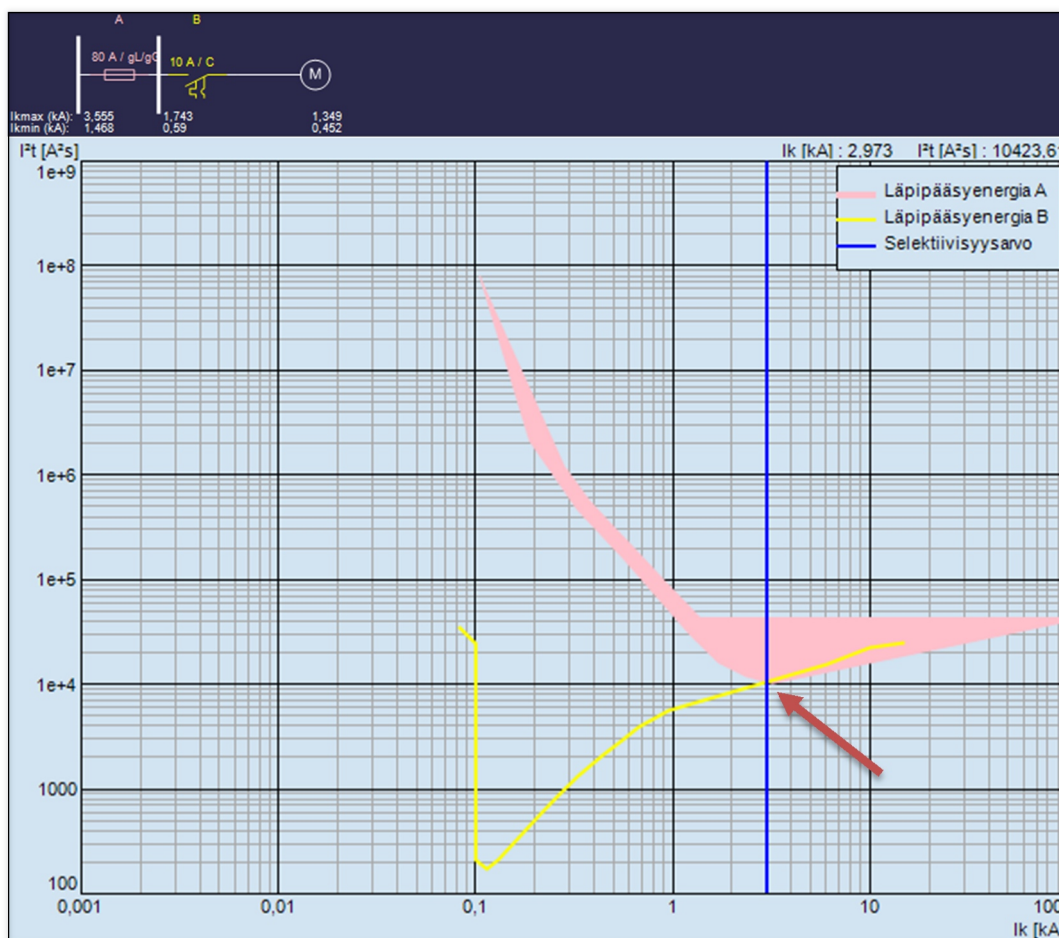
Kuva 13. 1 kV:n verkon maasulkuvirran ja kosketusjännitteen suuruudet erilaisilla maadoitusresistanssiarvoilla R_f [Lohjala 2008: 124]. Maadoitusresistanssilla tarkoitetaan asennuksen tai laitteen määrätyn pisteen ja referenssimaan välistä resistanssia.

3.8 Suojauksen selektiivisyys

Selektiivisyydellä tarkoitetaan vika-alueen rajoittamista mahdollisimman pieneksi suoja-laitevalinnoilla tai -asetteluilla. Sähköverkkoa, jossa samanaikaisesti toimii useampi suo-jalaite tai vikapaikkaan nähden väärä suojalaite, kutsutaan epäselektiiviseksi. Vähäinen vika jakeluverkossa voi aiheuttaa kerrannaisvaikutuksiltaan kalliin häiriön verkon terveessä osassa. Usein ei ole taloudellisesti järkevää saavuttaa täydellistä selektiivisyyttä, eikä tarvetta ole varsinkaan silloin, jos keskenään epäselektiiviset suojalaitteet suojaavat samaa verkon haaraa. Näin on esimerkiksi tarkasteltavan sähköverkon 1 kV:n osuu-dessa, sillä suojalaitteet rajaavat vian joka tapauksessa samaan verkon osaan.

Selektiivisyys voidaan jakaa pj-verkoissa virtaselektiivisyyteen ja aikaselektiivisyyteen. Virtaselektiivisyydessä suojalaitteiden toiminta-aika on vakio, ja vain vikavirran suuruus määrää mikä suojalaitteista toimii. Vikavirta on luonnollisesti suurin syöttöpaikkaa lähim-pänä, ja pienempi mitä kauempana syötöstä vika tapahtuu. Esimerkiksi useita suo-jausportaita käytettäessä voi poiskytkentään käytettävä aika loppua kesken, jolloin pe-räkkäisille suojuille voidaan asettaa sama toiminta-aika ja silti saavuttaa keskinäinen se-lektiivisyys. [Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys 2017: 3.]

Selektiivisyystarkastelussa peräkkäisen suojalaitteiden toiminta-aikakäyrät esitetään yhdessä virta-aikakoordinaatiossa, ja mikäli eri suojalaitteiden käyrät leikkaavat toisiaan, on kyseessä todennäköinen epäselektiivisyystilanne. Tarkastelua voidaan tehdä myös jouleintegraalien avulla, kuten on tehty kuvassa 14 [Kaipia 2013: 91].



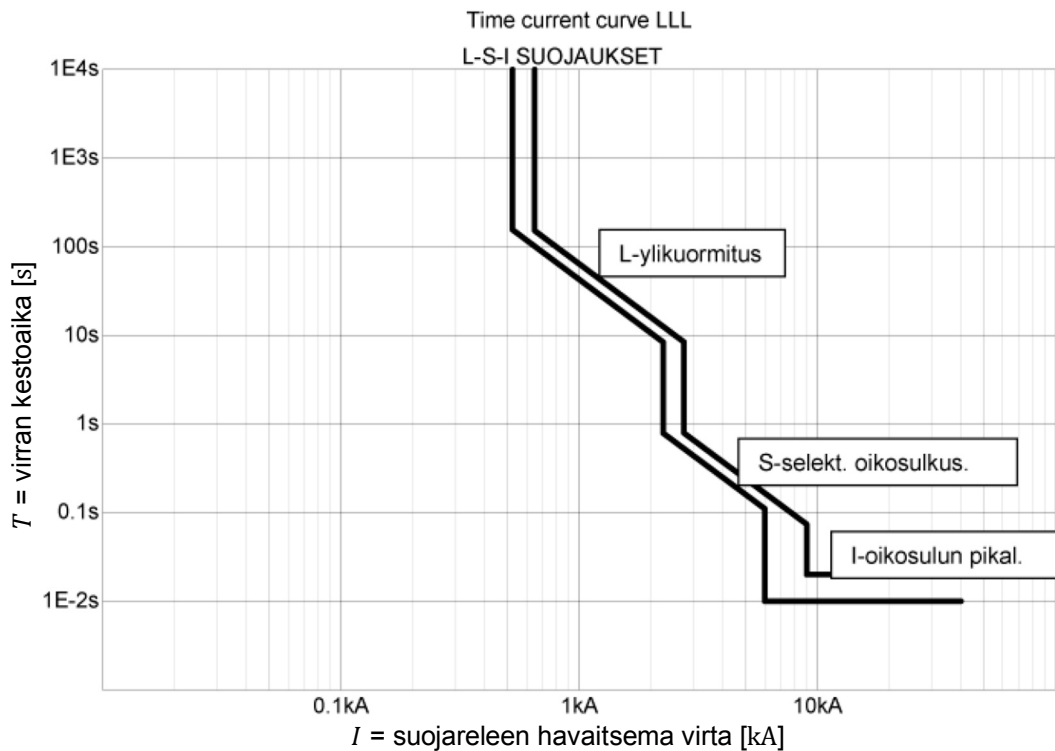
Kuva 14. Selektiivisyystarkastelua jouleintegraalien avulla. Esimerkkikuvassa ensimmäisen suojalaitteen läpikäsienergia aiheuttaa toisen suojalaitteen toiminnan 2,997 kA:n prospectiveilla virralla. Tätä leikkauskohtaa kutsutaan selektiivisyysrajaksi. Epäselektiivisyystilannetta tosin ei tässä tapauksessa pääse koskaan syntymään, sillä suojalaitteen B kohdalla esiintyvä suurin vikavirta on 1,743 kA.

Sulakesuojaus on selektiivisyyden kannalta suoraviivaisinta, sillä selektiivisyyden kannalta peräkkäisten sulakkeiden väliin tulee jättää yksi koko. Katkaisijoita käytettäessä toimintarajat ovat tarkempia, mutta virranrajoitusominaisuudet taas huonompia. Mikäli sulakkeettomaan suojaukseen käytetään elektronisella suojareleellä varustettuja katkaisijoita, voidaan suojausta asetella monipuolisemmin kuin termomagneettisia suojareleitä

käytettäessä. Esimerkiksi insinööriyön 1 kV:n osuutta suojataan nimellisvirraltaan liian suurella 100 A:n katkaisijalla, mutta asettelumahdollisuuksien ansiosta suojaus saadaan havahtumaan jo 0,4-kertaisella ylikuormalla.

Tyypilliset katkaisijan suoja-alueen aseteltavissa olevat laukaisu-arvot voidaan nähdä kuvassa 15. Kyseisen kuvan esimerkissä kyseessä on LSI-suojaus. Kuten huomataan, virtarajat eivät ole absoluuttisia, vaan katkaisijoiden laukaisu-arvojen toleranssiksi määrätään standardissa IEC-60947-2 enintään $\pm 10\%$. Aseteltavista arvoista käytetään teknisissä esitteissä ja mallinnusohjelmistoissa seuraavia lyhenteitä:

- ylikuormitussuojaus (L): I_r tai I_1
- oikosulkusuojaus (S): I_{sd} tai I_2
- pikalaukaisu (I): I_i tai I_3
- maasulkusuojaus (G): I_g tai I_4



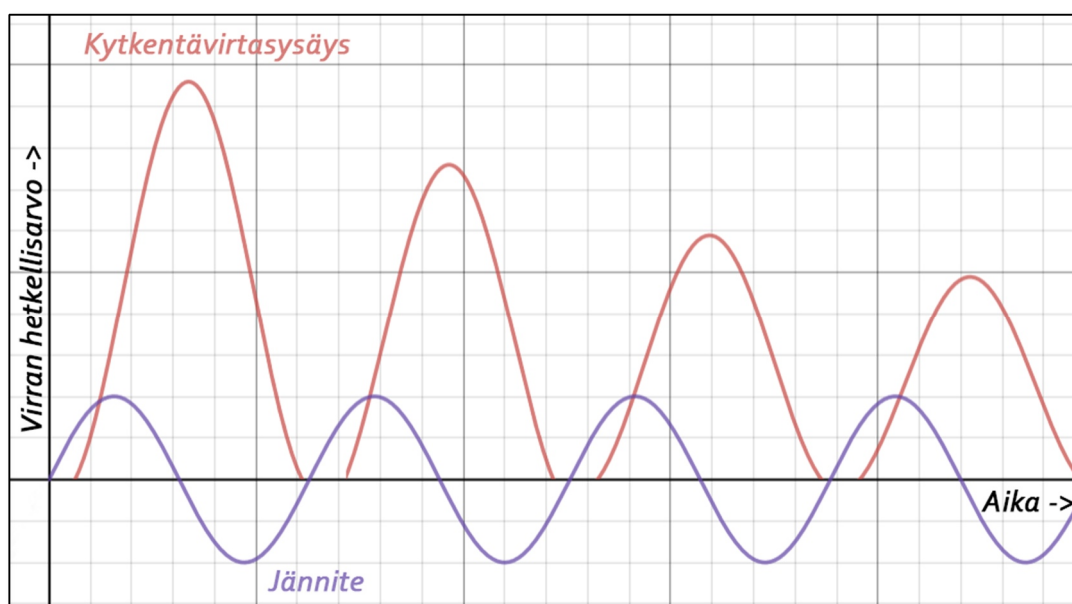
Kuva 15. Esimerkki katkaisijan aseteltavista LSI-virtarajoista (Long time + Short time + Instantaneous) virta-aika-koordinaatistossa [Sulakkeeton suojaus 2015: 6].

3.9 Muuntajan kytkentävirtasysäys

Verkkoon kytkeytyvä muuntaja ei vaikutuksiltaan eroa paljoakaan moottorista. Molemmat ovat induktiivisia kuormia, jotka näkyvät verkossa kytkentähetkellä oikosulkuna. Ilmiön suuruuteen ei vaikuta, ovatko komponentit kuormitettuja vai eivät. Induktiiviset kuorman magneettipiirin kyllästymisen vaatima virta – kytkentävirtasysäys – on moottoreilla n. 6–7-kertainen ja jakelumuuntajilla tyypillisesti 8–12-kertainen nimellisvirtaan verrattuna. Tämä virta on lähes puhtaasti induktiivista. Kuva 16 esittelee ilmiön luonnetta. Kytkentävirtasysäyksen tarkkaa käyttäytymistä on vaikea mallintaa, sillä sen vaimeneminen riippuu mm.

- remanenssista, eli magneettipiirin jäännösmagnetismista,
- ns. tasoitusilmiöstä, eli verkon jännitteen hetkellisarvon suuruudesta kytkentähetkellä sekä
- muuntajan rakenteesta, siis sydämen geometriasta ja R/X-suhteesta.

Julkaisussa “Power Transformer Characteristics and Their Effect on Protective Relays” [Gajic ym. 2006: 2] esitellään suuntaa-antava laskentakeino ensimmäisen huippuarvon suuruuden arviointiin, mutta käytännön sovellutuksissa riittää valmistajan ilmoittama tieto ilmiön suuruusluokasta ja kestosta. Jakelumuuntajilla virtapiikki vaimenee puoleen arvoonsa n. 0,05–0,3 sekunnissa muuntajan nimellistehosta riippuen [TTT-käsikirja - Luku 11 2000: 9]. Tämä aika asettaa alimman toiminta-ajan muuntajälähdön suojalaitteelle.



Kuva 16. Kytkentävirtasysäyksen luonne.

Erilaisia arvoja muuntajien kytkentävirtasysäyskertoimille eritehoisilla muuntajilla esitetään kuvassa 17. Kuten huomataan, virtasysäyksen suuruus sekä aikavakion pienentyminen ovat kääntäen verrannollisia muuntajien nimellistehoon verrattuna.

Transformer power rating S_r (kVA)	Primary rated current r (A)		K_i	Time constant T_i (s)
	15 kV	20 kV		
50	1.9	1.4	15	0.10
100	3.8	2.9	14	0.15
160	6.2	4.6	12	0.20
250	9.6	7.2	12	0.22
400	15.4	11.5	12	0.25
630	24.2	18.2	11	0.30
800	30.8	23.1	10	0.30
1000	38.5	28.9	10	0.35
1250	48.1	36.1	9	0.35
1600	61.6	46.2	9	0.40
2000	77.0	57.7	8	0.45

Kuva 17. Esimerkkejä kytkentävirtasysäyksen suuruuksista ja vaikutusajoista erikokoisilla keskijännitemuuntajilla. K_i on nimellisvirran monikerta ja T_i kytkentävirtasysäyksen vaimennusaikavakio. [Technical Guide: The MV/LV transformer substations (passive users) 2015: 45]

Kytkehetken virran suuruutta voidaan rajoittaa erilaisten vaimennuskytkentöjen avulla. Yleisin jakelumuuntajille käytetty tapa on kytkeä muuntaja hetkellisesti verkkoon etuvastuksien kautta aikarelettä ja kontaktoria käyttäen. Virtapiikin vaimennuttua kontaktorin koskettimet sulkeutuvat kytketyen etuvastusten rinnalle. Kun muuntajaa syötetään näiden ajastettujen etuvastusten kautta, ei sähkölaitekuorman tule olla kytkettynä, koska oikosulkuvirta ei riitä havahduttamaan suojalaitteita suuremman jänniteportaan vikatilanteissa.

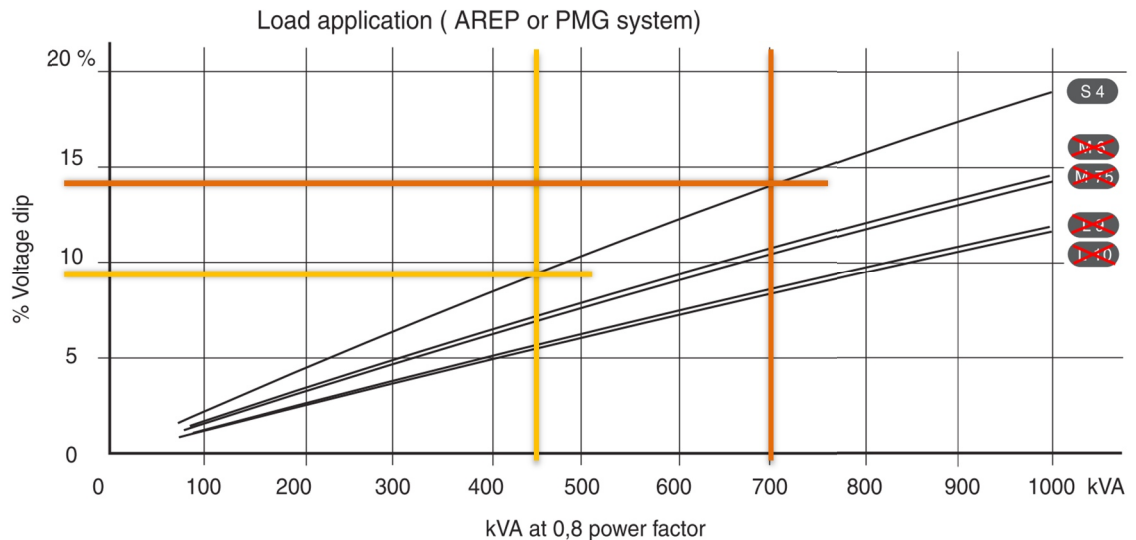
Luonnollisestikin kytkentävirtasysäyksen aiheuttavia laitteita tulee suojata hitailla gM/aM sulakkeilla tai K-laukaisukäyrän katkaisijoilla. On olemassa myös älykkäitä suojareleitä, jotka tutkivat 2. harmonisen yliaallon osuutta sysäysvirrassa ja sitä havaitessaan nostavat oikosulkusuojauksen arvoja tai lukitsevat suojauksen kokonaan hetkellisesti pois [Gajic ym. 2006: 5].

Kuten edellä mainittiin, kytkentävirtasysäys näyttäytyy sähköverkolle hetkellisenä oikosulkuna. Edelleen, kuten Ohmin laki sanelee, kuormitusvastuksen romahtaessa tai kadotessa, romahtaa myös vikakohdan yli oleva jännite. Tämä aiheuttaa sähköverkkoon hetkellisen jännitealeneman. Suurimpana sallittua kytkennöistä johtuvaa jännitealenemaa täytyy tarkastella tapauskohtaisesti, mutta nyrkkisääntönä voi pitää 8 % notkahdusta nimellisjännitteestä. Liian alhaisen jännitteen vaikutuksia käsiteltiin luvussa 3.5.

3.10 Muuntaja varavoimaverkossa

Edellä mainituista ilmiöistä johtuen muuntajan kytkentä varavoimaverkon perään ei ole täysin ongelmaton. Varavoimakoneilla on rajallinen kuormanottokyky, joka riippuu generaattoria pyörittävän moottorin ahtamisen määrästä, generaattorin inertiaasta, generaattorin magnetointia ylläpitävän jännitesäätäjän ominaisuuksista sekä moottorin lämpötilasta. Turboahtamisessa moottorin pakokaasu johdetaan turbiinipyörälle, joka edelleen pyörittää kompressoripyörää, jolla ahdetaan ilmaa moottoriin. Vaikka turboahdaminen parantaa moottorin hyötysuhdetta, aiheutuu siitä viivettä kaasutuksen lisäämisen ja kierrosnopeuden ylläpitämisen välille ahtopaineen kasvamisen hitaudesta johtuen. Pie-nillä n. 30 kW:n ahtamattomilla koneilla kuormanottokyky voi olla 100 % nimellistehosta, kun taas voimakkaasti ahdetuilla se voi olla alle 50 % [Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät 2005: 110]. Tyypillinen vaatimus ensimmäisessä portaassa kytkeytyvälle kuormalle on n. 55 % nimellistehosta [Varavoimalaitokset 2013: 78].

Kuormanottokyky ei kuitenkaan ole ainoa huomioitava tekijä. Lisäksi täytyy määritellä hyväksyttävät alarajat jännitteelle ja taajuudelle, kun kuormitusporras kytketään, sekä aika kuinka nopeasti varavoimaverkon arvot palautuvat normaalirajoihin. Kuvassa 18 esitetään erään generaattorin lähdejännitteen arvoja erikokoisia kuormituksia kytkettäessä. Mikäli varavoimakoneiston valvonta-automatiikka huomaa, että kone on putoamassa tahdistasta tai ryntää, se irtoaa verkosta. Muuntajia sisältävässä verkossa voi alijännitesuojauksen toimintanopeutta joutua hidastamaan.



Kuva 18. Jännitteen aleneminen (y-akseli) erikokoisia kuormia (x-akseli) kytkettäessä. Kuvan generaattorina Leroy Somer LSA 49.1 S4. [LSA 49.1 - 4 Pole Alternator Electrical and mechanical data: 5.]

Pätöteho, jota generaattori syöttää, saadaan sitä pyörittävän voimakoneen mekaanisesta tehosta. Kytkevävirtasysäyksen virta on taas luonteeltaan induktiivista loisvirtaa, sitä tuottaakseen on generaattorissa lisättävä roottorin magnetointia. Magnetoinnista vastaa generaattorin jännitteensäätäjä, joten mikäli varavoimakoneella aiotaan syöttää loistehoa vaativia kuormia, kannattaa valita jännitteensäätäjä, joka kykenee 100 %:n nimelliskuorman kytkentään yhdessä portaassa. Esimerkki tällaisesta tuotteesta on kuvassa 19. Usein generaattori täytyy ylittää nimelliskuormituksen kannalta suuremman jännitejäykkyyden saavuttamiseksi.



Kuva 19. Stamford MX341 -jännitteensäätäjä. Jännitteensäätäjä saa käyttöjännitteensä omalta pieneltä akselille sijoitetulta kestopagneettigeneraattoriltaan. [MX341 2015: 1; Stamford AVR MX341 2009].

