

PAPERITEHTAAN VALAISTUS- JA INSTRUMENTTISÄHKÖNSYÖTTÖVERKON UUSINTA

Simo Karpeeki

Opinnäytetyö
Tammikuu 2010

Automaation koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KARPEEKI, Simo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.01.2010
	Sivumäärä 37 + 33	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi PAPERITEHTAAN VALAISTUS- JA INSTRUMENTTISÄHKÖNSYÖTTÖVERKON UUSINTA		
Koulutusohjelma Automaatio		
Työn ohjaaja(t) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Toimeksiantaja(t) Metsä-Tissue Oyj MUTELI, Kai		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantona oli suunnitella uusi valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöverkko Metsä-Tissue Oyj:lle.</p> <p>Työssä perehdyttiin vanhan valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöverkon selvitykseen ja sen uudelleen dokumentointiin sekä uuden verkon suunnitteluun. Uuden sähkönsyöttöverkon suunnittelussa huomioitiin suojalaitteiden ja syöttökaapeleiden mitoitus ja valinta. Työssä esitettiin laskettu oikosulkuvirta sekä jännitehäviö ja niiden vaikutus mm. kaapeleiden poikkipinta-alaan.</p> <p>Tuloksena saatiin uuden valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöverkon hankinnassa tarvittavat dokumentit, sekä dokumentit vanhasta valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttö verkosta. Työn tuloksena syntyi projektikansio, jossa sijaitsee kaikki dokumentit projektista.</p> <p>Projektikansiota voidaan käyttää hyväksi uuden valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöverkon rakentamisen ja vanhan purkamisen yhteydessä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sähkönsyöttöverkko, suunnittelu		
Muut tiedot		



Author(s) KARPEEKI, Simo	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 27. 01.2010
	Pages 37 + 33	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title REBUILDING THE LIGHTING AND ELECTRICITY SUPPLY NETWORK AT THE PAPER MILL		
Degree Programme Automation		
Tutor(s) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Assigned by Metsä-Tissue Oyj MUTELI, Kai		
Abstract The aim of the bachelor's thesis was to design a new lighting and instrument power supply network for Metsä-Tissue Oyj. Purpose of the work was to study the report of the old lighting and instrument power_supply network and to update its documentation and to make a new design of the network. The design of the new electricity supply network took into consideration the protection of equipment and the sizing and selection of the supply cables. The work presents the calculated short-circuit current and its impact e.g. on the cable cross-section area. The result of the thesis was the necessary documents for building a new lighting and instrument power supply network, as well as documents of the old lighting and instrument power supply network. The work resulted in the project folder, where all the documents about the project are kept.		
Keywords Power Supply Network, Planning		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT	4
1.1	Metsä-Tissue Oyj	4
1.2	Opinnäytetyön tausta.....	4
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet	5
2	SÄHKÖVERKOT	6
3	MUUNTAJAT	7
3.1	Muuntajan tehtävä.....	7
3.2	Muuntajan toimintaperiaate	8
3.3	Valaistus- ja instrumenttimuuntajat	9
4	SUUNNITTELUYÖN TOTEUTTAMINEN	9
4.1	Esisuunnittelu.....	9
4.2	Perussuunnittelu	10
4.3	Toteutussuunnittelu	11
5	SÄHKÖNSYÖTTÖLÄHDÖN SUUNNITTELU	11
5.1	Nimellisvirta	12
5.2	Selektiivisyys	12
5.3	Suojalaitteiden mitoitus	13
6	KAAPELIEN MITOITUS.....	16
6.1	Korjauskertoimen käyttäminen	17
6.2	Johtimen poikkipinnan valinta.....	18
6.3	Jännitteen alenema	19
6.4	Oikosulkuvirta	20
7	UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN ESISUUNNITTELU	23
7.1	Muuntajien fyysinen sijainti ja pääkeskukset.....	24
7.2	Muuntajien syötön selvittäminen	24

7.3	Valaistus- ja instrumenttisähkösyöttöjärjestelmä	25
7.4	Vanhojen tietojen dokumentointi.....	25
7.5	Vanhojen keskusten nimellisvirrat.....	26
7.6	Uuden pääkeskuksen lähtöjen suunnittelu	26
7.7	Varasyötön suunnittelu	28
8	UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN PERUSSUUNNITTELU	29
8.1	Lähdön suojauksen valinta	29
8.2	Kaapeleiden mitoitus ja valinta	30
8.3	Jännitteen aleneman ja oikosulkuvirran määrittäminen	31
8.4	Varasyötön valinta	32
8.5	Ryhmäkeskusten ja kaapeleiden merkitseminen	32
9	UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN TOTEUTUSSUUNNITTELU	33
9.1	Kaapeleiden asennus.....	33
9.2	Materiaalikustannukset.....	34
9.3	Työkustannukset	34
9.4	Kokonaiskustannukset.....	35
10	PROJEKTIKANSIO.....	35
11	OMAT PÄÄTELMÄT.....	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET.....	38
	Liite 1 Vanhan järjestelmän CAD-kuvat	38
	LIITE 2 Uusien keskusten suunnitelmat ja CAD-kuvat	51
	LIITE 3 Lähtöjen mitoitus.....	57

KUVIOT

KUVIO 1. Suomen kantaverkko (Energiateollisuus 2008)	6
KUVIO 2. Muuntajan toimintaperiaate (Fingrid 2010)	8
KUVIO 3. Valmistajan virta-aikakäyrä kahvasulakkeella (ABB 2009)	16

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Vaaditut oikosulkuvirrat (NSS 2009)	15
TAULUKKO 2. ABB:n suosittuimmuuskaapelit (Kolmannen yliaallon opas 2009, 12) .	19
TAULUKKO 3. Muuntajien mitoitustiedot (Sähkötieto 1999)	21

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Metsä-Tissue Oyj

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Mäntässä sijaitseva tiivis- ja pehmopaperivalmistaja Metsä-Tissue Oyj.

Apteekkari Gustaf Adolf Serlachius perusti vuonna 1869 Mänttään puuhiomon, jonka toimiala laajeni vuosina 1881–1882 paperinvalmistukseen, yrityksen hankkiessa kaksi paperikonetta. Vuonna 1976 tehtaan toimintaan lisättiin keräyspaperin hyödyntäminen, jolloin tehtaalle rakennettiin musteenpoisto- eli siistauslaitos.

Vuonna 2009 tehtaassa oli yhteensä viisi paperikonetta, joista kaksi tuotti tiivispaperia ja kolme pehmopaperia. Lisäksi kaksi tehdasalueella sijaitsevaa siistausmassatehdasta valmistivat pehmopaperissa käytettävää raaka-ainetta. Näiden lisäksi samassa yhteydessä toimi tehtaan oma jalostuslaitos, jossa tuotettiin valmiiksi jalostettuja myyntiin meneviä tuotteita kuten WC-, talous-, nenäliina- ja leivinpaperia.

Mäntän paperitehdas toimi vuonna 2009 Metsä-Tissue Oyj:n alaisuudessa, johon oli päädytty monien eri fuusioitumisvaiheiden kautta. Metsä-Tissue Oyj kuului osana metsäliitto-konserniin ja yritykseen kuului pehmopaperitehtaita Mäntän lisäksi Puolassa, Ruotsissa, Saksassa ja Slovakiassa. Tiivispaperia valmistettiin ainoastaan Mäntän tehtaalla. Metsä-Tissuella työskenteli vuonna 2009 yhteensä 3222 henkilöä, joista 601 Mäntän tehtaan palveluksessa. Tunnetuimpia Metsä-Tissuen tuotemerkkejä olivat Serla, Lambi, Fasana, Katrin, Saga ja suomessa harvinaisemmat Tento ja Mola.

1.2 Opinnäytetyön tausta

Mäntän paperitehtaan automaatio- eli instrumenttilaitteiden sekä valaistuksen sähkönsyötössä käytettiin 400V:n jännitettä. Tämä jännite muunnettiin 20 000 V jännitteestä monien eri jännitemuunnosten kautta. Jännitemuunnokset tapahtuivat seuraavalla tavalla: 20 000V muunnettiin 3 000V:ksi päämuuntajalla, 3 000V muunnettiin

500 V:ksi jakelumuuntajalla ja 500V muunnettiin 400V:ksi valaistus- /instrumenttimuuntajalla.

Tehtaalla haluttiin päästä eroon pienistä valaistus- ja instrumenttimuuntajista, jotka sijaitsivat ympäritehdasta olevissa sähkökeskuksissa tai niiden läheisyyksissä. Muuntajia oli yhteensä 14 kpl ympäri tehdasta. Muuntajien sijaintia ei löytynyt dokumenteista eikä muuntajien syöttö- ja lähtötietoja ollut dokumentoitu.

Sähkönsyöttöjärjestelmät haluttiin keskittää tiettyyn paikkaan, josta sähköä jaetaan käyttökohteisiin, jolloin vikatilanteessa syöttölähdön löytäminen ja korjaus helpottuivat huomattavasti. Uusien dokumenttien valmistaminen oli ehdoton edellytys toimivan järjestelmän takaamiseksi.

Valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöön haluttiin uusi suunnitelma, jossa jännite muunnettaisiin uudelleen 20 000V:sta suoraan 400V:n suuruiseksi. Näin ollen muuntajien syöttämien valaistus- ja instrumenttipääkeskusten syöttölähdöt ja -kaapelointi täytyi uusiksi. Uuteen suunnitelmaan haluttiin lisätä vikatilanne ratkaisu, jossa huomioidaisiin mahdollisen pääkeskuksen syöttövian sattuessa käytettävä varasyöttöratkaisu.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin toimivan sähkönsyöttöpiirin suunnittelu pääkeskukselta lähtien. Pääkeskuksen lähdöt ja niiden suunnittelu kuuluivat tavoitteisiin, mutta erillistä päämuuntajan ja pääkeskukselle tulleen syötön suunnittelua ei liitetty tähän työhön, sillä sen suunnittelu siirrettiin muuntajan toimittajan harteille. Muuntajan kokoluokan valitseminen kuului työn tavoitteisiin.

