

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Risto Alatalo

KESKIJÄNNITEJAKELUVERKON OIKOSULKUVIRTOJEN
LASKENTA ABB DOC-LASKENTAOHJELMALLA

Opinnäytetyö
Tammikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2015
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijä(t)
Risto Alatalo

Nimeke
Keskijännitejakeluverkon oikosulkuvirtojen laskenta ABB DOC-laskentaohjelmalla
Toimeksiantaja Nordkalk Oy Ab

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää oikosulkuvirtalaskelma, koska edellisen laskelman jälkeen on jakeluverkkoon tehty muutoksia. Työ aloitettiin kartoittamalla laskelmaa varten tarvittavia tietoja nykyisestä jakeluverkosta, tutkinta pääsääntöisesti koski keskijännitejakeluverkon kaapeleita. Laskelma tehtiin ABB DOC-laskentaohjelmalla. Oikosulkuvirran rajoittimen haasteellisuuden takia laskelmat tehtiin tilanteessa jossa oikosulkuvirran rajoitin on ohitettuna. Rajoitinta ei enää välttämättä tarvita varavoimailaitoksen ja Suomen Karbonaatin poistuessa verkosta.

Laskelman tuloksien tulkitseminen oli haasteellista, koska tietoa tuli todella paljon. Laskelmien avulla etsittiin jakeluverkon ongelma kohteet. Ongelmallisia kohteita tarkasteltiin tarkemmin, jonka johdosta löydettiin jakeluverkosta uusittavia kaapeleita. Oikosulkuvirtalaskelma päivitettiin muilta osin paitsi termisen oikosulkuvirran osalta, koska ABB DOC-laskentaohjelma ei tällä hetkellä anna tuloksia.

Kieli
suomi

Sivuja 28

Liitteet 2

Asiasanat
jakeluverkko, oikosulkuvirta, ABB DOC, keskijännitejakeluverkko



THESIS
January 2015
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358-13-260 600

Author(s)
Risto Alatalo

Title
Short-circuit Current Calculation of Medium-voltage
Distribution Network with the ABB DOC Calculation Program

Commissioned by Nordkalk Oy Ab

Abstract

The thesis was commissioned by Nordkalk. The object was to update the short-circuit current calculation, since after the previous calculation changes were made to the distribution grid. The work began by searching data for the calculation from the current distribution network, which mainly concerned the electricity cables. The calculations were made with the help of ABB DOC software. The most challenging task in this study considered the short-circuit current limiter. Due to the difficulty of the calculation it was done without the short-circuit current limiter, which gave short-circuit current calculation results in the event of a short-circuit current limiter being bypassed.

Interpreting the results of the calculation was challenging because of the high amount of information. Electricity network problems were searched using the calculation. Problematic targets were examined more closely, which gave information on targets to be replaced found in the cable that feeds electricity from the electric switchyard 1 to electric switchyard 14. The dynamic short-circuit resistance of the cable was not sufficient. The cable was decided to be changed in 2011.

Language
Finnish

Pages 28

Appendices 2

Keywords

Short-circuit, ABB DOC, medium-voltage, distribution network

Sisältö

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet	5
1 Johdanto	7
2 Sähköverkon rakenne	8
2.1 Lappeenrannan ihalaisten tehdasalue	8
2.2 Kohteen sähköverkko	10
3 Oikosulkuvirtojen laskeminen	10
3.1 Yleistä tietoa oikosulkuvirrasta	10
3.2 Oikosulkuvirran laskentakaavat	11
4 Lähdetietojen kerääminen (ABB DOC-laskentaohjelma)	15
4.1 Keskijänniteverkon kaapelit	15
4.2 Päämuuntaja	16
4.3 Keskijänniteverkon muuntajat	17
4.4 Keskijänniteverkon sähkömoottorit	17
5 ABB DOC-laskentaohjelma	18
5.1 Kytkinlaitoksien luominen	20
5.2 Kaapeleiden määrittäminen	21
6 Laskennan tulokset	21
6.1 Normaalitilanteen oikosulkuvirrat	22
6.2 Kytkinlaitoksien oikosulkuvirtojen kestävyys	23
7 Pohdinta	27
7.1 Johtopäätökset	27
7.2 Jatkotutkimustarpeet	28
Lähteet	29

Liitteet

Liite 1	Sähkönjakelukaavio
Liite 2	ABB DOC-laskentaohjelman raportti

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

Tekniset merkinnät:

A	Ampeeri
I	Virta
I_n	Nimellisvirta
I_k	Pysyvän tilan oikosulkuvirta
I_p, I_s	Sysäysoikosulkuvirta
I_k''	Alkuoikosulkuvirran tehollisarvo
S_k	Oikosulkuteho
k	Sysäyskerroin
I_{th}	Ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta
I_{dyn}	Dynaaminen oikosulkukestoisuus
$I_{k\ LLL}$	Kolmivaiheinen oikosulkuvirta
$I_{p\ LLL}$	Kolmivaiheinen dynaaminen oikosulkuvirta
$I_{k\ LL}$	Kaksivaiheinen oikosulkuvirta
$I_{p\ LL}$	Kaksivaiheinen dynaaminen oikosulkuvirta
U	Pääjännite
U_r	Nimellisjännite
U_v	Vaihejännite
\hat{u}	Jännitteen huippuarvo
L	Induktanssi
R	Resistanssi
S	Syöttävä verkko
S_n	Nimellinen näennäisteho
t	Aika
t_k	Oikosulun kesto aika
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
c	Varmuuskerroin
$\cos(\varphi)$	Tehokerroin, sinimuotoisen virran ja jännitteen välinen vaihekulma.

Tehtaiden lyhenteet:

WR	Wollastoniittirikastamo
KR	Kalsiittirikastamo
LO	Louhimo / Kaivos
KA	Kalkkitehdas
HKT	Hienokalsiittitehdas
TO	Teknologiarakennus
KJA	Kivenjakoasema
SM-93	Suihkumylly laitos

1 Johdanto

Tässä työssä käsitellään Nordkalk Oy Ab Lappeenrannan Ihalaisten tehdasalueen keskijännitejakeluverkkoa. Työn tarkoituksena on päivittää oikosulkuvirtojen laskelmat ABB DOC-laskentaohjelmaa hyväksikäyttäen.

ABB DOC-tietokoneohjelmalla kokeillaan laskea oikosulkuvirrat jakeluverkosta. Laskentatuloksia käsitellään ja arvioidaan mahdollisia toimenpiteitä varten. Ongelmatapauksissa haetaan mahdollisia tai vaihtoehtoisia korjaustoimenpiteitä kustannustehokkaasti. Nordkalk Oy Ab siirtää sähköenergiaa tehdasalueen muille yrityksille. Tässä työssä ei julkaista asiakkaita, vaan asiakkaista käytetään nimitystä asiakas 1 ja asiakas 2.

2 Sähköverkon rakenne

2.1 Lappeenrannan ihalaisten tehdasalue

Kalkinpolton teollinen toiminta aloitettiin v. 1911. Silloin yhtiön nimi oli Kalkkivuori Osakeyhtiö. Alkuajalta ei ole tiedossa sähköenergiaan ja sähkölaitteistoon liittyvää dokumentointia. [1].

30-luvulta lähtien sähköä on syötetty Lappeenrannan Simolantien muuntoasemalta 6 kV:n jännitteellä. Sähköenergian kulutus vuonna 1935 oli likimäärin 1 GWh. Vuonna 1938 aloitettiin sementin tuotanto tehdasalueella. [1].

1962 tehdasalueella oli käytössä 6 MVA:n ja 3 MVA:n muuntajat. Vuonna 1963 asennettiin 15 MVA:n päämuuntaja, jonka jännitteet olivat 33/6,3 kV. Sähkönsyöttö tuli Lappeenrannan Simolantien muuntoasemalta 33 kV:n jännitteellä, jonka kaapeli oli OHPLKFFEM 3x120 mm². Laitteet sijoitettiin 51 m maan alle kaivokseen. [1].

Yhtiö joutui vuorivuokrasopimuksen perusteella hankkimaan sähköenergian Lappeenrannan kaupungilta tai tuottamaan sen itse. Tämän seurauksena yhtiö hankki vuonna 1975 maakaasudieselvoimalaitoksen, jonka teho on 15 MVA:a. Voimalaitosta käytettiin noin vuoden ajan, jonka jälkeen yhtiö siirtyi takaisin kaupungin energialaitoksen sähkönkäyttäjäksi. Voimalaitos toimi tämän jälkeen varavoimalaitoksena. [1].

Tehdasalueen sähköenergian käyttö lähti kasvuun vuonna 1983, kun paperipigmenttejä valmistava Suomen Karbonaatti Oy aloitti toiminnan. Vuonna 1987 hankittiin uusi 110 kV:n sähkönsyöttöyhteys Lappeenrannan kytkinlaitokselta ja uusi 25 MVA:n tehoinen päämuuntaja, joka sijoitettiin maan päälle varavoimalaitoksen viereen, jolloin vanha päämuuntaja ja syöttökaapeli poistettiin käytöstä. [1].

Vuonna 1996 voimalaitos myytiin Oulun Seudun Sähkölle. Vuonna 1997 voimalaitoksen käytön aikana ja tehdasalueen toiminnan laajentuessa oikosulkuvirrat kasvoivat niin suuriksi, jotta pääkojeistoon hankittiin räjähdysaineella toimiva is-rajoitin sekä kojeiston kiskostoa vahvistettiin. [1].

Suomen Karbonaatti Oy:n toiminnan laajentuessa vuonna 1998 hankittiin toinen yhteys kantaverkkoon ja toinen 25 MVA:n päämuuntaja, joka sijoitettiin Suomen Karbonaatin tehtaan viereen. Tällöin Suomen Karbonaatti Oy:n verkko erotettiin alueen muusta sähköverkosta. Alueen kahden 110 kV:n kytkinlaitoksien välillä on varayhteys 6,3 kV:n jännitteellä. Varayhteyttä käytetään vain poikkeustilanteissa varasyöttönä, jonka siirtokapasiteetti on noin 10 MW:a. Vuonna 2006 tytäryhtiö Suomen Karbonaatti Oy hankki varamuuntajan alueelle, jonka teho on 31,5 MVA:a. [1].

Ihalaisten tehdasalueen sähköverkkoa on tutkittu aiemminkin. V. 1981 Heinonen teki selvityksen välijännitejakeluverkon käyttötilanteista. [2]. V. 1985 Laamo teki selvityksen teollisuuslaitoksen tavoitesähkötariffin laadinnasta. [3]. V. 1993 Kaponen teki selvityksen keskijänniteverkon käyttötilanteista. [4]. Tutkimuksissa ei ole julkaistu sellaista tietoa mitä olisi voinut suoraan käyttää apuna, jakeluverkkoon on tehty paljon muutoksia sen jälkeen kun edellä mainitut selvitykset ovat tehty. Tutkimuksia lukemalla selviää että samoja lähdetietojen selvitys ongelmia on ollut. Puutteellisten lähdetietojen korvaaminen arvioimalla vaikuttaa laskennan tarkkuuteen merkittävästi.

2.2 Kohteen sähköverkko

Sähköverkko tehdasalueella on tähtimäinen, mutta poikkeustilanteessa on myös mahdollista syöttää keskijänniteverkkoa kahdesta päämuuntajasta. Silloin Fingrid Oyj:n pitää muuttaa valtakunnan verkon tasapainoa siten, että Nordkalk Oy Ab:n ja Suomen Karbonaatti Oy:n päämuuntajat eivät keskenään lähde tasapainottamaan valtakunnan verkkoa. Tällainen kytkentä on tehty vain kerran tehdasalueella. Keskijänniteverkko on sammutettu, eli nollapiste on erotettu vastuksella maasta. [1].

3 Oikosulkuvirtojen laskeminen

3.1 Yleistä tietoa oikosulkuvirrasta

Oikosulku kesijänniteverkossa on tapahtuma, missä kaksi tai useampi eri potentiaalissa oleva piste kytkeytyy yhteen pienellä resistanssilla. Näin voi käydä esimerkiksi kaapelirikossa, jossa kaivinkoneella katkaistaan maakaapeli. Kaivinkoneen kauha oikosulkee vaihejohtimet kaapelin suojamaata vasten kaapeleissa, missä on kosketussuojaus. Oikosulussa virta pyrkii kasvamaan suureksi, jolloin suojalaite reagoi ja katkaisin katkaisee virran kaapelista. Muut sähköverkon komponentit jatkavat normaalia toimintaansa. Suojalaitteen reagoidessaan suojalaite antaa tiedon mahdolliselle hälytyskeskukselle.

Oikosulku voi tapahtua missä verkonosassa hyvänsä, jolloin sähköverkon oikosulkuvirtaa laskiessa on otettava huomioon kaikki sähköverkon komponentit. [5, s. 616.]. Sähköverkon komponenttien pitää kestää oikosulkuvirta rikkoutumatta, jotta henkilö- ja omaisuusvahingoilta vältytään. [5, s. 616-617.]. Sähköverkon komponentteja ovat esimerkiksi kaapelit, muuntajat, katkaisimet, erottimet, virtakiskot, eristimet, generaattorit ja mittavirtamuuntajat. [5, s. 616.].

3.2 Oikosulkuvirran laskentakaavat

Alkuoikosulkuvirta I_k'' on oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentin tehollisarvo.

Arvoa ei sellaisenaan käytetä verkon mitoittamiseen, vaan sillä voidaan määrittää muita oikosulkuvirran arvoja. Alkuoikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla 1. [6, s. 197.].

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} Z_k} \quad (1).$$

jossa c = Jännitekerroin, arvo on 1,1 [6, s. 198.]