Varavoimalla syötetyn verkon varmennustasosta ja sallitun jännitekatkoksen pituudesta riippuen pyritään ylimääräisiä vikaantuvia komponentteja mahdollisuuksien mukaan välttämään. Tällöin tulee arvioida, halutaanko varmennetun verkon kuormitusta kytkeä hidastettuna releistyksiä käyttäen vai tyydytäänkö kompensoimaan kytkentävirtasysäyksiä jyrkemmällä voimakoneen mitoituksella. Releistyksiä lisätessä kasvatetaan järjestelmän vikaantumisen todennäköisyyttä, joten lähtökohtaisesti tällaisia vältetään. Ylimitoitustakaan ei voida hyödyntää loputtomiin, sillä tehokkaampaan portaaseen siirtymisen kerrannaisvaikutukset on huomioitava erilaisten apujärjestelmien mitoituksessa. Esimerkiksi 630 kVA:a tehokkaammissa varavoimakoneissa ei voida enää käyttää sarjavalmisteisia kuorma-autojen moottoreita.

Referenssikohteessa käytettyjen 30 kVA:n ja 50 kVA:n muuntajien kertoimet kytkentähetken nimelliskuormitusvirroille ovat 15 ja 14. Niinpä niiden ottamat virrat ovat hetkellisesti jopa $649,5 \text{ A}$ ($I_s = \frac{S}{\sqrt{3}U} k_i = \frac{30 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} * 15 = 649,5 \text{ A}$) ja 1010 A ($I_s = \frac{S}{\sqrt{3}U} k_i = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} * 14 = 1010,4 \text{ A}$). Nämä vastaavat 450 kVA:n ja 700 kVA:n kuorman kytkemistä ja aiheuttavat kuvan 18 generaattorissa 9 %:n ja 14 %:n hetkellisen jännitteenaleneman. Ilman vaimennuskytkennän käyttöä, on suurin referenssikohteen generaattorin perään kytkettävissä oleva muuntajakuorma 30 kVA, varavoimaverkon pohjakuorma huomioiden.

4 Sähkötekniset tarkastelut

4.1 Sähköverkon mallintaminen

Verkon sähkötekniinen tarkastelu suoritettiin norjalaisen Nelfon Febdok-mitoitustyökälulla. Kyseisen työkalun valintaan päädyttiin, sillä ohjelmaa käyttäen verkon mitoitus on huomattavan jouhevaa käsinlaskentaan verrattuna. Insinööriyön toissijaisena tavoitteena tutkittiin kyseisen ohjelmiston sopivuutta muuntajia sisältävän varavoimaverkon mitoitukseen. Febdok sisältää useiden eri standardien mitoitusperusteet ja kattavan kirjaston komponentteja useilta eri valmistajilta, aina kiskosilloista katkaisijoihin, sulakkeisiin ja kaapeleihin. Komponenttien valitseminen ja katkaisija-asetteluiden tekeminen on myös joutuisaa, sillä teoriassa ohjelma ilmoittaa heti, mikäli verkosto ei täytä standardin vaatimuksia.

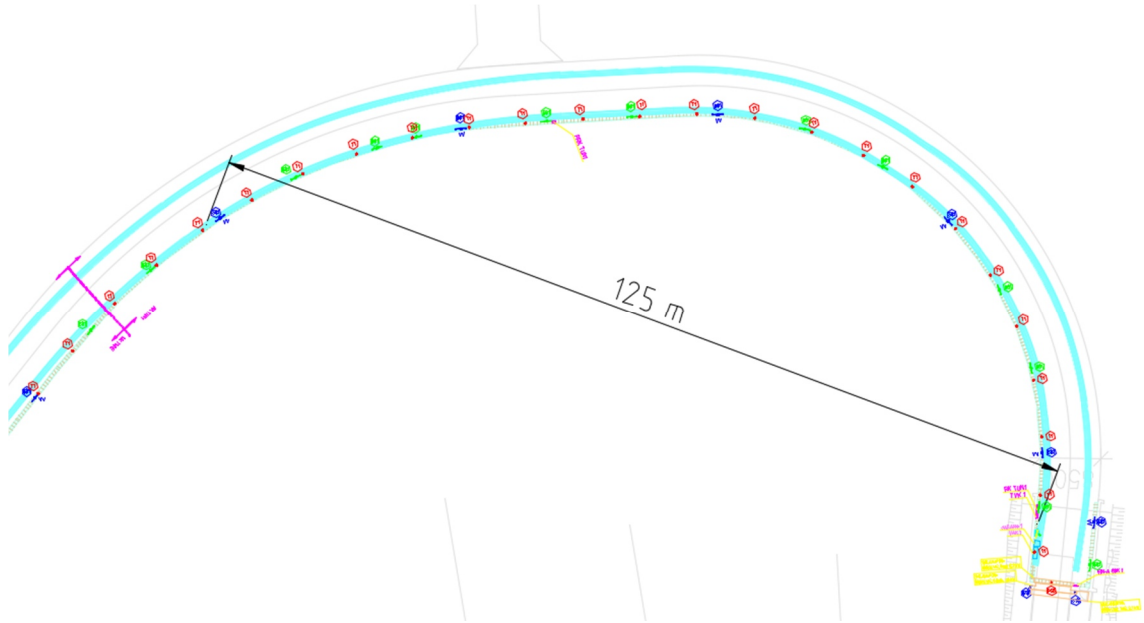
Ohjelmaan päätettiin mallintaa kohteen sähköverkko oikosulkuvirran suuruuden ja jännitteenalenneman kannalta hankalimpien paikkojen osalta, eli komponentit muuntajalta T1 huoltotunnelin ryhmäkeskusten RK TUN1 ja RK TUN2

- kauimmaisiin pistorasiakeskuksiin
- kauimmaisten valaistusryhmien viimeisiin valaisimiin (ks. kuva 20)
- tunneliin suuaukon savunpoistopuhaltimelle (NV) sekä
- tunneliin suuaukon ulko-oven moottorikeskukselle (VV) asti.

Käytännössä kätevimmäksi toimintatavaksi osoittautui mallintaa kaikki komponentit normaalijakelutilanteessa yhdeksi laskentatapaukseksi riittävien oikosulkukestoisuuksien määrittämistä varten. Laskentatapauksista käytetään mallinnusohjelmassa nimeä laitteisto. Tästä tapauksesta kopioitiin varavoimalla syötettävät komponentit omaksi erilliseksi tapaukseksi suojalaitteiden toimintatarkastelua varten.

Vaikka normaalisyöttötilanteen varavoimajakelua syötetäänkin toisen pääkeskuksen (PK2) takaa, mallinnettiin Febdokiin vain yksi pääkeskus edustamaan kumpaakin pääkeskusta, sillä niitä edeltävät verkot olivat liki identtisiä. Kaikki verkon kuormitus syötettiin pääkeskusten ”suorasta” osasta tai etukojeen suojaamasta 1250 A osasta – nämä esiintyvät Febdokin tulosteissa nimillä ”PK x” ja ”PK x 1250A-osa”.

Jännitteenalenemaa tutkittaessa virtapiireistä tehtiin kopiot, ja mitoittavaksi kuormavirraksi laitettiin todellista suunniteltua kuormitusta vastaava virta. Tulosteissa piirit, joilla jännitteenalenemaa tutkittiin, on merkattu (JA)-lisämääreellä.



Kuva 20. Tunnelin suuaukolla sijaitsevan keskuksen RK TUN1 syöttämä alue ja etäisyys kauimmaiselle varavoimavalaisimelle.

Verkoston selektiivisyyttä ei saatettu täydelliseksi, sillä tämän insinöörityön punaisena lankana oli selvittää jakelujännitteen nostamisen vaikutuksia mitoitukseen ja tutkia Febdokin soveltuvuutta muuntajakuorman mallintamiseen varavoimaverkossa.

Kytkevirtasysäyksen huomioimiseksi suojalaitteiden toiminnan tarkastelussa, mallinnettiin 1 kV:n osuutta syöttävään pääkeskukseen moottorikuorma, jonka käynnistysvirraksi- ja ajaksi asetettiin muuntajaa vastaava (kuva 21). Tämä ei kuitenkaan osoittautunut täysin ongelmattomaksi ohjelman automaattisen suojausohjelman tarkastelun kannalta, kuten luvussa 4.4.1 huomataan.

Kuva 21. Moottorikuorman tietojen syöttö Febdokiin.

4.2 Laskentaoletukset ja -parametrit

Kaapelien kuormitettavuutta määritettäessä ympäristön lämpötilana käytettiin 10 °C:ta niiltä osin, kun kaapeli sijoittui kokonaan lämmittämättömään tunneliin. Muutoin käytettiin lämpötilaa 25 °C. Piiriä määritettäessä Febdok antaa mahdollisuuden syöttää käyttäjän korjauskertoimen. Sen arvoksi annettiin 0,7, jolla huomioitiin paitsi tulevaisuuden laajenusreservi, myös kuormitettavuuteen vaikuttava rinnakkaisten piirien ja hyllyjen lukumäärä. Varavoimapääkeskusten ja -koneen virta-arvot perustuivat varavoimakonetoimitajan lukemiin vastaavasta asennuksesta. Generaattorina käytettiin Stanford HCI634G:tä yhdistettynä Volvon TWD1653GE-moottoriin.

Tehokertoimenä käytettiin arvoa 0,95, ellei tarkemmin muuta tiedetty. Kaapelien asennusolosuhteet tutkittiin kaapelikohtaisesti, ja laskennassa käytettävä referenssiasennustapa valittiin standardin SFS 6000-5-52 taulukkoa A.52.3 käyttäen. Käytettäväksi asennustavoiksi valikoituivat B2, eli putkeen asennettu monijohdinkaapeli kivirakenteessa, ja E, eli monijohdinkaapeli kaapelitikkailla. Asennustavat on merkattu laskentatilanteita havainnollistaviin kuviin 22, 25 ja 27.

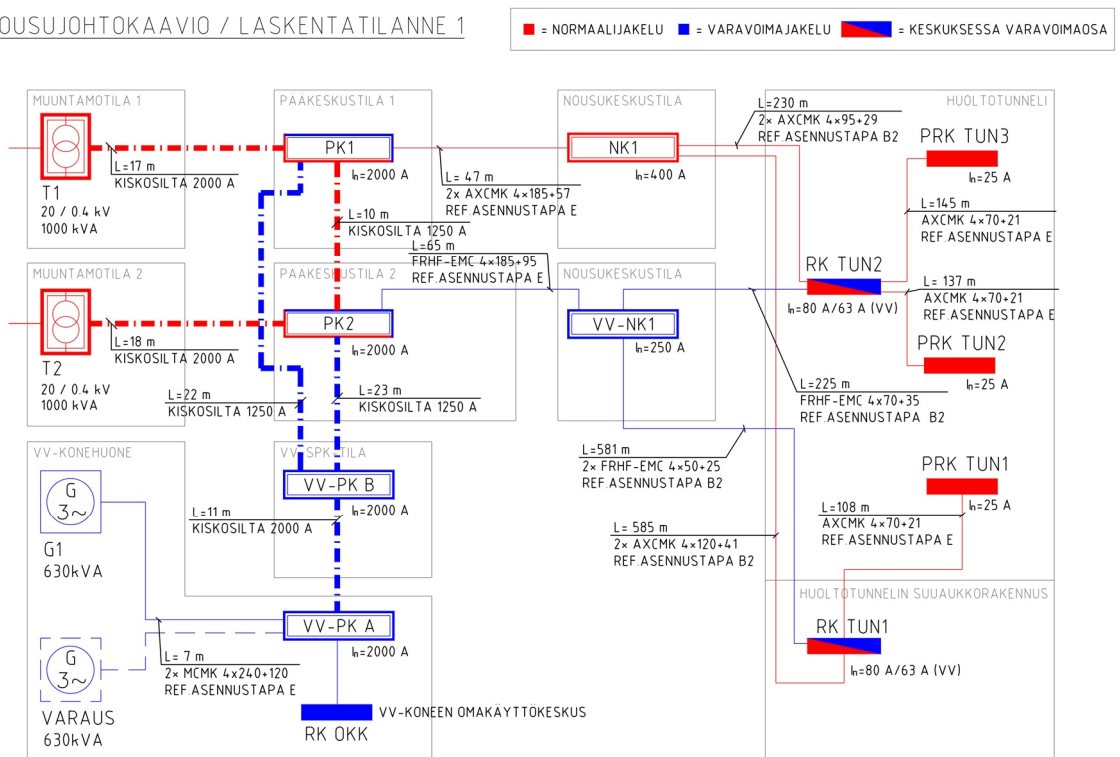
Piirien suuren pituuden vuoksi Febdokin jännitteenalenemahälytysrajaa jakokeskuksella nostettiin oletusarvoisesta 2 %:sta 3,5 %:iin. Standardin suoma optiota jännitteenaleneman maksimiarvon kasvatukseen hyödynnettiin vähäisessä määrin. Pisin nousukaapeli tarkasteltavassa verkossa muodostui pääkeskukselta PK1 kauimmaiselle pistorasiakeskukselle PRK TUN1. Nousukaapeleiden yhteenlaskettu pituus tälle keskukselle oli n. 750 m, joten suurimmaksi standardin sallimaksi alenemaksi muodostui 8,25 % (5 % + 3,22 %). Näin alhaiseksi ei jännitettä kuitenkaan ollut järkevää päästää ajatellen tilannetta, jossa esimerkiksi palokunta tarvitsisi keskuksen nimelliskuormituksen verran virtaa 60 metrin päässä keskukselta.

4.3 Laskentatilanne 1

4.3.1 Mallintaminen

Ensimmäisessä laskentatilanteessa jakelujännitteenä käytettiin kauttaaltaan 400 V:a. Tilanteen nousujohtokaavio on esitetty kuvassa 22. Febdokin tuottamat tulosteet tilanteesta on esitetty liitteestä 3.

NOUSUJOHTOKAAVIO / LASKENTATILANNE 1



Kuva 22. Laskentatilanne 1.

4.3.2 Tulokset

Ensimmäiset kaapeli- ja suojalaittevalinnat perustuivat yleisiin mitoitusääntöihin, mutta kuten oli arvattavissa, johdinpoikkipinta-aloja täytyi suurentaa poiskytkentäaikojen täyttämiseksi. Esimerkki ohjelman heittäämästä virheilmoituksesta on kuvassa 23. Odotusten vastaisesti jännitteenalenemat eivät muodostuneetkaan saneleviksi suureiksi minkään keskuksen osalta, sillä keskusten todelliset kuormitusvirrat ja nimellisvirrat erosivat toisistaan, varsinkin varavoimajakelussa. Tunnelien ryhmäkeskuksiin oli tietoisesti jätetty normaalia enemmän laajennusvaraa mahdollisten tulevaisuuden louhintojen yhteydessä lisättävien pumppaamojen takia.

Kiinnostavin keskus mitoittamisen kannalta on suuaukkorakennuksella sijaitseva keskus RK TUN1. Suojalaitteen toiminta-aika saneli tämänkin keskuksen nousukaapelin, mutta silti jännitteenalenemaksi keskuksen takana olevalla pistorasiakeskuksella muodostui vain 4,34 %.

Jakokeskus: VV-NK1 Piiri: Jakokeskus Piirin nro: K-1 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 5 s

63 A / gG 5388 IFRHF 4x70+35 581 m Asennusmenet. B2

Suunnittele & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Valitse Poista Tiedot Oikosulkuvirrat

SL tieto

Tunniste

Suojan tyyppi Sulakkeet

Valmistaja IEC

Katkaisuyksikkö IEC_gG

Nimellisvirta 63 A

Laukaisijaluokka NH-sulake

Laukaisuyksikkö 63A

Katkaisukyky 120 kA Ic

Maks. pituus, jolla maasulun poiskytkennän vaatimus täyttyy 460,7 m

Suojalaitteen kuomitettavuus 63 A

Johtimen kuomitettavuus suojalaitteen jännitetasolla 141,3 A

Suojalaitteen näkemät virrat [kA]

Ik3v max	6,003
Ik3v max loppu	1,216
Ik3v min	0,695
Ik2v max	4,987
Ik2v max loppu	1,036
Ik2v min	0,591
Ik1v max	4,225
Ik1v max loppu	0,643
Ik1v min	0,363
Ief max	3,753
Ief max loppu	0,465
Ief min	0,256

Poiskytkentäajat [s]

SL	k ² S ² /I ²
0,01	2,781
0,026	67,764
0,178	207,443
0,01	4,029
0,045	93,357
0,328	286,875
0,01	5,613
0,237	242,352
2,642	760,422
0,01	1,778
0,806	115,852
17,154	382,233

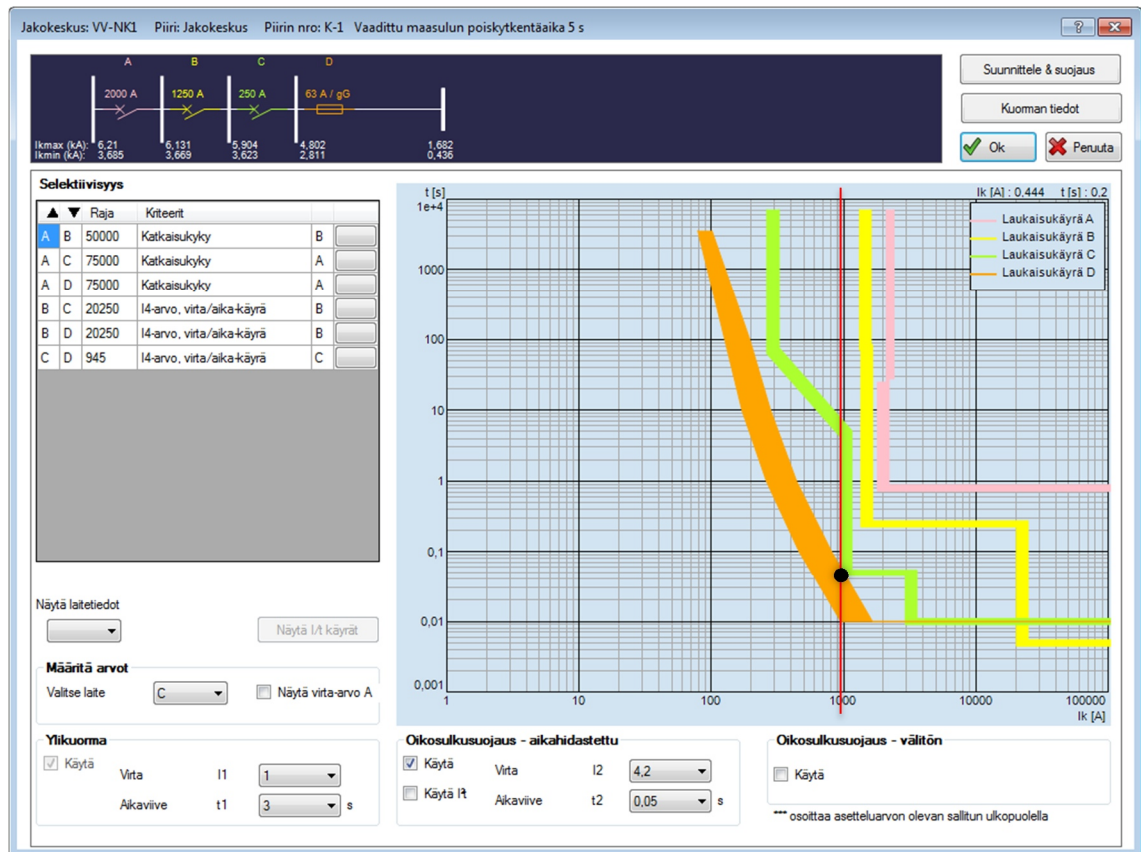
Paina ylläolevia kenttiä vian paikallistamiseksi

Suojalaitteet kytkee maasulkuvirran pois liian myöhään suhteessa vikafianteen syötön automaattisen poiskytkennän vaatimukseen.

Suojalaitteen oikosulkuvirran poiskytkentäaika on pidempi kuin 5s. Yli 5s poiskytkentäajat lisäävät palonsiävikakohdassa, eikä niitä suositella.

Kuva 23. Febdokin ilmoitus piirin liian pitkästä poiskytkentäajasta.

Vaikka selektiivisyys ei ollutkaan tämän insinööriyön varsinaisena tutkittavana asiana, päätettiin muun mitoituksen yhteydessä kuitenkin valita alustavasti selektiiviset suojalaitteet. Hyvin nopeasti huomattiin, että pää- ja nousukeskustasojen katkaisijat oli varustettava elektronisilla laukaisureilla sillä termomagneettiset releet eivät tarjonneet riittäviä asetteluvaihtoehtoja. Katkaisijamalleja valitessa täytyi muistaa tarkistaa suojalaitteen riittävä katkaisukyky muuntajasyötön tilanteessa, varavoimatilanteen kuitenkin sanellessa asettelutarpeet. Esimerkki epäselektiivisyytilanteesta on kuvassa 24.



Kuva 24. Epäselektiivinen tilanne: katkaisijan C ja kahvarokkeen D selektiivisyysraja on 0,945 kA:n kohdalla. Ei ole varmuutta, kumpi suojalaitteesta toimii ensin kyseisellä virralla.

4.4 Laskentatilanne 2

4.4.1 Mallintaminen

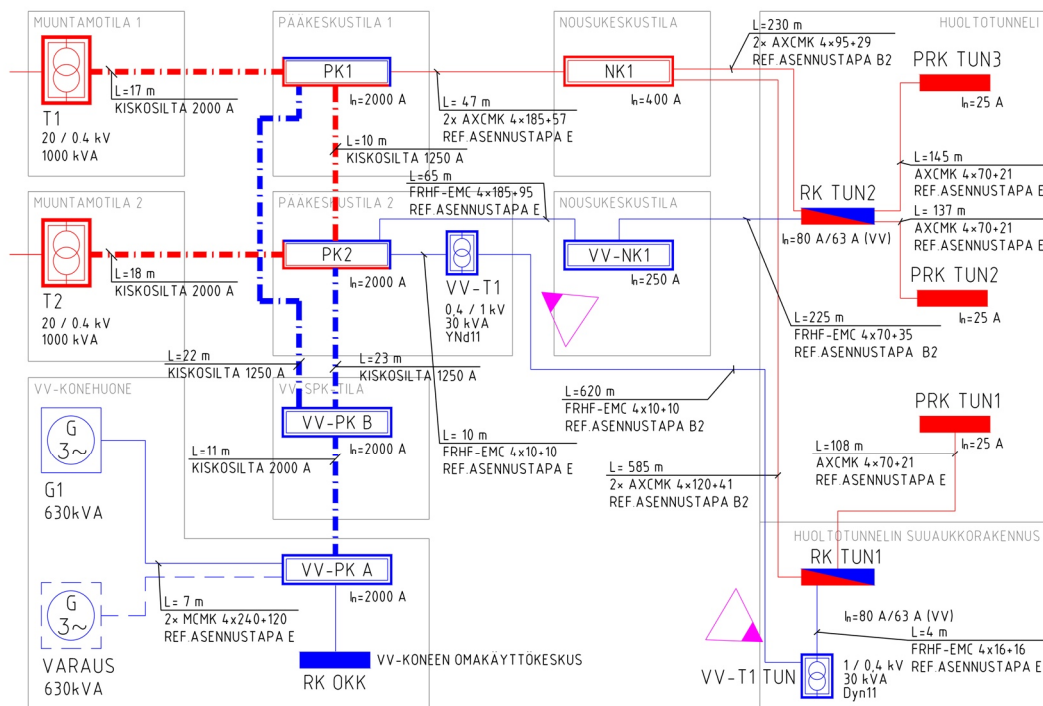
Toisessa laskentatilanteessa jakelujännitteenä käytettiin muuten 400 V:a, kuten 1. tilanteessakin, mutta kauimmaisen tunneliryhmäkeskuksen varavoimaosaa (RK TUN1 VV)

syötettiin 1 kV:n jännitteellä. Muuntajat oli varustettu väliottokytkimillä, joten jänniteenalemää voitiin kompensoida niillä. Febdok ei erikseen tarjoa mahdollisuutta väliottokytkimen arvojen asettamiseen, vaan väliottokytkimen suoma jänniteennosto mallinnettiin verkostoon muuttamalla toisen muuntajan muuntosuhdetta. Jännitesäätö suoritetaan tyypillisesti yläjännitepuolella, joten toisiojännitteen nostamiseksi, täytyi jälkimmäisen muuntajan nimellistä yläjännitettä pienentää väliottokytkimen suoman 5 %:n verran. Näin Febdok osasi ilmoittaa oikein jänniteenaleneman tai jopa -ylenemän pääkeskuksesta lähtien.