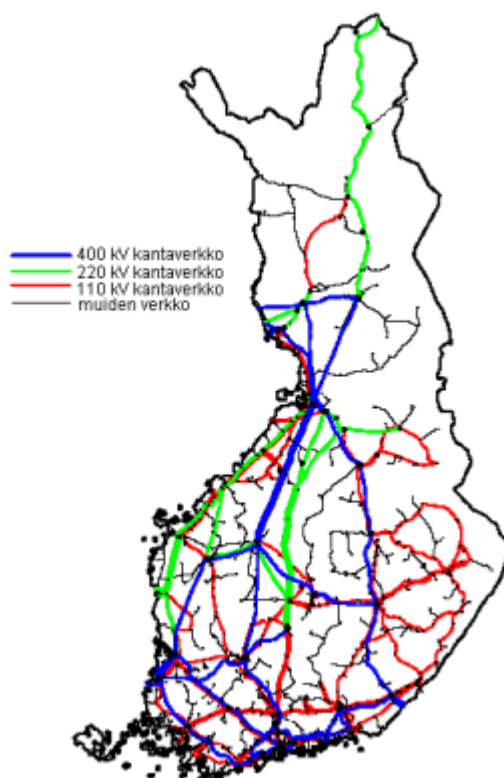
Suunnittelun osalta opinnäytetyön tavoitteiksi asetettiin esi- ja perussuunnittelu, sillä suunnittelun toteutusaikataulua ei ollut tiedossa. Tästä syystä toteutussuunnittelua ei voitu käytännössä toteuttaa loppuun saakka. Toteutussuunnittelun tavoitteeksi asetettiin kaapeleiden asentamisohjeet sekä pieni kustannusarviolaskenta. Näiden

lisäksi tavoitteena oli luoda projektikansio, jossa on dokumentit vanhasta järjestelmästä sekä uuden järjestelmän dokumentit ja laitetiedot.

Opinnäytetyön tekijän tavoitteeksi asetettiin oppia käsittelemään suuremmalla sähköllä toimivien laitteiden suunnittelua kuin mitä yleisesti automaatioalalla on käytössä, tutustua automaatioinsinöörin tehtäviin paperitehdasympäristössä ja oppia suunnittelun eri työvaiheiden merkitys.

2 SÄHKÖVERKOT

Sähkön siirtäminen tuotetusta paikasta kuluttajalle sisältää monia jännitetasoja. Jännitetasoista käytetään eri nimityksiä niiden suuruusluokan mukaan. Suurjännitteeksi kutsutaan 110 000-400 000 voltin syöttöä, keskijännitteeksi määritellään 1 000-70 000 voltin syöttöä ja pienjännitteeksi tavallisissa asuinrakennuksissakin käytettävää alle 1000 voltin järjestelmää. Tämän lisäksi on vielä määritelty pienoisjännite, mitä on alle 50 voltia vaihtosähköä tai alle 120 voltia tasasähköä.



KUVIO 1. Suomen kantaverkko (Energiateollisuus 2008)

Sähkösyöttö jaetaan kantaverkkoon, alueverkkoon ja jakeluverkkoon. Suomessa käytetään kantaverkossa 400 kV, 220 kV ja 110 kV suuruista jännitettä. Kantaverkosta otetaan sähköä alueverkkoihin, jotka toimivat 110 kV jännitteellä. Jakeluverkon sähkö muunnetaan alueverkosta ja jakeluverkon jännitteenä käytetään normaalisti 20 kV, 10kV, 1kV ja 400 V jännitteitä.

Kuluttajat vaativat käyttöönsä tietyn määrän sähkötehoa, mikä määräytyy karkeasti ajateltuna kertomalla jännite ja virta keskenään. Jotta kuluttajan vaatimaa tehoa voidaan syöttää järkevästi, on syöttötavaksi valittu korkea jännite ja pieni virta. Toisena vaihtoehtona olisi suuri virta ja pieni jännite, mutta tällöin ilmassa olevat kaapelit olisivat erittäin paksuja kaapelissa aiheutuvan jännitehäviön takia. Käyttämällä korkeaa jännitettä sähkötehoa voidaan siirtää kohtuullisen pienillä johtimilla pitkiäkin matkoja.

Suurjännite siirretään ulkoilmassa avojohtimin, mutta keskijännitettä pyritään nykyisin siirtämään mahdollisimman paljon maajohtoina tai ainakin suojattuna kaapelina. Verkostossa on jatkuvasti käynnissä saneeraustyöt ja luonnonilmiöt aiheuttavat helposti ongelmia sähkönjakeluun.

3 MUUNTAJAT

3.1 Muuntajan tehtävä

Jotta sähköverkkoa voidaan hyödyntää parhaimmalla mahdollisella tavalla, niin teknisesti kuin taloudellisesti, on jännitetasoa usein tarve muuttaa. Jännitetason muuttamisessa käytetään muuntajaa. Muuntaja on sähköverkossa oleva laite jonka avulla siirretään sähköenergiaa kahden eri vaihtosähköpiirin välillä.

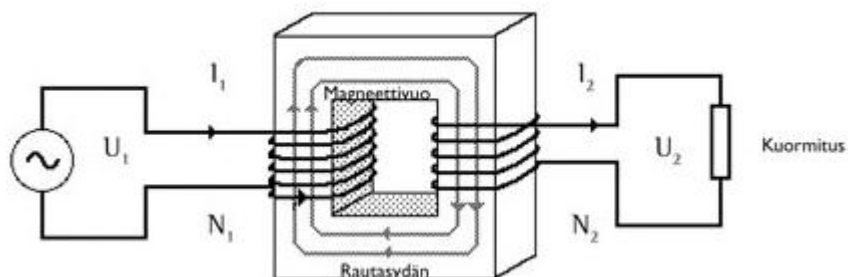
Tavallinen kuluttaja käyttää normaalisti pienjännitettä, jota sähkölaitos myy kuluttajalle. Aivan kuten kanta- ja alueverkoissakin, on myös jakeluverkossa järkevää tuoda sähköä suuremmalla jännitteellä lähelle kuluttajaa. Kuluttajan läheisyydessä keski-

jännite muunnetaan muuntajalla kuluttajan käyttämäksi pienjännitteeksi, jolloin kaapelointikustannukset pienenevät ja kuluttajan sähkönlaatu paranee.

Teollisuudessa on käytössä hyvinkin paljon erilaisia ja eri tarkoituksiin soveltuvia muuntajia. Yhden teollisuuslaitoksen jännitetasojen vaatimukset saattavat vaihdella hyvinkin paljon eri kohteissa. Teollisuuslaitoksessa voi olla käytössä esimerkiksi keski- ja pienjännitemoottoreita, jolloin tarvittavat jännitteet muunnetaan laitoksen omilla muuntajilla. Yleisimmin teollisuudessa on käytössä 400V, 500V tai 690V jännitetasot, jotka muunnetaan laitoksen omilla muuntajilla. Normaalisti teollisuuslaitokselle syötetään jakeluverkosta 20kV, 45kV tai 110kV suuruista jännitettä, josta laitos muuntaa omiin tarpeisiinsa sopivaa sähköä itse.

Muuntajien muuntosuhde merkitään yleensä muutettava jännite suhteessa muutettuun jännitteeseen, eli muunnettaessa 20 kV jännite 400V suuruiseksi niin käytetään ilmaisuja 20/0,4 kV.

3.2 Muuntajan toimintaperiaate



KUVIO 2. Muuntajan toimintaperiaate (Fingrid 2010)

Muuntajassa on käyttötarkoituksesta riippuen rauta-, ferriitti- tai ilmasydän. Sydän jaetaan kahteen osa-alueeseen, ensiö- ja toisiopuoleen. Molemmille puolille kääritään haluttu määrä johtavaa käämilankaa. Muuntajan muuntosuhde riippuu ensiö- ja toisiopuolelle käärittyjen käämilankakerrosten suhteesta. Häviöttömässä muuntajassa ensiö- ja toisiökäämilankakerrosten suhde on samansuuruinen ensiö- ja toisiojännitteen muuttumisen suhteen.

Ensiöpuolelle syötetään muutettava vaihtojännite, mikä syöttää ensiökäämin läpi vaihtovirran. Vaihtovirta synnyttää sydämeen vaihtuvan magneettivuon. Magneettivuo aiheuttaa sydämen toisessa osa-alueessa käämittyyn toisiokäämiin jännitteen, jota kutsutaan toisiojännitteeksi. Kun muuntajan toisipuoleen liitetään kuormaa, niin toisiojännite synnyttää kuorman läpi kulkevan virran. (ks. Ahoranta J. 2005, 291-307)

3.3 Valaistus- ja instrumenttimuuntajat

Tässä työssä käsiteltävät muuntajat muunsivat vaihtosähköä 500V suuruudesta 400V suuruiseksi. Muuntajien merkintä oli tällöin 500/400V ja muuntosuhde n. 1,25. Työssä käsiteltävät valaistusmuuntajat olivat teholuokaltaan 300-315kVA, jolloin ensiövirraksi saatiin 346-364A ja toisiovirraksi 435-455A. Instrumenttisähkömuuntajat olivat teholuokaltaan huomattavasti pienempiä 20-64kVA muuntajia, jolloin ensiövirrat olivat välillä 23–72,7A ja toisovirrat 29–95,7A.

4 SUUNNITTELUTYÖN TOTEUTTAMINEN

Suunnittelutyö jaetaan kolmeen eri osaan: esisuunnitteluun, perussuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. Mitä paremmin edeltävän vaiheen tekee, sitä helpommaksi toisen vaiheen tekeminen tulee. Suunniteltaessa pitäisi pyöritellä vastauksia kysymyksiin mitä toteutetaan, miksi toteutetaan ja miten toteutetaan. Mitä useammin pystyy keksimään aiheeseen liittyvän kysymyksen, sitä varmemmin on käynyt kaikki mahdolliset ongelmatilanteet läpi. Hyvä suunnitelma on toimiva kokonaisuus, selkeä, taloudellinen, dokumentoitu riittävästi ja nimenomaan tilattuun kohteeseen tehty suunnitelma, joka antaa tekijälle maksimaalisen tiedon kohteesta.

4.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelu on suunnittelun ensimmäinen vaihe. Esisuunnittelu on lähtökohtana koko suunnitelmalle ja sitä käytetään apuna mm. tarjouslaskennassa. Esisuunnittelu-vaihe on selvittelyä ja tutkimista kohteesta ja sen vaatimuksista. Tavoitteena esi-

suunnittelussa on antaa riittävän kattava tekninen ja taloudellinen tieto suunnittelu-päätöstä varten.

Esisuunnittelussa huomioidaan ympäristöasiat, luvat, prosessisuunnittelu, sijoitus-suunnittelu ja kustannusarviot. Prosessisuunnittelussa kuvataan tulevaa prosessia, tehdään alustavia laitevalintoja, lohkokaaevioita ja alustavia laitemitoituksia. Kuitenkaan esisuunnitteluvaiheessa ei tarvitse päättää laitteen viimeisintä mitoitusta tai valmistajaa. Sijoitussuunnittelussa nähdään sopiiko tuleva laitteisto jo olemassa ole-viin tiloihin vai tarvitseeko rakentaa uutta tilaa. Kaikki nämä suunnittelun osa-alueet helpottavat kustannusarvion tekemisessä ja se edesauttaa tarjouksen tekemistä.