U_n = Laskettavan kohteen jännite, arvo on 6300 V

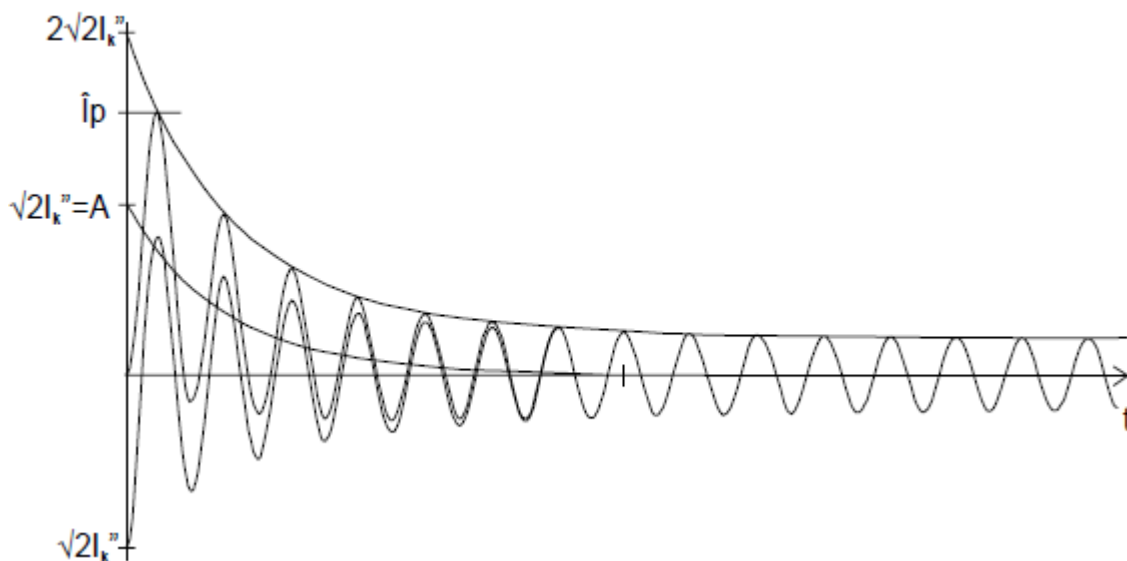
Z_k = Impedanssi mitattavasta kohteesta katsottuna

Sysäysoikosulkuvirta I_p on suurin virta-arvo oikosulussa, joka tapahtuu ensimmäisellä jakson ajalla (Kuva 1). Sysäysoikosulkuvirta voidaan laskea seuraavalla kaavalla 2. [6, s. 204.].

$$I_p = K \sqrt{2} I_k'' \quad (2).$$

jossa K = Sysäyskerroin, arvo noin 1,8

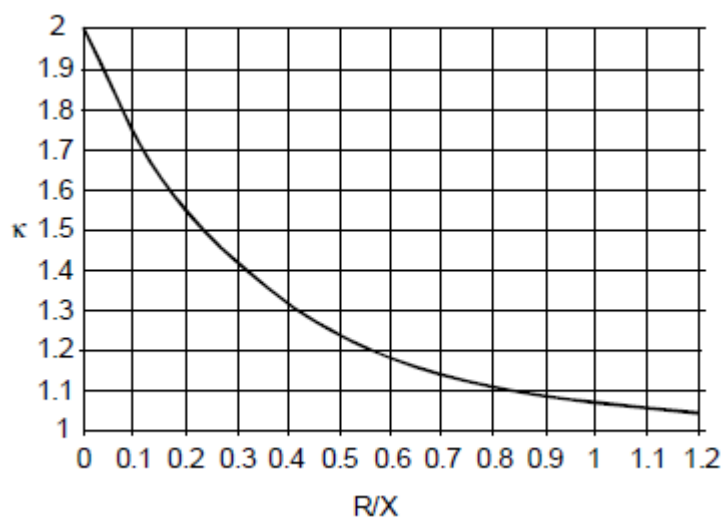
I_k'' = Oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentin tehollisarvo oikosulun syntyhetkellä



Kuva 1. Oikosulkuvirran käyrämuoto [6, s. 197.].

Sysäyskerroin K voidaan katsoa joko kuvasta 2, tai se voidaan laskea kaavalla 3. [7, s. 24].

$$K = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} \quad (3).$$



Kuva 2. Sysäyskerroimen K riippuvuus R/X suhteesta [6, s. 204].

Oikosulkua käsittelevissä kirjoissa on myös seuraavan lainen kaava 4, jota voidaan käyttää likimääräisen arvon arvioimiseen, mikäli ei tunneta R/X :n suhdetta. [6, s. 210.; 1, s. 616.].

$$I_s \approx 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 2,5 \cdot I_k'' \quad (4).$$

jossa I_k'' = Oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentin tehollisarvo oikosulun syntyhetkellä

1,8 = Sysäyskertoimenä yleisesti käytetty arvo

Dynaaminen oikosulkukestoisuus I_{dyn} määritellään sysäysoikosulkuvirran mukaan. [5, s. 617.]. Sysäysoikosulkuvirta lasketaan yleensä 10ms oikosulkuvirran alkuhetkestä. Mekaaninen kestävyys mitoitetaan dynaamisen oikosulkuvirran perusteella. Kaksi rinnakkaista johdinta pyrkii oikosulkuvirran vaikutuksesta vetämään magneettikentän voimalla toisiaan. Esimerkiksi keskusvalmistajat ilmoittavat keskuksen dynaamisen oikosulkuvirran kestävyuden tyyppikilvessään. [6, s. 204; 10, s. 23]

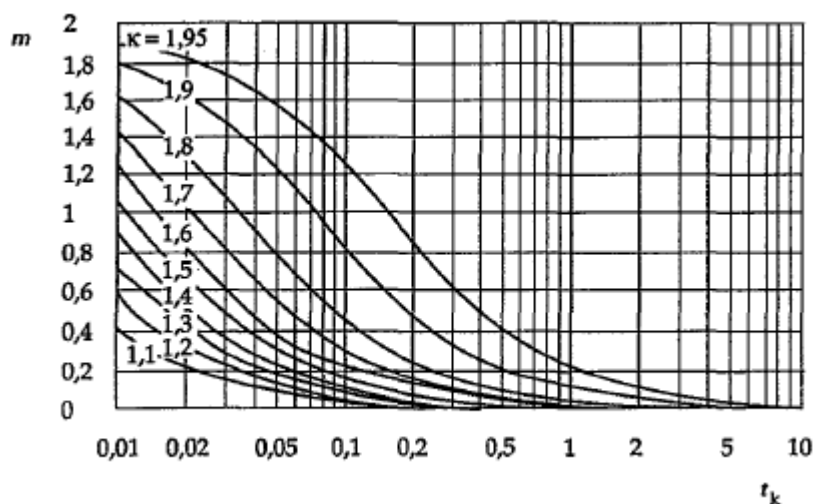
Ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta I_{th} , vanhemmissa kirjoissa käytettiin I_{1s} lyhennettä. I_{th} virta-arvo kertoo, kuinka paljon virtaa sähköverkon komponentit kestävät yhden sekunnin ajan vaurioitumatta. Oikosulkuvirta kuitenkin kestää yleensä vain joitakin sekunnin osia, niin komponentit ehtivät lämpenemään vähemmän. Mitoittamiseen ei kannata suoraan käyttää pysyvän tilan oikosulkuvirtaa, koska se aiheuttaa turhaa ylimitoittamista. Oikosulussa johdinkappaleet lämpenevät nopeasti, ja liian suuri lämpötila voi mahdollisesti vaurioittaa johdin ja eristemateriaaleja. Vaurion seurauksena on mahdollista tapahtua henkilö- ja omaisuusvahinkoja. I_{th} voidaan laskea kaavalla 5. [6, s. 204]

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{(m+n) \cdot t_k} \quad (5).$$

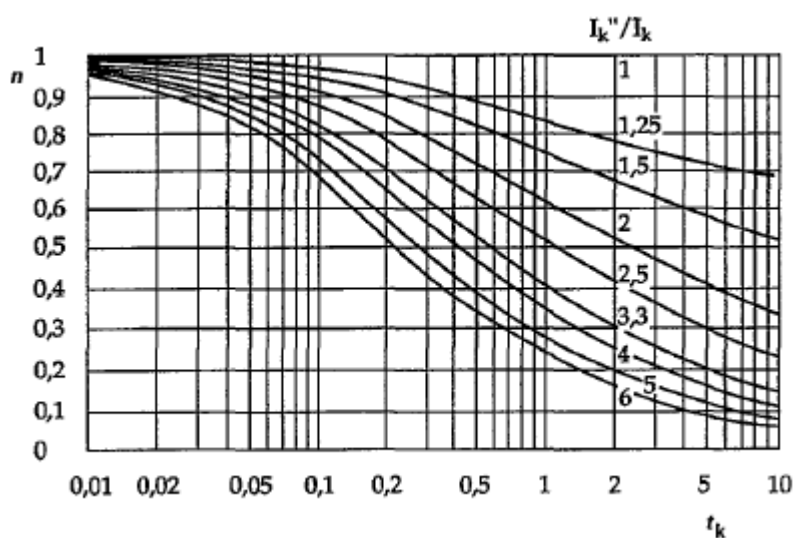
jossa I_k'' = Oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentin tehollisarvo oikosulun syntyhetkellä

m = Vaimenevan vaihtovirtakomponentin kerroin kuvasta 3.

n = Vaimenevan tasavirtakomponentin kerroin kuvasta 4.



Kuva 3. Käyrästä kertoo tasavirtatekijän m arvon oikosulun kestoajan t_k ja oikosulkuvirran sysäyskerroimen K avulla [6, s. 204].



Kuva 4. Vaihtovirtatekijä n arvon riippuvuus oikosulkuvirran alkuarvon ja pysyvän arvon suhteesta I_k''/I_k ja oikosulun kestoajasta t_k [6, s. 205].

4 Lähdetietojen kerääminen (ABB DOC-laskentaohjelma)

ABB DOC-laskentaohjelmalla lasketaan vain oikosulkuvirrat, koska ohjelma edellyttää että komponentit ovat ABB:n valmistamia, ja tehdasalueella on vain osittain käytetty ABB:n komponentteja. Täten selektiivisyyttä, kaapeleiden kuormitettavuutta yms. ei voida ohjelmassa huomioida.

Tietoja kerätään laskettavan verkon osa-alueista johon kuuluu kytkinlaitokset, kaapelit, muuntajat, keskijännitemoottorit ja suurvirtamoottorit pienjänniteverkossa esim. yli 500 kW liukurengasmootorit. 6,3 kV jakelukaavio (Liite 1).

Kaapeleiden tietoja on kerätty 6,3 kV jakelukaaviosta, aikaisemmista diplomitöistä ja paikanpäällä. Kaikkien kaapeleiden pituusmittoja ei saatu, joten puuttuvien kaapeleiden mittoja arvioitiin maantieteellisesti tehdasalueen karttaa hyväksikäyttäen.

Mahdollisesti pieniä virheitä kaapeleiden mitoissa on, mutta vaikuttavat vain vähäisesti oikosulkuvirran laskentatarkkuuteen. Pääasiassa kaapelit joista puuttuu pituusmittatietoja, ovat verkon päässä syöttämässä esim. muuntajaa.

4.1 Keskijänniteverkon kaapelit

Kaapelit ovat asennettu vuosien varrella, joista ensimmäiset ovat 1930-luvulta. Kaapeleista tarvitaan laskentaa varten kaapelin tyyppi, koko ja pituus. Asennustapaa ei tarvita oikosulkuvirran määrittämiseen, mutta sitä tarvitaan kaapelin kuormitettavuuden laskentaan ja kaapelin termisen oikosulkuvirran kestävyuden laskemiseen. Kaapelin tyyppi kertoo onko kaapeli kuparijohtiminen vai alumiinijohtiminen ja sen eristemateriaalin. Koko kertoo johtimien lukumäärän ja johtimien poikkipinta-alan. Asennuspituuden avulla ABB DOC-laskentaohjelma voi laskea kaapelin resistanssin ja induktanssin yhdessä kaapelin tyypin ja koon kanssa. Asennustapa kertoo miten kaapeli on asennettu, eli onko kaapeli

maassa, ilmassa, kaapelihyllyllä vai asennusputkessa. Tämä tieto kertoo, paljonko lämpöä siirtyy kaapelin vaipan läpi ympäristöön, joka määrittää kaapelin kuormitettavuuden.

Vuosien mittaan kaapeleita on vaihdettu, jatkettu ja niiden alkuperäinen tarkoituksen mukainen käyttö vaihdettu. Syöttökaapelit pääsääntöisesti tarkistetaan ja verrataan olemassa olevaan kaapeliluetteloon, poikkeukset merkitään ja korjataan. Kaapeleiden historiatietoja on vähänlaisesti, käytössä kuitenkin vielä öljyeristeisiä kaapeleita joista pyritään pääsemään tulevaisuudessa eroon. Vanhimmat kaapelit ovat kuparijohtimilla ja uudemmat alumiinijohtimilla. Vanhoista paperieristeisistä kaapeleista on vaikea löytää tietoa termisestä ja dynaamisesta oikosulkuvirran kestoisuudesta, ja mitä kaapeleiden vanhentuminen aiheuttaa kaapeleiden oikosulkuvirran kestoisuuteen on arvoitus. Kaapelien valmistajat eivät kommentoi vanhempien kaapeleiden kestävyyttä. Vanhat paperieristeiset kaapelit ovat arkoja kosteudelle, tärinälle ja suurille lämpötila vaihteluille.

Maanalaiset kaapeleiden jatkokset ovat aina kysymysmerkki, toiset kestävät toiset eivät, näin ollen oikosulkuvirtaa laskettaessa ei jatkoksia huomioida mikäli kaapelin poikkipinta ja materiaali pysyvät samana. Yksi erikoinen ratkaisu kaapelin jatkamiselle löydettiin WR:n syöttökaapelista, joka oli aikoinaan vanha Suomen Karbonaatti Oy:n syöttökaapeli, joka oli jatkettu kytkinlaitoksella 17. Syöttökaapeli tuli Suomen Karbonaatti Oy:lle AHXCMKM 2x(3x185) ja siitä se on jatkettu WR:n kytkinlaitokselle 18:sta yhdellä AHXCMKM 3x185 kaapelilla.

4.2 Päämuuntaja

Päämuuntaja STRÖMBERG 25 MVA valmistettu 1987, tehoa voidaan kasvattaa lisäjäähdetyksellä 30 MVA:iin. Päämuuntajan kytkentä on YNd11, jäähdytystapa ONAN¹. Jännitteen säätöasentoja on 19 kpl $\pm 9 \times 1,67 \%$ ensiökäämityksen puolella, tyhjäkäyntihäviöt 18 kW, tyhjäkäyntiteho 63 kVA, kokonaispaino 42 t ja öljynpaino 11 t.

¹ lyhenne tulee sanoista Oil natural, air natural suomennettuna luonnollinen öljyn ja ilman kierto.

Oikosulkuvirtojen laskentaa varten laskettiin päämuuntajan oikosulkuteho S_k 211,86 MVA ja oikosulkuvirta I_k 21,36 kA, arvot laskettiin käämikytkimen ollessa asennossa 10. Käämikytkimen asennon vaikutus oikosulkuvirtaan ja oikosulkutehoon on noin $\pm 7,6\%$, eli mitä isompi käämikytkimen porras sitä isompi oikosulkuteho S_k ja oikosulkuvirta I_k .

4.3 Keskijänniteverkon muuntajat

Muuntajat ovat pääasiassa Dyn11 kytkettyjä, ja vanhat muuntajat ovat öljyjäähdytteisiä ja uudet ovat kuivamuuntajia. Kuivamuuntajiin vaihdetaan, koska öljymuuntajat vaativat tarkasti määritetyn öljymontun öljy- ja tulipalovahinkoa varten. Öljyjäähdytteiset muuntajat tarvitsevat säännöllistä tarkkailua, missä valvotaan öljynlaatua, mahdollisia vuotoja ja ilmankuivaimen toimivuutta. Maanalaisissa tiloissa on päätetty vaihtaa kaikki öljyeristeiset muuntajat kuivamuuntajiksi paloriskin vuoksi. Kaivostunneleissa öljymuuntajapaloa ei useinkaan pystytä sammuttamaan. Kuivamuuntajat taas ovat helppo hoitaa ja ne on helppo sijoittaa.