Jakelutilanne on esitetty kuvassa 25. Febdokin tulosteet tilanteesta on esitetty liitteessä 4.

NOUSUJOHTOKAAVIO / LASKENTATILANNE 2

■ = NORMAALIJAKELU ■ = VARAVOIMAJAKELU ■ = KESKUKSESSA VARAVOIMAOSA



Kuva 25. Laskentatilanne 2.

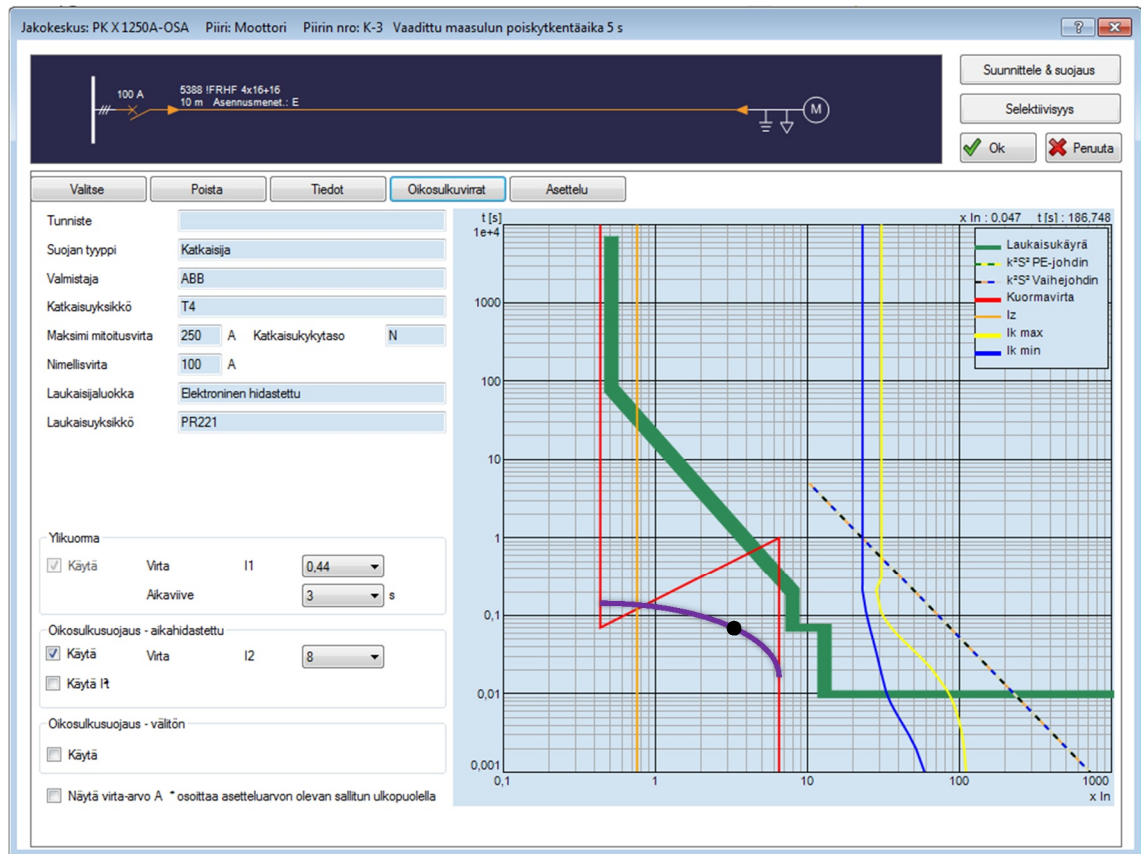
4.4.2 Tulokset

0,4/1 kV:n haaran suojaus toteutettiin moottoriohjatulla katkaisijoilla. Ohjattavien katkaisijoiden avulla muuntajat kytketään verkkoon viivästetysti varavoimatilanteessa, jotta vältetään kytkentävirtasysäyksen aiheuttama liiallinen jännitteenalenema ja vv-koneen mahdollinen verkosta irtautuminen.

Verkkoa mallinnettaessa tuli tilanne, jossa katkaisijan asettelumahdollisuudet sanelivat kaapelikoon. 1 kV:n osuuden kaapelin johdinpoikkipinta-alaa jouduttiin kasvattamaan, koska ei löytynyt katkaisijaa 1 kV:n nimelliskäyttöjännitteelle, jonka termistä toimintavirtaa olisi voinut asetella FRHF 4x10+10 pienemmälle kaapelille.

1 kV:n osuuden edessä ja takana olevat ohjattavat katkaisijat olivat nimellisvirraltaan 100 A, mutta kiitos elektronisten laukaisureleiden asettelumahdollisuuksien, niiden ylikuormitussuojaukset voitiin asetella havahtumaan jo 0,52- ja 0,62-kertaisesta nimellisvirrasta. Osuuden peräkkäisten katkaisijoiden epäselektiivisyydellä ei ollut väliä, sillä sähkökatko olisi joka tapauksessa rajoittunut samalle alueelle.

Käynnistysvirtasysäyksen simuloimiseksi ja suojalaitteen asattelun tarkastamiseksi mallinnettiin muuntajaa syöttävään keskukseen moottori, jonka käynnistysvirraksi ja ajaksi aseteltiin muuntajaa vastaavat $15 * I_n$ ja 0,07 sekuntia. Suojalaitteeksi valittiin muuntajapiiriä suojaava katkaisija identtisillä asetteluilla. Febdok mallintaa moottorin käynnistymisen lineaarisesti, ja todellisuudessa kytkentävirtasysäys vaimenee eksponentiaalisesti, joten virhe virta-aika-koordinaatiossa on ns. turvallisella puolella. Ilmeni kuitenkin, että Febdokin automaattinen poiskytkentäaikatarkastelu toimii oikein vain yli 1 sekunnin mittaisille käynnistysajoille. Tämä ”virheellisesti toimiva” suojalaite on korostettu liitteenä olevissa tulosteissa sinisellä. Kuva 26 selittää virheellistä toimintaa tarkemmin. Vaikka automaattinen tarkastelu ei toimikaan oikein, auttaa Febdokin tuottama grafiikka suunnittelijaa arvioimaan, toimiiko piirin suojalaite ennen aikojaan kuormaa kytkettäessä.



Kuva 26. Moottoripiirillä simuloidun 30 kVA:n muuntajakuorman kytkeytyminen virta-aikakoordinaatistossa. Punainen viiva edustaa Febdokin virheellisesti mallintamaa kuormavirran käyttäytymistä. Ohjelma mallintaa kytkeytymisen alkamaan aina 1 sekunnista lineaarisesti käyttäjän syöttämään hetkeen saakka. Oikeasti muuntajan kytkentävirtasysäys saavuttaa huippunsa ensimmäisen jakson aikana, ja on puolittunut valmistajan ilmoittamaan ajanhetkeen mennessä. Puoliintumisaika on esitetty kuvassa mustalla pisteellä ja kytkentävirtasysäyksen oikea vaimeneminen violetilla viivalla.

Jännitteenalenema ei tässääkään laskentatapauksessa muodostunut ongelmaksi, kiitos muuntajan väliottokytkeytymisen asettelun. Itse asiassa jännitteenalenema suunnitellulla kuormavirralla keskuksen RK TUN1 VV-osassa oli negatiivinen, $-2,53\%$ eli $410,1\text{ V}$.

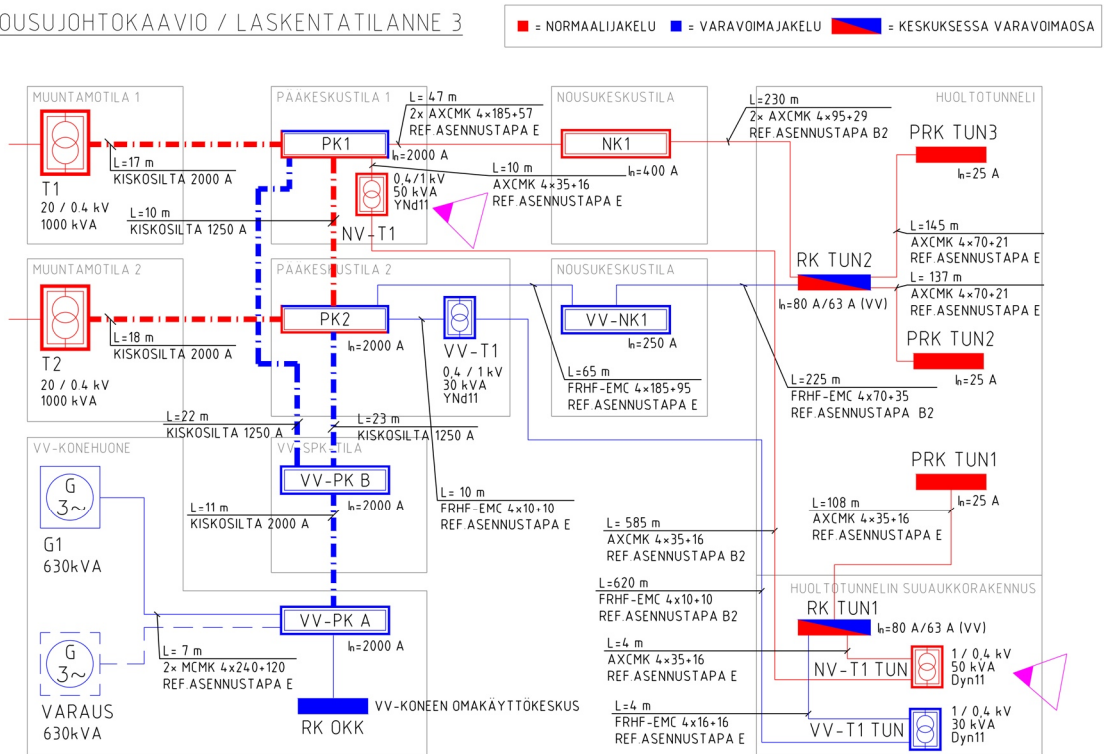
4.5 Laskentatilanne 3

4.5.1 Mallintaminen

Kolmannessa tilanteessa kauimmaisen tunneliryhmäkeskuksen RK TUN1 sähkönsyöttö hoidettiin 1 kV:n jakeluna sekä vara- että normaalivoiman osalta. Tästä tilanteesta ei tarvinnut tehdä erillistä varavoimamallinnusta, sillä se oli identtinen laskentatilanteen 2

kanssa. Jakelutilanne on esitetty kuvassa 27. Febdokin tulosteet laskentatilanteesta ovat liitteessä 5.

NOUSUJOHTOKAAVIO / LASKENTATILANNE 3



Kuva 27. Laskentatilanne 3.

4.5.2 Tulokset

Jännitehäviöiden kompensoitumisen ansiosta voitiin kauimmaisen pistorasiakeskuksen PRK TUN1 nousukaapelissa käyttää ohuempaa johdinpoikkipinta-alaa kuin aikaisemmin. KytKentävirtasysäyksen ”simulointi” moottorikuormalla paljasti, että 1 kV:n osuuden katkaisijan laukaisurele tuli vaihtaa malliin, joka salli laajemmat asettelumahdollisuudet. Ilmeni myös, että ensimmäiseen laskentatilanteeseen verrattuna muuntajan käyttö myös normaalijakelussa keskukselle RK TUN1 rajoitti suurinta oikosulkuvirtaa hieman noin 2 kA:n suuruiseksi, kuitenkin taaten saman verran minimioikosulkuvirtaa, eli noin 0,7 kA. RK TUN1:n kauimmaisen piirin jännitealenemaa saatiin pienennettyä 1 prosenttiyksikön verran.

5 Jakelujännitteen vaikutus kaapelointikustannuksiin

5.1 Kustannusten tarkastelu Ecomilla

Sähköverkoston mitoituksen jälkeen nousukaapeleiden kustannuksia asennettuna vertailtiin Ecom-tarjouslaskentaohjelmistolla, versiolla 2016B. Tarkastelu rajattiin laskenta-kohteiden RK TUN1, PRK TUN1 ja RK TUN1 VV nousukaapeleihin eri jakelujännitteillä, eikä tarkastelussa kiinnitetty hintaa muuhun kuin vain kaapelityyppien hintaan asennettuna ja kytkettyinä (KYT+M). Laskenta suoritettiin käyttäen asennustapaa oikaistuna johdotielle (OJ).

Laskennassa käytettiin ohjelman STUL:n tarjouslaskentatietokannasta hakemia laskentaoletuksia ja valmiita pakettikonaisuuksia. Tarkoitus ei ollut tehdä täydellistä tarjouslaskentaa mallinnetusta verkosta, vaan vain verrata kaapelointikuluja osuuksilta joihin jännitteen nosto vaikutti. Tarjousta määriteltäessä sosiaalikustannuksina käytettiin laskentahetken arvoa 79,28 %. Hävikkinä käytettiin 3 %:n arvoa. Muut laskentaoletukset on koottu liitteeseen 6.

Tarjoukseen määritettiin neljä postia – siis laskentakokonaisuutta – eri jakelutilanteille:

- RK TUN1 (400 V)
- RK TUN1 (1 kV)
- RK TUN1 VV (400 V)
- RK TUN1 VV (1 kV).

Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 1. Todellisuudessa urakkalaskennan suorittajilla on käytössään tukkureiden asiakaskohtaiset alennuskertoimet (tyypillisesti 20–60 %), joten todellinen saavutettava säästö on jonkin verran tässä laskettua pienempi. Vertailukelpoisuuden säilyttämisen vuoksi tällaisia alennusprosentteja ei huomioitu.

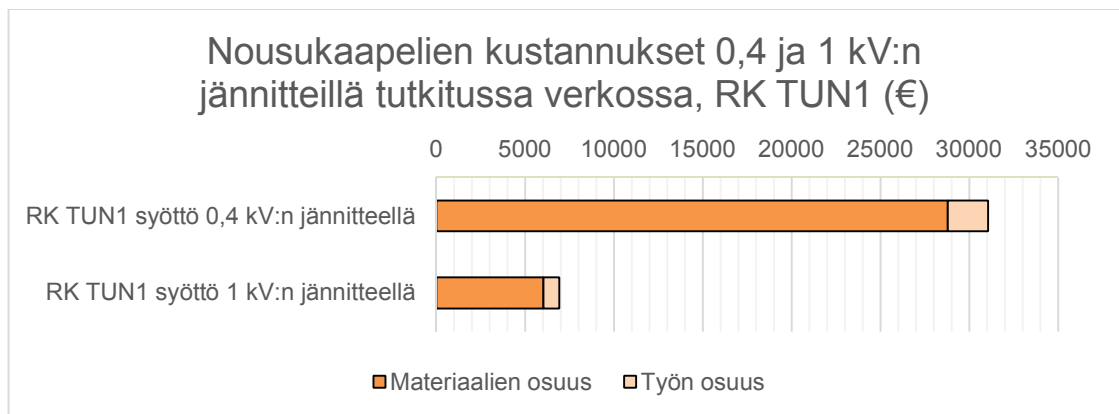
Taulukko 1. Tarjouslaskennan tulokset keskusten RK TUN1 ja RK TUN1 VV nousukaapeleille eri jännitteillä. Hinnat ovat verottomia nettohintoja suositushinnoilla.

Osuus	400 V			1 kV			Erotus
	Mater.	Työt	Yht.	Mater.	Työt	Yht.	
RK TUN1	28 777,78	2 272,4	31 050,18	6 028,35	885,82	6 914,17	24 136,01
RK TUN1 VV	51 980,79	1 512,46	53 493,25	7 179,65	500,69	7 680,34	45 812,91

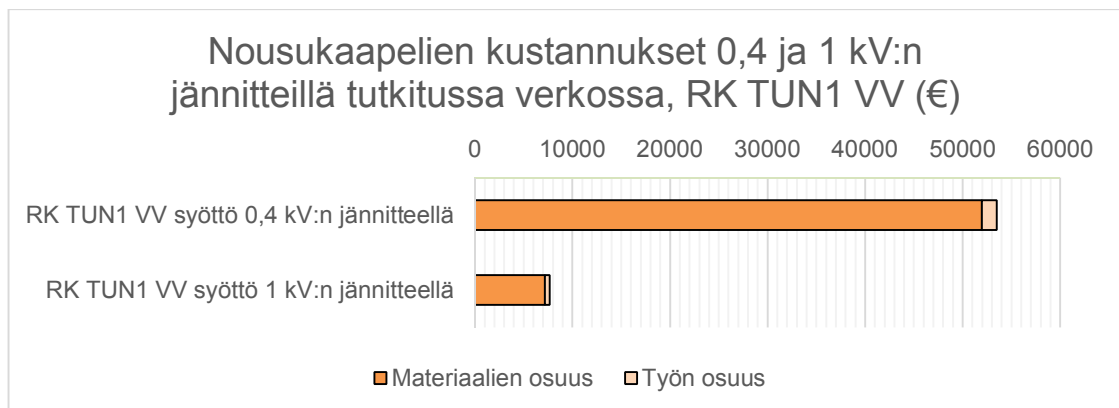
5.2 Tulosten vertailu

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia, kannattaako varavoimaa jaella käyttäen 1 kV:n jakelujännitettä. Tarvittavien muuntajien aiheuttamat kytkentävirtasysäykset rajoittavat kytkettävän kuorman määrää; lisäksi tapauskohtaisesti tulee arvioida, kuinka suurta toimintavarmuutta tavoitellaan. Lähtökohtaisesti yleensä halutaan minimoida vikaantuvien komponenttien ja erilaisten ohjauksien määrä. Tutkitun referenssikohteen sähkölaitekuorma ei ollut kovin kriittistä, joten erilaisten hidastuskytkentöjen käyttö olisi hyväksyttävää.

Korkeampaa jakelujännitettä käyttäen kaapelointikustannuksissa voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä varsinkin varavoimajakelun osalta, kuten nähdään kuvien 28 ja 29 havainnollistuksesta. Mikäli jo yhden nousukaapelin kohdalla puhutaan suositushinnoilla laskettuna 45 000 €:n säästöstä, kannattaa pitäytymistä talotekniikan perinteikkäässä 400 V:n jakelussa harkita kahdesti.



Kuva 28. Kaapelointikustannusten vertailu keskuksen RK TUN1 normaalivoimaosalle.



Kuva 29. Kaapelointikustannusten vertailu keskuksen RK TUN1 varavoimaosalle.

6 Febdokin soveltuvuus verkon laskentaan

Toissijaisena tavoitteena oli tutkia Febdokin soveltuvuutta 1 kV:n varavoimaverkoston mitoittamiseen.

Mallinnettaessa kytkentävirtasysäystä moottorikuormalla rajoitteeksi automaattisen poiskytkentäaikatarkastuksen kannalta muodostui se, että kun ohjelma kysyi kuorman käynnistysaikaa, niin se mallinsi kuorman käynnistymään hetkestä 1 sek. käyttäjän ilmoittamaan hetkeen asti. Tämä aiheutti vääriä hälytyksiä suojalaitteen toimimisesta kuorman kytkennän yhteydessä. Suojalaitteen mahdollinen toiminta tuleekin siis tarkastaa manuaalisesti Febdokin piirtämästä virta-aikakoordinaatistosta.

0,4/1 kV:n muuntajien mallintaminen ohjelmaan ei ollut erityisen mutkikasta, vaan Febdok suoritti eri suureiden redusoinnin eri jännitetasoihin automaattisesti. Väliottokytkimillä varustettujen muuntajien muuntosuhde tulee käydä korjaamassa käsin muuntajien tietoihin, jotta jännitteenaleneman laskenta sujuu oikein. Mainittakoon, että ensiö- ja toisiojännitteen suhteen muuttaminen käsin suhteellisen oikosulkuimpedanssin z_k pysyessä vakiona aiheuttaa hienoisen virheen ohjelman laskemaan muuntajaresistanssiin R_0 ja -reaktanssiin X_0 . Käytännön mitoituksen kannalta tällä ei kuitenkaan ole merkitystä.

Vaikka ohjelman tuotekirjasto onkin laaja, joutuu ennemmin tai myöhemmin tuotekirjastoon lisäämään ainakin erilaisia kaapeleita. Insinööriyössä käytettyjen palonkestävien FRHF-voimakaapeleiden koko kirjo jouduttiin syöttämään ohjelman tietokantaan manuaalisesti. Myös HF- ja LSZH-kaapeleita on valmiina varsin rajallisesti, mutta näiden korvaaminen normaalivaippaisilla vastineillaan ei onneksi vaikuta mitoituslaskentaan.

Kaapelivalinta oli välillä ongelmallista, sillä Febdok päätti virheellisesti mitoitusvirtaan perustuen piilottaa mielestään sopimattomat kaapelit kaapeliluettelosta, vaikka piirin kuormitettavuus olisi riittänytkin. Suojalaitevalinnassa ohjelma antaa valita minkä tahansa suojalaitteen ruksaamalla vaihtoehdon ”näytä ilman rajoituksia”, mutta kaapelivalinnassa tällaista vaihtoehtoa ei ollut. Nämä satunnaiset ongelmat olivat kuitenkin selätettävissä vaihtelemalla nimellisvirta-arvoja ja kaapelityyppejä.

Selektiivisyystarkasteluihin ohjelmasta on erittäin suuri apu, sillä suojalaitevalintojen ja katkaisijoiden asetteluarvojen aiheuttamat muutokset ja varoitukset näkyvät yleensä välittömästi. Katkaisija-asetteluja tehdessä ohjelma ei edes anna tehdä standardin poiskytkentäehtojen vastaisia asetteluja.