Valmiissa esisuunnitteludokumentissa ilmenee prosessin toimintakuvaus, materiaali-virtaluettelo, prosessin virtauskaaviot ja laiteluettelot, alustavat layout piirustukset, kustannusarviot ja käyttäjän vaatimukset kohteesta riippuen.

4.2 Perussuunnittelu

Kun suunnittelu päätetään toteuttaa, alkaa suunnittelun tärkein vaihe eli perussuun-nittelu. Perussuunnittelussa syvennyttään esisuunnittelussa esitettyihin tietoihin. Pe-russuunnitteluvaiheessa alkaa teknisen tiedon kaivaminen ja fyysisten ominaisuuksi-en tutkiminen. Tässä vaiheessa suunnittelua selvitetään prosessin todelliset virtauk-set, laitteiden lopullinen mitoitus, PI-kaavion laadinta, laitteiden sijoituspaikan suun-nittelu, automaatio- ja instrumenttisuunnittelu, sähkösuunnittelu ja rakennus- sekä LVI-suunnittelu.

Perussuunnittelussa lasketaan ja mitoitetaan kaikki mahdollisimman tarkoilla tiedoil-la ja dokumentoidaan valmiiksi dokumenteiksi. Tässä vaiheessa määritellään tarvitta-vat laitteet ja niiden mitoitus suunnitellaan vastaamaan prosessin tarpeita. Perus-suunnittelua helpottaa huomattavasti esisuunnittelussa huolellisesti tehdyt kuvauk-set prosessin toiminnasta.

Perussuunnittelussa päämääränä on tuottaa mahdollisimman paljon tietoa kohteesta ja jokainen toiminto tulee suunnitella tarkasti, sillä perussuunnitelman pohjalta ale-

taan tehdä toteutussuunnitelmaa, jossa ei enää mielellään aloiteta mitoittamaan laitteita uudelleen.

4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa aletaan suunnitella jo valmiiksi suunnitellun kokonaisuuden toteuttamista. Tässä vaiheessa tekniset tiedot ja laitetiedot pitää olla valmiina, jotta voidaan suunnitella tietyn laitteen hankkimista ja näin tiedetään mitä vaatimuksia laitteella on. Toteutussuunnitelma vaiheessa hankitaan myös aiemmissa suunnittelun vaiheissa todetut tarvittavat luvat ja ympäristövaatimukset.

Kaapeleiden valinta ja kaapelireittien suunnittelu kuuluvat toteutussuunnittelun piiriin. Näiden lisäksi sähkölähtöjen ja muuntamoiden kytkentädokumentit tehdään toteutussuunnittelun aikana. Toteutussuunnittelussa käydään läpi koko rakentamisprosessi, jotta kaikki tarvittavat toimet ovat valmiiksi suunniteltu ja näin ollen toteuttaminen onnistuu syntyneillä dokumenteilla.

Toteutussuunnittelu on viimeinen mahdollisuus korjata mahdolliset laite- tai prosessimitoituksen virheet. Tässä suunnitteluvaiheessa siis varmistetaan mitä on tullut tehtyä ja onko aikaan saatu suunnittelu alkuperäisen idean mukainen.

5 SÄHKÖNSYÖTTÖLÄHDÖN SUUNNITTELU

Sähkönsyöttölähdön suunnittelussa on otettava tarkasti huomioon syötettävän kohteen sähkötekniisiä tietoja. Syötettävästä kohteesta pitää selvittää kohteen nimellisteho ja nimellisvirta, jotta voidaan suunnitella sähkölähdön koko, suojalaitteet ja kaapelien mitoitus. Lähdön on kestettävä normaalin kuormituksen aikana syntyvät sähkövoimat, sekä huomioitava mahdolliset vikatilanteet.

Vikatilanteissa sähkövirta saattaa nousta moninkertaiseksi ja näin ollen lähtöjen suojaukset, syöttökaapelit ja fyysinen kesto pitää mitoittaa oikein. Vikatilanteessa suurimmat ongelmat tulevat suuresta virrasta ja äkillisestä lämpötilan noususta.

5.1 Nimellisvirta

Sähkösyöttölähtöjen suunnittelun peruskivenä on tietää suunniteltavan kohteen nimellisvirta. Nimellisvirta kertoo kohteen jatkuvan virtakestoisuuden eli on kohteen jatkuvassa käytössä vahingoittumattomana kestävä virran tehollisarvo. Suojalaitteiden, kaapeleiden ja keskusten tulee siis kestää aina kohteen nimellisvirta. Kohteen todellinen käyttövirta on usein nimellisvirtaa pienempi.

Nimellisvirtaa käytetään mitoituksen virtana, mutta usein lopullinen mitoitusvirta on nimellisvirtaa suurempi, sillä mitoituksessa käytettävään nimellisvirtaan lisätään monesti korjauskertoimia, kohteen sijainnin ja olosuhteiden mukaan. Kertoimiin vaikuttaa kohteen etäisyys syöttölähdöstä, lämpötila, eristeet ja muut häiriötekijät.

5.2 Selektiivisyys

Suojattavan kohteen ja sähkölähdön välillä on huomioitavaa selektiivisyys. Selektiivisyyden avulla vikakohde voidaan paikantaa helpommin ja kohde on ainoa joka kärsii vikatilanteesta aiheutuvasta jännite- ja virtakatkosta.

Selektiivisyydellä tarkoitetaan suojattavan kohteen porrasmaista suojausta. Kun kohteessa tapahtuu oikosulku, niin on kohdetta lähimmän suojalaitteen toimittava ensimmäisenä. Näin vika-alue rajoittuu ainoastaan kohteen oman suojalaitteen alueelle.

Omakotitaloissa käytetään erikokoisia sulakkeita selektiivisyyden saavuttamiseksi. Talossa jossa on 25A pääsulake, lähtee nousujohto sulakkeelta pääkeskukselle tai pääsulake sijaitsee pääkeskuksessa. Pääkeskuksella syöttö jaotellaan ryhmiin, joihin asennetaan ryhmän vaatimuksen mukainen sulake. Jotta talossa saadaan aikaan kunnollinen selektiivisyys, suositellaan suurimman ryhmäsulakkeen olevan enintään 16A, jolloin selektiivisyys toteutuu kunnolla. Selektiivisyyden kannalta pidetään nyrkkisääntönä kahden sulakekoon sääntöä. Tällöin sähköpiirissä olevaa syöttävää sulaketta seuraava sulake pitää olla vähintään kaksi kokoluokkaa pienempi sulake.

Tällöin esimerkiksi saunan kiuas on suojattu 16A ryhmäsulakkeella. Jos kiukaassa tapahtuu oikosulku, niin tällöin 16A ryhmäsulake palaa, jolloin se toimii ensimmäisenä suojalaitteena. 25A pääsulake säilyy ehjänä ja näin ollen muille ryhmille saadaan sähköä ja ainoastaan kiukaan ryhmä on sähkötön. Jos saunan kiukaan ryhmäsulakkeena olisi ollut 20A sulake, niin olisi voinut käydä siten että pääsulake olisikin toiminut nopeammin ja näin koko talosta olisi hävinnyt sähköt.

Selektiivisyyden parantamisen vuoksi SFS 6000-standardi määritteli vuonna 2009 käyttöön otettavaksi vikavirtasuojauksen. 30 mA vikavirtasuojaus asennetaan kaikkiin pistorasioihin, joita maallikko voi käsitellä.

5.3 Suojalaitteiden mitoitus

Sähkönsyöttölähdön suojalaitteina käytetään yleisesti sulakkeita, johdonsuojakatkaisijoita ja katkaisijoita. Tässä työssä käytettiin suojalaitteena kahvasulakkeita, joten suojalaitteen mitoituksessa keskityttiin sulakesuojaukseen.

Sulakkeen mitoittamisessa on tiedettävä kohteen kuluttama virta. Jos kohteesta tiedetään sen nimellisvirta, niin mitoituksessa käytetään sitä. On kuitenkin mahdollista että kohteen nimellisvirta on huomattavan paljon suurempi kuin todellinen käytössä oleva virta. Tällöin on laskettava tai mitattava kohteen kuluttama virta ja sen mukaan valitaan sulake. Tällaisia tapauksia ovat mm. sähkökeskusten syöttöjen mitoitukset, sillä niissä on monesti varattuna suurempi nimellisvirtakestoisuus kuin mitä todellinen virta sen hetkiseen tarpeeseen on tai tulee olemaan. Näin keskuksissa on hivener kasvuvaraa, jolloin tulevaisuudessa joudutaan tarvittaessa suurentamaan keskuksen lähtösulaketta.

Kohteessa, jossa on nimellisteholtaan 10 000 W kolmivaiheinen sähkölaite, tehoker-toimella 1,00, kulkee 14,4 A suuruinen sähkövirta. Näin ollen suojaavaksi sulakkeeksi valitaan 14,4 A lähin suurempi sulake eli 16 A sulake, jotta sulake kestää normaalin 14,4 A virran, mutta palaa tarvittavalla nopeudella. Kahvasulakkeet, joita tässä työssä käytettiin, ovat nimellisvirta kokoluokiltaan 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A, 35A,

40A, 50A, 63A, 80A, 100A, 125A, 160A, 200A, 224A, 250A, 300A, 315A, 355A, 400A, 425A, 450A, 500A, 630A, 800A, 1000A ja 1250A.