4.4 Keskijänniteverkon sähkömoottorit

Sähköverkon 6,3 kV sähkömoottorit ovat wollastoniittirikastamolla ja asiakas 1:llä. Wollastoniittirikastamolla on 400 kW:n moottori, joka pyörittää tankomyllyä. Asiakas 1:llä moottorit pyörittävät myllyjä, joilla on suuri hitausmomentti. Teholtaan moottorit ovat n. 1-2 MW:n tehoisia.

Sähkömoottorit aiheuttavat oikosulussa oikosulkuvirran kasvamista, mikäli oikosulkuhetkellä sähkömoottorit ovat sähköverkkoon kytkettynä, mutta pois lukien ne sähkömoottorit jotka ovat taajuusmuuttajakäyttöjä. Sähkömoottorin aiheuttama oikosulkuvirtaa nostava määrä riippuu sähkömoottorin koosta ja sähkömoottoriin vaikuttavasta ulkoisesta hitausmomentista. ABB DOC-laskentaohjelma laskee sähkömoottoreiden aiheuttaman oikosulkuvirtaa

kasvattavan määrän moottorin tehon perusteella.

5 ABB DOC-laskentaohjelma

Laskentaohjelma on ABB Oy:n kehittämä sähköverkon laskentaohjelma. ABB DOC-laskentaohjelmaa päädyimme kokeilemaan muutamien asioiden johdosta, ohjelma oli meidän yritykselle ilmainen ja olimme jo aikaisemmin kokeilleet ohjelmaa 400V sähköjärjestelmissä. Vaihtoehtoja oikosulkuvirtojen laskentaohjelmille oli vähän.

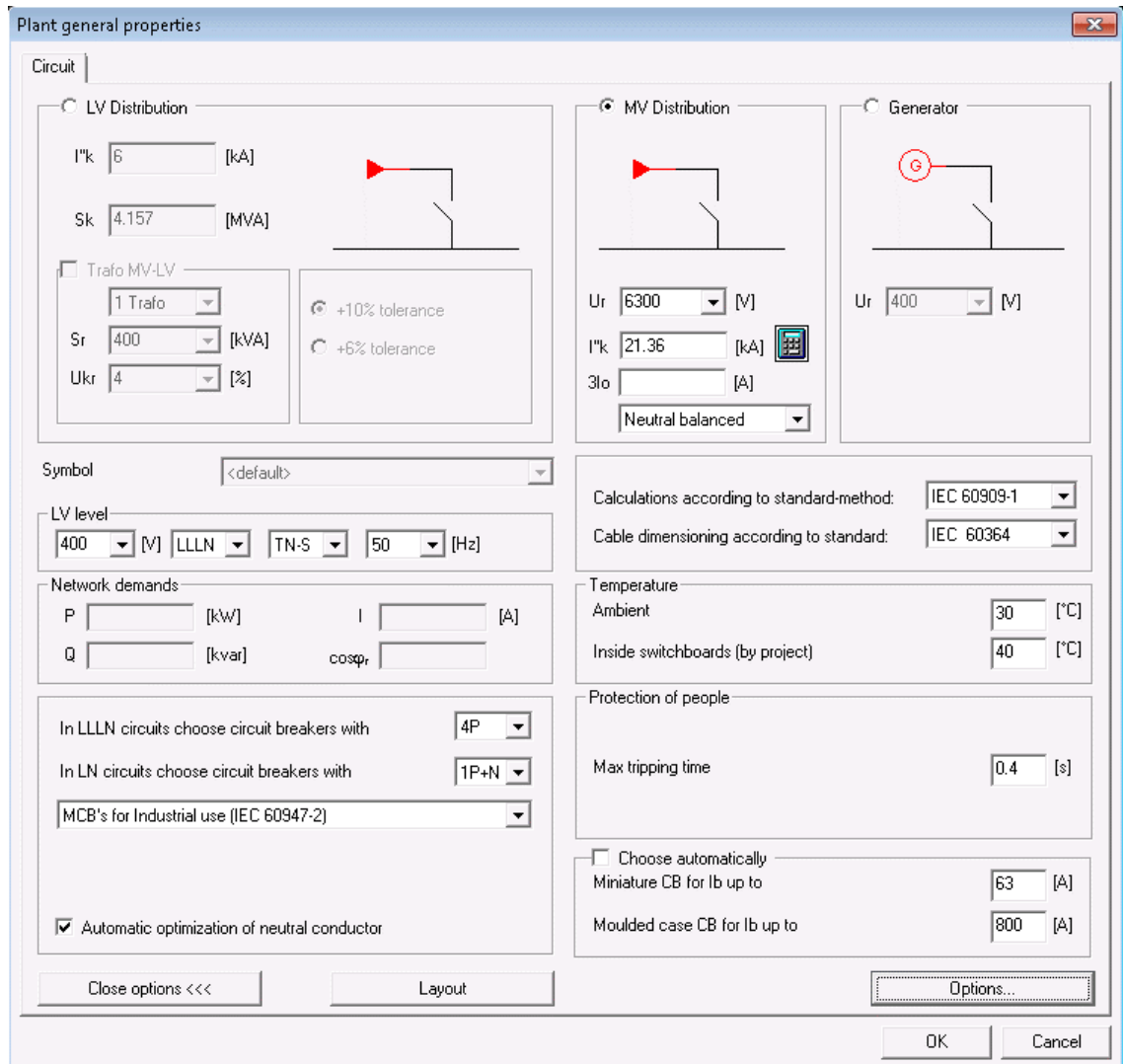
Ohjelmasta voidaan valita laskennan menetelmäksi seuraavanlaiset standardit: IEC 61363-1, IEC 60909-1 tai NFC 15-100 ja kaapeleiden mitoittamiseen voidaan valita seuraavat standardit: CEI 64-8, IEC 60092, IEC 60364, UNE 20460 tai VDE 298. Mikäli laskennan standardi menetelmäksi on valittu NFC 15-100, silloin voidaan vain valita kaapeleiden mitoittamiseen NFC 15-100 standardi. Tässä työssä käytettiin IEC 60909-1 kansainvälistä standardia oikosulkuvirtojen laskemiseen, joka soveltuu 50-60 Hz sovelluksiin. Kaapeleiden mitoittamiseen käytettiin IEC 60364 kansainvälistä standardia.

ABB DOC-laskentaohjelmasta käytettiin englanninkielistä versiota, joka tällä hetkellä toimii parhaiten. Suomenkielinen versiokin löytyy jo ohjelmasta, mutta on vielä kehitysvaiheessa. ABB Oy kehittää ohjelmaa kovaa vauhtia, uusia ABB Oy:n tuotteita lisätään ohjelmaan jatkuvasti. ABB Oy ei kuitenkaan ole ainakaan vielä lähtenyt lisäämään kilpailijoiden tuotteita laskentaohjelmaan. Tämä voi tuottaa laskennan puolesta ongelmia joissakin projekteissa.

Projektin luomisen ensimmäinen vaihe ohjelmassa on määrittää lähtötiedot, eli "Plant general properties" (Kuva 5). Tässä työssä valittiin "MV Distribution"². Ohjelma antaa valita seuraavat lähtötiedot U_r nimellisjännite, joka tässä työssä on 6300 V, I_k oikosulkuvirta 21,36 kA, joka on laskettu päämuuntajan kilpitiedoista. Vaihtoehtona ohjelma voi laskea joko kolmivaiheisen

² MV tulee sanoista medium voltage, MV Distribution suomennettuna keskijännitejakelu.

oikosulkuvirran impedanssin Z_k ja oikosulkuvirran teholliskertoimen $\text{COS}\varphi_{kLLL}$ avulla tai kolmivaiheisen oikosulkutehon S_k ja oikosulkuvirran teholliskertoimen $\text{COS}\varphi_{kLLL}$ avulla.



Kuva 5. Lähtötietojen määrittäminen ABB DOC-laskentaohjelmassa. [8].

Kaapelitietojen syöttäminen ohjelmaan, kaksoinsnapsautetaan haluttua kaapelia jolloin ohjelma avaa "Unit properties" ikkunan (Kuva 6). Kaapelin pituus syötetään ohjelmaan metreinä kohtaan "Length", desimaalierottimena käytetään pistettä pilkun sijaan. Seuraavaksi määritetään kaapelin tyyppi ja asennustapa, kaapeli tyyppiä on valittavana joko yksijohdin- tai monijohdinkaapeli. Kaapelinjohdin materiaaleiksi on valittavana kupari Cu tai alumiini Al. ABB DOC-ohjelman versiolla 2 on mahdollista valita keskijännitekaapelin tyyppiä joko XLPE (65 °C) tai XLPE (90 °C). Lämpötila arvo ilmoittaa kaapelin suurimman sallitun lämpötilan

kuormitettuna. Kaapelin kuormitettavuuden suurin sallittu lämpötila ei vaikuta oikosulkuvirtalaskelmaan.

The screenshot shows the 'Unit properties' dialog box in the ABB DOC software. The dialog is titled 'Unit properties' and has a close button (X) in the top right corner. It is divided into several sections:

- Navigation tabs:** MV cable (-WC1.2) | MV Earth-Disconnecter (-QE1.2) | MV circuit-breaker (-QF1.2) | MV Disconnecter (-QS1.2)
- User information:**
 - User: KYTKINLAITOS 27
 - KENNO 1
 - I_b : 572.2 [A]
 - LLL: 6300 [V]
 - IT: 50 [Hz]
 - $\cos\phi$: 0.87
- Ambient temperature:** 20 [°C]
- Maximal dV% allowed:** [] [%]
- Inside the board:**
- Length:** 118 [m]
- Three cores:** []
- XLPE - 65°C:** []
- AI:** []
- Installation method:**
 - In the ground: []
 - Not in pipes: []
- Phase:** 3 x 300 [mm²]
- I_s :** 1373.13 [A]
- K_t :** 1.25
- dV:** 0.11 [%]
- Buttons:** Further results, Reduction factors, Short circuit currents
- Symbol:** <default>
- Advanced options >>>**
- OK** and **Cancel** buttons at the bottom.

Kuva 6. Kaapelitietojen määrittäminen ABB DOC-laskentaohjelmassa. [8].

5.1 Kytkinlaitoksien luominen

Ohjelmassa kytkinlaitoksista tehtiin yksinkertaistettu sähköjakeluverkko, josta jätettiin pois kaikki mikä ei vaikuta oikosulkuvirtoihin, kuten kennot missä oli mittauksia, kondensaattoreita ja käytöstä poistettuja laitteita. Jakelumuuntajat 6,3 kV / 400 V määritettiin ohjelmaan vaikka ne eivät suoranaisesti vaikuta keskijänniteverkon oikosulkuvirtoihin, nämä siksi että voidaan tarvittaessa myöhemmin myös laskea 400 V puolelta oikosulkuvirtoja ja kuormitettavuuksia.

5.2 Kaapeleiden määrittäminen

Kaapeleista määritettiin eristetyyppi PVC tai PEX. Uudessa ohjelma versiossa valittavana on vain XLPE. Johtimien materiaali valitaan alumiini tai kupari. Seuraavaksi valitaan kaapelin pituus, kaapelin johtimien poikkipinnat ja asennustapa. Jokainen kaapeli pitää lähteä jostakin ja päättyä johonkin, jotta ohjelma osaa laskea kaapelin oikein. Kaapelitietoja pääsee ohjelmassa muuttamaan jälkeinpäin, mutta oikosulkuvirtalaskelma pitää suorittaa uudestaan tämän jälkeen. Öljyeristeisiä paperimassakaapeleita ei voi ohjelmaan määrittää, kaapelit pitää ohjelmassa korvata aikaisemmilla vaihtoehdoilla.

6 Laskennan tulokset

Tulokset kertovat kytkinlaitoksien kolmivaiheisen ja kaksivaiheisen sysäysoikosulkuvirran I_s , jatkuvan oikosulkuvirran I_k ja alkuoikosulkuvirta arvon I_k'' . Oikosulkuvirrat ovat pienentyneet jonkin verran, johtuen Suomen Karbonaatti Oy:n irtauduttua samasta jakeluverkosta. Tuloksista voidaan päätellä oikosulkuvirtojen pienennettyä, että tilanne on parempi kuin aikaisemmin. IS-releen merkitys jakeluverkossa on vähentynyt, mutta on edelleen hyvä lisäsuojaus suurien oikosulkuvirtojen rajoittamiseen etenkin kytkinlaitoksella 15.

Mittaustuloksia ei ole varmistettu mittaamalla, eikä tarkistukseen ole käytetty mahdollista toista ohjelmaa. Tuloksia voidaan käyttää myöhemmin hyväksi tilanteissa joissa tehdään jakeluverkostoon muutoksia.

6.1 Normaalitilanteen oikosulkuvirrat

Normaali tilanne on laskettu tilanteessa jossa is-rajoitin on ohitettu (taulukko 1). IS-rajoitinta ei voi mallintaa ABB DOC-laskentaohjelmassa tällä hetkellä. IS-rajoitin katkaisee piirin oikosulkuvirran alkuhetkellä, IS-rajoitin on sijoitettu päämuuntajan jälkeen. IS-rajoittimen toimiessa joudutaan vaihtamaan räjäytyspanoksilla varustetut sulakkeet, sulakkeiden tilalle voidaan tarvittaessa laittaa oikosulkukiskot kun halutaan palauttaa jakeluverkosto käyttökuuntoon nopeasti. Uusien sulakkeiden toimitusajat ovat useita kuukausia, tämän johdosta IS-releen ohitus on taloudellisesti järkevää. Laskenta kuvaakin juuri tällaista tilannetta.

Taulukko 1. Oikosulkuvirtalaskelman tulokset ilman IS-relettä.

Tunnus	Kytkinlaitos	I ["] k LLL (kA)	Ik LLL (kA)	Ip LLL (kA)	Nimi
Q1	15	26,17	21,20	47,00	Voimalaitos
Q3	01	25,18	20,30	46,70	S1
Q4	23	22,63	18,20	41,80	KR
Q5	14	18,30	14,70	34,10	HKT
Q6	13	21,08	17,00	39,00	S2
Q7	07	10,22	8,20	18,30	Tapiola
Q8	26	4,51	4,50	6,60	Läjitysalue
Q9	05	2,38	2,38	3,40	Hanhikemppi
	04	1,90	1,90	2,70	Hanhijärvi
Q10	22	14,88	12,00	27,10	SM-93
Q11	12	19,75	15,90	36,50	LO
Q12	10	16,29	13,10	30,40	Asiakas 2
Q13	02	13,32	10,70	24,60	KA
Q15	25	7,16	5,70	13,10	LO Pumppaamo
Q78	27	25,02	20,20	46,00	Asiakas 1
Q80	18	15,01	12,00	27,50	WR

ABB DOC-laskentaohjelmalla ei saatu laskettua termistä 1s oikosulkuvirtaa.