7 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli tutkia 0,4:n ja 1 kV:n jakelujännitteitä kiinteistön sähköverkossa, varsinkin varavoiman osalta. Tarkasteltava verkko mitoitettiin Febdokilla kolmelle erilaiselle standardin vaatimukset täyttävälle jakelutilanteelle. Tämän jälkeen Ecomilla laskettiin nousukaapeleiden kustannukset asennettuna kaukaisimmalle ryhmäkeskukselle.

Havaittiin, että 1 kV:n jakelujännitettä käyttäen on mahdollista säästää jopa kymmeniä tuhansia euroja per nousukaapeli, mutta muuntajien kytkeminen varavoimakoneen taakse ei ole ongelmantonta. Muuntajista aiheutuva kytkentävirtasysäys voi helposti ylittää varavoimakoneen kuormanottokyvyn, joten kovin suuritehoisia muuntajia ei verkkoon voida kytkeä, varsinkaan samassa kytkentäportaassa ja ilman vaimennuskytkentöjä. Toissijaisen tavoitteen kannalta havaittiin, että Febdok on käypä työkalu useassa jänniteportaassa toimivan varavoimaverkon mitoitukseen, mutta suojalaitteiden toiminta-aikatarkasteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, mikäli ohjelmalla päätetään mallintaa induktiivisen kuorman kytkeytymistä.

Insinööriytyö jätti paljon lisätutkimuksen aiheita. Tässä insinööriytyössä taloudellinen tarkastelu rajattiin vain suoriin kaapelointikustannuksiin, sillä hintatietoa näistä oli suoravii-
vaisesti saatavissa, kiitos STULin tarjoaman tarjouslaskennan pakettirekisterin. Olisi aiheellista suorittaa jatkotutkimusta myös muista verkoston komponenteista, joihin jännitteenosto vaikuttaa. Näitä ovat esimerkiksi muuntajat, maasulkusuojat sekä mahdollisesti kevyemmät/raskaammat johtotiet.

Lisäselvitystyötä voisi tehdä myös siitä, kannattaisiko omalla keskijännitemuuntamalla varustetussa kiinteistössä jaella sähköä kaukaisimpiin kulutuspaikkoihin kolmikäämisiä 20/1/0,4 kV:n muuntajia käyttäen. Vaihtoehtoisesti voisi selvittää, kannattaisiko esimerkiksi tornitaloissa käytettyä virtakiskojakelua korvata 1 kV:n jakelulla.

Lähteet

1000 V sähkönjakelu -seminaarimateriaali. 2005. Luentokalvot. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<http://www.ee.lut.fi/fi/lab/sahkomarkkina/seminaari1kv.html>>. 16.8.2005. Luettu 29.8.2017.

Ahoranta, Jukka. 2008. Sähkötekniikka. Helsinki: WSOY.

Coordination of LV protection devices. 2008. Schneider Electric.

Gajic, Zoran & Girgis Ramsis & Mekic Fahrudin & teNyenhuis Ed. 2006. Power Transformer Characteristics and Their Effect on Protective Relays. ABB.

Huotari, Kari & Partanen, Jarmo. 1998. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskeminen. Opetusmoniste. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kaipia, Tero. 2013. Vikasuojauksen toteutus vian automaattisella poiskytkennällä. Verkkoaineisto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<http://docplayer.fi/6871451-BI10a3000-sahkoturvallisuus.html>>. 23.1.2013. Luettu 3.11.2017.

Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. 2017. ST 53.13. Espoo: Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

Lempinen, Tuomas. 2015. Kaapelimitoitus KJ- ja PJ-verkoissa. Koulutusmateriaali. Granlund Oy.

Lohjala, Juha. 2005. Haja-asutusalueiden sähkönjakelujärjestelmien kehittäminen – erityisesti 1000 V jakelujännitteen käyttömahdollisuudet. Väitöskirja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

LSA 49.1 - 4 Pole Alternator Electrical and mechanical data. 2004. Tuotetietokortti. Leroy Somer.

MX341 Automatic Voltage Regulator (AVR) - Specification, controls and accessories. 2015. Tuotetietokortti. Cummins Generator Technologies Ltd. <http://stamford-avk.com/sites/default/files/literature/avr/A043Y699_MX341_EN.pdf>. 17.11.2015. Luettu 3.11.2017

Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille. 2015. ST 51.06. Espoo: Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

SFS 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-käsikirja 600-1: Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Stamford AVR MX341. 2009. Kuva. Ruitai Industry Co Ltd. <<http://www.china-avr.com/upload/201005/20100523161033845.jpg>>. Luettu 19.10.2017.

Sulakkeeton suojaus. 2015. ST 53.45. Espoo: Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

Sähköturvallisuuslaki. 1135/2016.

Technical Guide: The MV/LV transformer substations (passive users). 2015. Verkkodokumentti. ABB. <http://new.abb.com/docs/librariesprovider27/default-document-library/abb-transformerstations_ebook.pdf>. Luettu 14.9.2017.

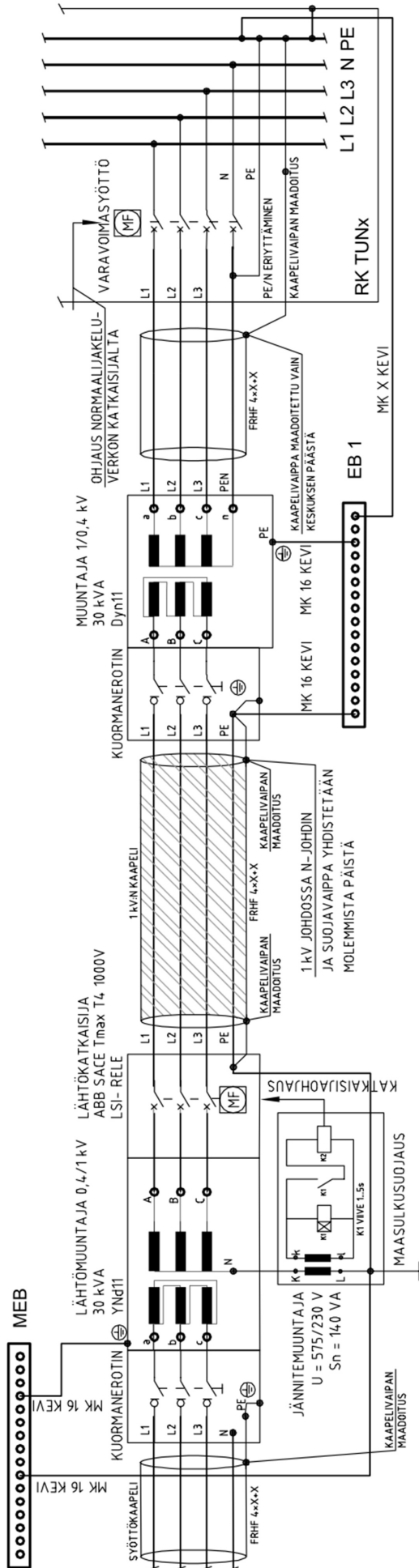
TTT-käsikirja - Luku 8: Maasulkusuojaus. 2000. Verkkodokumentti. ABB. <http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/08_0_Maasulkusuojaus.pdf>. Luettu 29.10.2017.

TTT-käsikirja - Luku 11: Tehomuuntajat. 2000. Verkkodokumentti. ABB. <http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/11_Tehomuuntajat.pdf>. Luettu 29.10.2017.

Varavoimalaitokset. 2013. ST-käsikirja 31. Espoo: Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

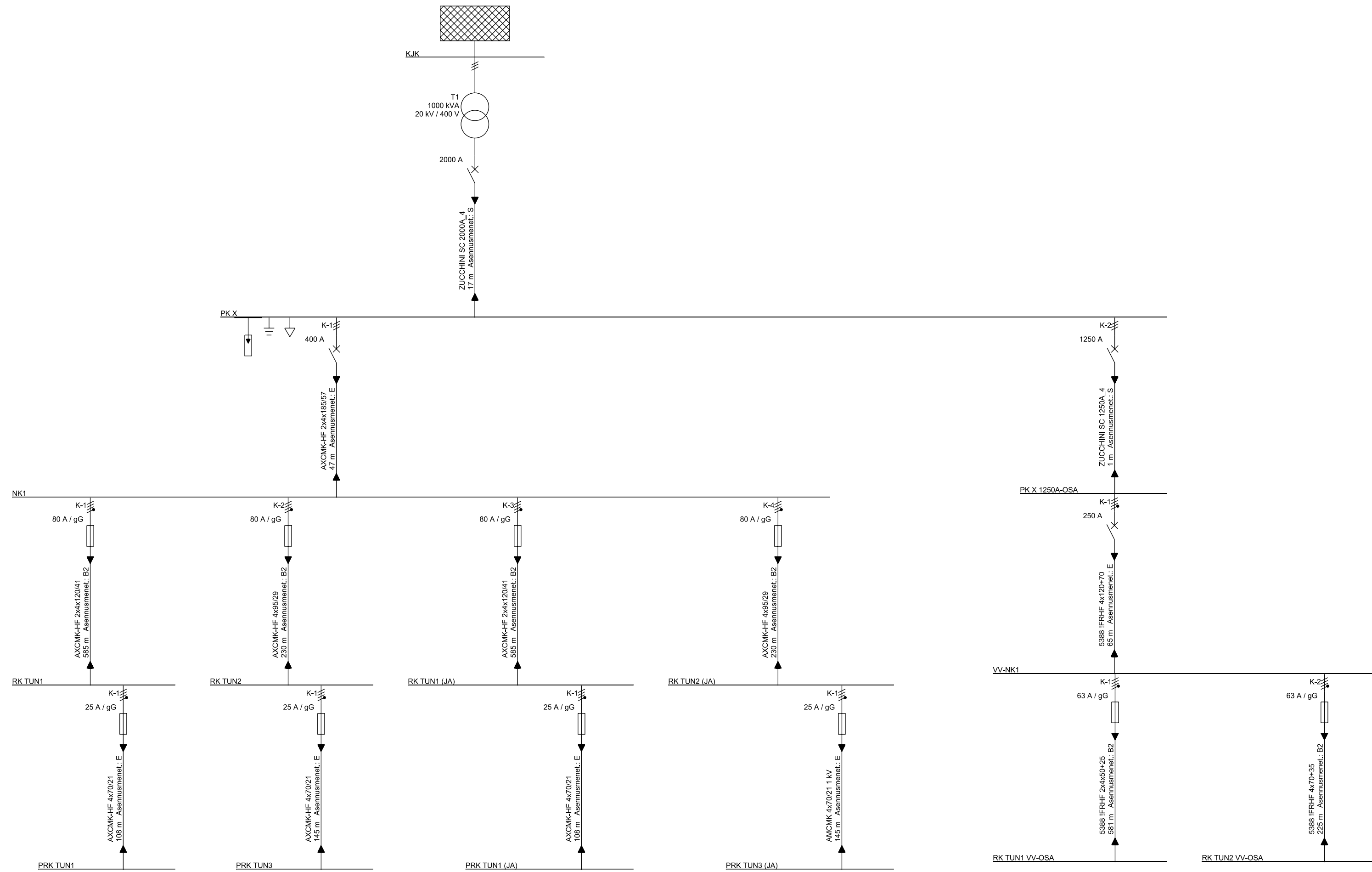
Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. 2005. ST-käsikirja 20. Espoo: Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.

1 kV:n jakelun periaatekaavio

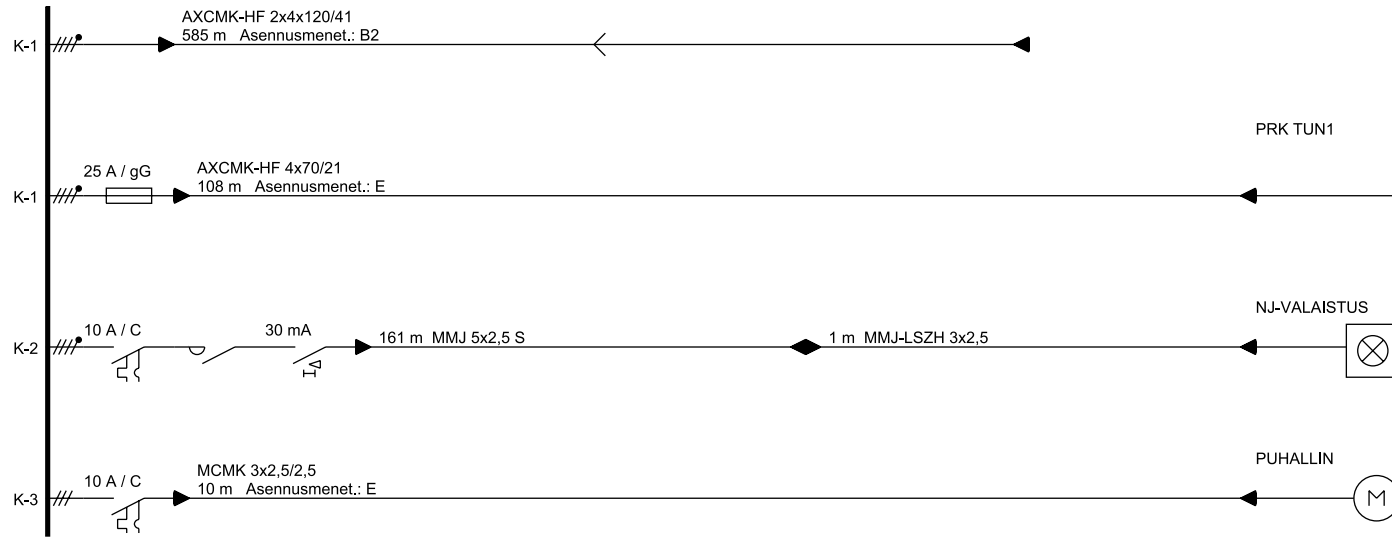


Lista Febdokin käyttämistä suureista

Tunnus	Kuvaus
Ik3pmax	Suurin kolmivaiheinen oikosulkuvirta, L-L-L
Ik2pmax	Suurin kaksivaiheinen oikosulkuvirta, L-L
Ik1pmax	Suurin yksivaiheinen oikosulkuvirta, L-N
IjPEmax	Suurin vikavirta PE-johtimeen, L-PE
IjPENmax	Suurin vikavirta PEN-johtimeen, L-PEN
Ik3pmin	Pienin kolmivaiheinen oikosulkuvirta, L-L-L
Ik2pmin	Pienin kaksivaiheinen oikosulkuvirta, L-L
Ik1pmin	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta, L-N
IjPEmin	Pienin vikavirta PE-johtimeen, L-PE
IjPENmin	Pienin vikavirta PEN-johtimeen, L-PEN
Ik2pj	Kaksoismaasulkuvirta IT-jakelujärjestelmässä
cos φ	Mitoitustilanteen tehokerroin cos φ
R+	Myötäjärjestelmän resistanssi kyseessä olevassa tilassa (max/min)
X+	Myötäjärjestelmän reaktanssi kyseessä olevassa tilassa
R0N	Nollajärjestelmän resistanssi kyseessä olevassa tilassa, kun nollajohdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
X0N	Nollajärjestelmän reaktanssi kyseessä olevassa tilassa, kun nollajohdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
R0PE	Nollajärjestelmän resistanssi kyseessä olevassa tilassa, kun PE-johdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
X0PE	Nollajärjestelmän reaktanssi kyseessä olevassa tilassa, kun PE-johdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
R0PEN	Nollajärjestelmän resistanssi kyseessä olevassa tilassa, kun PEN-johdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
X0PEN	Nollajärjestelmän reaktanssi kyseessä olevassa tilassa, kun PEN-johdin toimii vikavirran paluujohtimena (max/min)
Maadoitus/tasaus	Ilmaisee maadoituselektrodin ja/tai potentiaalitasauksien käyttöä kuormassa
Vaiheiden kytkentä	Piirin/kuorman vaiheiden kytkentä., on tärkeä virtojen ja jännitteenalenenen laskemiseksi.
Jakelutyyppe	Jakelujärjestelmä, johon syöttävät piirit liittyvät, ohjaa vaiheiden kytkentää keskuksesta lähteissä piireissä
Kaapelityyppi. ...	Piirissä käytetyn kaapelityypin ja johdintarvikkeen (mahd. virtakiskon) kuvaus
Asenn.menet.	Virtapiirin kaapelien mitoittava asennusmenettely, merkitty standardien ja normien mukaisin tunnuksin
Pituus	Piirissä käytetyn kaapelin/virtakiskon pituus
kt	Ympäristön lämpötilasta johtuva virtakapasiteetin korjauskerroin
Kp	Rinnakkaisista kaapeleista/kiskoista/vienneistä johtuva virtakapasiteetin korjauskerroin
kr	Käyttäjän määrittelemä korjauskerroin kuormitettavuudelle
lb	Mitoitava kuormavirta
lz	Valitun kaapelin/virtakiskon virtakapasiteetti
ΔU	Jännitteenalennus, liitinjännitteen % alennus suhteessa kuorman nimellisjännitteeseen
Laitteet	Laitteet, jotka on asennettu virtapiiriin, kuten vikavirtasuojakytkin/-valvoja, mittari, kontaktori, ylijännitesuoja ym.
Ikmax	Suurin oikosulkuvirta
Ikmin	Pienin oikosulkuvirta
Ijmin	Pienin vikavirta
Valmistaja	Suojalaitteen valmistajaa (toimittajaa), käytetään suojalaitteen tunnistamiseen
Tyyppi	Suojalaitteen tyyppimerkintä, tuottajan määrittelemä
IN	Suojalaitteen mitoitusvirta
Ic	Suojalaitteen katkaisukyky
Icu	Icu - suojalaitteen maksimi katkaisukyky EN 60947 mukaan määriteltynä
Ics	Ics - suojalaitteen käytönaikaisen oikosulkuvirran katkaisukyky, määritely standardissa SFS-EN 60898 ja 60947
Icn	Icn - suojalaitteen nominaalikatkaisukyky automaateille jotka on määritely EN 60898 mukaisesti
Ics*	Ics* - suojalaitteen käytönaikaisen oikosulkuvirran katkaisukyky
Ic	Ic - sulakkeen katkaisukyky SFS EN 60269 mukaan
TAB	TAB - suojalaitteen katkaisukyky määritely tavarantoimittajan varmuustaulukon mukaan
NB!	Katkaisukyky ei ole riittävä!
IIm	Kaapelin/virtakiskon maks.pit., jolla suojalaite takaa kaikkien vikavirtojen sähkömagn. poiskytkennän.



	<p>Granlund Oy Malminkaari 21 00701 Helsinki Puh:</p>	<p>Asennuksen osoite: Asiakas, omistaja:</p>	<p>Asennus: Ins.työ_1NJ_KJR Pvm: 2.11.2017 10:36:47 400 V TN-C Sivu 1 / 1 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017 febdok</p>
--	-------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:
Ins.työ_1NJ_KJR

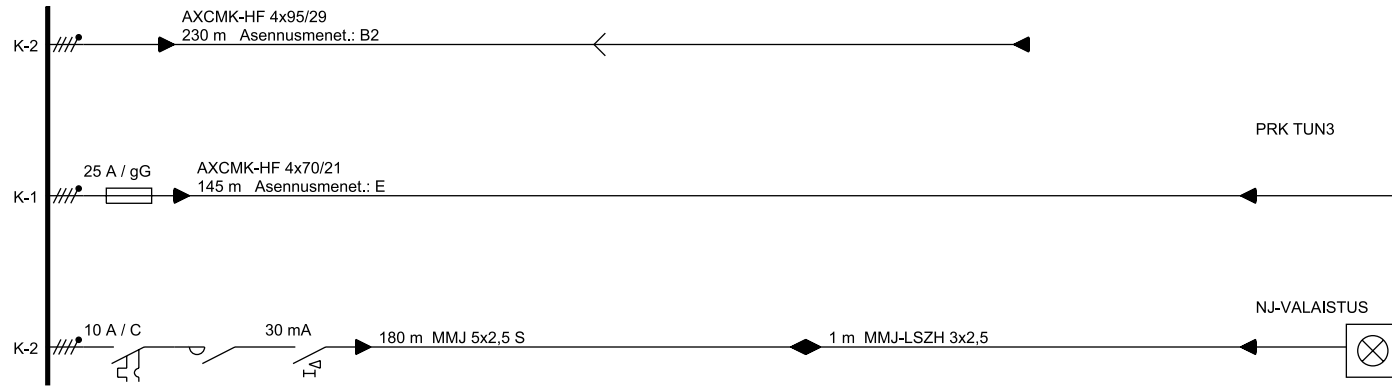
Jakokeskus
RK TUN1

Febdok Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Pvm: 2.11.2017 11:11:21