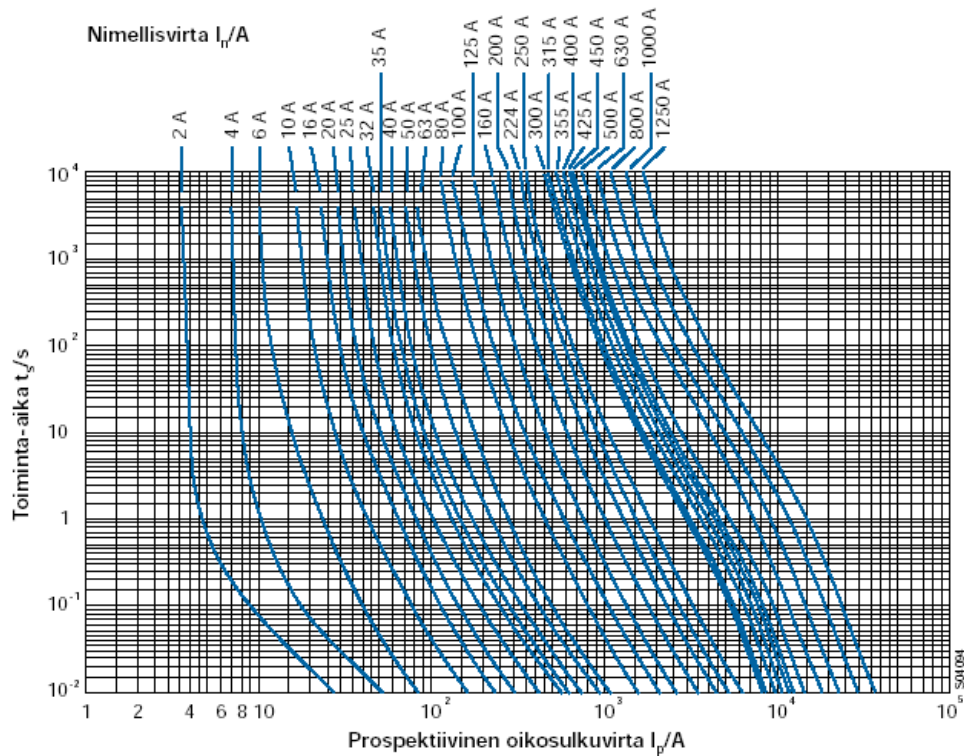
Sulakkeiden tärkeä ominaisuus on toiminta-aika, jolla sulake katkaisee sähkövirtapiirin toiminnan. SFS 6000-standardin mukaan sulakkeen on toimittava 0,4s tai 5,0s laukaisuajalla tietyllä virta-arvolla. Jos ihminen on kohteen normaali käytön aikana kosketuksessa tai muuten altistuu kosketukselle kohteeseen, niin käytetään 0,4s laukaisuajan vaatimusta oikosulkuvirralla. Jos ihminen ei ole välittömässä kosketusetaisyudessa kohteeseen, esimerkiksi keskuksen syöttösulake, niin voidaan käyttää 5,0s laukaisuajan vaatimusta oikosulkuvirralla. Sulakkeen valinnassa on tiedettävä käytettävä laukaisu aika-arvo.

Sulakkeen toiminta-ajan varmistus saadaan oikosulkuvirran mukaan. Oikosulkuvirta voidaan joko mitata kohteessa tai laskea käsin. Lasketun oikosulkuvirran ollessa 50A valitaan sulakkeeksi (ks. taulukko 1) 0,4s laukaisuajalla korkeintaan 6A suuruinen sulake, kun 5,0s laukaisuajalla valitaan korkeintaan 10A suuruinen sulake, mikä ei toimi vielä 0,4 s aikana. Jos oikosulkuvirta on mitattu 50 A suuruiseksi, niin joudutaan 0,4 s laukaisuajalla valitsemaan korkeintaan 4 A sulake ja 5,0 s korkeintaan 6 A sulake.

TAULUKKO 1. Vaaditut oikosulkuvirrat (NSS 2009)

Sulakkeiden nimellisvirta A	Laukaisuaika	
	0,4 s	5,0 s
	Laskettu arvo / mitattu arvo	Laskettu arvo / mitattu arvo
2	16 / 20	9 / 12
4	32 / 40	18 / 23
6	46,5 / 58	28 / 35
10	82 / 103	46,5 / 58
16	110 / 138	65 / 81
20	145 / 180	85 / 105
25	180 / 225	110 / 138
32	270 / 340	165 / 210
35	290 / 365	175 / 220
40	315 / 395	190 / 240
50	470 / 590	250 / 315
63	550 / 690	320 / 400
80	840 / 1050	425 / 530
100	1000 / 1250	580 / 725
125	1450 / 1800	715 / 895
160	1600 / 2000	950 / 1190
200	2100 / 2625	1250 / 1560
250	2800 / 3500	1650 / 2065
315	3700 / 4625	2200 / 2750
400	4800 / 6000	2840 / 3550
500	6400 / 8000	3800 / 4750
630	8500 / 10625	5100 / 6375

Sulakkeiden valmistajat ilmoittavat sulakkeiden toiminta-ajat prospektiivisen oikosulkuvirran suhteen (ks. kuvio 4) kuviolla, mitä kutsutaan virta-aikakäyräksi. Virta-aikakäyrästä saadaan tietoon kyseisen sulakkeen toiminta-ajan mukaiset oikosulkuvirrat. Jos halutaan tietää sulakkeen oikosulkuvirta 2s toiminta-ajalla, niin se on nähtävissä käyrästä.



KUVIO 3. Valmistajan virta-aikakäyrä kahvasulakkeella (ABB 2009)

6 KAAPELIEN MITOITUS

Kaapelien mitoittaminen on yksi tärkeimmistä ja monimutkaisimmista tehtävistä sähkösyöttölähdön suunnittelussa. Oikean kokoinen kaapeli takaa sähkövirran kulkemisen ilman ylimääräistä vastusta ja varmistaa suojalaitteiden toiminnan. Kaapelien mitoittamiseen vaikuttaa moni eri tekijä. Kaapelia mitoitettaessa on huomioitava syötettävän virran suuruus, kaapelin pituus, ympäristön lämpötila, asennustapa, mekaaninen kestävyys, läheisyydessä olevat toiset kaapelit ja kaapelin materiaali. Kohteen oikosulkuvirta asettaa myös kaapelille ominaisuuksia, joskin hyvä oikosulkuvirta voi antaa luvan käyttää laskettua pienempää kaapelia.

Väärin mitoitetun kaapelin yleisimmät ongelmat ovat jännitehäviö ja lämpötilan nousu. Jännitehäviössä kaapelin vastus eli resistanssi kasvaa niin suureksi, että kaapelin syöttöjännite on kohteessa useita kymmeniä voltteja pienempi kuin syöttölähdössä. Sallittu jännitehäviö on kohdekohtainen ja suositeltava jännitehäviö SFS 6000–525 mukaan on alle 4 % liittymispisteestä kulutuskojeelle (ks. Virtuaali ammattikorkeakou-

lu 2008, Jännitteen alenema). Lämpötilan nousu saattaa pahimmillaan johtaa tulipalloon, jolloin tulee myös aineellisia vahinkoja. Lämpötilan nousu onkin yksi teollisuuden kaapeleiden suurimpia ongelmia, sillä ajan saatossa kaapeleiden kuormituksia lisätään huomioimatta niiden suunniteltua kuormitusta.

Yksinkertaisessa kaapelin mitoittamisessa lähtökohtana on tietää kaapelin jatkuva kuormitusvirta, joka huomioidaan suojalaitteen mitoitusvirran suuruudesta. Kaapelin mitoituksessa käytetään neljää virtatietoa, mitkä ovat piirin suunniteltu virta, suojalaitteen mitoitusvirta, kaapelin jatkuva kuormitusvirta ja virta joka määrittelee suojalaitteen toimimisen määritellyssä toiminta-ajassa. Suojalaitteen määritellyn toiminta-ajan ilmoittaa suojalaitteen valmistaja.

Pääsääntönä pidetään, että piirin virta tulee olla pienempi kuin suojalaitteen mitoitusvirta ja suojalaitteen mitoitusvirta on pienempi kuin kaapelin kuormitettavuusvirta. Näin ollen kaapeli ei kuormitu liikaa tulevassa normaalikäytössä. Suojalaitteen toiminta-aikavirta on 1,45 kertaa suurempi kuin kaapelin kuormitusvirta. Yli 10A kahvasulakkeilla ylempi toiminta-ajan rajavirta on 1,6 kertaa suojalaitteen mitoitusvirta. Näin ollen kaapelin kuormitusvirta voidaan laskea suojalaitteen mitoitusvirran avulla. (ks. Virtuaali ammattikorkeakoulu 2009, mitoitusvirta)

Olkoon mitoituksessa käytettävä esimerkki laite 400V pääjännitteellä toimiva kolmivaiheinen sähkölaite, jonka teho on 15 kW ja tehokerroin 0,92. Etäisyys syöttölähtöön olkoon 75m. Tällöin moottorin virraksi saadaan 23,5A.

Kyseisen laitteen suojalaitteena toimivan kahvasulakkeen nimellisvirraksi määräytyy 25A, niin kuormitusvirraksi saadaan $25A * 1,6 / 1,45 = 27,59A$. Näin ollen kaapelin jatkuva kuormitusvirta tulee olla vähintään 27,59 A.

6.1 Korjauskertoimen käyttäminen

Kuormitusvirran lisäksi kaapelin suunnittelussa on huomioitava asennustapa, lämpötila ja kaapelin etäisyys muista kaapeleista. Jokaiselle tekijälle on määritelty SFS 6000-standardissa oma korjauskerroin erillisessä korjauskerroin taulukossa. Korjaus-

kertoimen tarkoituksena huomioida asennuksessa olevat rasitteet kaapelille ja näin kaapelin kuormituskestoisuuteen vaikuttaa kyseiset rasitteet.

Asennettakoon yllä oleva kaapeli tikaskaapelihyllylle ainoana kaapelina, 40 asteen lämpötilaan. Näin asennustavaksi tulee taulukoiden mukaan E monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa (SFS 6000 2007, taulukko 5-52). Ilman lämpötilan, 40 astetta, mukainen korjauskerroin on taulukon (SFS 6000 2007, taulukko 52-14) mukaan 0,82 PVC-eristeisellä kaapelilla. Kaapelihyllylle asennuksen korjauskerroin on taulukon (SFS 6000 2007, taulukko 52-20) mukaan 1,00. Näin kokonaiskorjauskertoimeksi saadaan $0,82 \cdot 1,00 = 0,82$.

Nyt voidaan laskea suojalaitteen ja asennuksen mukaan määritelty kaapelin jatkuvan kuormituksen kesto $27,59A/0,82 = 33,65A$. On huomioitavaa, että kaapelin korjauskertoimet ovat valittu PVC-eristeisen kaapelin mukaan, joten kohteessa on käytettävä kyseisen eristyksen omaavaa kaapelia.

6.2 Johtimen poikkipinnan valinta

Johtimen poikkipinnan valintaa ennen valitaan haluttu kaapelimateriaali, eli käytetäänkö kupari vai alumiini kaapelia. Kuparikaapelin hyötynä on samalla mitoitusvirralle pienempi poikkipinta-ala kuin alumiinikaapelissa, mutta alumiinikaapeli on hinnaltaan halvempi. Yleensä kuparikaapeli valitaan pienille virroille ja suurille virroille valitaan alumiini kaapeli edullisuutensa vuoksi, sillä mitä suurempi poikkipinta-ala on, sitä suurempi hintaerokin kaapeleiden kesken on.