Termisen 1s oikosulkuvirtojen tuloksien puuttuessa on vertailu jätetty tekemättä.

6.2 Kytkinlaitoksien oikosulkuvirtojen kestävyys

Kytkinlaitoksien kojeistojen kilpitiedot luettiin, mutta läheskään kaikista kojeistoista ei kilpitietoja löydetty. Kojelistojen dokumenteista löydettiin osa puuttuvista oikosulkuvirta-arvoista. Puuttuvia oikosulkuvirta arvoja on paljon, jonka takia oikosulkuvirta-arvojen vertailua ei voida tehdä, kuin vain muutamalle kojeistolle.

Kytkinlaitoksien oikosulkuvirtojen kestävyysarvot:

Kytkinlaitos 15 (Pääkeskus) kojeisto

Tyyppi META/MEKA 12 IEC 298

Kojeistoa vahvistettu vuonna 1997.

Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys 110 kA

Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys 40 kA

Nimellinen jatkuvan virran kestävyys 3150 A

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 47,00 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 21,20 kA

Kytkinlaitos 01 (S1) kojeisto

Tyyppi MEKA 12 GJ

Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys 90 kA

Terminen 3s oikosulkuvirran kestävyys 40 kA

Nimellinen jatkuvan virran kestävyys ei tiedossa

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 46,70 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 20,30 kA

Kytkinlaitos 23 (KR) kojeisto

Tyyppi SKH 1995

Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys 80 kA

Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys 32 kA

Nimellinen jatkuvan virran kestävyys 1250 A

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 41,80 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 18,20 kA

Kytkinlaitos 14 (HKT) varaus

Tällä hetkellä kytketty suoraan 14A jakelumuuntajaan, tulevaisuudessa on tarkoitus perustaa uusi kytkinlaitos jolloin numero tulee käyttöön.

Syöttökaapeli uusittiin vuonna 2011, koska 14A-muuntajan kokoa kasvatettiin 500 kVA:sta 1000 kVA:iin, ja jo aikaisempien laskelmien perusteella vanhan syöttökaapelin terminen oikosulkuvirran kestävyys oli vähäinen.

Kytkinlaitos 13 (S2) kojeisto

Tyyppi ei tiedossa

Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa

Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa

Nimellinen jatkuvan virran kestävyys ei tiedossa

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 39,00 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 17,00 kA

Kytkinlaitos 07 (Tapiola) erotinasema

Perinteinen erotinasema, ei kaukokäyttöä.

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 18,30 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 8,20 kA

Kytkinlaitos 26 (Läjitysalue) erotinasema

Perinteinen erotinasema, ei kaukokäyttöä.

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 6,60 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 4,50 kA

Kytkinlaitos 05 (Hanhikemppi) erotinasema

Perinteinen erotinasema, ei kaukokäyttöä.

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 3,40 kA

Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 2,38 kA

Kytkinlaitos 04 (Hanhijärvi) erotinasema
Perinteinen erotinasema, ei kaukokäyttöä.
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 2,70 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 1,90 kA

Kytkinlaitos 22 (SM-93) erotinasema
Perinteinen erotinasema, ei kaukokäyttöä.
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 27,10 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 12,00 kA

Kytkinlaitos 12 (LO) kojeisto
Tyyppi kaksoiskisko järjestelmä
Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Nimellinen jatkuvan virran kestävyys ei tiedossa
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 36,50 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 15,90 kA

Kytkinlaitos 10 kojeisto
Tulevaisuudessa puretaan pois. Kalkkitehtaan syöttö tulee samaisesta kojeistosta, jonka tulevaisuuden ratkaisuja mietitään.
Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Nimellinen jatkuvan virran kestävyys ei tiedossa
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 30,40 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 13,10 kA

Kytkinlaitos 02 (KA) kojeisto
Tehdasalueen vanhin kojeisto, kalkkitehtaan toiminta lopetettiin 2014.
Kytkinlaitos puretaan pois tulevaisuudessa.
Tyyppi ei tiedossa
Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Nimellinen jatkuvan virran kestävyys ei tiedossa

Laskettu sysäysoikosulkuvirta 24,60 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 10,70 kA

Kytkinlaitos 25 (LO Pumppaamo) kojeisto
Tyyppi MEHO 12A
Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys ei tiedossa
Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys 31,5 kA
Nimellinen jatkuvan virran kestävyys 1250 A
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 13,10 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 5,70 kA

Kytkinlaitos 27 (Asiakas 1) kojeisto
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 46,00 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 20,20 kA

Kytkinlaitos 18 (WR) kojeisto
Tyyppi METE 12.A.HE
Valmistaja Strömberg
Dynaaminen oikosulkuvirran kestävyys 75 kA
Terminen 1s oikosulkuvirran kestävyys 32 kA
Nimellinen jatkuvan virran kestävyys 1250 A
Laskettu sysäysoikosulkuvirta 27,50 kA
Laskettu pysyvän tilan oikosulkuvirta 12,00 kA

7 Pohdinta

7.1 Johtopäätökset

Oikosulkuvirrat on laskettu ABB DOC-laskentaohjelmalla. IS-rajoitinta ei voida ABB DOC-laskentaohjelmalla simuloida, joten laskennat tehtiin tilanteessa jossa IS-rajoitin on ohitettu. Termistä 1s oikosulkuvirtaa ei ABB DOC-laskentaohjelmalla toistaiseksi voida laskea, tulosten puuttuessa on vertailu jätetty tekemättä.

Oikosulkuvirrat kytkinlaitoksella 15 ovat kohtuullisen suuret, mutta kiskosto kuitenkin kestää hyvin dynaamista oikosulkuvirtaa 110 kA. Kiskostoa on vahvistettu samalla kun IS-rajoitin on otettu käyttöön vuonna 1997. Kytkinlaitokset joiden kilpiarvot löydettiin, niiden osalta kytkinlaitokset kestävät hyvin dynaamisen oikosulkuvirran. Vaikka termistä oikosulkuvirtaa ei voitu laskea, voidaan kuitenkin päätellä että kytkinlaitokset kestävät myös hyvin termistä oikosulkuvirtaa, koska pysyvän tilan oikosulkuvirta oli huomattavasti pienempi kuin terminen 1s oikosulkuvirta arvo. Kaposen diplomityössä oli mainittu kytkinlaitoksien 10 ja 12 kestävän riittävästi dynaamista oikosulkuvirtaa ja termistä oikosulkuvirtaa. Tarkkaa kaapeleiden dynaamista oikosulkuvirran kestävyttä on vaikea selvittää, koska kaapelit ovat osaltaan vanhoja ja kaapeleiden tarkkoja pituustietoja on vaikea arvioida.

ABB DOC-laskentaohjelma käyttää IEC-standardia kaapeleiden mitoituksessa, nämä tiedot kuitenkin eroavat kaapelien valmistajien antamista arvoista hieman. Vanhoja kaapeleita on suositeltavaa uusia samalla kun tehdään muutoksia jakeluverkostoon.

Vanhimpien kytkinlaitoksien oikosulkuvirtojen kestävyystietoja ei löydetty, joten näiden osalta ei voida vertailla oikosulkuvirtojen kestävyksiä. Katkaisijoiden ja suojarleiden luotettava toiminta on välttämätöntä kaapeleiden ja laitteiden suojauksessa. Katkaisijat ja suojarleet pitävät säännöllisesti huoltaa.

ABB DOC-laskentaohjelma soveltuu tällä hetkellä dynaamisten, pysyvän tilan ja alku oikosulkuvirtojen laskemiseen, kaapeleiden kuormitusten mitoittamiseen ja jännitealenema laskentaan keskijänniteverkossa. Termistä oikosulkuvirtaa ohjelmalla ei toistaiseksi voi laskea.

7.2 Jatkotutkimustarpeet

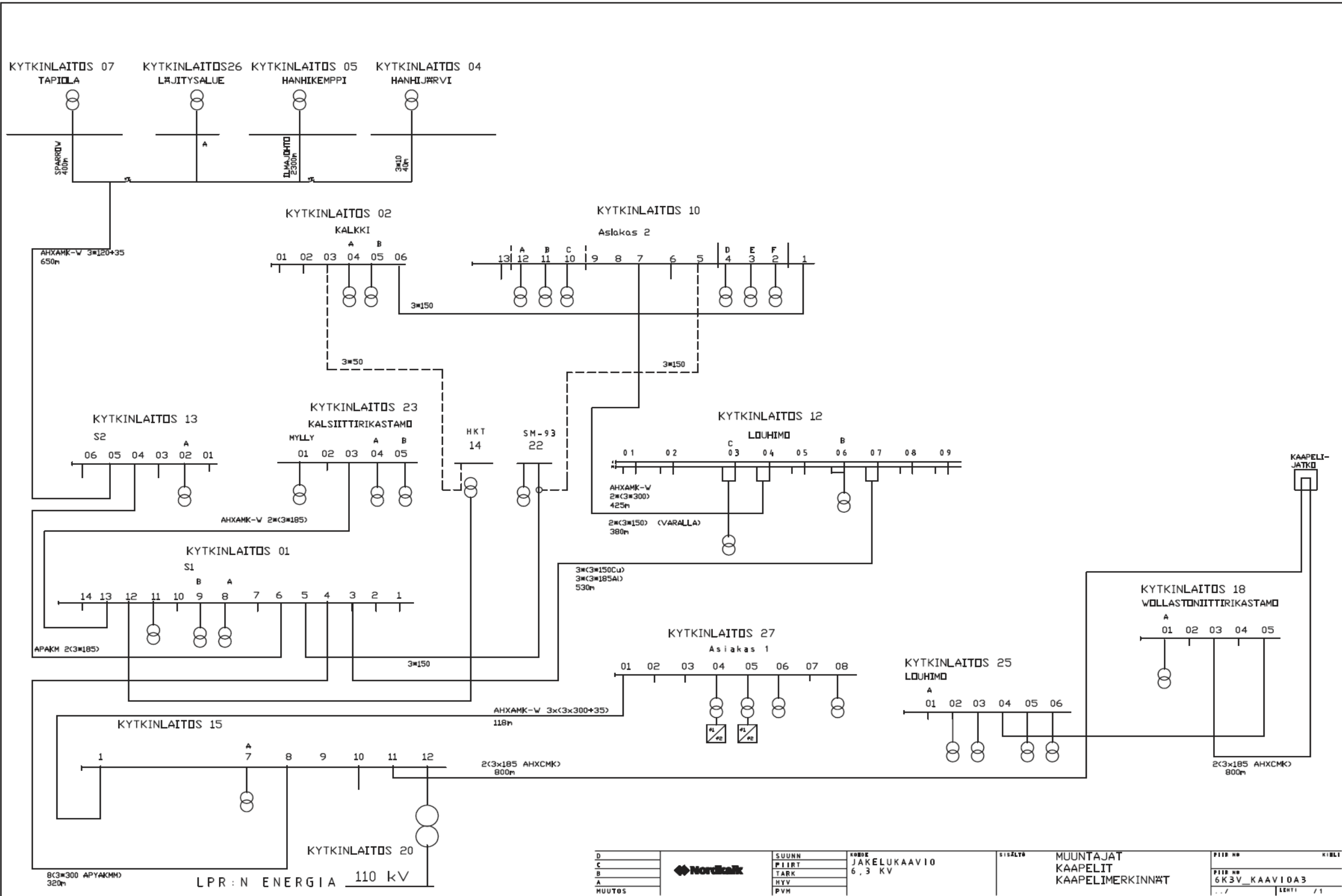
Laskelman päivitys ABB DOC-laskentaohjelmalla kannattaa tehdä aina kun tehdään keskijänniteverkkoon muutoksia. Tarkistuslaskelma varmistaisi oikosulkuvirtojen tulosten oikeellisuuden, mikäli halutaan tehdä tarkkoja johtopäätöksiä esim. suurien investointien varalta. Tarkistus laskelman voi teettää sähkösuunnittelua tekevilta yrityksiltä.

Toimivan oikosulkusuojauksen takaamiseksi on hyvä pitää suojalaitteet kunnossa. Kunnossapidon kannalta on hyvä tarkistaa suojareiden ja katkaisijoiden toimivuus säännöllisesti, näin varmistetaan luotettava toimivuus ongelma tilanteessa.

Kytkinlaitoksien puutteellisten tietojen selvittäminen on syytä tehdä, koska tulevaisuudessa tietoja tarvitaan kun tehdään muutoksia jakeluverkkoon. Vanhojen käyttöön jäävien kytkinlaitoksien kojeistojen kunto on syytä tarkistaa. Suojareiden uusinnalla saataisiin suojausta parannettua huomattavasti. Myös kojeistojen uusimisia kannattaa harkita tulevaisuudessa, näin voidaan parantaa tehtaiden elinkaarta ja välttyä ikäviltä vikatapauksilta.

Lähteet

1. Räsänen, M. Sähkökäytönjohtaja. Nordkalk Oy Ab. Kirjallinen haastattelu 4.5.2012.
2. Heinonen, K. Välijännitejakeluverkon käyttötilannetutkimus eräässä teollisuuslaitoksessa. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Energiatekniikan osasto. Diplomityö. 1981.
3. Laamo, P. Teollisuuslaitoksen tavoitesähkötariffin laadinta ja päämuuntajan koon määrittäminen. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Energiatekniikan osasto. Diplomityö. 1985.
4. Kaponen, E. Keski-jänniteverkon käyttötilannetutkimus. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Energiatekniikan osasto. Diplomityö. 1993.
5. Simola, P., Reinikainen, A., Järvinen, K., Niemi, A. & Timonen, E. Sähkötekniikan käsikirja 1. Helsinki: Tammi. 1967.
6. ABB:n TTT-käsikirja 2000-09. Vaasa. ISBN 951-99366-0-2. 2000.
7. Huotari, K., Partanen, K. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskeminen. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1998.
8. ABB DOC-laskentaohjelma. Versio 2.0.0.0085. 29.8.2014.