SFS6000_2012
400 V
TN-C

Sivu 4 (4)
/ 11



Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_1NJ_KJR

Pvm: 2.11.2017 11:11:21

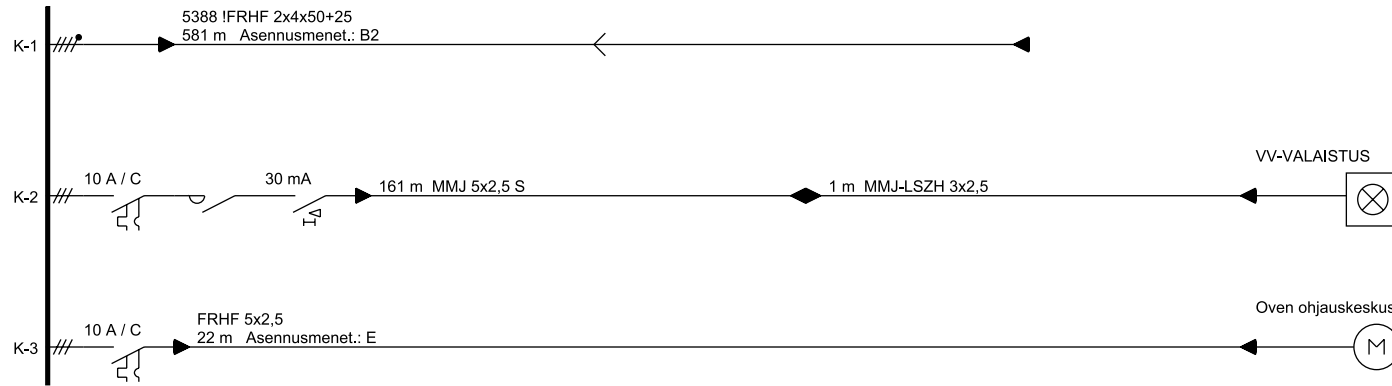
Jakokeskus
RK TUN2

SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok

Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 5 (5)
/ 11



Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_1NJ_KJR

Pvm: 2.11.2017 14:35:28

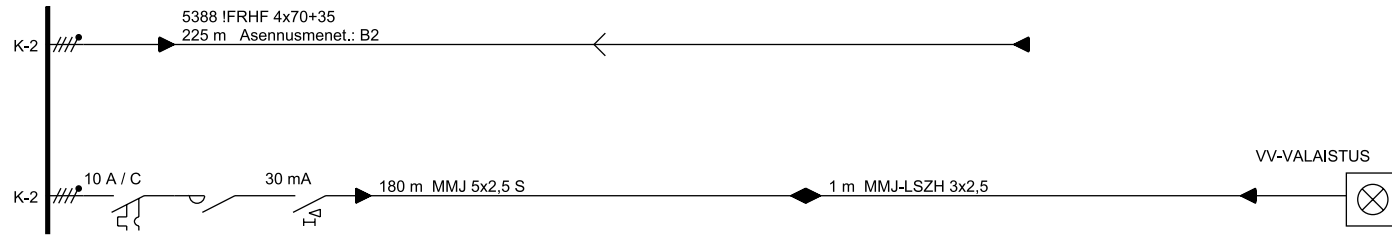
Jakokeskus
RK TUN1 VV-OSA

SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok

Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 10 (10)
/ 11



Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_1NJ_KJR

Pvm: 2.11.2017 11:11:21

Jakokeskus
RK TUN2 VV-OSA


SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok



Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 11 (11)
/ 11

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi: TN-C		I_{k3pmax} [kA] : 24,167 $\cos \phi$: 0,07		R+ [Ω] : 0,0008		I_{k3pmin} [kA] : 19,356 $\cos \phi$: 0,08		R+ [Ω] : 0,0009		
Maadoituselektrodi: Betoniraidoitus		I_{k2pmax} [kA] : 20,929 $\cos \phi$: 0,07		X+ [Ω] : 0,0105		I_{k2pmin} [kA] : 16,763 $\cos \phi$: 0,08		X+ [Ω] : 0,0107		
Potentialitasaukset										
Summakuormavirta [A]: L1: 13,31 A L2: 13,31 A L3: 13,31 A		$I_{jPENmax}$ [kA] : 24,234 $\cos \phi$: 0,13				$I_{jPENmin}$ [kA] : 19,499 $\cos \phi$: 0,15				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-1	NK1 NK1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-C-S	AXCMK-HF 2x4x185/57 E	47	1,04 1,00 0,70	505,60 400,00 0,93		24,234 12,719 9,152	ABB T5 400 N PR221	400 36 Ics 912,4
K-2	PK X 1250A-OSA PK X 1250A-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-C-S	ZUCCHINI SC 1250A_4 S	1	1,00	1400,00 1250,00 0,03		24,234 16,725 19,391	ABB T7 1250 S PR232	1250 50 Ics 984,5
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		<p>Asennuksen osoite:</p>		<p>Asennus: Ins.työ_1NJ_KJR</p>		<p>Pvm: 2.11.2017 11:11:22</p>				
		<p>Asiakas, omistaja:</p>		<p>Jakokeskus PK X</p>		<p>SFS 6000:2012 400 V TN-C</p>				
				<p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>		<p>Sivu 1 (12) / 1</p>				

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat



Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit				Jakokeskus				Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit				Jakokeskus			
Jakelutyyppi: TN-C-S				I_{k3pmax} [kA] : 24,113 $\cos \phi$: 0,08				R+ [Ω] : 0,0008				I_{k3pmin} [kA] : 19,312 $\cos \phi$: 0,08				R+ [Ω] : 0,0009			
				I_{k2pmax} [kA] : 20,882 $\cos \phi$: 0,08				X+ [Ω] : 0,0105				I_{k2pmin} [kA] : 16,725 $\cos \phi$: 0,08				X+ [Ω] : 0,0107			
				I_{k1pmax} [kA] : 24,109 $\cos \phi$: 0,14				R_{0N} [Ω] : 0,0008				I_{k1pmin} [kA] : 19,391 $\cos \phi$: 0,16				R_{0N} [Ω] : 0,0009			
Summakuormavirta [A]: L1: 5,20 A L2: 5,20 A L3: 5,20 A N: 0,00 A				$I_{jPENmax}$ [kA] : 24,109 $\cos \phi$: 0,14				X_{0N} [Ω] : 0,0105				$I_{jPENmin}$ [kA] : 19,391 $\cos \phi$: 0,16				X_{0N} [Ω] : 0,0107			
								R_{0PEN} [Ω] : 0,0028								R_{0PEN} [Ω] : 0,0034			
								X_{0PEN} [Ω] : 0,0103								X_{0PEN} [Ω] : 0,0103			
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]									
K-1	VV-NK1 VV-NK1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x120+70 E	65	1,04 1,00 0,70	252,10 250,00 1,43		24,113 6,009 4,783	ABB T4 250 L PR222	250 120 Ics 1091,9									
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:				Asennus: Ins.työ_1NJ_KJR				Pvm: 2.11.2017 14:35:28									
		Asiakas, omistaja:				Jakokeskus PK X 1250A-OSA				SFS 6000:2012 400 V TN-C-S									
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017				Sivu 1 (22) / 1									

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat



Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-C-S	I_{k3pmax} [kA] : 18,817 $\cos \phi$: 0,34	R_+ [Ω] : 0,0046	I_{k3pmin} [kA] : 14,687 $\cos \phi$: 0,41	R_+ [Ω] : 0,0058
	I_{k2pmax} [kA] : 16,296 $\cos \phi$: 0,34	X_+ [Ω] : 0,0127	I_{k2pmin} [kA] : 12,719 $\cos \phi$: 0,41	X_+ [Ω] : 0,0129
	I_{k1pmax} [kA] : 12,638 $\cos \phi$: 0,66	R_{0N} [Ω] : 0,0046	I_{k1pmin} [kA] : 9,152 $\cos \phi$: 0,74	R_{0N} [Ω] : 0,0058
Summakuormavirta [A]: L1: 8,44 A L2: 8,44 A L3: 8,44 A N: 0,00 A	$I_{jPENmax}$ [kA] : 12,638 $\cos \phi$: 0,66	X_{0N} [Ω] : 0,0127 R_{0PEN} [Ω] : 0,0308 X_{0PEN} [Ω] : 0,0197	$I_{jPENmin}$ [kA] : 9,152 $\cos \phi$: 0,74	X_{0N} [Ω] : 0,0129 R_{0PEN} [Ω] : 0,0391 X_{0PEN} [Ω] : 0,0197

Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-1	RK TUN1 RK TUN1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 2x4x120/41 B2	585	1,04 1,00 0,70	314,70 80,00 4,36		18,817 1,146 0,702	IEC IEC_gG	80 120 Ic 762,8
K-2	RK TUN2 RK TUN2	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x95/29 B2	230	1,04 1,00 0,70	137,00 80,00 4,28		18,817 0,976 0,677	IEC IEC_gG	80 120 Ic 287,4
K-3	RK TUN1 (JA) RK TUN1 (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 2x4x120/41 B2	585	1,04 1,00 0,70	314,70 64,00 3,67		18,817 1,146 0,702	IEC IEC_gG	80 120 Ic 762,8
K-4	RK TUN2 (JA) RK TUN2 (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x95/29 B2	230	1,04 1,00 0,70	137,00 60,00 3,44		18,817 0,976 0,677	IEC IEC_gG	80 120 Ic 287,4



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:		Asennus: Pvm: 2.11.2017 11:11:22		
	Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1NJ_KJR		
			Jakokeskus NK1	SFS 6000:2012 400 V TN-C-S	
			 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (13) / 1

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 2,870	$\cos \phi$: 0,89	R_+ [Ω] : 0,0786	I_{k3pmin} [kA] : 1,912	$\cos \phi$: 0,93	R_+ [Ω] : 0,1007		
				I_{k2pmax} [kA] : 2,485	$\cos \phi$: 0,89	X_+ [Ω] : 0,0407	I_{k2pmin} [kA] : 1,656	$\cos \phi$: 0,93	X_+ [Ω] : 0,0409		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,723	$\cos \phi$: 0,90	R_{0N} [Ω] : 0,0786	I_{k1pmin} [kA] : 1,146	$\cos \phi$: 0,93	R_{0N} [Ω] : 0,1007		
Summakuormavirta [A]: L1: 3,49 A L2: 3,49 A L3: 3,49 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,074	$\cos \phi$: 0,95	X_{0N} [Ω] : 0,0407 R_{0PE} [Ω] : 0,2391 X_{0PE} [Ω] : 0,1148	I_{jPEmin} [kA] : 0,702	$\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0409 R_{0PE} [Ω] : 0,3061 X_{0PE} [Ω] : 0,1148		
Piiri nro.	Tunniste Kuvas Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	PRK TUN1 PRK TUN1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x70/21 E	108	1,15 1,00 0,70	151,20 25,00 5,02		2,870 0,684 0,430	IEC IEC_gG	25 120 I _c 719,7	
K-2	NJ-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	161	1,00	4,68	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,870 0,069 0,066	SIEMENS 5SY6_C	10 6 I _{cs}	
								0,349 0,068 0,066			
K-3	PUHALLIN PUHALLIN	Moottori L1-L2-L3	MCMK 3x2,5/2,5 E	10	1,22 1,00 0,70	21,40 2,83 4,45		2,870 0,928 0,442	SIEMENS 5SP9_C	10 25 I _{cs} 100,9	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:		Asennus: Pvm: 2.11.2017 11:49:00		Ins.työ_1NJ_KJR					
		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6000:2012					
				RK TUN1		400 V TN-S					
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (14) / 1					

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat



Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 2,965	$\cos \phi$: 0,91	R_+ [Ω] : 0,0782	I_{k3pmin} [kA] : 1,958	$\cos \phi$: 0,94	R_+ [Ω] : 0,1002		
				I_{k2pmax} [kA] : 2,568	$\cos \phi$: 0,91	X_+ [Ω] : 0,0349	I_{k2pmin} [kA] : 1,696	$\cos \phi$: 0,94	X_+ [Ω] : 0,0352		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,497	$\cos \phi$: 0,95	R_{0N} [Ω] : 0,0782	I_{k1pmin} [kA] : 0,976	$\cos \phi$: 0,97	R_{0N} [Ω] : 0,1002		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,043	$\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0349 R_{0PE} [Ω] : 0,3252 X_{0PE} [Ω] : 0,0954	I_{jPEmin} [kA] : 0,677	$\cos \phi$: 0,98	X_{0N} [Ω] : 0,0352 R_{0PE} [Ω] : 0,4165 X_{0PE} [Ω] : 0,0954		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	PRK TUN3 PRK TUN3	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x70/21 E	145	1,15 1,00 0,70	151,20 25,00 5,17		2,965 0,548 0,371	IEC IEC_gG	25 120 Ic 714,0	
K-2	NJ-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	180	1,00	4,57	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,965 0,061 0,059	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
								0,364 0,061 0,059			
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 11:11:22					
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1NJ_KJR		Jakokeskus RK TUN2		SFS 6000:2012 400 V TN-S			
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (16) / 1					

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-S	I_{k3pmax} [kA] : 2,870 $\cos \phi$: 0,89	R+ [Ω] : 0,0786	I_{k3pmin} [kA] : 1,912 $\cos \phi$: 0,93	R+ [Ω] : 0,1007
	I_{k2pmax} [kA] : 2,485 $\cos \phi$: 0,89	X+ [Ω] : 0,0407	I_{k2pmin} [kA] : 1,656 $\cos \phi$: 0,93	X+ [Ω] : 0,0409
	I_{k1pmax} [kA] : 1,723 $\cos \phi$: 0,90	R _{0N} [Ω] : 0,0786	I_{k1pmin} [kA] : 1,146 $\cos \phi$: 0,93	R _{0N} [Ω] : 0,1007
Summakuormavirta [A]: L1: 3,97 A L2: 3,97 A L3: 3,97 A N: 0,00 A	I_{jPEmax} [kA] : 1,074 $\cos \phi$: 0,95	X _{0N} [Ω] : 0,0407 R _{0PE} [Ω] : 0,2391 X _{0PE} [Ω] : 0,1148	I_{jPEmin} [kA] : 0,702 $\cos \phi$: 0,97	X _{0N} [Ω] : 0,0409 R _{0PE} [Ω] : 0,3061 X _{0PE} [Ω] : 0,1148

Piiri nro.	Tunniste Kuvas Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lm} [m]
K-1	PRK TUN1 (JA) PRK TUN1 (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x70/21 E	108	1,15 1,00 0,70	151,20 25,00 4,34		2,870 0,684 0,430	IEC IEC_gG	25 120 I _c 719,7
K-2	NJ-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3	MMJ 5x2,5 S E	161	1,00	4,10	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,870 0,118 0,066	SIEMENS 5SY6_C	10 6 I _{cs}
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	12	1,00			0,582 0,117 0,066		
K-3	PUHALLIN (JA) PUHALLIN (JA)	Moottori L1-L2-L3	MCMK 3x2,5/2,5 E	10	1,22 1,00 0,70	21,40 2,83 3,77		2,870 0,928 0,442	SIEMENS 5SY6_C	10 6 I _{cs} 100,9


--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:				Asennus: Pvm: 2.11.2017 11:49:00						
	Asiakas, omistaja:				Ins.työ_1NJ_KJR						
					Jakokeskus RK TUN1 (JA) SFS 6000:2012 400 V TN-S						
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017				Sivu 1 (18) / 1			


Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-S	I_{k3pmax} [kA] : 2,965 $\cos \phi$: 0,91	R_+ [Ω] : 0,0782	I_{k3pmin} [kA] : 1,958 $\cos \phi$: 0,94	R_+ [Ω] : 0,1002
	I_{k2pmax} [kA] : 2,568 $\cos \phi$: 0,91	X_+ [Ω] : 0,0349	I_{k2pmin} [kA] : 1,696 $\cos \phi$: 0,94	X_+ [Ω] : 0,0352
	I_{k1pmax} [kA] : 1,497 $\cos \phi$: 0,95	R_{0N} [Ω] : 0,0782	I_{k1pmin} [kA] : 0,976 $\cos \phi$: 0,97	R_{0N} [Ω] : 0,1002
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A	I_{jPEmax} [kA] : 1,043 $\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0349 R_{0PE} [Ω] : 0,3252 X_{0PE} [Ω] : 0,0954	I_{jPEmin} [kA] : 0,677 $\cos \phi$: 0,98	X_{0N} [Ω] : 0,0352 R_{0PE} [Ω] : 0,4165 X_{0PE} [Ω] : 0,0954



Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-1	PRK TUN3 (JA) PRK TUN3 (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AMCMK 4x70/21 1 kV E	145	1,22 1,00 0,70	128,60 25,00 4,28		2,965 0,563 0,382	IEC IEC_gG	25 120 I_c 825,5
K-2	NJ-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	180	1,00	3,73	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,965 0,061 0,059	SIEMENS 5SY6_C	10 6 I_{cs}
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	9	1,00			0,364 0,061 0,059		

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:	Asennus: Ins.työ_1NJ_KJR	Pvm: 2.11.2017 11:49:00
	Asiakas, omistaja:	Jakokeskus RK TUN2 (JA)	SFS 6000:2012 400 V TN-S
		Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017	Sivu 1 (20) / 1


Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

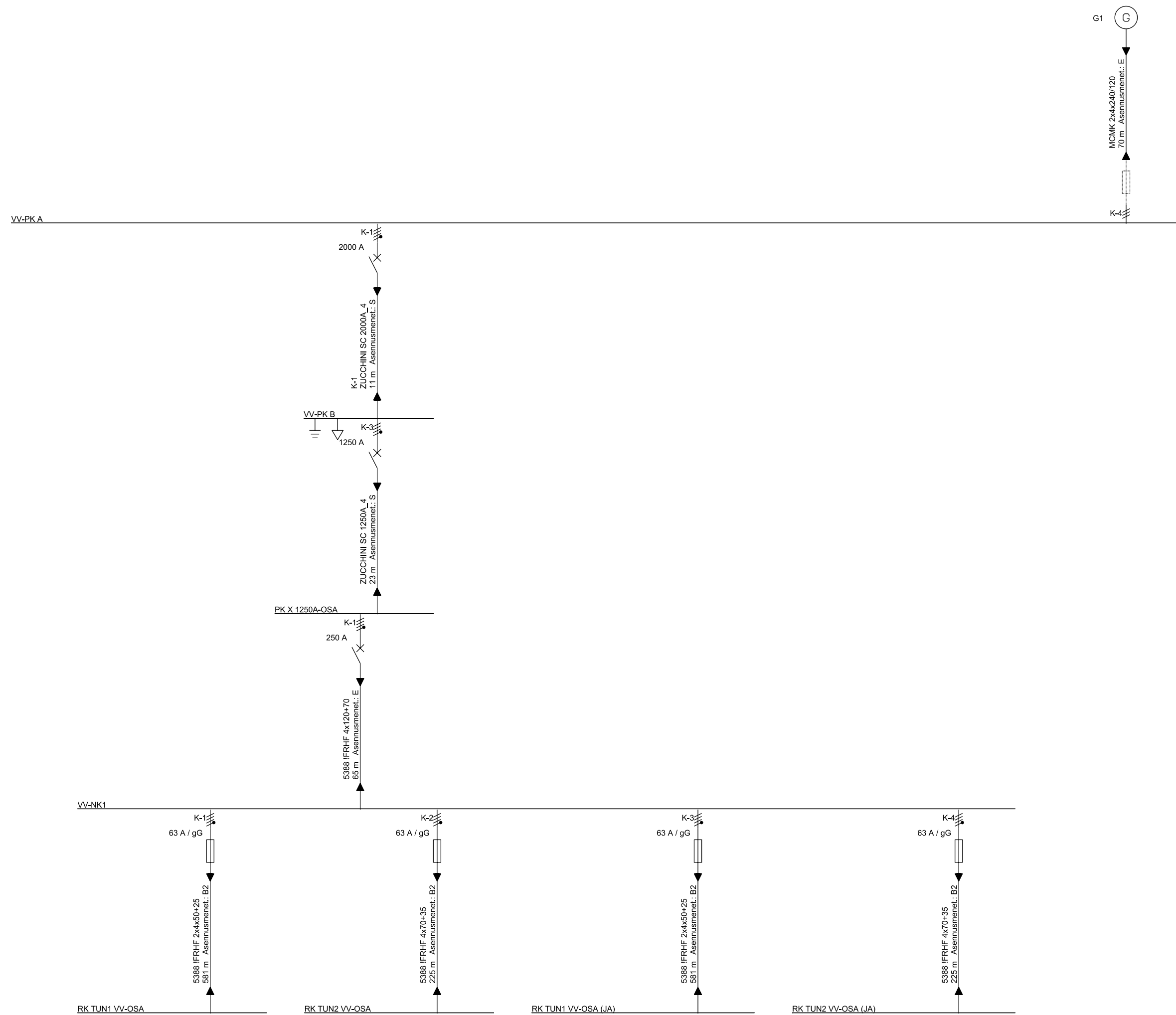
Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 12,848	$\cos \phi$: 0,54	R_+ [Ω] : 0,0107	I_{k3pmin} [kA] : 9,612	$\cos \phi$: 0,63	R_+ [Ω] : 0,0136		
				I_{k2pmax} [kA] : 11,127	$\cos \phi$: 0,54	X_+ [Ω] : 0,0166	I_{k2pmin} [kA] : 8,325	$\cos \phi$: 0,63	X_+ [Ω] : 0,0168		
				I_{k1pmax} [kA] : 8,406	$\cos \phi$: 0,71	R_{0N} [Ω] : 0,0107	I_{k1pmin} [kA] : 6,009	$\cos \phi$: 0,78	R_{0N} [Ω] : 0,0136		
Summakuormavirta [A]: L1: 5,20 A L2: 5,20 A L3: 5,20 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 6,856	$\cos \phi$: 0,78	X_{0N} [Ω] : 0,0166	I_{jPEmin} [kA] : 4,783	$\cos \phi$: 0,84	X_{0N} [Ω] : 0,0168		
						R_{0PE} [Ω] : 0,0426			R_{0PE} [Ω] : 0,0541		
						X_{0PE} [Ω] : 0,0309			X_{0PE} [Ω] : 0,0309		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	RK TUN1 VV-OSA RK TUN1 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 2x4x50+25 B2	581	1,04 1,00 0,70	224,40 63,00 4,56		12,848 0,646 0,455	IEC IEC_gG	63 120 Ic 682,9	
K-2	RK TUN2 VV-OSA RK TUN2 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x70+35 B2	225	1,04 1,00 0,70	141,30 63,00 3,26		12,848 1,089 0,762	IEC IEC_gG	63 120 Ic 476,6	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		<p>Asennuksen osoite:</p>		<p>Asennus: Ins.työ_1NJ_KJR</p>		<p>Pvm: 2.11.2017 14:35:28</p>					
		<p>Asiakas, omistaja:</p>		<p>Jakokeskus VV-NK1</p>		<p>SFS 6000:2012 400 V TN-S</p>					
				<p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>		<p>Sivu 1 (23) / 1</p>					

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 1,939	$\cos \phi$: 0,94	$R+$ [Ω] : 0,1232	I_{k3pmin} [kA] : 1,273	$\cos \phi$: 0,96	$R+$ [Ω] : 0,1569		
				I_{k2pmax} [kA] : 1,679	$\cos \phi$: 0,94	$X+$ [Ω] : 0,0447	I_{k2pmin} [kA] : 1,103	$\cos \phi$: 0,96	$X+$ [Ω] : 0,0449		
				I_{k1pmax} [kA] : 0,990	$\cos \phi$: 0,96	R_{0N} [Ω] : 0,1232	I_{k1pmin} [kA] : 0,646	$\cos \phi$: 0,97	R_{0N} [Ω] : 0,1569		
Summakuormavirta [A]: L1: 4,70 A L2: 4,70 A L3: 4,70 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,702	$\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0447	I_{jPEmin} [kA] : 0,455	$\cos \phi$: 0,98	X_{0N} [Ω] : 0,0449	R_{0PE} [Ω] : 0,6275	X_{0PE} [Ω] : 0,1265
						R_{0PE} [Ω] : 0,4923			R_{0PE} [Ω] : 0,6275		
						X_{0PE} [Ω] : 0,1265			X_{0PE} [Ω] : 0,1265		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3	MMJ 5x2,5 S E	161	1,00	4,83	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	1,939 0,114 0,063	SIEMENS 5SY6_C	10 6	Ics
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	12	1,00			0,521 0,113 0,063			
K-3	OOK Oven ohjauskeskus	Moottori L1-L2-L3	FRHF 5x2,5 E	22	1,00 1,00 0,70	17,50 3,56 4,73		1,939 0,507 0,246	SIEMENS 5SY6_C	10 6	Ics 91,7
Granlund Oy			Asennuksen osoite:			Asennus:			Pvm: 2.11.2017 14:35:28		
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>			Asiakas, omistaja:			Ins.työ_1NJ_KJR			SFS 6000:2012		
						Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA			400 V TN-S		
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (24) / 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 3,146	$\cos \phi$: 0,88	R+ [Ω] : 0,0710	I_{k3pmin} [kA] : 2,113	$\cos \phi$: 0,92	R+ [Ω] : 0,0905		
				I_{k2pmax} [kA] : 2,725	$\cos \phi$: 0,88	X+ [Ω] : 0,0384	I_{k2pmin} [kA] : 1,830	$\cos \phi$: 0,92	X+ [Ω] : 0,0386		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,646	$\cos \phi$: 0,92	R _{0N} [Ω] : 0,0710	I_{k1pmin} [kA] : 1,089	$\cos \phi$: 0,95	R _{0N} [Ω] : 0,0905		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,164	$\cos \phi$: 0,95	X _{0N} [Ω] : 0,0384 R _{0PE} [Ω] : 0,2838 X _{0PE} [Ω] : 0,1049	I_{jPEmin} [kA] : 0,762	$\cos \phi$: 0,97	X _{0N} [Ω] : 0,0386 R _{0PE} [Ω] : 0,3616 X _{0PE} [Ω] : 0,1049		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	180	1,00	3,46	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	3,146 0,062 0,060	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	9	1,00			0,374 0,061 0,060			
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 11:49:00					
Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus RK TUN2 VV-OSA		SFS 6000:2012 400 V TN-S					
 Less energy gives more				Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (25) / 1					



Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus: Pvm: 2.11.2017 10:38:45
Ins.työ_1VV_KJR


febdok Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

400 V
TN-S
Sivu 1
/ 1


Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-S	I_{k3pmax} [kA] : 5,802 $\cos \phi$: 0,13	R+ [Ω] : 0,0057	I_{k3pmin} [kA] : 4,739 $\cos \phi$: 0,14	R+ [Ω] : 0,0062
	I_{k2pmax} [kA] : 4,510 $\cos \phi$: 0,12	X+ [Ω] : 0,0434	I_{k2pmin} [kA] : 3,685 $\cos \phi$: 0,13	X+ [Ω] : 0,0434
Summakuormavirta [A]: L1: 10,58 A L2: 10,42 A L3: 10,28 A	I_{jPEmax} [kA] : 6,210 $\cos \phi$: 0,27		I_{jPEmin} [kA] : 5,024 $\cos \phi$: 0,31	



Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-1	VV-PK B . Maadoituselektrodi, potentiaalintasaus	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	K-1 ZUCCHINI SC 2000A_4 S	11	1,00	2240,00 2000,00 0,31		6,210 3,669 4,954	ABB E3 2000 S PR121	2000 75 Ics 267,7
K-4	G1 Stamford HCI634G, jännitteensäädin MX321	Generaattori L1-L2-L3	MCMK 2x4x240/120 E	70	1,06 1,00 1,00	912,20 909,00 1,77		6,210 3,685 5,024		

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:	Asennus: Ins.työ_1VV_KJR	Pvm: 2.11.2017 11:58:49
	Asiakas, omistaja:	Jakokeskus VV-PK A	SFS 6000:2012 400 V TN-S
		Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017	Sivu 1 (9) / 1







Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 5,774	$\cos \phi$: 0,14	R_+ [Ω] : 0,0060	I_{k3pmin} [kA] : 4,715	$\cos \phi$: 0,15	R_+ [Ω] : 0,0066		
Maadoituselektrodi: Johdin/köysi+perusta				I_{k2pmax} [kA] : 4,491	$\cos \phi$: 0,12	X_+ [Ω] : 0,0436	I_{k2pmin} [kA] : 3,669	$\cos \phi$: 0,13	X_+ [Ω] : 0,0436		
Potentialitasaukset				I_{k1pmax} [kA] : 6,131	$\cos \phi$: 0,28	R_{0N} [Ω] : 0,0060	I_{k1pmin} [kA] : 4,954	$\cos \phi$: 0,32	R_{0N} [Ω] : 0,0066		
Summakuormavirta [A]: L1: 10,58 A L2: 10,42 A L3: 10,28 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 6,131	$\cos \phi$: 0,28	X_{0N} [Ω] : 0,0536 R_{0PE} [Ω] : 0,0233 X_{0PE} [Ω] : 0,0220	I_{jPEmin} [kA] : 4,954	$\cos \phi$: 0,32	X_{0N} [Ω] : 0,0536 R_{0PE} [Ω] : 0,0273 X_{0PE} [Ω] : 0,0220		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-3	PK X 1250A-OSA Pk2 vv-osa	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	ZUCCHINI SC 1250A_4 S	23	1,00	1400,00 1250,00 0,92		6,131 3,623 4,748	ABB T7 1250 S PR232	1250 50 Ics 564,0	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		<p>Asennuksen osoite:</p> <p>Asiakas, omistaja:</p>		<p>Asennus:</p> <p>Ins.työ_1VV_KJR</p> <p>Jakokeskus VV-PK B</p> <p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>		<p>Pvm: 2.11.2017 11:58:49</p> <p>SFS 6000:2012 400 V TN-S</p> <p>Sivu 1 (10) / 1</p>					







Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 5,696	$\cos \phi$: 0,15	R_+ [Ω] : 0,0068	I_{k3pmin} [kA] : 4,648	$\cos \phi$: 0,17	R_+ [Ω] : 0,0076		
				I_{k2pmax} [kA] : 4,438	$\cos \phi$: 0,14	X_+ [Ω] : 0,0441	I_{k2pmin} [kA] : 3,623	$\cos \phi$: 0,15	X_+ [Ω] : 0,0441		
				I_{k1pmax} [kA] : 5,904	$\cos \phi$: 0,32	R_{0N} [Ω] : 0,0068	I_{k1pmin} [kA] : 4,748	$\cos \phi$: 0,37	R_{0N} [Ω] : 0,0076		
Summakuormavirta [A]: L1: 10,58 A L2: 10,42 A L3: 10,28 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 5,904	$\cos \phi$: 0,32	X_{0N} [Ω] : 0,0541	I_{jPEmin} [kA] : 4,748	$\cos \phi$: 0,37	X_{0N} [Ω] : 0,0541	R_{0PE} [Ω] : 0,0332	X_{0PE} [Ω] : 0,0239
						R_{0PE} [Ω] : 0,0282					
						X_{0PE} [Ω] : 0,0239					
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
K-1	VV-NK1 Vv-nk1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 IFRHF 4x120+70 E	65	1,04 1,00 0,70	252,10 250,00 2,43		5,904 3,061 2,811	ABB T4 250 L PR222	250 120 Ics 1048,7	
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 11:58:49					
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1VV_KJR		SFS 6000:2012 400 V TN-S					
				Jakokeskus PK X 1250A-OSA  Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (11) / 1					



Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus																																						
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 4,802	$\cos \phi$: 0,32	$R+$ [Ω] : 0,0168	I_{k3pmin} [kA] : 3,841	$\cos \phi$: 0,37	$R+$ [Ω] : 0,0203																																							
				I_{k2pmax} [kA] : 3,813	$\cos \phi$: 0,29	$X+$ [Ω] : 0,0502	I_{k2pmin} [kA] : 3,061	$\cos \phi$: 0,34	$X+$ [Ω] : 0,0502																																							
				I_{k1pmax} [kA] : 4,115	$\cos \phi$: 0,55	R_{0N} [Ω] : 0,0168	I_{k1pmin} [kA] : 3,138	$\cos \phi$: 0,63	R_{0N} [Ω] : 0,0203																																							
Summakuormavirta [A]: L1: 10,58 A L2: 10,42 A L3: 10,28 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 3,757	$\cos \phi$: 0,61	X_{0N} [Ω] : 0,0602	I_{jPEmin} [kA] : 2,811	$\cos \phi$: 0,69	X_{0N} [Ω] : 0,0602	R_{0PE} [Ω] : 0,0839	X_{0PE} [Ω] : 0,0445																																					
						R_{0PE} [Ω] : 0,0680			R_{0PE} [Ω] : 0,0839																																							
						X_{0PE} [Ω] : 0,0445			X_{0PE} [Ω] : 0,0445																																							
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]																																						
K-1	RK TUN1 VV-OSA RK TUN1 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 2x4x50+25 B2	581	1,04 1,00 0,70	224,40 63,00 6,38		4,802 0,605 0,436	IEC IEC_gG	63 120 Ic 661,3																																						
K-2	RK TUN2 VV-OSA RK TUN2 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x70+35 B2	225	1,04 1,00 0,70	141,30 63,00 4,60		4,802 0,965 0,704	IEC IEC_gG	63 120 Ic 460,7																																						
K-3	RK TUN1 VV-OSA (JA) RK TUN1 VV-OSA (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 2x4x50+25 B2	581	1,04 1,00 0,70	224,40 10,00 3,05		4,802 0,605 0,436	IEC IEC_gG	63 120 Ic 661,3																																						
K-4	RK TUN2 VV-OSA (JA) RK TUN2 VV-OSA (JA)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x70+35 B2	225	1,04 1,00 0,70	141,30 63,00 4,60		4,802 0,965 0,704	IEC IEC_gG	63 120 Ic 460,7																																						
<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Granlund Oy</td> <td colspan="3">Asennuksen osoite:</td> <td colspan="3">Asennus:</td> <td colspan="2">Pvm: 2.11.2017 11:58:49</td> </tr> <tr> <td colspan="3" rowspan="2">  Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh: </td> <td colspan="3" rowspan="2">Asiakas, omistaja:</td> <td colspan="3">Ins.työ_1VV_KJR</td> <td colspan="2">SFS 6000:2012</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> Jakokeskus VV-NK1 </td> <td colspan="2">400 V TN-S</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3">  Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017 </td> <td colspan="2"> Sivu 1 (12) / 1 </td> </tr> </table>											Granlund Oy			Asennuksen osoite:			Asennus:			Pvm: 2.11.2017 11:58:49		 Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:			Asiakas, omistaja:			Ins.työ_1VV_KJR			SFS 6000:2012		Jakokeskus VV-NK1			400 V TN-S								 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (12) / 1	
Granlund Oy			Asennuksen osoite:			Asennus:			Pvm: 2.11.2017 11:58:49																																							
 Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:			Asiakas, omistaja:			Ins.työ_1VV_KJR			SFS 6000:2012																																							
						Jakokeskus VV-NK1			400 V TN-S																																							
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (12) / 1																																							



Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus																											
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 1,682	$\cos \phi$: 0,86	R_+ [Ω] : 0,1292	I_{k3pmin} [kA] : 1,146	$\cos \phi$: 0,90	R_+ [Ω] : 0,1636																												
				I_{k2pmax} [kA] : 1,431	$\cos \phi$: 0,84	X_+ [Ω] : 0,0783	I_{k2pmin} [kA] : 0,980	$\cos \phi$: 0,89	X_+ [Ω] : 0,0783																												
				I_{k1pmax} [kA] : 0,913	$\cos \phi$: 0,93	R_{0N} [Ω] : 0,1292	I_{k1pmin} [kA] : 0,605	$\cos \phi$: 0,95	R_{0N} [Ω] : 0,1636																												
Summakuormavirta [A]: L1: 4,39 A L2: 4,22 A L3: 4,22 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,665	$\cos \phi$: 0,96	X_{0N} [Ω] : 0,0883 R_{0PE} [Ω] : 0,5177 X_{0PE} [Ω] : 0,1401	I_{jPEmin} [kA] : 0,436	$\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0883 R_{0PE} [Ω] : 0,6573 X_{0PE} [Ω] : 0,1401																												
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]																											
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma	MMJ 5x2,5 S	160	1,00	6,76	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	1,682 0,066 0,063	SIEMENS 5SY6_C	10 6																											
		L1-L2-L3-N	E				10 6																														
			MMJ-LSZH 3x2,5	13	1,00			0,296 0,065 0,063																													
K-3	OOK Oven ohjauskeskus	Moottori	FRHF 5x2,5	22	1,00	17,50		1,682 0,488 0,241	SIEMENS 5SY6_C	10 6																											
		L1-L2-L3	E		1,00	3,56		10 6																													
<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">  <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p> </td> <td colspan="2">Asennuksen osoite:</td> <td colspan="2">Asennus:</td> <td colspan="2">Pvm: 2.11.2017 14:40:09</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Asiakas, omistaja:</td> <td colspan="2">Ins.työ_1VV_KJR</td> <td colspan="2">SFS 6000:2012</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA</td> <td colspan="2">400 V TN-S</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">  Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017 </td> <td colspan="2">Sivu 1 (13) / 1</td> </tr> </table>											 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:40:09		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1VV_KJR		SFS 6000:2012				Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA		400 V TN-S						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (13) / 1	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:40:09																																
	Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1VV_KJR		SFS 6000:2012																																
			Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA		400 V TN-S																																
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (13) / 1																															



Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

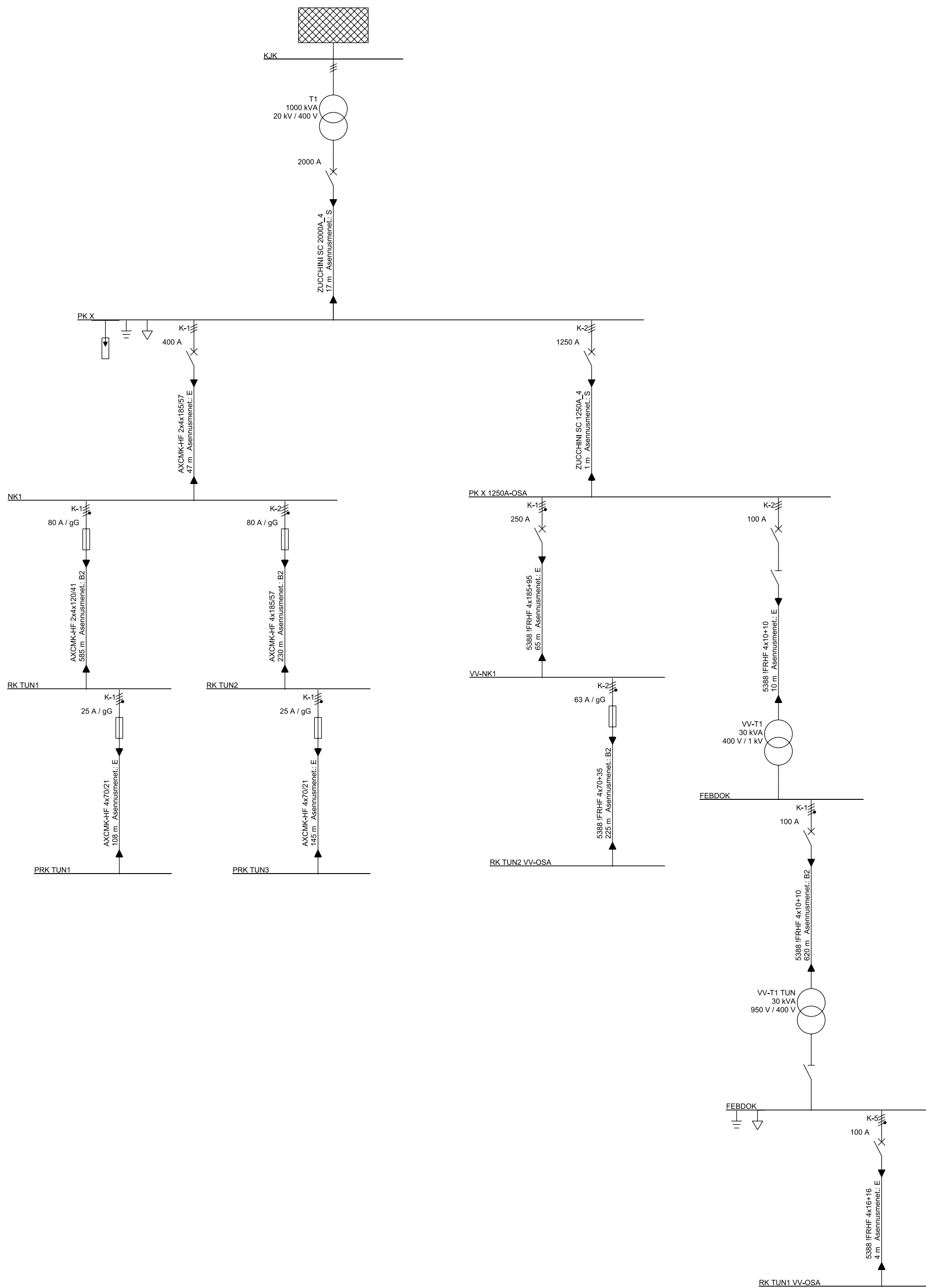
Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 2,409	$\cos \phi$: 0,73	R+ [Ω] : 0,0771	I_{k3pmin} [kA] : 1,719	$\cos \phi$: 0,80	R+ [Ω] : 0,0972		
				I_{k2pmax} [kA] : 2,020	$\cos \phi$: 0,71	X+ [Ω] : 0,0719	I_{k2pmin} [kA] : 1,452	$\cos \phi$: 0,78	X+ [Ω] : 0,0719		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,418	$\cos \phi$: 0,86	R _{0N} [Ω] : 0,0771	I_{k1pmin} [kA] : 0,965	$\cos \phi$: 0,91	R _{0N} [Ω] : 0,0972		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,054	$\cos \phi$: 0,91	X _{0N} [Ω] : 0,0820	I_{jPEmin} [kA] : 0,704	$\cos \phi$: 0,94	X _{0N} [Ω] : 0,0820		
						R _{0PE} [Ω] : 0,3092			R _{0PE} [Ω] : 0,3915		
						X _{0PE} [Ω] : 0,1185			X _{0PE} [Ω] : 0,1185		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ-LSZH 5x2,5 E	180	1,00	4,90	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,409 0,061 0,060	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	9	1,00			0,365 0,061 0,060			
Granlund Oy		Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:		Asennuksen osoite:		Asennus: Ins.työ_1VV_KJR		Pvm: 2.11.2017 12:08:12			
				Asiakas, omistaja:		Jakokeskus RK TUN2 VV-OSA		SFS 6000:2012 400 V TN-S			
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (14) / 1			

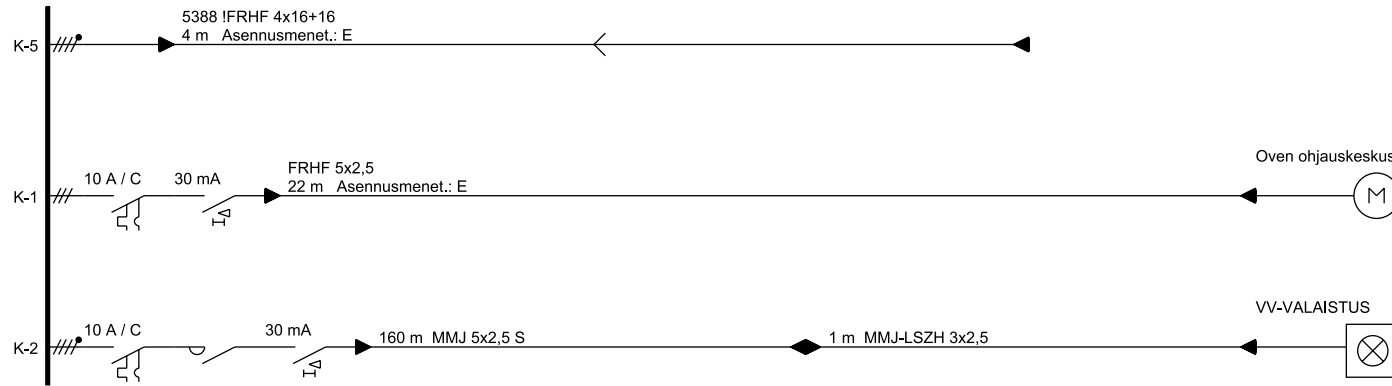
Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 1,682	$\cos \phi$: 0,86	$R+$ [Ω] : 0,1292	I_{k3pmin} [kA] : 1,146	$\cos \phi$: 0,90	$R+$ [Ω] : 0,1636		
				I_{k2pmax} [kA] : 1,431	$\cos \phi$: 0,84	$X+$ [Ω] : 0,0783	I_{k2pmin} [kA] : 0,980	$\cos \phi$: 0,89	$X+$ [Ω] : 0,0783		
				I_{k1pmax} [kA] : 0,913	$\cos \phi$: 0,93	R_{0N} [Ω] : 0,1292	I_{k1pmin} [kA] : 0,605	$\cos \phi$: 0,95	R_{0N} [Ω] : 0,1636		
Summakuormavirta [A]: L1: 4,85 A L2: 4,85 A L3: 4,70 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,665	$\cos \phi$: 0,96	X_{0N} [Ω] : 0,0883 R_{0PE} [Ω] : 0,5177 X_{0PE} [Ω] : 0,1401	I_{jPEmin} [kA] : 0,436	$\cos \phi$: 0,97	X_{0N} [Ω] : 0,0883 R_{0PE} [Ω] : 0,6573 X_{0PE} [Ω] : 0,1401		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3	MMJ 5x2,5 S E	160	1,00	3,52	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	1,682 0,114 0,063	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	13	1,00			0,506 0,113 0,063			
K-3	FEBDOK_10 Oven ohjauskeskus	Moottori L1-L2-L3	FRHF 5x2,5 E	22	1,00 1,00 0,70	17,50 3,56 3,33		1,682 0,488 0,241	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics 90,8	
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:40:09					
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_1VV_KJR		SFS 6000:2012 400 V TN-S					
				Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA (JA)		Sivu 1 (15) / 1					
				 <p>Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>							

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 2,409	$\cos \phi$: 0,73	R+ [Ω] : 0,0771	I_{k3pmin} [kA] : 1,719	$\cos \phi$: 0,80	R+ [Ω] : 0,0972		
				I_{k2pmax} [kA] : 2,020	$\cos \phi$: 0,71	X+ [Ω] : 0,0719	I_{k2pmin} [kA] : 1,452	$\cos \phi$: 0,78	X+ [Ω] : 0,0719		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,418	$\cos \phi$: 0,86	R _{0N} [Ω] : 0,0771	I_{k1pmin} [kA] : 0,965	$\cos \phi$: 0,91	R _{0N} [Ω] : 0,0972		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,86 A L2: 0,86 A L3: 0,86 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,054	$\cos \phi$: 0,91	X _{0N} [Ω] : 0,0820	I_{jPEmin} [kA] : 0,704	$\cos \phi$: 0,94	X _{0N} [Ω] : 0,0820	R _{0PE} [Ω] : 0,3092	X _{0PE} [Ω] : 0,1185
						R _{0PE} [Ω] : 0,3092			R _{0PE} [Ω] : 0,3915		
						X _{0PE} [Ω] : 0,1185			X _{0PE} [Ω] : 0,1185		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3	MMJ-LSZH 5x2,5 E	180	1,00	4,96	Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	2,409 0,106 0,060	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	9	1,00			0,623 0,106 0,060			
Granlund Oy		Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:		Asennuksen osoite:		Asennus: Ins.työ_1VV_KJR		Pvm: 2.11.2017 12:08:12			
				Asiakas, omistaja:		Jakokeskus RK TUN2 VV-OSA (JA)		SFS 6000:2012 400 V TN-S			
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (16) / 1			





Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_2NJ_KJR

Pvm: 2.11.2017 14:55:28

Jakokeskus
RK TUN1 VV-OSA



SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok



Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 11 (11)
/ 11


Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

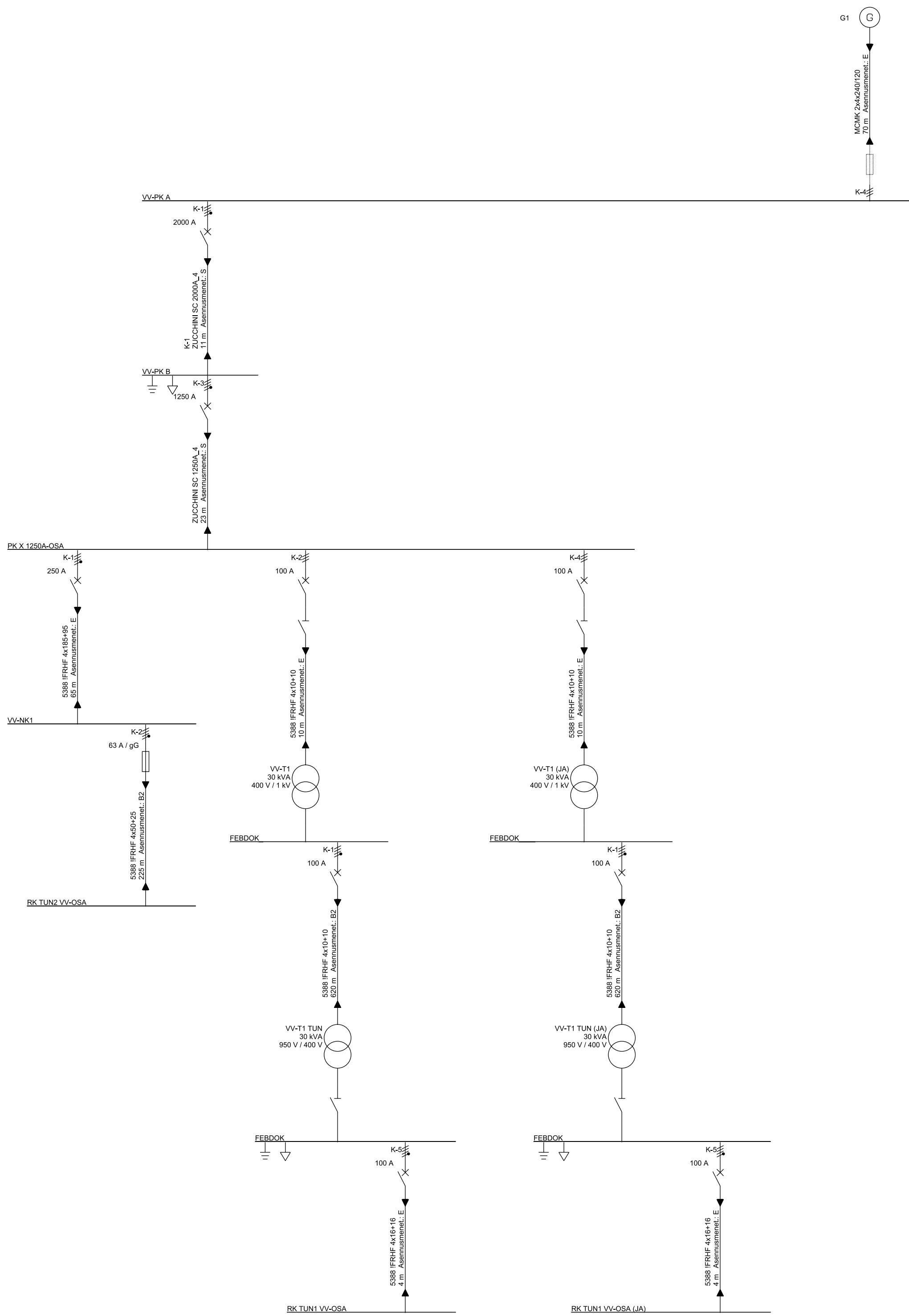
Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppe:	TN-C-S	I_{k3pmax} [kA] : 24,113	$\cos \phi$: 0,08	$R+$ [Ω] : 0,0008		I_{k3pmin} [kA] : 19,312	$\cos \phi$: 0,08	$R+$ [Ω] : 0,0009		
		I_{k2pmax} [kA] : 20,882	$\cos \phi$: 0,08	$X+$ [Ω] : 0,0105		I_{k2pmin} [kA] : 16,725	$\cos \phi$: 0,08	$X+$ [Ω] : 0,0107		
		I_{k1pmax} [kA] : 24,485	$\cos \phi$: 0,14	R_{0N} [Ω] : 0,0008		I_{k1pmin} [kA] : 19,682	$\cos \phi$: 0,16	R_{0N} [Ω] : 0,0009		
Summakuormavirta [A]:	L1: 4,96 A L2: 4,97 A L3: 4,88 A N: 0,00 A	$I_{jPENmax}$ [kA] : 24,485	$\cos \phi$: 0,14	X_{0N} [Ω] : 0,0105		$I_{jPENmin}$ [kA] : 19,682	$\cos \phi$: 0,16	X_{0N} [Ω] : 0,0107		
				R_{0PEN} [Ω] : 0,0029				R_{0PEN} [Ω] : 0,0034		
				X_{0PEN} [Ω] : 0,0098				X_{0PEN} [Ω] : 0,0098		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-1	VV-NK1 Vv-nk1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x185+95 E	65	1,04 1,00 0,70	332,20 250,00 1,10		24,485 7,439 5,992	ABB T4 250 S PR221	250 50 Ics 1182,2
K-2	FEBDOK_ Vv-t1	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-S	5388 !FRHF 4x10+10 E	10	1,04 1,00 0,70	54,60 43,25 3,56	Erotuskytkin	24,485 6,688 4,159	ABB T4 250 N PR221	100 / 52 36 Ics 404,0
	VV-T1 Sn = 30 kVA Er/Ex = 1 / 3,46 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11									
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:55:28				
Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_2NJ_KJR		Jakokeskus PK X 1250A-OSA		SFS 6000:2012 400 V TN-C-S		
						Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (18) / 1		

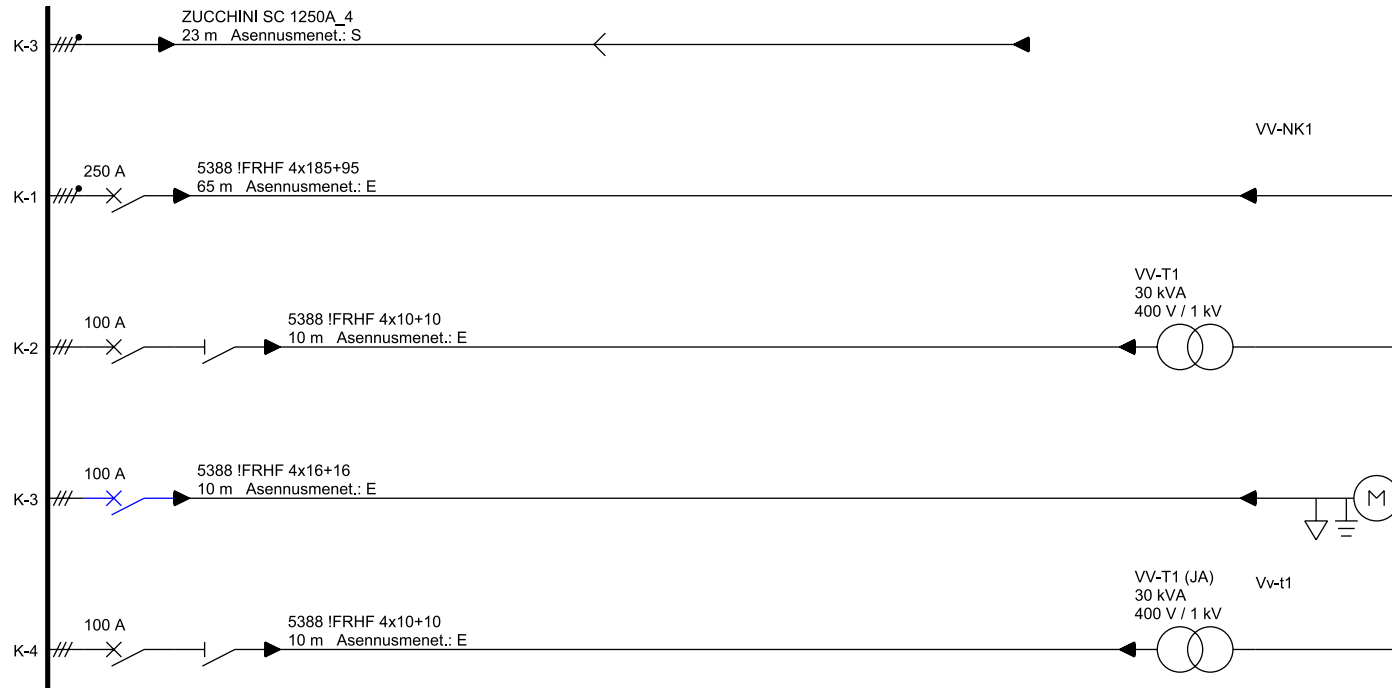
Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 14,128	$\cos \phi$: 0,41	R+ [Ω] : 0,0074	I_{k3pmin} [kA] : 10,917	$\cos \phi$: 0,49	R+ [Ω] : 0,0093		
				I_{k2pmax} [kA] : 12,235	$\cos \phi$: 0,41	X+ [Ω] : 0,0164	I_{k2pmin} [kA] : 9,455	$\cos \phi$: 0,49	X+ [Ω] : 0,0166		
				I_{k1pmax} [kA] : 9,989	$\cos \phi$: 0,57	R _{0N} [Ω] : 0,0074	I_{k1pmin} [kA] : 7,439	$\cos \phi$: 0,66	R _{0N} [Ω] : 0,0093		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 8,288	$\cos \phi$: 0,67	X _{0N} [Ω] : 0,0164	I_{jPEmin} [kA] : 5,992	$\cos \phi$: 0,75	X _{0N} [Ω] : 0,0166		
						R _{0PE} [Ω] : 0,0291			R _{0PE} [Ω] : 0,0369		
						X _{0PE} [Ω] : 0,0296			X _{0PE} [Ω] : 0,0296		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-2	RK TUN2 VV-OSA RK TUN2 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x70+35 B2	225	1,04 1,00 0,70	141,30 40,00 2,27		14,128 1,139 0,792	IEC IEC_gG	63 120 Ic 484,8	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:55:28					
		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6000:2012					
				VV-NK1		400 V TN-S					
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (19) / 1					

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 0,527	$\cos \phi$: 0,64	R_+ [Ω] : 0,3067	I_{k3pmin} [kA] : 0,400	$\cos \phi$: 0,70	R_+ [Ω] : 0,3630		
				I_{k2pmax} [kA] : 0,456	$\cos \phi$: 0,64	X_+ [Ω] : 0,3724	I_{k2pmin} [kA] : 0,346	$\cos \phi$: 0,70	X_+ [Ω] : 0,3726		
				I_{k1pmax} [kA] : 0,674	$\cos \phi$: 0,60	R_{0N} [Ω] : 0,3067	I_{k1pmin} [kA] : 0,517	$\cos \phi$: 0,66	R_{0N} [Ω] : 0,3630		
Summakuormavirta [A]: L1: 4,39 A L2: 4,22 A L3: 4,22 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,673	$\cos \phi$: 0,60	X_{0N} [Ω] : 0,3724	I_{jPEmin} [kA] : 0,517	$\cos \phi$: 0,66	X_{0N} [Ω] : 0,3726		
						R_{0PE} [Ω] : 0,0665			R_{0PE} [Ω] : 0,0716		
						X_{0PE} [Ω] : 0,1595			X_{0PE} [Ω] : 0,1595		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	FEBDOK_9 Oven ohjauskeskus	Moottori L1-L2-L3	FRHF 5x2,5 E	22	1,00 1,00 0,70	17,50 3,56 7,31	Kytkin 30,0 [mA]	0,673 0,268 0,287	SIEMENS 5SY6_C	10 6 157,1	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	160	1,00	7,42	Kytkin 30,0 [mA]	0,674	SIEMENS	10	
							Kontaktori	0,067	5SY6_C	6	
			MMJ-LSZH 3x2,5 A1	13	1,00			0,290 0,066 0,066			
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 14:55:28					
		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6000:2012					
				RK TUN1 VV-OSA		400 V TN-S					
				febdok		Sivu 1 (23)					
				Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		/ 1					





Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_2VV_KJR

Pvm: 2.11.2017 15:26:58

Jakokeskus
PK X 1250A-OSA

SFS6000_2012
400 V
TN-S

Febdok



Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 3 (3)
/ 11



Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-S	I_{k3pmax} [kA] : 5,696 $\cos \phi$: 0,15	R+ [Ω] : 0,0068	I_{k3pmin} [kA] : 4,648 $\cos \phi$: 0,17	R+ [Ω] : 0,0076
	I_{k2pmax} [kA] : 4,438 $\cos \phi$: 0,14	X+ [Ω] : 0,0441	I_{k2pmin} [kA] : 3,623 $\cos \phi$: 0,15	X+ [Ω] : 0,0441
	I_{k1pmax} [kA] : 6,235 $\cos \phi$: 0,28	R_{0N} [Ω] : 0,0068	I_{k1pmin} [kA] : 5,037 $\cos \phi$: 0,31	R_{0N} [Ω] : 0,0076
Summakuormavirta [A]: L1: 52,78 A L2: 52,79 A L3: 52,61 A N: 0,00 A	I_{jPEmax} [kA] : 6,235 $\cos \phi$: 0,28	X_{0N} [Ω] : 0,0541 R_{0PE} [Ω] : 0,0200 X_{0PE} [Ω] : 0,0193	I_{jPEmin} [kA] : 5,037 $\cos \phi$: 0,31	X_{0N} [Ω] : 0,0541 R_{0PE} [Ω] : 0,0234 X_{0PE} [Ω] : 0,0194



Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lm} [m]
K-1	VV-NK1 VV-NK1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x185+95 E	65	1,04 1,00 0,70	332,20 250,00 1,98		6,235 3,143 3,265	ABB T4 250 L PR222	250 120 lcs 1425,4
K-2	FEBDOK_ . VV-T1 Sn = 30 kVA Er/Ex = 1 / 3,46 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-S	5388 !FRHF 4x10+10 E	10	1,04 1,00 0,70	54,60 43,25 3,32	Erotuskytkin	6,235 3,059 2,870	ABB T4 250 N PR221	100 / 52 36 lcs 401,2
K-3	VV-T1 SIMU . Maadoituselektrodi, potentiaalintasaus	Moottori L1-L2-L3	5388 !FRHF 4x16+16 E	10	1,08 1,00 0,70	75,60 43,30 1,19		6,235 3,285 3,523	ABB T4 250 N PR221	100 / 44 36 lcs 79,4
K-4	FEBDOK____ Vv-t1 VV-T1 (JA) Sn = 30 kVA Er/Ex = 1 / 3,46 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-S	5388 !FRHF 4x10+10 E	10	1,04 1,00 0,70	54,60 43,25 3,32	Erotuskytkin	6,235 3,059 2,870	ABB T4 250 N PR221	100 / 52 36 lcs 401,2

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:	Asennus: Ins.työ_2VV_KJR	Pvm: 2.11.2017 15:26:58
	Asiakas, omistaja:	Jakokeskus PK X 1250A-OSA	SFS 6000:2012 400 V TN-S
		 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017	Sivu 1 (14) / 1


Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

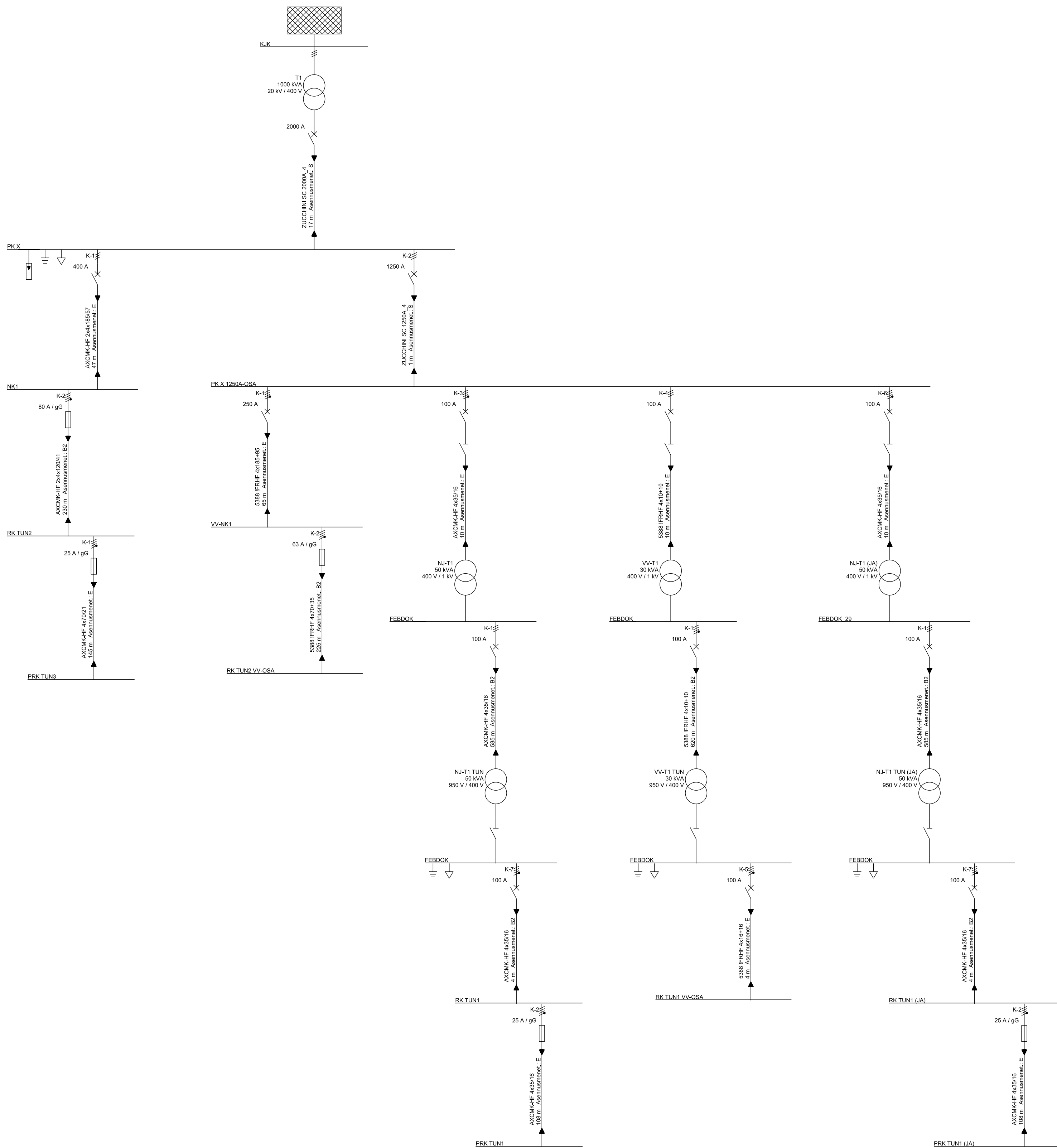
Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 4,910	$\cos \phi$: 0,26	R_+ [Ω] : 0,0134	I_{k3pmin} [kA] : 3,962	$\cos \phi$: 0,30	R_+ [Ω] : 0,0160		
				I_{k2pmax} [kA] : 3,886	$\cos \phi$: 0,24	X_+ [Ω] : 0,0500	I_{k2pmin} [kA] : 3,143	$\cos \phi$: 0,28	X_+ [Ω] : 0,0500		
				I_{k1pmax} [kA] : 4,589	$\cos \phi$: 0,44	R_{0N} [Ω] : 0,0134	I_{k1pmin} [kA] : 3,590	$\cos \phi$: 0,51	R_{0N} [Ω] : 0,0160		
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 4,244	$\cos \phi$: 0,51	X_{0N} [Ω] : 0,0600	I_{jPEmin} [kA] : 3,265	$\cos \phi$: 0,58	X_{0N} [Ω] : 0,0600		
						R_{0PE} [Ω] : 0,0463			R_{0PE} [Ω] : 0,0569		
						X_{0PE} [Ω] : 0,0391			X_{0PE} [Ω] : 0,0392		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-2	RK TUN2 VV-OSA RK TUN2 VV-OSA	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 !FRHF 4x50+25 B2	225	1,04 1,00 0,70	112,20 40,00 3,92		4,910 0,779 0,562	IEC IEC_gG	63 120 Ic 338,5	
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 15:26:58					
		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6000:2012					
				VV-NK1		400 V TN-S					
				 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (15) / 1					