Yllä laskettu mitoitusvirta 33,65A on vielä niin pieni virta kaapeleille, jotta on järkevää valita kuparikaapeli. Kaapelin johtimen nimellinen poikkipinta valitaan taulukosta (SFS 6000 2007, taulukko A52-4) asennustavan E mukaisesti. Taulukossa oleva johtimen kuormitettavuus on oltava suurempi kuin mitoitusvirta, joten valitaan johdin poikkipinnaksi 4 mm^2 . Valitun kaapelin johtimen poikkipinta-alan kuormitettavuus on 36 A. Kaapelin toimittajalla on oma suosituimmuus taulukko, josta voidaan valita halutulle poikkipinta-alalle kaapelin edullisin malli. Yllämainitulla poikkipinnalla ABB:n taulukko (ks. TAULUKKO 2) suosittelee käytettäväksi kaapeliksi MCMK 3x6+6

kaapelia, jos tarvitaan nollajohdin, niin kaapeliksi valitaan MCMK 4x6+6. Näin valmistaja suosittelee 6mm² johdin poikkipintaa kaapelissa. Valmistajan suositukset ovat edullisimpia, koska kyseistä kaapelimallia valmistetaan normaalisti suuria määriä ja näin ei tarvitse erikseen tilata kalliimpaa 4mm² kaapelia, jota valmistetaan pienempiä määriä.

TAULUKKO 2. ABB:n suosittuimmuuskaapelit (Kolmannen yliaallon opas 2009, 12)

Poikki pinta	A-luokka $U_g/U = 0,6/1$ kV						6/10 kV		12/20 kV		B-luokka 0,6/1 kV
	mm ²	MCMK	AMCMK	APAKM	AMKA	APAKM	AHXAMK-W	AHKAMK-W	MCMK		
Kolmivaihekaapelit											
1,5 2,5	3x2,5 + 2,5										3x1,5 + 1,5
4 6	3x6 + 6										3x4 + 4
10 16	3x10 + 10 3x16 + 16	3x16Al + 10Cu		3x16 + 25							
25 35	3x35 + 16	3 x 35Al + 10Cu		3x35 + 50							3x25 + 16
50 70	3x70 + 35	3x70Al + 21Cu	3x70 + 70	3x70 + 95	3x70			3x70			3x50 + 25
95 120	3x120 + 70	3x120Al + 41Cu	3x120 + 120	3x120 + 95	3x120	3x120		3x120			
150 185	3x185 + 95	3x185Al + 56Cu					3x185	3x185			
240		3x240Al + 71Cu	3x240 + 240								
300							3x300				
Yksivaihekaapelit											
1,5 2,5	1x1,5 + 1,5 1x2,5 + 2,5										
4 6	1x6 + 6										1x4 + 4

6.3 Jännitteen alenema

Kaapelin johdin poikkipinnan valinnan jälkeen on laskettava syötettävään kohteeseen tuleva jännitteen alenema. Alenemaan vaikuttavat johtimen poikkipinnan suuruus, kaapelin johdinmateriaali, kaapelin pituus, kohteen teho ja käytettävä jännite.

Alenema lasketaan prosentteina. Standardissa SFS 6000–525 suositellaan jännitteen alenemaksi alle 4 %.

$$\Delta u = 100 * \frac{\rho * P * s}{A * U^2} \quad (1),$$

jossa

Δu = alenemaprocentti [%]

ρ = johdinaineen resistiivisyys

kupari 0,0175 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ $t=15^\circ\text{C}$

 0,022 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ $t=70^\circ\text{C}$

alumiini 0,028 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ $t=15^\circ\text{C}$

 0,035 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ $t=70^\circ\text{C}$

P = kuormituksen teho [kW]

U = pääjännite [kV]

A = johdinpoikkipinta-ala mm^2

Aiemmin valitun kaapelin jännitehäviöksi saadaan 15 asteen lämpötilassa, kaavan 1 mukaisesti laskettuna, 2,05 %. Jos käytössä olisi 4 mm^2 kuparikaapeli, olisi jännitehäviö 3,08 %. Näin huomataan kuinka kaapelin johtimen poikkipinta vaikuttaa jännitehäviöön, vaikkakin molemmat poikkipinnat pysyivät reilusti suositusten sisällä.

6.4 Oikosulkuvirta

Jotta voidaan varmistua kohdetta suojaavan suojalaitteen toimivan kohteeseen syötetyllä kaapelilla, niin täytyy selvittää kohteessa oleva oikosulkuvirta. Suojalaitteen valmistaja ilmoittaa suojalaitteen minimi oikosulkuvirran, jolla suojalaite toimii tietyssä ajassa. Kohteessa mitatun tai lasketun oikosulkuvirran täytyy ylittää kyseinen suojalaitteen, esimerkkitapauksessa sulakkeen oikosulkuvirta.

Standardi SFS-6000 määrittelee lasketun ja mitatun oikosulkuvirran suuruuden (taulukko 1), joka tulee ylittyä suojalaitteen toiminnan takaamiseksi. Tässä vaiheessa suunnittelua on varmistettava kohteen laukaisuaika, jonka mukaan valitaan taulukosta verrattava oikosulkuvirta-arvo.

Oikosulkuvirta kohteessa voidaan mitata, mutta tämä on usein suunnitteluvaiheessa mahdotonta, sillä kohdetta ei välttämättä ole vielä olemassa. Lasketussa oikosulkuvirrassa on aina kuitenkin tiedettävä syöttävän kohteen esim. muuntajan oikosulku-

virta ja kohteen kokonaisimpedanssi eli vaihtovirtavastus. Omakotitaloissa pääkeskuksen oikosulkuvirran saa tietoon sähkölaitokselta.

Muuntajan oikosulkuvirtatiedon (ks. TAULUKKO 3) avulla voidaan laskea muuntajan impedanssi. Muuntajan impedanssi ja kohteeseen syötettävän kaapelin impedanssi määrittävät kohteen kokonaisimpedanssin. Kaapelin impedanssi voidaan laskea, kun tiedetään kaapelin pituus, johdin pinta-ala ja kaapelin materiaalin johtokyky. Yleisimmin käytetään kupari tai alumiinikaapelia, joiden johtokyky on kuparilla 56 m/mm²Ω ja alumiinilla 36 m/mm²Ω.

Tässä työssä käytetyissä muuntajissa oli oikosulkuvirta (I_k) 48 000 A, jonka mukaan mitoitetaan esimerkkitapaus laskemalla. Kaapelin mitoitus osiossa olevassa esimerkissä on valittu nimellisvirraltaan 25 A sulake, jonka lasketut oikosulkuvirrat ovat 0,4 s 180 A ja 5,0 s 110 A. Lasketaan oikosulkuvirrat kaavojen 2 ja 3 mukaisesti.

TAULUKKO 3. Muuntajien mitoitus tiedot (Sähkötieto 1999)

S_n [kVA]	I_n [A]			Z_k [%]			I_k [kA]								
	400 V	525 V	693 V				400 V			525 V			693 V		
				S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
100	150	110	80	4	4	3,9	4	4	4	3	3	3	2	2	2
200	290	220	170	4	4,5	3,9	7	7	8	6	5	6	4	4	4
315	460	350	260	4,4	5	3,9	10	9	12	8	7	9	6	5	7
500	720	550	420	4,5	5	4	16	15	18	12	11	14	9	8	11
800	1150	880	670	4,7	5,4	5	25	21	23	19	16	18	14	12	13
1000	1450	1100	830	5	6	5	29	24	29	22	18	22	17	14	17
1250	1800	1370	1040	6	6	5	30	30	36	23	23	28	17	17	21
1600	2300	1750	1330	6	6	6	39	39	39	29	29	29	22	22	22
2000	2900	2200	1670	6	6	6	48	48	48	37	37	37	28	28	28
2500	–	2750	2100	7	–	6	–	–	–	39	–	46	30	–	35
3150	–	–	2600	7	–	7	–	–	–	–	–	–	38	–	38

Oikosulkuvirran Ik laskeminen (TTT käsikirja, 2000-2007)

$$I_k = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times Z} \quad (2),$$

jossa

0,95= jännitteen aleneman huomioimiskerroin (alenemassa huomioidaan mm. liittimet, johdot, sulakkeet, kytkimet yms.)

U = pääjännite

Z= impedanssi

Johtimen resistanssin R_L laskeminen (TTT-käsikirja, 2000-2007)

$$R_L = 1,24 \times \frac{2 \times l}{\gamma \times A} \quad (3),$$

jossa

1,24 = lämpötilakorjauskerroin

l = kaapelin pituus [m] (kerrotaan 2:lla, koska paluujohdin huomioitava)

γ = kaapelimateriaalin johtokyky [m/ $\text{mm}^2\Omega$]

A = johdin poikkipinta-ala [mm^2]

Aluksi lasketaan muuntajan impedanssi oikosulkuvirralla 48 kA, kaavan 2 avulla.

$$Z_m = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times I_k} = \frac{0,95 \times 400V}{\sqrt{3} \times 48000A} = 0,0046\Omega$$

Esimerkissä valittu 6 mm^2 kuparikaapeli, 75m etäisyydellä, jonka vaihtovirtavastus lasketaan kaavan 3 avulla.

$$R_L = 1,24 \times \frac{2 \times l}{\gamma \times A} = 1,24 \times \frac{2 \times 75m}{56m/\text{mm}^2\Omega \times 6\text{mm}^2} = 0,55\Omega$$

Lasketaan kohteen kokonaisimpedanssi $Z_m + R_L = 0,5546\Omega$

Nyt voidaan laskea kohteeseen vaikuttava oikosulkuvirta I_k kaavan 2 avulla.

$$I_k = \frac{0,95 \times 400V}{\sqrt{3} \times 0,5546} = 395,6 \text{ A}$$

Nyt verrataan laskettua oikosulkuarvoa taulukon 1 ohjeistamaan laskettuun oikosulkuvirta-arvoon ja huomataan että niin 0,4s 180 A kuin 5,0s 110 A ylittyy, joten suojaus toimii hyvin vaadittuun aikaan, olkoon se kumpi tahansa 0,4 s tai 5,0s.

Joskus saattaa käydä niin, että oikosulkuvirta ei olekaan riittävän suuruinen. Tällöin voidaan joutua suunnittelemaan koko virtapiiri uudelleen paksummalla johdin poikkipinta-alalla. Jos tämä ei ole mahdollista, niin käytetään kohteen läheisyydessä potentiaalintasauskiskoa tai lähdössä ylimääräistä vikavirtasuojausmenetelmää. Nämä varmistavat suojalaitteen toiminnan ja näin ei aiheudu epätoivottua vaaratilannetta.

7 UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN ESISUUNNITTELU

Työn alussa jouduttiin selvittämään monia eri tietoja. Valaistus- ja instrumenttimuuntajien dokumentoinnit ja fyysiset sijainnit eivät olleet selvillä, joten niiden sijainnit täytyi etsiä uudelleen ja dokumentit päivittää kyseistä hetkeä vastaavaksi.