D	SUUNN	KOODI	SISÄLTÖ	MUUNTAJAT	PIIRI NO	KIBLI
C	PIIRT	JAKELUKAAVIO	KAAPELIT	KAAPELIMERKINNÄT	PIIRI NO	
B	TARK	6,3 KV			6K3V_KAAVIOA3	
A	HYV					
MUUTOS	PVM					LEHTI / 1

Customer: Nordkalk Oy Ab
Project:

Notes: 6,3 kV jakeluverkosto
Lappeenranta

Designed by:

Rev. n°1			Date:	30.11.2014
Rev. n°2			Drafter:	Risto Alatalo
Rev. n°3			Design.:	Risto Alatalo
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	

Calculated by:	DOC
File name:	
Record #:	

Calculation and dimensioning criteria
--

Calculation method-standard	
Standard for cable dimensioning	IEC 60364

Overload	Overload verifications are made according the following relations: $I_b \leq I_n \leq I_z$ and $I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$
	Legenda:
	I_b = the current for which the circuit is designed
	I_n = nominal current of the protective device (For adjustable protective devices, the nominal current I_n is the current setting selected)
	I_2 = current ensuring effective operation in the conventional time of the protective device
	I_z = cable carrying capacity according the chosen standard

Short Circuit	Circuit breakers and fuses are dimensioned with a breaking capacity higher than the maximum short circuit current in the point of installation
	Circuit breakers dimensioned according to IEC 60497-2 are also chosen with the making capacity I_{cm} higher than the maximum peak current
	The protection against short circuit must satisfy the rule $I_2 t \leq K^2 S^2$
	Legenda:
	$I_2 t$ = let-through energy at the maximum short circuit current (defined by the producer)
	S = size of the conductors
	K = factor defined in IEC60364-4-43 table 43A and IEC60364-5-54 tables A.54.2, A.54.4 and A-54.5

Indirect touch	TT systems: the verification is $I_{dn} \cdot R_t \leq V_o$, or $I_m \leq I_k \min$
	TN systems: the verification is $I_m \leq I_k \min$
	Legenda:
	I_{dn} = sensitivity of the residual current device
	R_t = earthing resistance
	V_o = max admitted contact voltage
	I_m = tripping value of the protective device at time limit
	$I_k \min$ = minimum short circuit current at line end

Discrimination and Back-up	The discrimination and back-up values are determined by the producer with laboratory tests
-----------------------------------	--

Rev. n°1		Date:	30.11.2014	Description 6,3 kV jakeluverkosto Lappeenranta	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:		
Rev. n°2		Drafter:	Risto Alatalo		Project:				
Rev. n°3		Design:	Risto Alatalo		File:		Sheet:	Next sheet:	Sheets:
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:		Serial:		1		1

Short-circuit calculation hypothesis for IEC 60909-0

Calculation algorithm

The calculation of maximum and minimum, balanced and unbalanced, short-circuit currents it is made by application of symmetrical components.

General conditions

The calculation of maximum and minimum short-circuit currents is based on the following simplifications.

- a) For the duration of the short circuit there is no change in the type of short circuit involved (a three-phase short circuit remains three-phase)
- b) For the duration of the short circuit, there is no change in the network involved.
- c) The impedance of the transformers is referred to the tap-changer in main position.
- d) Arc resistances are not taken into account.
- e) All line capacitances and shunt admittances and non-rotating loads, except those of the zero-sequence system, are neglected.

Maximum short-circuit currents

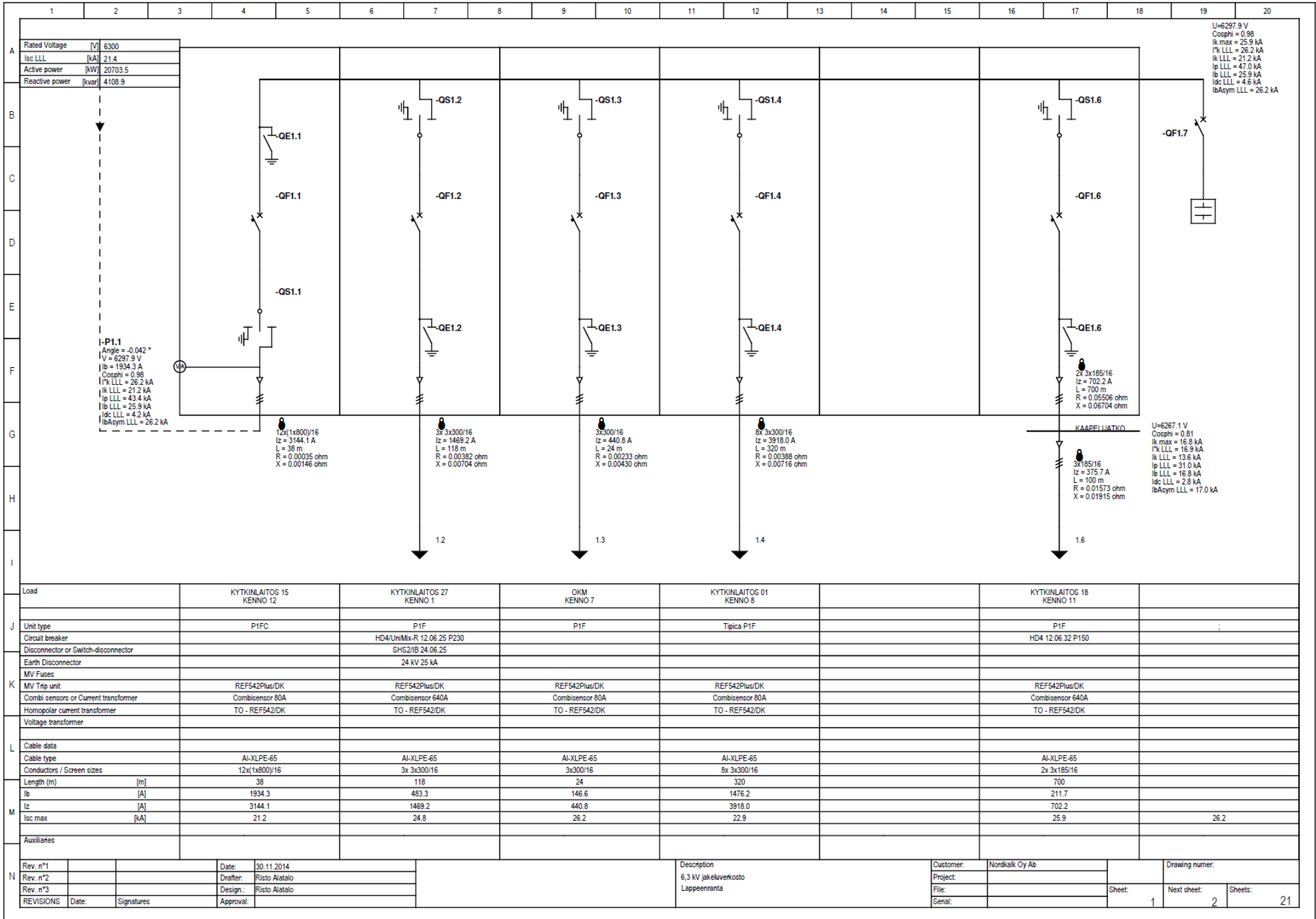
In the calculation of maximum short-circuit currents, the following conditions have been considered:

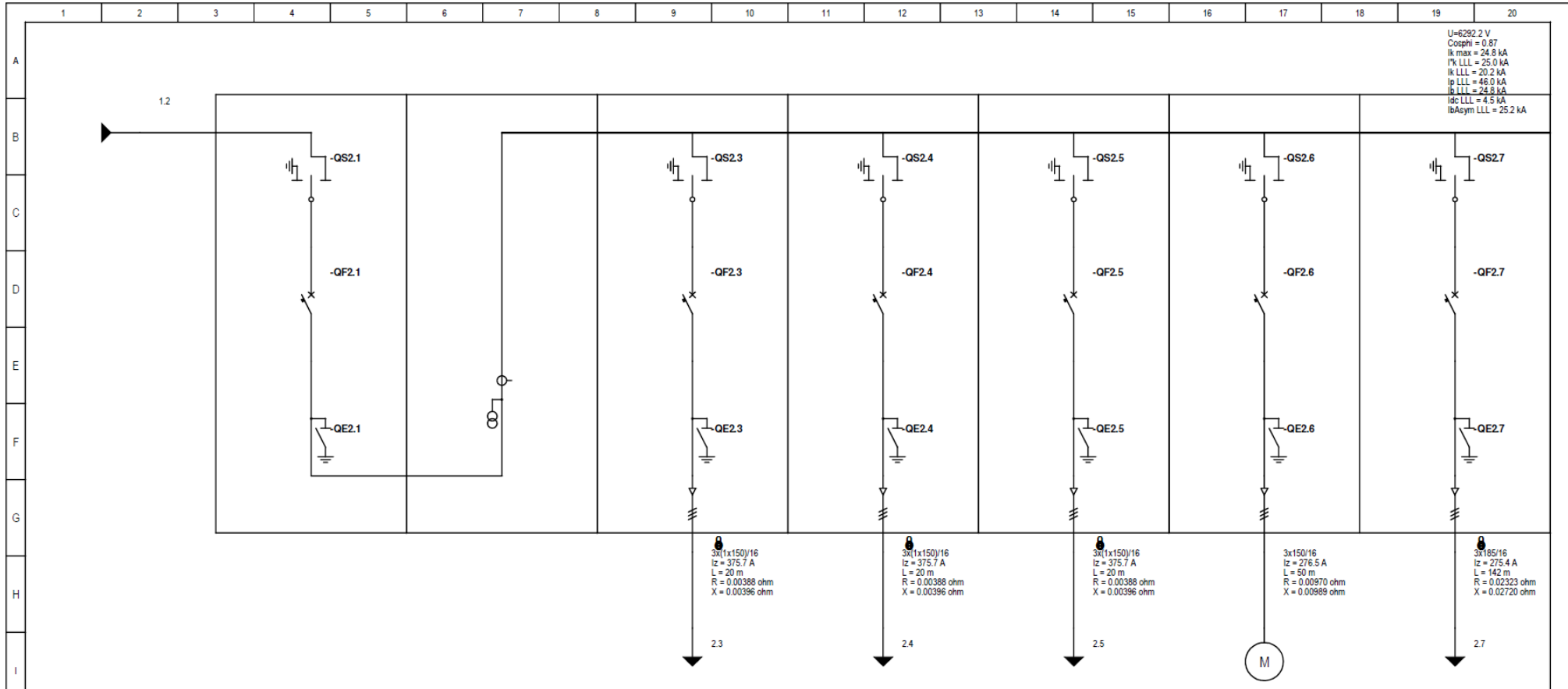
- it is applied the voltage factor c_{max} according to table 1, IEC 60909-0
- =- it is chosen the network configuration which lead to the maximum value of short-circuit current at the short-circuit location
- the contribution of asynchronous motors is considered if their contribution is higher than 5% of the initial short-circuit current calculated without motors
- resistance R_L of lines (overhead lines and cables) are introduced at a temperature of 20 °C

Minimum short-circuit currents

In the calculation of minimum short-circuit currents, the following conditions have been considered:

- it is applied the voltage factor c_{min} according to table 1, IEC 60909-0
- =- it is chosen the network configuration which lead to the minimum value of short-circuit current at the short-circuit location
- =- the contribution of asynchronous motors is neglected
- resistance R_L of lines (overhead lines and cables) are introduced at a temperature of 80 °C

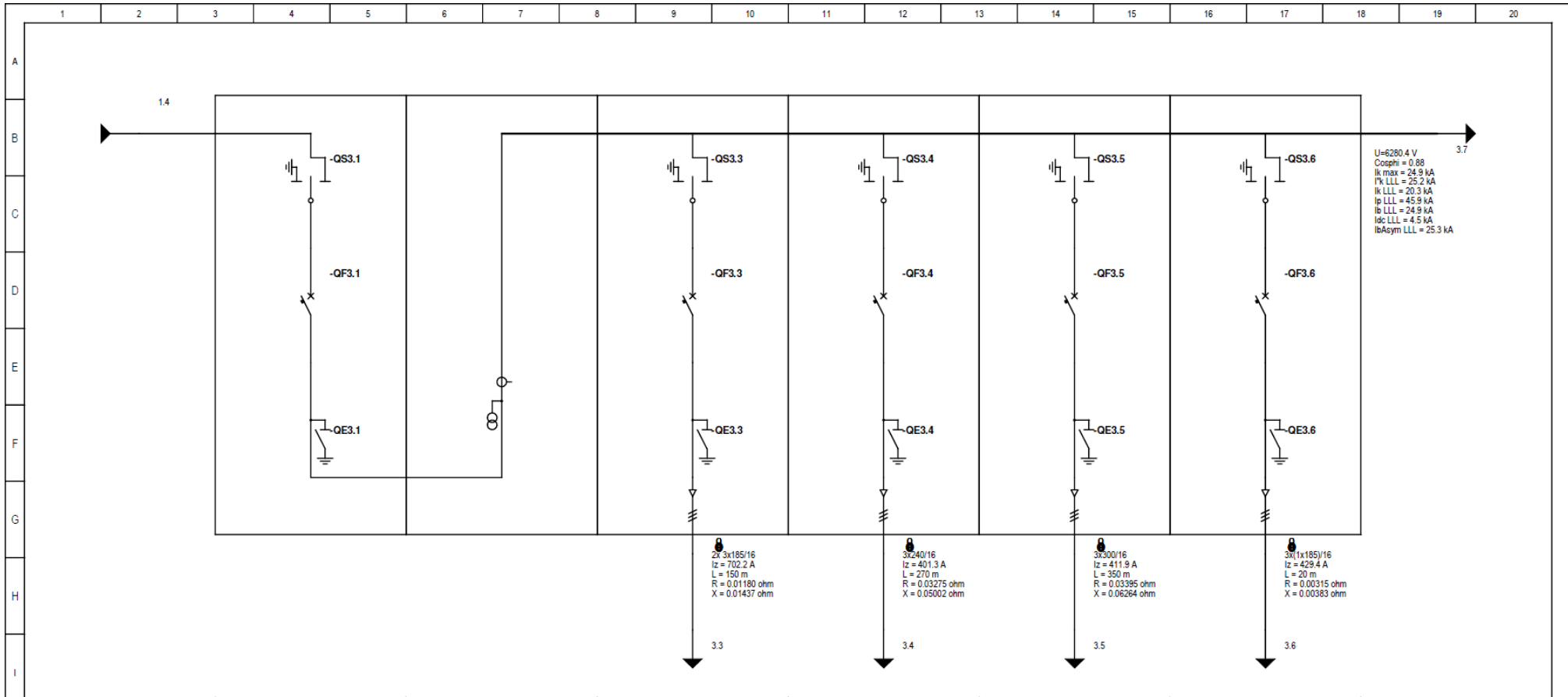




U=6282.2 V
 Cosφ₀ = 0.87
 I_k max = 24.8 kA
 I_k LLL = 25.0 kA
 I_k LLL = 20.2 kA
 I_p LLL = 46.0 kA
 I_p LLL = 24.8 kA
 I_{dc} LLL = 4.5 kA
 I_bAsym LLL = 25.2 kA

Load	KYTKINLAITOS 27 KENNO 01	KENNO 04	KENNO 05	KENNO 06	KENNO 07	KENNO 08
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F	P1F	P1F	P1F
Circuit breaker	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25
Earth Disconnector	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA
MV Fuses	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 640A	Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 640A	Combisensor 240A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer						
Cable data						
Cable type		Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		3x(1x150)/16	3x(1x150)/16	3x(1x150)/16	3x150/16	3x185/16
Length (m)		20	20	20	50	142
I _b		91.6	146.6	183.3	237.5	183.3
I _z		375.7	375.7	375.7	276.5	275.4
I _{sc} max		25.0	25.0	25.0	23.6	25.0
Auxiliaries						

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	6,3 kV jakeluverkosto	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	Lappeenranta		Project:		Sheet:	2
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo			File:		Next sheet:	3
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:		Serial:		Sheets:	21