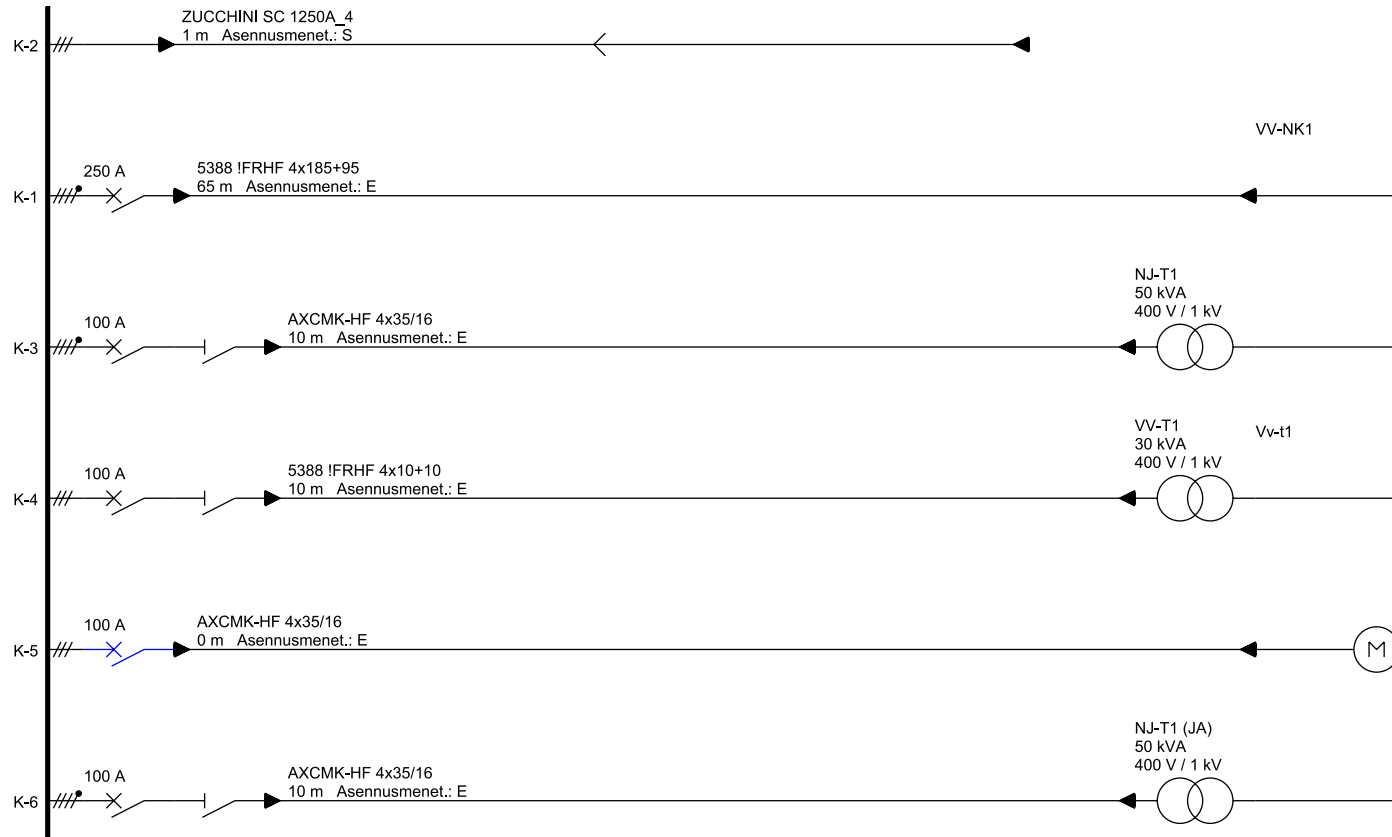
Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 0,496	$\cos \phi$: 0,61	R_+ [Ω] : 0,3127	I_{k3pmin} [kA] : 0,379	$\cos \phi$: 0,67	R_+ [Ω] : 0,3697		
				I_{k2pmax} [kA] : 0,426	$\cos \phi$: 0,61	X_+ [Ω] : 0,4059	I_{k2pmin} [kA] : 0,326	$\cos \phi$: 0,67	X_+ [Ω] : 0,4059		
				I_{k1pmax} [kA] : 0,635	$\cos \phi$: 0,58	R_{0N} [Ω] : 0,3127	I_{k1pmin} [kA] : 0,490	$\cos \phi$: 0,64	R_{0N} [Ω] : 0,3697		
Summakuormavirta [A]: L1: 4,39 A L2: 4,22 A L3: 4,22 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,635	$\cos \phi$: 0,58	X_{0N} [Ω] : 0,4160	I_{jPEmin} [kA] : 0,490	$\cos \phi$: 0,64	X_{0N} [Ω] : 0,4160		
						R_{0PE} [Ω] : 0,0665			R_{0PE} [Ω] : 0,0716		
						X_{0PE} [Ω] : 0,1595			X_{0PE} [Ω] : 0,1595		
Piiri nro.	Tunniste Kuvas Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	FEBDOK_9 Oven ohjauskeskus	Moottori L1-L2-L3	FRHF 5x2,5 E	22	1,00 1,00 0,70	17,50 3,56 3,44	Kytkin 30,0 [mA]	0,635 0,257 0,281	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics 155,4	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	160	1,00	3,53	Kytkin 30,0 [mA]	0,635	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
							Kontaktori	0,066 0,066			
			MMJ-LSZH 3x2,5 A1	13	1,00			0,286 0,066 0,066			
Granlund Oy			Asennuksen osoite:			Asennus: Pvm: 2.11.2017 15:26:58					
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>			Asiakas, omistaja:			Ins.työ_2VV_KJR					
						Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA			SFS 6000:2012 400 V TN-S		
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (19) / 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 0,496	$\cos \phi$: 0,61	$R+$ [Ω] : 0,3127	I_{k3pmin} [kA] : 0,379	$\cos \phi$: 0,67	$R+$ [Ω] : 0,3697		
				I_{k2pmax} [kA] : 0,426	$\cos \phi$: 0,61	$X+$ [Ω] : 0,4059	I_{k2pmin} [kA] : 0,326	$\cos \phi$: 0,67	$X+$ [Ω] : 0,4059		
				I_{k1pmax} [kA] : 0,635	$\cos \phi$: 0,58	R_{0N} [Ω] : 0,3127	I_{k1pmin} [kA] : 0,490	$\cos \phi$: 0,64	R_{0N} [Ω] : 0,3697		
Summakuormavirta [A]: L1: 4,39 A L2: 4,22 A L3: 4,22 A N: 0,17 A				I_{jPEmax} [kA] : 0,635	$\cos \phi$: 0,58	X_{0N} [Ω] : 0,4160	I_{jPEmin} [kA] : 0,490	$\cos \phi$: 0,64	X_{0N} [Ω] : 0,4160		
						R_{0PE} [Ω] : 0,0665			R_{0PE} [Ω] : 0,0716		
						X_{0PE} [Ω] : 0,1595			X_{0PE} [Ω] : 0,1595		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]	
K-1	FEBDOK_16 Oven ohjauskeskus	Moottori L1-L2-L3	FRHF 5x2,5 E	22	1,00 1,00 0,70	17,50 3,56 -2,23	Kytkin 30,0 [mA]	0,635 0,257 0,281	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics 155,4	
K-2	VV-VALAISTUS	Jaettu kuorma L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	160	1,00	-2,17	Kytkin 30,0 [mA]	0,635	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
							Kontaktori	0,066 0,066			
			MMJ-LSZH 3x2,5 A1	13	1,00			0,286 0,066 0,066			
Granlund Oy		Asennuksen osoite:		Asennus:		Pvm: 2.11.2017 15:26:58					
Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:		Asiakas, omistaja:		Ins.työ_2VV_KJR		Jakokeskus RK TUN1 VV-OSA (JA)		SFS 6000:2012 400 V TN-S			
				Febdok		Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017		Sivu 1 (22) / 1			





Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:
Ins.työ_3NJ_KJR

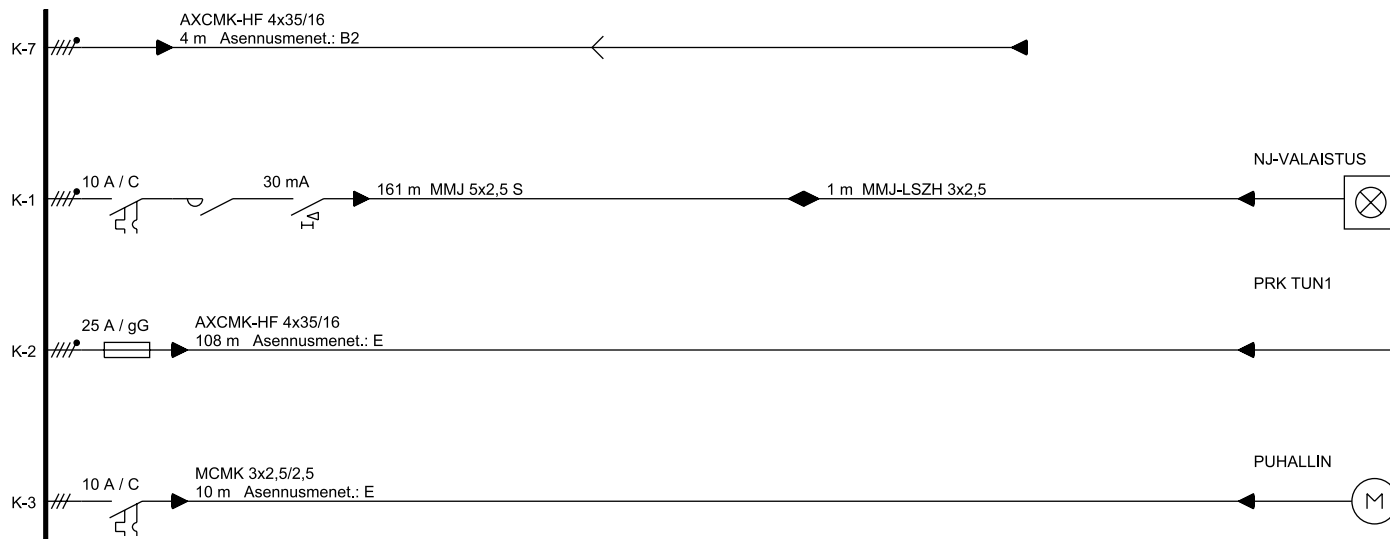
Pvm: 2.11.2017 15:32:13

Jakokeskus
PK X 1250A-OSA

SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 5 (5)
/ 16



Granlund
Less energy gives more

Granlund Oy
Malminkaari 21
00701 Helsinki
Puh:

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Ins.työ_3NJ_KJR

Pvm: 2.11.2017 15:32:13

Jakokeskus
RK TUN1



SFS6000_2012
400 V
TN-C

Febdok

Vs. 6.0.52
Pvm. 4.4.2017

Sivu 10 (10)
/ 16



Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit				Jakokeskus				Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit				Jakokeskus			
Jakelutyyppi: TN-C-S				I_{k3pmax} [kA] : 18,817 $\cos \phi$: 0,34				R+ [Ω] : 0,0046				I_{k3pmin} [kA] : 14,687 $\cos \phi$: 0,41				R+ [Ω] : 0,0058			
				I_{k2pmax} [kA] : 16,296 $\cos \phi$: 0,34				X+ [Ω] : 0,0127				I_{k2pmin} [kA] : 12,719 $\cos \phi$: 0,41				X+ [Ω] : 0,0129			
				I_{k1pmax} [kA] : 12,922 $\cos \phi$: 0,68				R_{0N} [Ω] : 0,0046				I_{k1pmin} [kA] : 9,317 $\cos \phi$: 0,76				R_{0N} [Ω] : 0,0058			
Summakuormavirta [A]: L1: 0,50 A L2: 0,50 A L3: 0,50 A N: 0,00 A				$I_{jPENmax}$ [kA] : 12,908 $\cos \phi$: 0,68				X_{0N} [Ω] : 0,0127				$I_{jPENmin}$ [kA] : 9,306 $\cos \phi$: 0,76				X_{0N} [Ω] : 0,0129			
								R_{0PEN} [Ω] : 0,0308								R_{0PEN} [Ω] : 0,0390			
								X_{0PEN} [Ω] : 0,0179								X_{0PEN} [Ω] : 0,0180			
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]									
K-2	RK TUN2 RK TUN2(FIN-A 705 CR 2)	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 2x4x120/41 B2	230	1,04 1,00 0,70	314,70 80,00 2,28		18,817 2,472 1,615	IEC IEC_gG	80 120 Ic 763,0									
 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>		Asennuksen osoite:			Asennus:			Pvm: 2.11.2017 15:32:13											
		Asiakas, omistaja:			Jakokeskus NK1			SFS 6000:2012 400 V TN-C-S											
					 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (18) / 1											

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-C-S	I_{k3pmax} [kA] : 24,113 $\cos \phi$: 0,08 I_{k2pmax} [kA] : 20,882 $\cos \phi$: 0,08 I_{k1pmax} [kA] : 25,564 $\cos \phi$: 0,15 $I_{jPENmax}$ [kA] : 25,528 $\cos \phi$: 0,15	R+ [Ω] : 0,0008 X+ [Ω] : 0,0105 R_{0N} [Ω] : 0,0008 X_{0N} [Ω] : 0,0105 R_{0PEN} [Ω] : 0,0027 X_{0PEN} [Ω] : 0,0085	I_{k3pmin} [kA] : 19,312 $\cos \phi$: 0,08 I_{k2pmin} [kA] : 16,725 $\cos \phi$: 0,08 I_{k1pmin} [kA] : 20,533 $\cos \phi$: 0,17 $I_{jPENmin}$ [kA] : 20,497 $\cos \phi$: 0,17	R+ [Ω] : 0,0009 X+ [Ω] : 0,0107 R_{0N} [Ω] : 0,0009 X_{0N} [Ω] : 0,0107 R_{0PEN} [Ω] : 0,0032 X_{0PEN} [Ω] : 0,0085
Summakuormavirta [A]: L1: 84,50 A L2: 84,51 A L3: 84,42 A N: 0,00 A				



Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lm} [m]
K-1	VV-NK1 VV-NK1	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	5388 IFRHF 4x185+95 E	65	1,04 1,00 0,70	332,20 250,00 1,10		25,564 7,537 6,045	ABB T4 250 S PR221	250 50 Ics 1182,7
K-3	FEBDOK____ . NJ-T1 Sn = 50 kVA Er/Ex = 1 / 3,87 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-C	AXCMK-HF 4x35/16 E	10	1,04 1,00 0,70	87,40 43,25 2,30	Erotuskytkin	25,564 7,784 6,916	ABB T4 250 N PR222	100 / 74 36 Ics 607,3
K-4	FEBDOK_ Vv-t1 VV-T1 Sn = 30 kVA Er/Ex = 1 / 3,46 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-S	5388 IFRHF 4x10+10 E	10	1,04 1,00 0,70	54,60 43,25 3,56	Erotuskytkin	25,528 6,688 4,170	ABB T4 250 N PR221	100 / 52 36 Ics 404,0
K-5	NJ-T1 SIMU .	Moottori L1-L2-L3	AXCMK-HF 4x35/16 E	0	1,00 1,00 0,70	84,00 72,20 0,02		25,528 16,725 20,497	ABB T4 250 N PR222	100 / 74 36 Ics 71,9

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:	Asennus:	Pvm: 2.11.2017 15:32:13
	Asiakas, omistaja:	Jakokeskus PK X 1250A-OSA	SFS 6000:2012 400 V TN-C-S
		 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017	Sivu 1 (21) / 2

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot	Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus
Jakelutyyppi: TN-C-S	I_{k3pmax} [kA] : 24,113 $\cos \phi$: 0,08	$R+$ [Ω] : 0,0008	I_{k3pmin} [kA] : 19,312 $\cos \phi$: 0,08	$R+$ [Ω] : 0,0009
	I_{k2pmax} [kA] : 20,882 $\cos \phi$: 0,08	$X+$ [Ω] : 0,0105	I_{k2pmin} [kA] : 16,725 $\cos \phi$: 0,08	$X+$ [Ω] : 0,0107
	I_{k1pmax} [kA] : 25,564 $\cos \phi$: 0,15	R_{0N} [Ω] : 0,0008	I_{k1pmin} [kA] : 20,533 $\cos \phi$: 0,17	R_{0N} [Ω] : 0,0009
Summakuormavirta [A]: L1: 84,50 A L2: 84,51 A L3: 84,42 A N: 0,00 A	$I_{jPENmax}$ [kA] : 25,528 $\cos \phi$: 0,15	X_{0N} [Ω] : 0,0105 R_{0PEN} [Ω] : 0,0027 X_{0PEN} [Ω] : 0,0085	$I_{jPENmin}$ [kA] : 20,497 $\cos \phi$: 0,17	X_{0N} [Ω] : 0,0107 R_{0PEN} [Ω] : 0,0032 X_{0PEN} [Ω] : 0,0085



Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]
K-6	FEBDOK_____	Jakokeskus L1-L2-L3 TN-C	AXCMK-HF 4x35/16 E	10	1,04 1,00 0,70	87,40 43,25 2,30	Erotuskytkin	25,564 7,784 6,916	ABB T4 250 N PR222	100 / 74 36 Ics 607,3
K-6	NJ-T1 (JA) Sn = 50 kVA Er/Ex = 1 / 3,87 % Unp/Uns = 400 / 1000V Yd11									

 <p>Granlund Oy Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	Asennuksen osoite:	Asennus: Ins.työ_3NJ_KJR	Pvm: 2.11.2017 15:32:13
	Asiakas, omistaja:	Jakokeskus PK X 1250A-OSA	SFS 6000:2012 400 V TN-C-S
		 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017	Sivu 2 (22) / 2

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus				
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 0,845	$\cos \phi$: 0,52	R+ [Ω] : 0,1551	I_{k3pmin} [kA] : 0,660	$\cos \phi$: 0,58	R+ [Ω] : 0,1815					
				I_{k2pmax} [kA] : 0,732	$\cos \phi$: 0,52	X+ [Ω] : 0,2574	I_{k2pmin} [kA] : 0,571	$\cos \phi$: 0,58	X+ [Ω] : 0,2576					
				I_{k1pmax} [kA] : 1,065	$\cos \phi$: 0,49	R _{0N} [Ω] : 0,1551	I_{k1pmin} [kA] : 0,836	$\cos \phi$: 0,55	R _{0N} [Ω] : 0,1815					
Summakuormavirta [A]: L1: 3,49 A L2: 3,49 A L3: 3,49 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,062	$\cos \phi$: 0,50	X _{0N} [Ω] : 0,2574 R _{0PE} [Ω] : 0,0428 X _{0PE} [Ω] : 0,1077	I_{jPEmin} [kA] : 0,833	$\cos \phi$: 0,55	X _{0N} [Ω] : 0,2576 R _{0PE} [Ω] : 0,0467 X _{0PE} [Ω] : 0,1077					
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]				
K-1	NJ-VALAISTUS	Jaettu kuorma					Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	1,065 0,069 0,069	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics				
		L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	161	1,00	3,00		0,342 0,069 0,069						
	.		MMJ-LSZH 3x2,5 A1	12	1,00									
K-2	PRK TUN1	Jakokeskus				1,15 97,00		1,065		25				
	PRK TUN1	L1-L2-L3-N TN-S	AXCMK-HF 4x35/16 E	108	1,00 0,70	25,00 3,96		0,446 0,436	IEC IEC_gG	120 Ic 525,5				
K-3	PUHALLIN	Moottori				1,22 21,40		1,062		10				
	PUHALLIN	L1-L2-L3	MCMK 3x2,5/2,5 E	10	1,00 0,70	2,83 2,77		0,481 0,549	SIEMENS 5SY6_C	6 Ics 108,6				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> <p>Granlund Oy</p> <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p> </td> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> <p>Asennuksen osoite:</p> <p>Asiakas, omistaja:</p> </td> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> <p>Asennus: Ins.työ_3NJ_KJR</p> <p>Jakokeskus RK TUN1</p> <p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p> </td> <td style="width: 10%; vertical-align: top;"> <p>Pvm: 2.11.2017 15:32:13</p> <p>SFS 6000:2012 400 V TN-S</p> <p>Sivu 1 (27) / 1</p> </td> </tr> </table>											<p>Granlund Oy</p> <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	<p>Asennuksen osoite:</p> <p>Asiakas, omistaja:</p>	<p>Asennus: Ins.työ_3NJ_KJR</p> <p>Jakokeskus RK TUN1</p> <p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>	<p>Pvm: 2.11.2017 15:32:13</p> <p>SFS 6000:2012 400 V TN-S</p> <p>Sivu 1 (27) / 1</p>
<p>Granlund Oy</p> <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>	<p>Asennuksen osoite:</p> <p>Asiakas, omistaja:</p>	<p>Asennus: Ins.työ_3NJ_KJR</p> <p>Jakokeskus RK TUN1</p> <p>Febdok Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017</p>	<p>Pvm: 2.11.2017 15:32:13</p> <p>SFS 6000:2012 400 V TN-S</p> <p>Sivu 1 (27) / 1</p>											

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot				Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus	
Jakelutyyppi: TN-S				I_{k3pmax} [kA] : 0,845	$\cos \phi$: 0,52	R+ [Ω] : 0,1551	I_{k3pmin} [kA] : 0,660	$\cos \phi$: 0,58	R+ [Ω] : 0,1815		
				I_{k2pmax} [kA] : 0,732	$\cos \phi$: 0,52	X+ [Ω] : 0,2574	I_{k2pmin} [kA] : 0,571	$\cos \phi$: 0,58	X+ [Ω] : 0,2576		
				I_{k1pmax} [kA] : 1,065	$\cos \phi$: 0,49	R _{0N} [Ω] : 0,1551	I_{k1pmin} [kA] : 0,836	$\cos \phi$: 0,55	R _{0N} [Ω] : 0,1815		
Summakuormavirta [A]: L1: 3,49 A L2: 3,49 A L3: 3,49 A N: 0,00 A				I_{jPEmax} [kA] : 1,062	$\cos \phi$: 0,50	X _{0N} [Ω] : 0,2574 R _{0PE} [Ω] : 0,0428 X _{0PE} [Ω] : 0,1077	I_{jPEmin} [kA] : 0,833	$\cos \phi$: 0,55	X _{0N} [Ω] : 0,2576 R _{0PE} [Ω] : 0,0467 X _{0PE} [Ω] : 0,1077		
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{jmin} [kA]	Suojalaite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{im} [m]	
K-1	NJ-VALAISTUS (JA)	Jaettu kuorma					Kytkin 30,0 [mA] Kontaktori	1,065 0,069 0,069	SIEMENS 5SY6_C	10 6 Ics	
		L1-L2-L3-N	MMJ 5x2,5 S E	161	1,00	2,97		0,342 0,069 0,069			
K-2	PRK TUN1 (JA) PRK TUN1 (JA)	Jakokeskus				1,15 97,00		1,065		25	
		L1-L2-L3-N	AXCMK-HF 4x35/16			1,00 25,00		0,446	IEC	120 Ic	
		TN-S	E	108	0,70	3,93		0,436	IEC_gG	525,5	
K-3	PUHALLIN (JA) PUHALLIN (JA)	Moottori				1,22 21,40		1,062		10	
		L1-L2-L3	MCMK 3x2,5/2,5 E	10	1,00	2,83		0,481	SIEMENS 5SY6_C	6 Ics 108,6	
Granlund Oy			Asennuksen osoite:			Asennus:			Pvm: 2.11.2017 15:32:13		
 <p>Malminkaari 21 PL 59 00701 Helsinki Puh:</p>			Asiakas, omistaja:			Ins.työ_3NJ_KJR			SFS 6000:2012		
						Jakokeskus RK TUN1 (JA)			400 V TN-S		
						 Vs. 6.0.52 Pvm. 4.4.2017			Sivu 1 (34) / 1		

Ecomin laskentaoletukset

Tarjouslaskentaoletukset

Yritys Asiakasno

Lähiosoite Postinro Postiosoite

Lisätiedot

Tarjousno (sähkö)	<input type="text" value="10000"/>	Työkate%	<input type="text" value="30,0"/>
Tarjousno (LVI)	<input type="text"/>	Tuotekate%	<input type="text" value="20,0"/>
Tarjousno (rakennus)	<input type="text"/>	Euro-määräisten kate%	<input type="text" value="20,0"/>
Laskennallinen tuntihinta (sähkö)	<input type="text" value="15,79 e"/>	Km-kate%	<input type="text" value="20,0"/>
Laskennallinen tuntihinta (LVI)	<input type="text" value="16,00 e"/>	Päiväkate%	<input type="text" value="20,0"/>
Laskennallinen tuntihinta (rakennus)	<input type="text" value="16,00 e"/>	Kilometrikorvaus	<input type="text" value="0,43 e"/>
Laskennallinen tuntihinta matkatunneille (sähkö)	<input type="text" value="15,00 e"/>	Päiväraha	<input type="text" value="40,00 e"/>
		Matkakorvaus	<input type="text" value="4,00 e"/>
		Ateriakorvaus	<input type="text" value="10,00 e"/>
		Tuotteiden sallittu ostohinnanero%	<input type="text" value="30,0"/>

Perus Työ- ja tuotekertoimet Työlisät (LVI/Rakennus) Postit

Tarjouksen oletustiedot

Työt Tuotteet Kilometrikorvaukset Päivä-kustannukset **Katteet ja tunnusluvut**

Katteet

Työkate (%)

Tuotekate (%)

Euro-määräisten kate (%)

Km-kate (%)

Päiväkate (%)

Tunnuslukujen laskenta

Neliöitä

Kuutioita

Asuntoja

Edellinen OK