Suunnitelman tarkoituksena oli jättää vanhat valaistus- ja instrumenttipääkeskukset käyttöön uusina ryhmäkeskuksina, joten keskusten kokoluokat täytyi selvittää. Osa keskuksista oli erittäin vanhoja, joten niiden nimellisvirtaa ei ilmoitettu keskuksen tiedoissa, joten nimellisvirran selvitys kuului esisuunnitteluvaiheeseen. Keskusten virta mitattiin käytön aikana, jotta saatiin suuntaa käytön aikaisesta kulutuksesta.

Keskusten nimellisvirtojen avulla pystyttiin määrittämään pääkeskuksen syöttölähtöjen kokoluokat. Syöttölähtöjen kokoluokan tietämisen jälkeen voitiin suunnitella syötön kokonaiskuva, jossa ei vielä ollut tarkasti määriteltyjä teknisiä tietoja.

Sähkönsyötön toimiminen vikatilanteessa, etenkin valaistuksen osalta oli tärkeä osa työtä, joten jo esisuunnitteluvaiheessa otettiin kantaa varasyötön toteutukseen.

7.1 Muuntajien fyysinen sijainti ja pääkeskukset

Valaistus- ja instrumenttimuuntajat olivat vanhoja, jo kauan tehtaassa olleita muuntajia, joten niiden tarkan sijainnin määrittäminen oli tehtävä aivan aluksi. Ongelmana olivat erittäin vajavaiset dokumenttiedot muuntajista ja niiden sijainnista, mutta vastaavasti muuntajien syöttämien 400 V pääkeskusten sijainnit olivat hyvin dokumentoitu. Muuntajat olivat nimetty kaikki eritavoin ja muuntajien syöttämät pääkeskukset olivat nimetty muuntajien mukaan. Kaikkia 400 V suuruisia valaistuskeskuksia yhdisti tehtaan nimeämissäännön mukaisesti S-kirjain. Lähes kaikkia instrumenttikeskuksia yhdisti vastaavasti N-kirjain. Pehmopaperitehtaan puolella muuntajat ja keskukset olivat nimetty seuraavasti: S1, S5, FS2, 1N1, 9N1 ja Instr.X. Pehmopaperi- ja uusiomassatehtaan puolella keskukset oli nimetty seuraavasti: S6, S7, S8, S9, CS, 1N15 ja PK7Instr.

Muuntajien fyysisen sijainnin etsintä aloitettiin etsimällä aluksi kyseiset pääkeskukset. Pääkeskusten löydyttyä rajattiin alue, josta muuntajia lähdettiin etsimään, sillä usein syöttävien muuntajien ja pääkeskusten välinen etäisyys toisistaan ei ole suuri. Useimmat muuntajat sijaitsivatkin lähes pääkeskusten vieressä tai samassa keskushuoneessa. Hankalimmat tapaukset olivat muuntajia, jotka olivat sijoitettu joko pääkeskuksen läheisyyteen seinän taakse toiseen tilaan tai pitkän matkan päähän keskuksesta.

7.2 Muuntajien syötön selvittäminen

Valaistus- ja instrumenttimuuntajien syöttökaapeleita seuraamalla löydettiin useimmissa tapauksessa vaihtokeskus, johon syötettiin muuntajan normaali- ja varasyöttö. Vaihtokeskuksessa oli syöttökohteet hyvin merkitty ja sen avulla pystyttiin selvittämään useimmiten valaistus- ja instrumenttimuuntajien syöttökeskukset. Kaikilla valaistus- ja instrumenttimuuntajilla ei ollut varasyöttöä, jolloin syöttökeskuksen etsi-

minen oli hivenen hankalampaa, mutta lähes aina kyseisissä tapauksissa syöttökeskuksen nimi löydettiin muuntajan läheisyydestä.

Tehtaan hyvän keskustensijaintidokumentin avulla valaistus- ja instrumenttimuuntajia syöttävät keskukset löydettiin helposti. Muuntajia syöttävien keskusten syöttötiedot olivat merkitty hyvin keskusten oviin tai kansiin, joten selvitystyö helpottui huomattavasti. Useimpia valaistus- ja instrumenttimuuntajien syöttökeskuksia syötti jakelumuuntaja 2VIII. Jakelumuuntajan hyvien dokumenttien avulla pystyi selvittämään koko päämuuntajalle tulevan sähkönsyötön. Kyseisten dokumenttien avulla pystyttiin selvittämään myös puuttuvien valaistus- ja instrumenttimuuntajien syötöt.

7.3 Valaistus- ja instrumenttisähkönsyöttöjärjestelmä

Tehtaalle syötettiin 20 kV suuruinen jännite tehtaan vieressä sijainneelta voimalaitokselta. 20 kV syöttöjännite muutettiin päämuuntajalla 3 kV suuruiseksi. 3kV jännite jaettiin useaan eri kohteeseen kiskostoihin liitettyjen erottimien, jotka sijaitsivat omilla merkeillään merkityissä kennoissa, avulla. Kyseistä jakopaikkaa kutsuttiin 3kV:n asemaksi.

Aseman kennosta 3.D4.0 syötettiin jakelumuuntajaa 2VIII, joka muutti sähköä 3 kV suuruudesta 500 V suuruiseksi. 2VIII muuntaja syötti omaa pääkeskustaan, jossa oli lähtöjä mm. valaistus- ja instrumenttimuuntajien syöttöihin.

Valaistus- ja instrumenttimuuntajat muuttivat sähköä 500 V suuruudesta 400 V suuruiseksi. Valaistus- ja instrumenttimuuntajat syöttivät kaikkia tehtaan käytössä olevia 400 V suuruisia laitteita.

7.4 Vanhojen tietojen dokumentointi

Kaikki muuntajat dokumentoitiin uudelleen vastaamaan työn alussa ollutta tilaa. Dokumentteihin sisällytettiin uudet CAD-kuvat valaistus- ja instrumenttimuuntajien syötöistä, muuntajien sijainnit sanallisesti ja syötöt Excel-taulukkona ja muuntajien kokoluokat.

Dokumentoinnissa pyrittiin luomaan kokonaiskuva ja tietolähde, jonka perusteella oli helpompaa siirtyä suunnittelemaan uutta valaistus- ja instrumenttisyöttöjärjestelmää. Dokumenteissa ei keskitytty kaapelien kokoluokkiin, kaapelimerkintöihin ja vastaaviin asioihin, jotka uudessa suunnitelmassa mitoitettiin ja suunniteltiin uudelleen.

7.5 Vanhojen keskusten nimellisvirrat

Käytössä olleet valaistus- ja instrumenttipääkeskukset jatkoivat toimintaansa uudessa järjestelmässä ryhmäkeskuksina, joten niiden syöttämiin kohteisiin ei tehty muutoksia. Keskukset olivat kuitenkin hyvin vanhoja, joten niiden yhteydessä ei ilmoitettu keskuksen nimellisvirtaa eikä niistä löytynyt vanhoja dokumentteja, joista nimellisvirran olisi voinut tarkistaa. Nimellisvirran tieto oli tarpeellinen mm. uuden syötön suojauksen suunnittelussa, jotta keskus toimisi tulevaisuudessa turvallisesti ja ilman häiriötekijöitä.

Keskuksia syöttävien valaistus- ja instrumenttimuuntajien tiedoista saatiin tietoon muuntajien toisiovirrat, jotka olisivat mahdollisesti suurimmat keskukselle syötettävät virrat. Tämän lisäksi useimman keskuksen pääkytkimessä ilmoitettiin kytkimen kokoluokka. Näin ollen kytkimen kokoluokan ja syöttävän muuntajan toisiovirran avulla voitiin päätellä keskuksen nimellisvirta.

Joissakin keskuksissa oli mahdollista suorittaa turvallinen vaihevirtamittaus pihtivirtamittarilla. Mittauksissa saatiin tietoon keskuksen käytön aikainen virta, joka oli suuntaa antava, sillä kovassa kuormituksessa ja käynnistyshetkellä virta saattaa kasvaa suuremmaksi. Virtamittaus kertoi kuitenkin kokonaiskuvan koko keskuksen kuormituksesta verrattuna keskuksen pääteltyyn nimellisvirtaan.

7.6 Uuden pääkeskuksen lähtöjen suunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa suunniteltiin pääkeskuksen lähtöjen suuruuksia ja syöttävän muuntajan kokoluokkaa. Jo aikaisessa vaiheessa oli selvää, että pääkeskuksia ja niiden syöttömuuntajia tulisi kaksi kappaletta. Näin ollen voitiin jakaa koko tehdasalue

kahtia ja suunnitella pehmopaperin valmistuspuolelle oma pääkeskus ja syöttömuuntaja sekä tiivispaperitehtaan puolelle oma pääkeskus ja syöttömuuntaja.

Tehtaan puolesta oli nimetty uudet syöttömuuntajat, joiden mukaan myös uudet pääkeskukset nimettiin. Pehmopaperipuolen syöttömuuntaja nimettiin 20DS9A:ksi, jonka mukaan muuntajan pääkeskus nimettiin DS9A:ksi, tehtaan nimeämistavan mukaisesti. Tiivispaperitehtaan puolen syöttömuuntaja nimettiin 20CS9A:ksi, jonka mukaan pääkeskus nimettiin CS9A:ksi.

Jo alkuvaiheessa päätettiin, että syöttömuuntajien tehot olisivat 2 MVA. Kyseisen muuntajan nimellisvirta oli 2900 A (ks. TAULUKKO 3), joten pääkeskukseen voitiin suunnitella neljä 630 A suuruista lähtöä ja yksi maksimissaan 380A suuruinen lähtö, jos keskuksen lähdöt olisivat täysin kuormitettuina. Todellisuudessa keskuksen lähdöt eivät ottaneet virtaa niin paljoa, joten lähtöjen lukumäärää voitiin nostaa huolellisesti. Pääkeskukseen DS9A suunnitellut lähdöt eivät kuormitettuina ottaneet mittauksen mukaan virtaa kuin 526 A yhteensä, joten keskukseen jäi vielä varaa 2374 A. Tämän vuoksi keskukseen pystyttiin lisäämään suunniteltujen lähtöjen varalähtöjä, joita tulotaisiin tulevaisuudessa täydentämään.

Pääkeskusta suunniteltaessa kannattavimmaksi vaihtoehdoksi katsottiin, että jokainen lähtö varustettiin 630 A nimellisvirtaisella OESA pääkytkimellä. Kyseisiin pääkytkimiin voitiin asentaa pieniäkin kahvasulakkeita, joten pienet lähdöt eivät olleen näin ongelma. Kyseinen ratkaisu takasi sen, että tulevaisuudessa keskuksen lähtöihin voidaan lisätä nimellisvirraltaan suurempia sulakkeita tarpeen niin vaatiessa. Koska lähtöjen todelliset virrat olivat mittauksessa hyvinkin pieniä verrattuna nimellisvirtoihin, niin pääkeskukseen voitiin lisätä useampia varalähtöjä. Yhteensä pääkeskuksiin tuli CS9A:ssa 17 lähtöä, joista kahdeksan käytössä ja DS9A:ssa 17 lähtöä, joista yhdeksän käytössä. Näin molemmat keskuksat pystyttiin mitoittamaan samanlaisiksi, jotta tilattavat keskuksat olisivat samanlaiset.