U=6280.4 V
 Cosphi = 0.88
 Ik max = 24.9 kA
 Ik LLL = 25.2 kA
 Ik LLL = 20.3 kA
 Ip LLL = 45.9 kA
 Ib LLL = 24.9 kA
 Ibc LLL = 4.5 kA
 IbAsym LLL = 25.3 kA

3.3
 2x 3x185/16
 Iz = 702.2 A
 L = 150 m
 R = 0.01180 ohm
 X = 0.01437 ohm

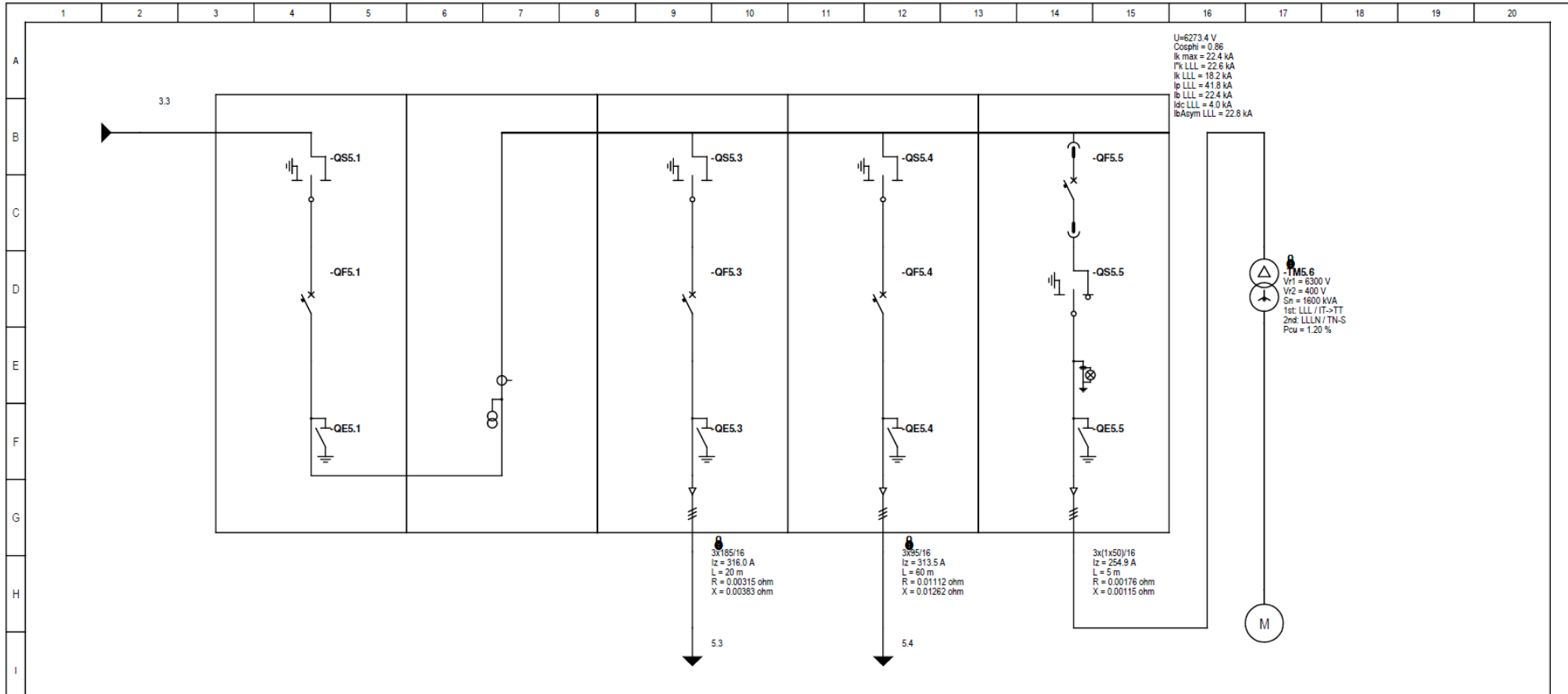
3.4
 3x240/16
 Iz = 401.3 A
 L = 270 m
 R = 0.03275 ohm
 X = 0.05002 ohm

3.5
 3x300/16
 Iz = 411.9 A
 L = 350 m
 R = 0.03395 ohm
 X = 0.06264 ohm

3.6
 3x(1x185)/16
 Iz = 429.4 A
 L = 20 m
 R = 0.00315 ohm
 X = 0.00383 ohm

Load	KYTKINLAITOS 01 (S1) KENNO 4	KYTKINLAITOS 23 KENNO 13	KYTKINLAITOS 14 KENNO 12	MUUNTAJA 01C KENNO 11	MUUNTAJA 01B KENNO 9
Unit type	Typica P1F+ cong.	P1F	P1F	P1F	P1F
Circuit breaker		HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230
Disconnecter or Switch-disconnector		SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25
Earth Disconnector		24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA
MV Fuses					
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 80A	Combisensor 640A	Combisensor 240A	Combisensor 640A	Combisensor 240A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer					
Cable data					
Cable type		Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		2x 3x185/16	3x240/16	3x300/16	3x(1x185)/16
Length (m)	[m]	150	270	350	20
Ib	[A]	231.9	91.6	288.7	183.3
Iz	[A]	702.2	401.3	411.9	429.4
Isc max	[kA]	21.9	24.7	25.2	25.2
Auxiliaries					

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:		Sheet:	3
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:		Next sheet:	4
REVISIONS	Date:			Serial:		Sheets:	21



U=6273.4 V
 Cosphi = 0.86
 Ik max = 22.4 kA
 I% LLL = 22.6 kA
 Ik LLL = 18.2 kA
 Ip LLL = 41.8 kA
 Ib LLL = 22.4 kA
 Ibc LLL = 4.0 kA
 IbAsym LLL = 22.8 kA

3x185/16
 Iz = 316.0 A
 L = 20 m
 R = 0.00315 ohm
 X = 0.00383 ohm

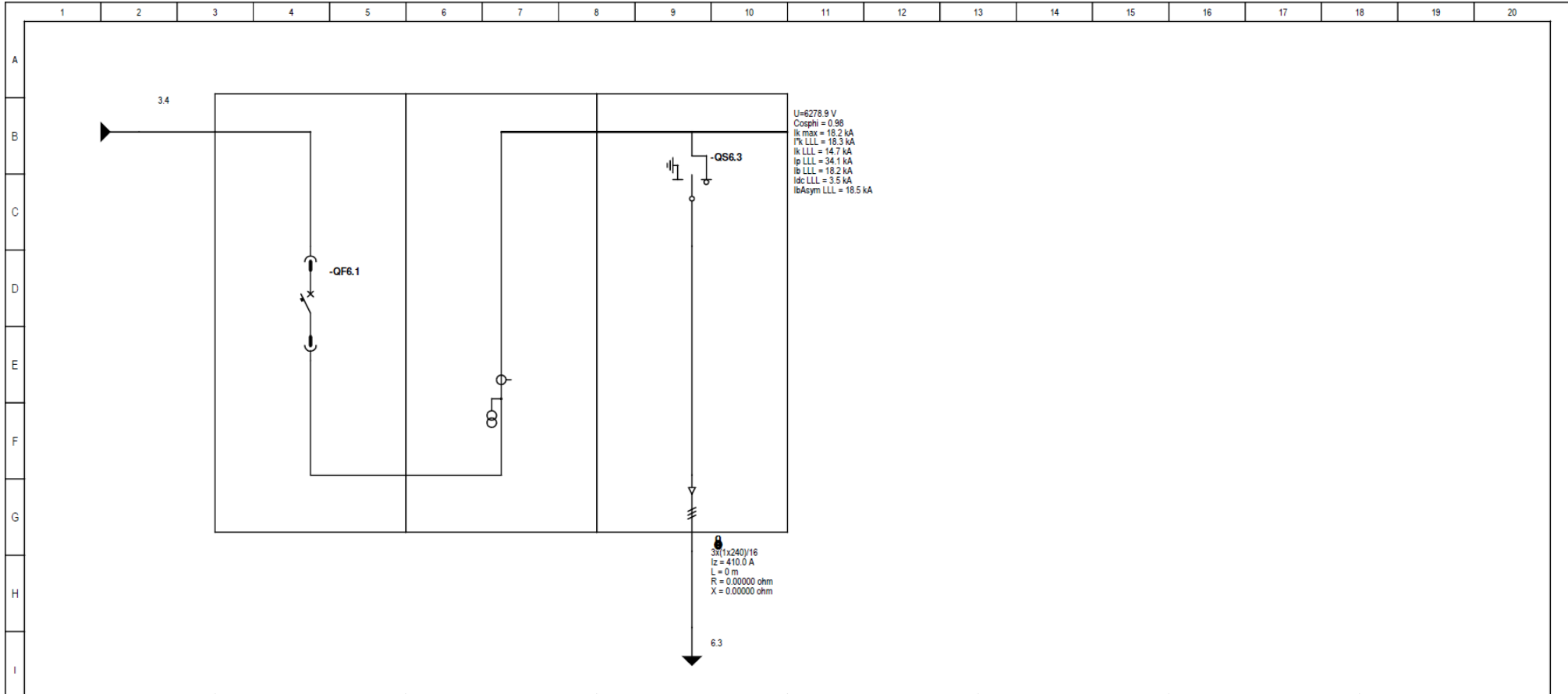
3x95/16
 Iz = 313.5 A
 L = 60 m
 R = 0.01112 ohm
 X = 0.01262 ohm

3x(1x50)/16
 Iz = 254.9 A
 L = 5 m
 R = 0.00176 ohm
 X = 0.00115 ohm

-TM5.6
 V1 = 6300 V
 V2 = 400 V
 Sn = 1600 kVA
 1st: LLL / IT->TT
 2nd: LLLN / TN-S
 Pcu = 1.20 %

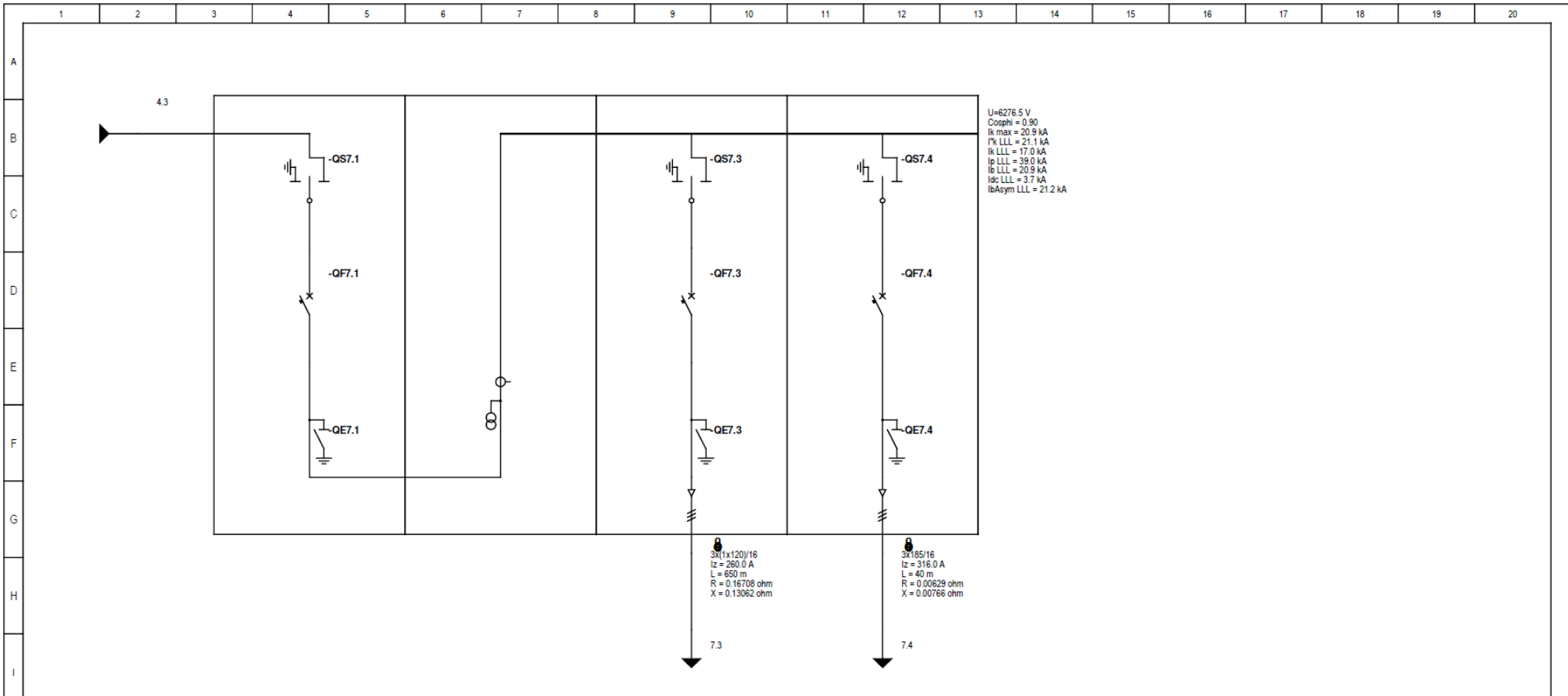
Load	KYTKINLAITOS 23 (KR) KENNO 03		MUUNTAJA 23A KENNO 04	MUUNTAJA 23B KENNO 05	KR-97 MYLLY KENNO 01	KR-97 MYLLYN MOOTTORI	
Unit type	P1F + cong.		P1F	P1F	SBR		
Circuit breaker	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230		HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	VD4/R-SEC 12.08 - 25		
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.25		SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	GSEC 12.06.25		
Earth Disconnecter	24 kV 25 kA		24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA		
MV Fuses							
MV Trip unit	REF542Plus/DK		REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK		
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 640A		Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 240A		
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK		TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK		
Voltage transformer							
Cable data							
Cable type			Al-XLPE-65	Cu-XLPE-65	Cu-XLPE-65		
Conductors / Screen sizes			3x185/16	3x95/16	3x(1x50)/16		
Length (m)	[m]		20	60	5		
Ib	[A]		91.6	183.3	146.6		
Iz	[A]		316.0	313.5	254.9		
Isc max	[kA]	22.2	22.6	22.6	22.2		
Auxiliaries							

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:		Sheet:	5
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:		Next sheet:	6
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:		Sheets:	21



Load	KYTKINLAITOS 14 HKT	MUUNTAJA 14A HKT				
Unit type	P1E+ cong.	P3				
Circuit breaker	HD4/US 24.12.20 p210					
Disconnecter or Switch-disconnector		SHS2/T2 24.04.20				
Earth Disconnecter						
MV Fuses						
MV Trip unit	REF542Plus/DK					
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 240A					
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK					
Voltage transformer						
Cable data						
Cable type		Al-XLPE-65				
Conductors / Screen sizes		3x(1x240)/16				
Length (m)	[m]	0.01				
Ib	[A]	91.6				
Iz	[A]	410.0				
Isc max	[kA]	18.3				
Auxiliaries						