Esisuunnitteluvaiheessa ei vielä lähtöjä nimetty eikä kaapeleita mitoitettu, mutta tarvittavat tiedot kyseisiin suunnitteluihin oli kerätty.

7.7 Varasyötön suunnittelu

Varasyötön toiminnan tarkoituksena oli syöttää vikatilanteessa virtaa ainakin vika-alueella olevalle valaistukselle, jotta tehdassaleissa olisi riittävästi valoa. Varasyötölle ei ollut valmista suunnitelmaa tehtaan puolesta ja näin jouduttiin miettimään eri vaihtoehtoja varasyötölle.

Ensimmäisenä ajatuksena oli varasyötön järjestäminen toisen tulevan muuntajan kautta. Esimerkiksi jos muuntaja 20DS9A olisi vikaantunut, niin pääkeskusta DS9A olisi syötetty muuntajan 20CS9A pääkeskuksen CS9A:n lähdestä ja tarvittaessa toisinpäin. Kyseisellä systeemillä olisi tarvittu ainakin kaksi lähtöä molemmista pääkeskuksista, tuleva varasyöttö ja toiselle pääkeskukselle lähtevä varasyöttö, sekä mahdollisesti tulevaisuudessa lisättävien laitteiden kuormitus. Jos molempia muuntajia olisi kuormitettu täydellä teholla jo normaalitilassa, niin toisen samanlaisen kuorman lisääminen aiheuttaisi muuntajalle ylikuorman. Tällöin vikatilanteessa olisi täytynyt pudottaa molempien pääkeskusten kuormitusta ja se olisi vaikeuttanut paperin valmistusta niin pehmo- kuin tiivispaperitehtaalla.

Toinen vaihtoehto olisi ollut hankkia vielä kolmaskin muuntaja, mutta tämä olisi ollut turhan kallis toimenpide ja olisi aiheuttanut vielä yhden ylimääräisen keskuksen lisäämisen. Tämä ratkaisu olisi ollut kallis ja tilaa vievä, joten siitä ajatuksesta luovuttiin jo alkumetreillä.

Kolmanneksi ja kaikkein järkevimmäksi vaihtoehdoksi saatiin varasyöttögeneraattori, jolla vikatilanteessa syötetään haluttua pääkeskusta. Varasyöttögeneraattori toiminta suunniteltiin Diesel-käyttöiseksi ja tarvittaessa generaattoria voitaisiin käyttää muissakin kohteissa väliaikaisesti. Kokonaisuutena generaattorin hankintakustannukset olivat aika korkeat, mutta tarvittaessa kyseinen generaattori voitiin vuokrata ja näin ollen sitä ei tarvinnut heti hankkia omaksi.

8 UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN PERUSSUUNNITTELU

Uuden sähkönsyöttöjärjestelmän perussuunnitteluvaiheessa suunniteltiin pääkeskuksen lähtöjen suojauksen toteuttaminen ja suojauksen kokoluokka. Sulakekoon mitoituksen jälkeen pystyttiin toteuttamaan uuden pääkeskuksen ja syötettävien ryhmäkeskusten, eli entisten valaistus- ja instrumenttipääkeskusten, syöttökaapeleiden mitoitus. Syöttökaapeleiden mitoituksen jälkeen laskettiin oikosulkuvirrat kohteisiin ja varmistettiin näin suojalaitteen toiminta-ajan toteutuminen. Pääkeskuksesta syötettiin ainoastaan toisia keskuksia, joten suojalaitteen toiminta-ajaksi riitti 5,0 s.

8.1 Lähdön suojauksen valinta

Lähtöjen suojaukseen valittiin gG-kahvasulakkeet, jotka sopisivat pääkeskuksen OE-SA-pääkytkimen sulakekantoihin. Keskuksia oli nimellisvirta-arvoiltaan erikokoisia, joten suojaavia kahvasulakkeita jouduttiin mitoittamaan useampia.

Suurin nimellisvirraltaan ollut keskus oli 800 A nimellisvirran omannut FS2 keskus. Kuitenkin FS2 muuntajan toisiovirta oli niin pieni, että keskuksen nimellisvirtana voitiin pitää 630 A. Samoin toimittiin keskuksen S1 kanssa, sillä kyseisen keskuksen pääkytkin oli 722 A suuruinen, mutta muuntajan S1 toisiovirta oli sen suuruinen, että keskuksen nimellisvirtana voitiin pitää 630 A. Muuntajien toisiovirtoja ja keskusten nimellisvirtatietoja vertailemalla voitiin keskusten mitoitusvirrat määrittää paremmin. Jos keskukselta oli virallinen nimellisvirtatieto, niin sitä käytettiin mitoituksessa. Keskuksessa S6 oli pääkytkimen nimellisvirta-arvo 400 A, mutta keskus oli aiemmin mitoitettu 630 A nimellisvirralla, joten uudessa suunnitelmassa keskuksen nimellisvirraksi alennettiin tuo 400 A.

Mitoituksessa olleiden keskusten nimellisvirroiksi saatiin seuraavat: nimellisvirta 630 A keskuksilla S1, S5, S7, S8, S9, CS ja FS2, nimellisvirta 400 A keskuksella S6, nimellisvirta 125 A keskuksilla 1N1 ja 9N1, nimellisvirta 63 A keskuksella PK7Instr., nimellisvirta 50 A keskuksella 1N15 ja nimellisvirta 35 ampeeria keskuksella InstrX.

Koska keskusten todellisesti ottamat virrat olivat huomattavasti pienempiä, voitiin suojalaitteet mitoittaa pienemmäksi kuin nimellisvirrat, tällä tavoin kaapeleiden yli-
mitoitusta ei tapahtunut niin paljoa kuin maksiminimellisvirtojen mukaan. Samalla keskuksiin jäi kuitenkin riittävästi varaa lisätä siellä olleisiin tyhjiin lähtöihin kuormitusta.

Nimellisvirralla 630 A olleisiin lähtöihin asennettiin 500 A gG kahvasulakkeet, nimellisvirralla 400A olleeseen lähtöön asennettiin 355 A gG kahvasulakkeet, 125 A lähtöihin 100 A gG sulakkeet, 63 A ja 50 A lähtöihin 50 A gG sulakkeet ja 35A lähtöön 25 A gG sulakkeet. Näin keskuksiin saatiin toimintavaraa, mutta nimellisvirtoja ei vielä ylitettäisi.

8.2 Kaapeleiden mitoitus ja valinta

Kaapeleiden valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat suojalaitteen nimellisvirran lisäksi valitun suojalaitteen toimintaominaisuudet. Kahvasulakkeen ylempi toimintarajavirta oli 1,6 kertaa sulakkeen nimellisvirta. Tämän toimintarajavirran tuli olla pienempi kuin 1,45 kertaa kaapelin jatkuva kuormitusvirta. Näin kaapelin kuormitusvirta I_z saatiin laskettua kaavalla $I_z = 1,6 * \text{sulakkeen koko (A)} / 1,45$. Esimerkiksi 500 A sulakkeen mitoitus virraksi tuli näin $I_z = 1,6 * 500 \text{ A} / 1,45 = 551,7 \text{ A}$.

Kaapelia mitoittaessa huomioitiin myös tehtaan ympäristö, jonne kaapelit tulivat. Tehdasympäristö oli kaapelin mitoituksen kannalta hankala ympäristö, sillä tehtaan sisällä olosuhteet saattoivat vaihdella huomattavan paljon. Ympäristön mukaan valittiin korjauskertoimet, jotka vaikuttivat kaapelin kuormitusvirtaan. Korjauskertoimet löytyivät SFS 6000-standardin taulukoista A52-14 ja A52-20. Tehdastilan ilmanlämpötilaksi valittiin 35 °C, joten taulukon A52-14 mukaan korjauskertoimeksi valittiin 0,88. Kaapelit suunniteltiin asennettaviksi kaapelihyllyille, joihin saattaa tulevaisuudessa tulla lisää kaapeleita. Tämän vuoksi valittiin taulukosta A52-20 korjauskerroin 0,78, joka vastasi yhdeksää muuta kaapelia samalla hyllyllä. Näin rajua kaapeleiden lukumäärää tuskin koskaan hyllyllä tulee olemaan, mutta suunnittelussa tämä antoi lisää korjausvaraa kaapelille mm. olosuhteiden muutoksille. Kokonaiskorjauskertoimeksi saatiin näin $0,88 * 0,78 = 0,6864$.

Aiemmin laskettu kaapelin kuormitusvirta jaettiin kokonaiskorjauskertoimella, jotta saatiin olosuhteita vastaava kaapelin kuormitusvirta. Näin 500 A kahvasulakkeen lähdön kaapelin kuormitusvirraksi saatiin $551,7 \text{ A} / 0,6864 = 803,8 \text{ A}$.

Kaapelin kuormitusvirran mukaan valittiin SFS 6000-standardin taulukoista A52-4 tai A52-5 sopiva nimellinen poikkipinta kaapelin johtimille. Taulukko A52-4 oli kuparijohdinten valintataulukko ja taulukko A52-5 alumiinijohdinten valintataulukko. Kuparikaapeleiden maksimi kuormitusvirta oli 300mm^2 poikkipinta-alalla 527 A ja alumiinilla 300mm^2 poikkipinta-alalla 404 A. Tästä syystä 500 A kahvasulakelähdön kaapeliksi ei riitä yksi kaapeli vaan joudutaan käyttämään useampaa kaapelia, jotta poikkipinnat toteutuvat, jolloin virta jakautuu useamman kaapelin kesken tasaisesti. Kaapelin kuormitusvirta 803,8 A jaettiin kahdella, jolloin saatiin yhden kaapelin kuormitukseksi n. 402 A. Taulukoiden A52-4 ja A52-5 mukaan kaapelin nimelliseksi johdin poikkipinnaksi valittiin kuparilla 240 mm^2 johdin ja alumiinilla 300mm^2 johdin. Kaapeleita lähtöön tarvittiin kaksi kappaletta.

Alumiinikaapelin hinta oli huomattavasti alhaisempi verrattuna kuparikaapeliin, joten suuremmilla poikkipinnoilla valittiin käyttöön alumiinikaapeli. 500 A kahvasulakelähdön kaapeliksi valittiin AMCMK 2x(4x300Al+88Cu) kaapeli. Kyseisen kaapelin vaihe- ja nollajohtimet olivat alumiinia, mutta maadoitusjohdin oli kuparia.