N	Rev. n°1		Date:	30.11.2014	Description 6,3 kW jakeluverkosto Lappeenranta	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:		
	Rev. n°2		Drafter:	Risto Alatalo		Project:		Sheet:	Next sheet:	Sheets:
	Rev. n°3		Design:	Risto Alatalo		File:		6	7	21
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:		Serial:					



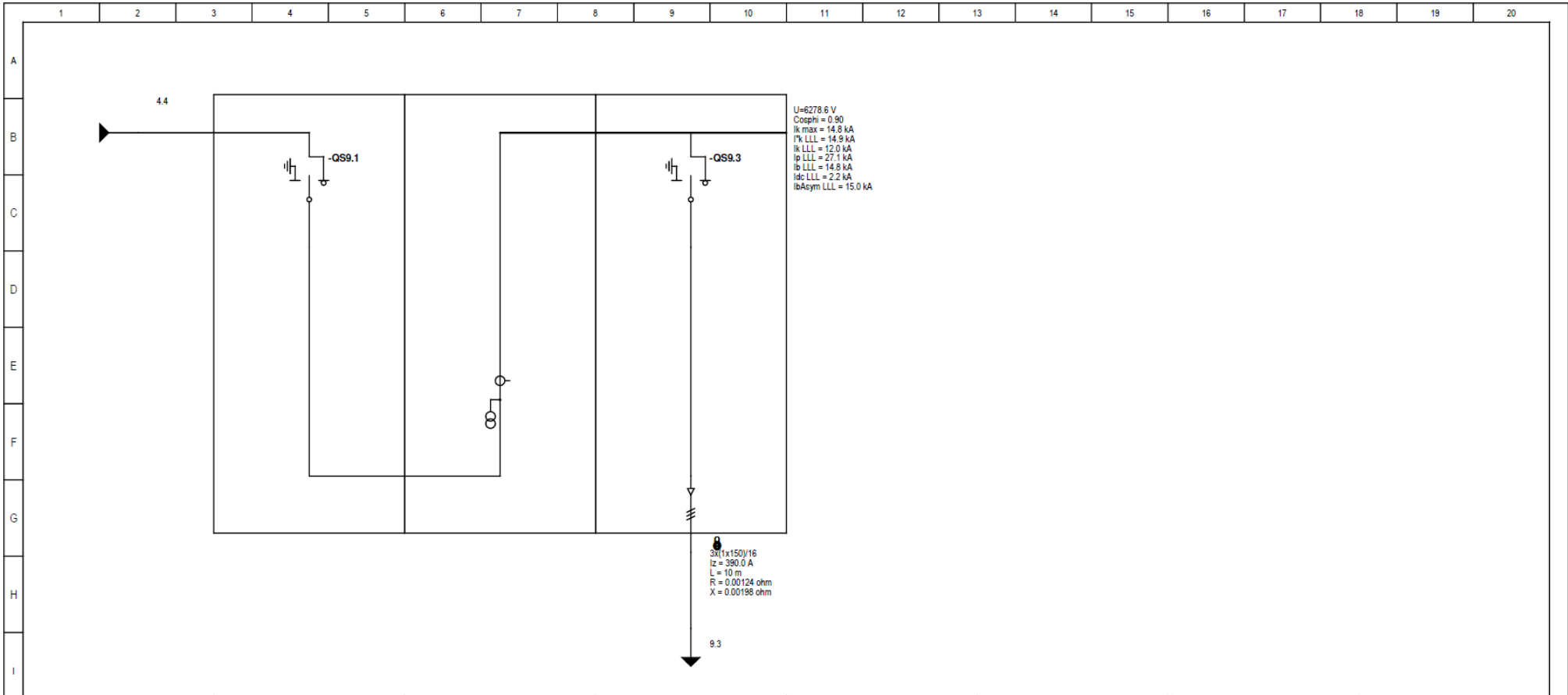
U=6276.5 V
 Cosphi = 0.90
 Ik max = 20.9 kA
 I% LLL = 21.1 kA
 Ik LLL = 17.0 kA
 Ip LLL = 39.0 kA
 Ib LLL = 20.9 kA
 Idc LLL = 37.7 kA
 IbaSym LLL = 21.2 kA

3x(1x120)/16
 Iz = 260.0 A
 L = 650 m
 R = 0.16708 ohm
 X = 0.13062 ohm

3x185/16
 Iz = 316.0 A
 L = 40 m
 R = 0.00629 ohm
 X = 0.00766 ohm

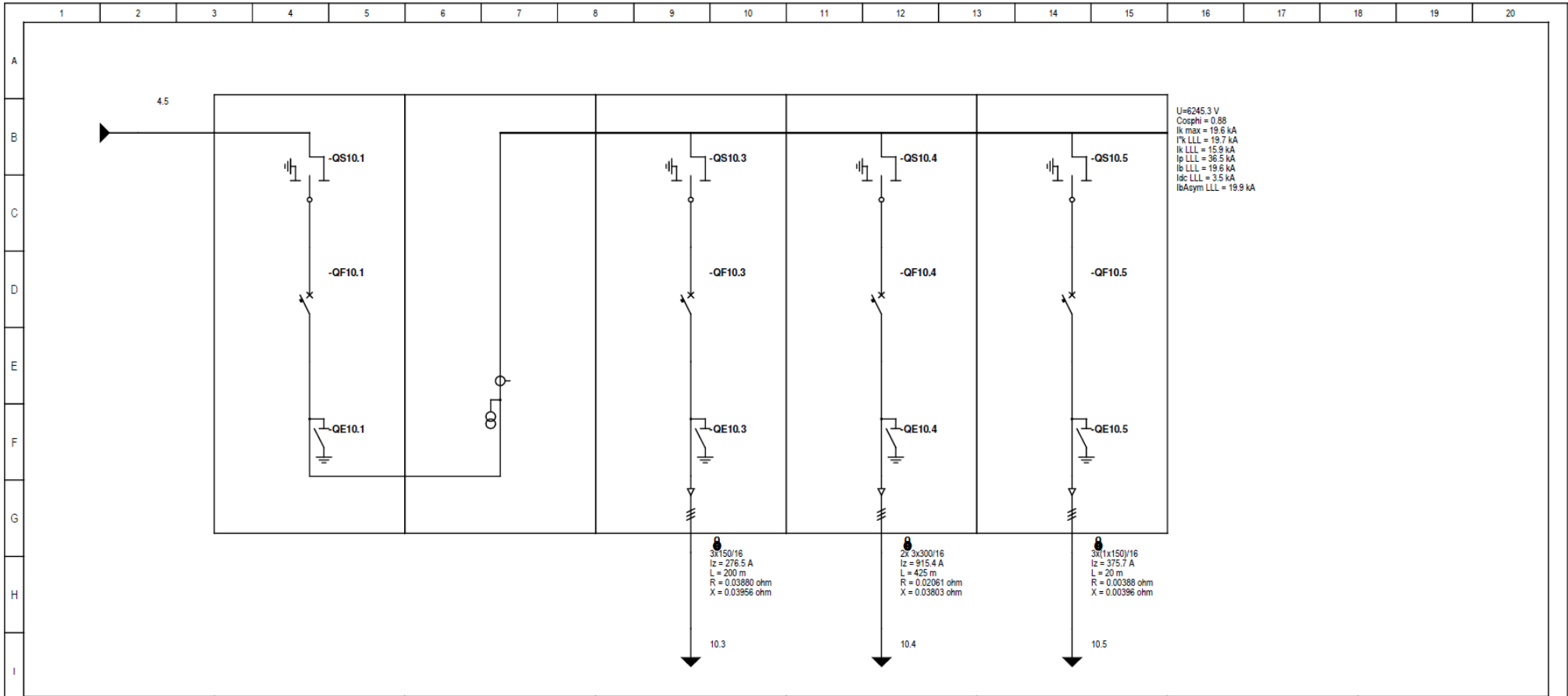
Load	KYTKINLAITOS 13 (S2) KENNO 04	TAPIOLA KENNO 05	MUUNTAJA 13A KENNO 02
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F
Circuit breaker	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230	HD4/UniMix-R 12.06.25 P230
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25	SHS2/IB 24.04.25
Earth Disconnector	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA
MV Fuses			
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 240A	Combisensor 80A	Combisensor 240A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer			
Cable data			
Cable type		Al-XLPE-65	Al-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		3x(1x120)/16	3x185/16
Length (m)		650	40
Ib		6.4	183.3
Iz		260.0	316.0
Isc max	21.1	21.1	21.1
Auxiliaries			

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Sheet:	7	Next sheet:	8	Sheets:	21
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:							
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:							
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:							



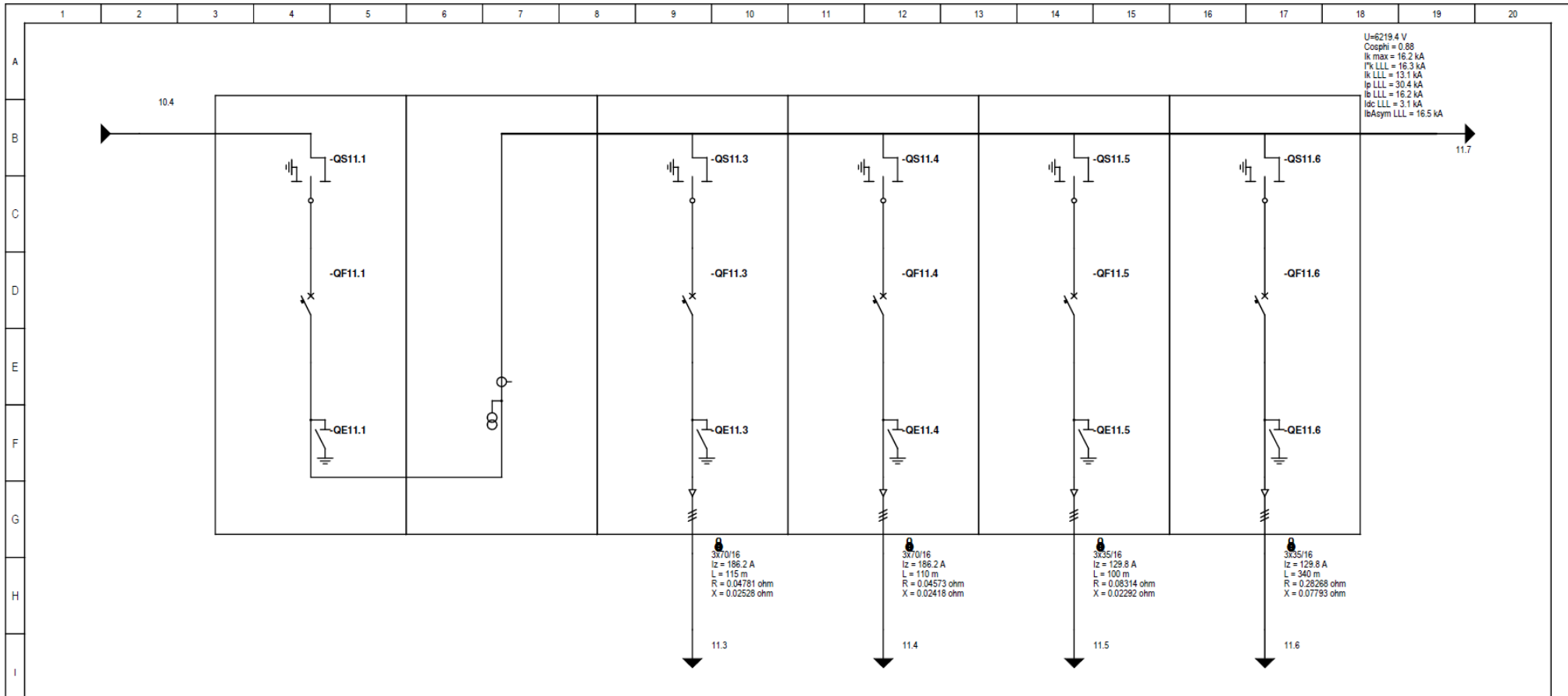
Load	KYTKINLAITOS 22 SM-93	MUUNTAJA 22A SM-93				
Unit type	P3 + cong.	P3				
Circuit breaker						
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/T2 24.04.16	SHS2/T2 24.04.16				
Earth Disconnecter						
MV Fuses						
MV Trip unit						
Combi sensors or Current transformer						
Homopolar current transformer						
Voltage transformer						
Cable data						
Cable type		Cu-XLPE-65				
Conductors / Screen sizes		3x(1x150)/16				
Length (m)	[m]	10				
Ib	[A]	91.6				
Iz	[A]	390.0				
Isc max	[kA]	14.9				
Auxiliaries						

Rev. n°1		Date:	30.11.2014	Description	6,3 kV jakeluverkosto	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Sheet:	9	Next sheet:	10	Sheets:	21
Rev. n°2		Drafter:	Risto Alatalo	Description	Lappeenranta	Project:		Sheet:		Next sheet:		Sheets:	
Rev. n°3		Design:	Risto Alatalo			File:		Sheet:		Next sheet:		Sheets:	
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:			Serial:		Sheet:		Next sheet:		Sheets:	



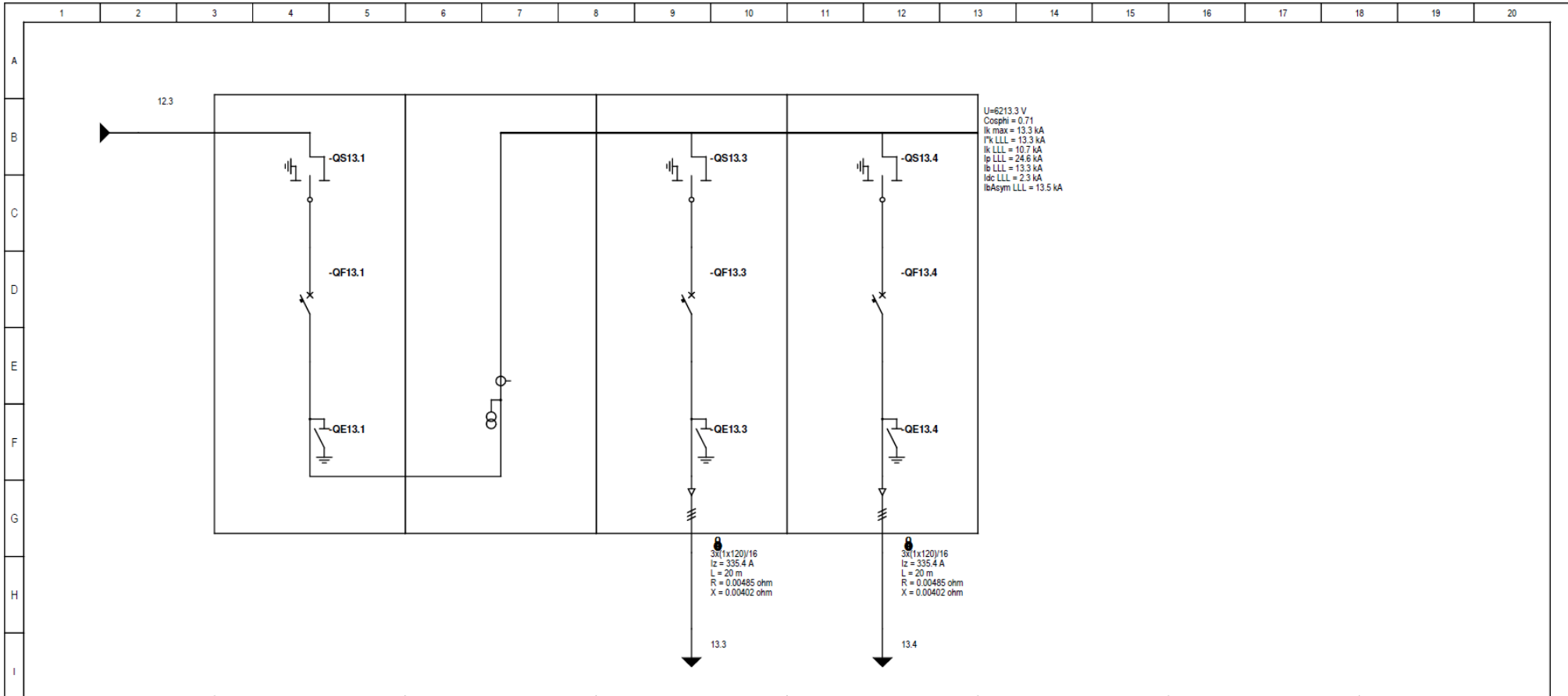
Load	KYTKINLAITOS 12 (LO) KENNO 07	MUUNTAJA 12C KENNO 03	KYTKINLAITOS 10 (Asiakas 2) KENNO 04	MUUNTAJA 12B KENNO 06
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F	P1F
Circuit breaker	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.06.20	SHS2/IB 24.04.20	SHS2/IB 24.06.20	SHS2/IB 24.04.20
Earth Disconnecter	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA
MV Fuses				
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 640A	Combisensor 240A	Combisensor 640A	Combisensor 80A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer				
Cable data				
Cable type		AI-XLPE-65	AI-XLPE-65	AI-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		3x150/16	2x 3x300/16	3x(1x150)/16
Length (m)	[m]	200	425	20
Ib	[A]	146.6	413.0	73.3
Iz	[A]	276.5	915.4	375.7
Isc max	[kA]	19.7	19.7	19.7
Auxiliaries				

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Sheet:	10	Next sheet:	11	Sheets:	21
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:							
Rev. n°3	Design.:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:							
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:							



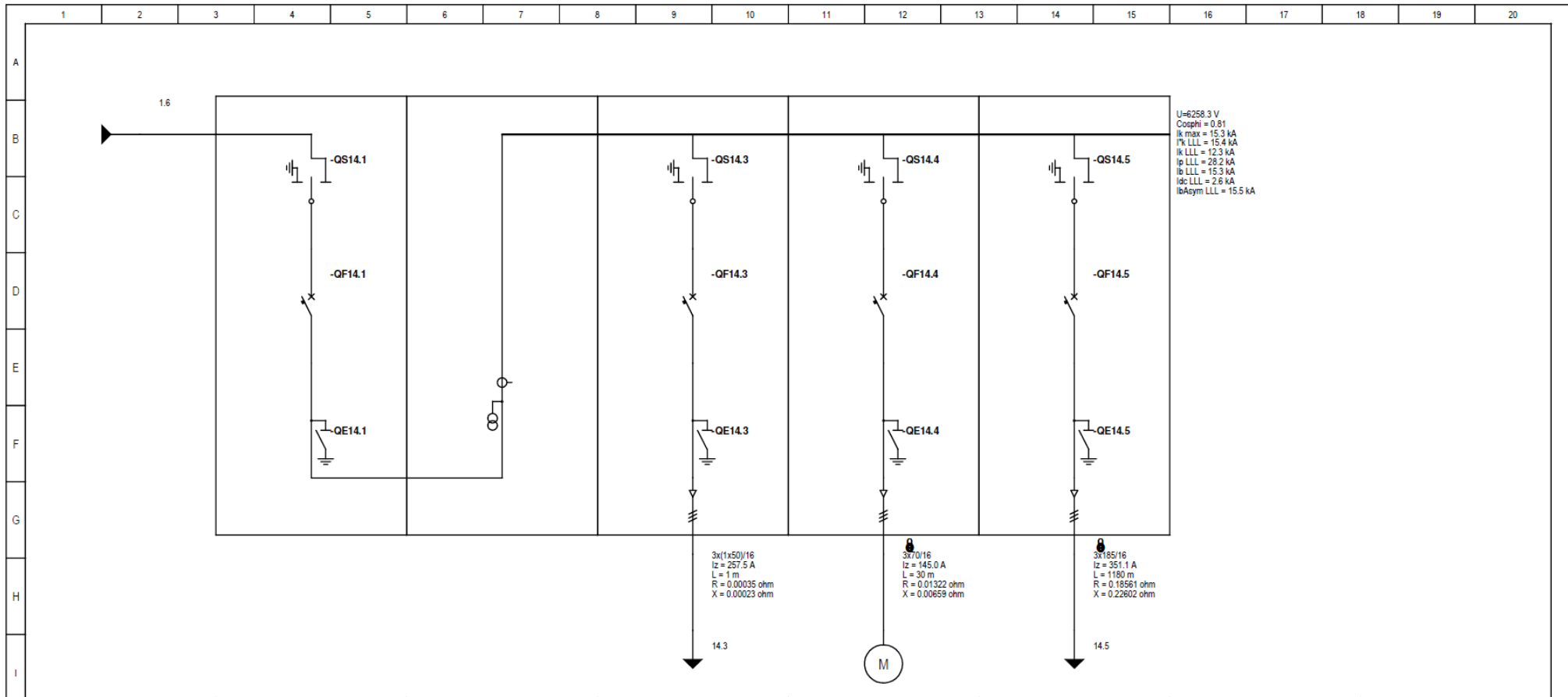
Load	KYTKINLAITOS: 10 (Asiakas 2) KENNO 7		MUUNTAJA 10A KENNO 12	MUUNTAJA 10B KENNO 11	MUUNTAJA 10C KENNO 10	MUUNTAJA 10D KENNO 4	
Unit type	P1F + cong.		P1F	P1F	P1F	P1F	
Circuit breaker	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230		VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	VD4/UniMix-R 24.06.20 P230	
Disconnect or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.20		SHS2/IB 24.04.20	SHS2/IB 24.04.20	SHS2/IB 24.04.20	SHS2/IB 24.04.20	
Earth Disconnect	24 kV 25 kA		24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	24 kV 25 kA	
MV Fuses							
MV Trip unit	REF542Plus/DK		REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 640A		Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 80A	
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK		TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	
Voltage transformer							
Cable data							
Cable type			Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	
Conductors / Screen sizes			3x70/16	3x70/16	3x35/16	3x35/16	
Length (m)	[m]		115	110	100	340	
Ib	[A]	16.3	91.6	91.6	91.6	73.3	
Iz	[A]		186.2	186.2	129.8	129.8	
Isc max	[kA]	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	
Auxiliaries							

Rev. n°1		Date:	30.11.2014	Description 6,3 kV jakeluverkosto Lappeenranta	Customer: Nordkalk Oy Ab	Project:	Sheet:	Next sheet:	Sheets:
Rev. n°2		Drafter:	Risto Alatalo						
Rev. n°3		Design:	Risto Alatalo						
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:		Serial:		11	12	21



Load	KYTKINLAITOS 02 (KALKKI) KENNO 06	MUUNTAJA 02A KENNO 04	MUUNTAJA 02B KENNO 06
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F
Circuit breaker	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.16	SHS2/IB 24.04.16	SHS2/IB 24.04.16
Earth Disconnector	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA
MV Fuses			
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 240A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer			
Cable data			
Cable type		AI-XLPE-65	AI-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		3x(1x120)/16	3x(1x120)/16
Length (m)	[m]	20	20
I _b	[A]	91.6	91.6
I _z	[A]	335.4	335.4
I _{sc} max	[kA]	13.3	13.3
Auxiliaries			

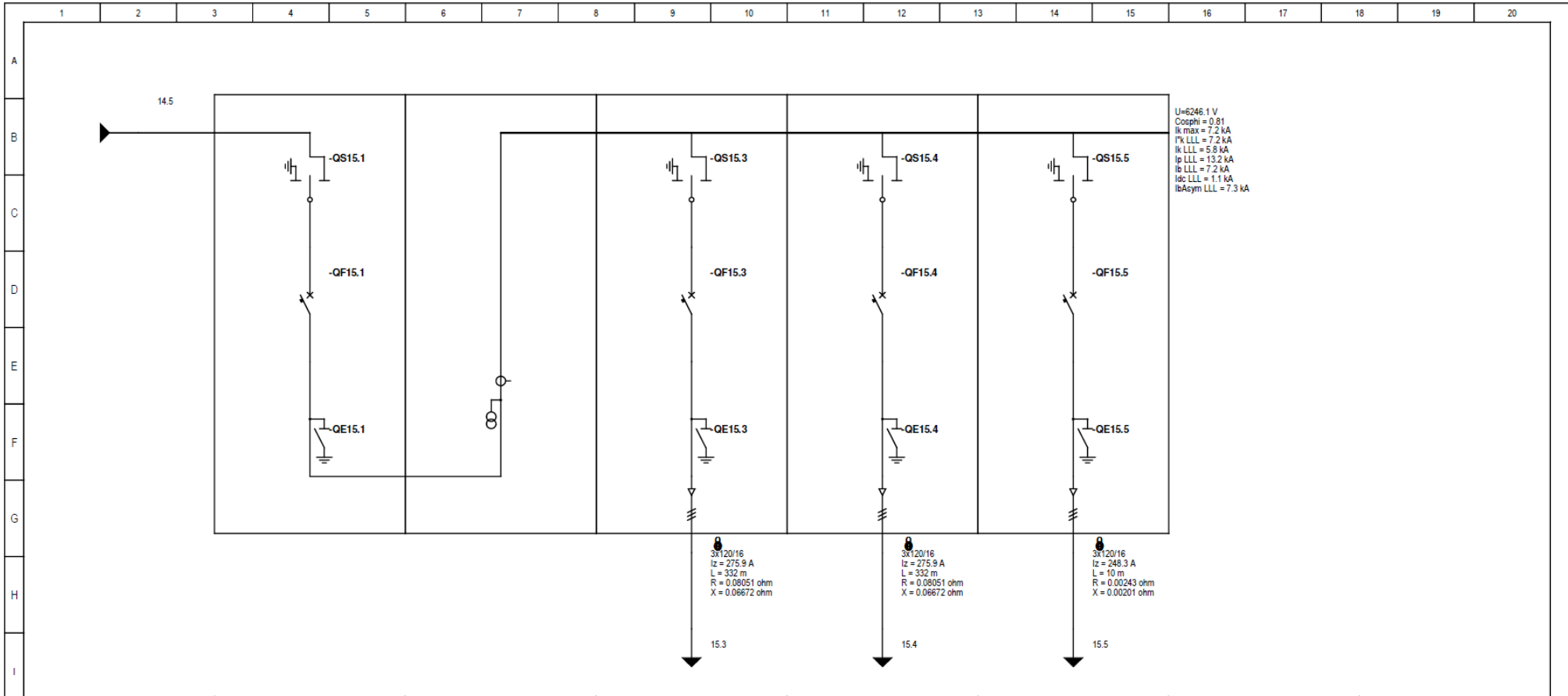
Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:		Sheet:	13
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:		Next sheet:	14
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:		Sheets:	21



U=6258.3 V
Cosphi = 0.81
Ik max = 15.3 kA
I% LLL = 15.4 kA
Ik LLL = 12.3 kA
Ip LLL = 28.2 kA
Ib LLL = 15.3 kA
Isc LLL = 2.8 kA
IbAsym LLL = 15.5 kA

Load	KYTKINLAITOS 18 KENNO 03	MUUNTAJA 18A KENNO 01	WR MYLLY KENNO 04	KYTKINLAITOS 25 KENNO 05		
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F	P1F		
Circuit breaker	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230	HD4/UniMix-R 24.06.16 P230		
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.16	SHS2/IB 24.04.16	SHS2/IB 24.04.16	SHS2/IB 24.04.16		
Earth Disconnecter	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA		
MV Fuses						
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK		
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 640A	Combisensor 240A	Combisensor 80A	Combisensor 80A		
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK		
Voltage transformer						
Cable data						
Cable type		Cu-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65		
Conductors / Screen sizes		3x(1x50)/16	3x70/16	3x185/16		
Length (m)	[m]	1	30	1180		
Ib	[A]	146.6	40.2	24.9		
Iz	[A]	257.5	145.0	351.1		
Isc max	[kA]	14.7	14.7	15.0		
Auxiliaries						

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:		Sheet:	14
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:		Next sheet:	15
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:		Sheets:	21



Load	KYTKINLAITOS 25 (LO PUMPPAAMO) KENNO 04	MUUNTAJA 25A KENNO 02	MUUNTAJA 25B KENNO 03	MUUNTAJA 25C KENNO 05
Unit type	P1F + cong.	P1F	P1F	P1F
Circuit breaker	VD4/UniMix-R 24.06.12 P230	VD4/UniMix-R 24.06.12 P230	VD4/UniMix-R 24.06.12 P230	VD4/UniMix-R 24.06.12 P230
Disconnecter or Switch-disconnector	SHS2/IB 24.04.12	SHS2/IB 24.04.12	SHS2/IB 24.04.12	SHS2/IB 24.04.12
Earth Disconnector	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA	24 kV 16 kA
MV Fuses	REF542/DK	REF542/DK	REF542/DK	REF542/DK
MV Trip unit	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK	REF542Plus/DK
Combi sensors or Current transformer	Combisensor 80A	Combisensor 240A	Combisensor 240A	Combisensor 80A
Homopolar current transformer	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK	TO - REF542/DK
Voltage transformer				
Cable data				
Cable type		Al-XLPE-65	Al-XLPE-65	Al-XLPE-65
Conductors / Screen sizes		3x120/16	3x120/16	3x120/16
Length (m)	[m]	332	332	10
I _b	[A]	91.6	91.6	45.8
I _z	[A]	275.9	275.9	248.3
I _{sc} max	[kA]	7.2	7.2	7.2
Auxiliaries				

Rev. n°1	Date:	30.11.2014	Description	Customer:	Nordkalk Oy Ab	Drawing number:
Rev. n°2	Drafter:	Risto Alatalo	6,3 kV jakeluverkosto	Project:		
Rev. n°3	Design:	Risto Alatalo	Lappeenranta	File:		
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:	Serial:		
					Sheet:	15
					Next sheet:	17
					Sheets:	21