Jokainen lähtö mitoitettiin samaa periaatetta käyttäen. Pienemmissä lähdoissä olisi voitu käyttää pienempääkin poikkipintaa, mutta ABB:n suosituimmuustaulukko (ks. TAULUKKO 2) antoi suosituksen käyttää eri poikkipinta-alaa, jolloin kaapelista tuli taloudellisempi hankintahinnaltaan.

8.3 Jännitteen aleneman ja oikosulkuvirran määrittäminen

Kaapelin poikkipinnan valinnan jälkeen oli laskettava kaapelissa aiheutuva jännitteen alenema sekä oikosulkuvirran riittävyys. Koska uuden pääkeskuksen sijainti ei ollut varmistunut suunnitteluvaiheessa, niin oli mitoituksessa käytettävä kohtuullisen suurta etäisyyttä syöttölähdön ja syötettävän kohteen välillä. Niinpä aleneman ja oikosulkuvirran laskennassa käytettiin 200 metrin etäisyyttä ja jos huomattiin etäi-

syiden olevan liian pitkä, niin laskettiin kohteelle maksimi etäisyys, jolla määräykset toteutuivat.

Jännitteen aleneman suuruutena pidettiin maksimissaan 4 %, jolloin kohteelle saadaan varmasti hyvänlaatuista jännitettä. 4 % alenemaan päädyttiin yleisen suosituksen mukaan ja syötettävän kohteen käyttöominaisuuden vuoksi. Syötettävät kohteet olivat ryhmäkeskuksia, jolloin kohteet olivat itsekin syöttökeskuksia, joille vaaditaan hyvänlaatuista jännitettä.

Oikosulkuvirran riittävyys kohteessa määriteltiin sulakkeen toimintavirta-aikakäyrästä (Kuvio 4). Käyrän mukaan voitiin määritellä sulakkeelle riittävä prospektiivinen oikosulkuvirta vaaditun toiminta-ajan mukaan. Koska pääkeskuksen lähdöt olivat ryhmäkeskuksia, niin suojalaitteen toiminta-ajaksi riitti 5,0 s. Mutta oikosulkuvirtoja laskettaessa myös 0,4 s toiminta-aikaraja saavutettiin.

8.4 Varasyötön valinta

Varasyöttöjärjestelmäksi valittiin jo esisuunnitteluvaiheessa dieselgeneraattori. Vikatilanteen sattuessa generaattori suunniteltiin liitettäväksi pääkeskusten lähtöön numero kaksi, jolloin keskusvalmistaja voi rakentaa molempiin pääkeskuksiin varasyöttöyksiköt kyseisiin lähtöihin.

Alustavaksi generaattoriksi valittiin 2 MVA:n CUMMINS C2200 D5 generaattori, joita on saatavissa valmistajalta valmiina konttiratkaisuna. Kyseinen generaattori on helppo säilyttää sivummalla ja tarpeen niin vaatiessa liittää varasyöttökohteeseen.

8.5 Ryhmäkeskusten ja kaapeleiden merkitseminen

Ryhmäkeskusten ja kaapeleiden merkitsemisessä käytettiin tehtaan merkitsemistapaa. Pääkeskuksen lähdöt numeroitiin numerojärjestyksessä yhdestä ylöspäin. Pääkeskuksen lähtöön liitetty kaapeli merkittiin pääkeskuksen nimen ja lähdön numeron mukaan. Pääkeskuksen DS9A ensimmäinen syötettävä kohde oli lähdössä kolme, joten kyseisestä lähdestä lähtevä kaapeli merkittiin DS9A/3-W1. Kyseisestä lähdestä

syötetty ryhmäkeskus nimettiin puolestaan DS9AA:ksi. Lähdön neljä syöttämä keskus nimettiin puolestaan DS9AB:ksi ja samalla kaavalla nimettiin loputkin lähdöt.

Koska pääkeskusten syöttökohteet olivat entisiä valaistus- ja instrumenttipääkeskuk-
sia, joista tuli uusia ryhmäkeskuksia, niin ne nimettiin uudelleen. Nimeäminen tapah-
tui seuraavasti: FS2→DS9AA, S5→DS9AB, S1→DS9AC, 1N1→DS9AD, 9N1→DS9AE,
Instr.X→DS9AF, S6→DS9AG, CS→CS9AA, S7→CS9AB, S8→CS9AC, S9→CS9AD,
1N15→CS9AE ja PK7Instr.→CS9AF.

Kyseisten merkintöjen avulla pystyttiin yhdistämään kentällä oleva ryhmäkeskus heti
sitä syöttävään pääkeskukseen. Samoin kaapelin merkinnän avulla kaapelista tiedet-
tiin välittömästi pääkeskus ja pääkeskuksen lähtö mistä kaapelia syötetään.

9 UUDEN SÄHKÖNSYÖTÖN TOTEUTUSSUUNNITTELU

Toteutussuunnitteluvaiheessa ei vielä voitu tehdä kaikkia tarvittavia toteutussuunnit-
teluun liittyviä toimenpiteitä, sillä projektin toteutusaikataulua ei vielä tiedetty. To-
teutussuunnittelussa pystyttiin kuitenkin ottamaan kantaa kaapeleiden asennuksiin,
materiaalikustannuksiin ja arvioituun työnkesto.

9.1 Kaapeleiden asennus

Kaapelit suunniteltiin asennettavaksi MEKA PRO OYn valmistamiin tikaskaapelihyllyi-
hin tai jo käytössä olleisiin tikaskaapelihyllyihin, joissa on korkeintaan 8 muuta kaape-
lia.

Kaapeleiden vetovaiheessa on huomioitavaa valmistajien antamat taivutus- ja veto-
ohjeet.

Käytettävien AMCMK kaapeleiden pienimmät taivutussäteet olivat $300 \text{ mm}^2 \rightarrow 78$
cm (kertataivutuksena 52 cm), $185 \text{ mm}^2 \rightarrow 64$ cm (kertataivutuksena 42 cm), 70 mm^2
 $\rightarrow 42$ cm (kertataivutuksena 28 cm). Käytetyn MCMK kaapelin pienin taivutussäde oli
 $16 \text{ mm}^2 \rightarrow 29$ cm (kertataivutuksena 19 cm).

Kaapeleiden vetovoimat olivat AMCMK kaapeleilla $300 \text{ mm}^2 \rightarrow 18 \text{ kN}$, $185 \text{ mm}^2 \rightarrow 11,1 \text{ kN}$ ja $70 \text{ mm}^2 \rightarrow 4,2 \text{ kN}$. Kaapelin veto tapahtui vetopäällä tai vetosukalla. Käytetty MCMK kaapelin suurin vetovoima oli vetopäällä $2,4 \text{ kN}$ tai vetosukalla $0,96 \text{ kN}$.

9.2 Materiaalikustannukset

Työssä aiheutuneet materiaalikustannukset olivat kohtuullisen korkeat. Jo pelkästään kaapeleiden aiheuttamat kustannukset nousivat lähelle $100\,000$ euron hintaiseksi, riippuen valmistajasta. Suomalaisen REKA-kaapelit OY:n valmistamat kaapelit maksoivat SLO:n hinnaston mukaan $101\,000$ euroa, koko projektissa. Ruotsalaisen Nexansin valmistamat kaapelit tulivat maksamaan saman hinnaston mukaan noin $88\,800$ euroa.

Suurimmat materiaalikustannuksen osat kaapeleiden lisäksi olivat muuntajat, generaattori ja pääkeskukset. Kaikkien yllämainittujen osien todellinen hinta selviää vasta projektin toteuduttua erinäisissä tarjouskyselyissä. Suuntaa antavissa hinta-arvioissa muuntaja-, pääkeskus- ja generaattorikustannukset olivat noin 70% kokonaismateriaalikustannuksista.

Kahvasulakkeet ja kaapelikengät olivat kustannuksiltaan vain murto-osa materiaalien kokonaiskustannuksiin verrattuna.

9.3 Työkustannukset

Työntekijä kustannuksia ei voinut tarkalleen laskea, sillä projektin suorituksen aikaisia työntekijäkuluja ei voinut arvioida. Alustavassa hinta-arviossa yhden työntekijän hinnaksi määriteltiin 50 euroa tuntia kohden, jotta voitiin laskea suuntaa antavaa kustannusta.

Kaapelireittien rakentamiseen määriteltiin kuluva 624 työmiestuntia, joten sen kustannukset tulisivat olemaan $31\,200$ euroa. Kaapelinvetoprojektissa määriteltiin kuluva 520 työmiestuntia, joten sen kustannuksiksi arvioitiin $26\,000$ euroa. Kaapeleiden kytkentään kuluva ajaksi määriteltiin 52 työmiestuntia, jolloin hinta-arvioksi saatiin

2600 euroa. Näin ollen pelkästään kaapeleiden asennuksen kuluiksi saatiin 59 800 euroa.

Kuitenkin kaikkineen projektissa kuluu enemmän työmiestunteja, sillä muuntajien, pääkeskusten ja generaattorin asennukset kuluttavat työmiestunteja. Muuntajien, pääkeskusten ja generaattoreiden lopullinen sijainti varmistuu vasta projektin käynnistyttyä, joten muiden töiden hinta-arvio oli erittäin hankala tehdä. Kokonaisuudessaan kyseisiin töihin saattaa mennä jopa kaksi kertaa enemmän aikaa kuin kaapeleiden asennukseen, joten työn kokonaiskustannusten määrä arvioitiin nousevan jopa lähelle 200 000 euroa. Tähän hinta-arvioon sisältyi kaikki mahdolliset rakentamiset, joten todellisuudessa kustannukset tuskin nousevat kyseiselle tasolle.

9.4 Kokonaiskustannukset

Alustavasti tehtyjen arvioiden mukaan kokonaiskustannuksiksi saatiin materiaalien osalta 415 000 euroa ja työn osalta 200 000 euroa. Kokonaisuudessaan kustannusarvioiksi saatiin 615 000 euroa työn ja materiaalin osalta. Hinta-arviossa käytettiin kuitenkin arvioituja materiaalihintoja ja työmiestunteja, joten tarkempi hinta-arvio on ehdottomasti tehtävä projektin käynnistyessä.

10 PROJEKTIKANSIO

Työssä luotiin tehtaan käyttöön projektikansio, jossa sijaitsee kaikki opinnäytetyön dokumentit. Projektikansion luomisen ajatuksena oli pitää kaikki dokumentit yhden kansion sisällä, jotta ne löytyisivät helposti projektin toteutusvaiheessa. Tämän lisäksi projektikansion sisältö tallennettiin tehtaan sisäiseen verkkoon. Projektikansio sisältää dokumentit, kuten

- valaistus- ja instrumenttimuuntajat / niiden sijainti
- keskusluettelot
- vanhan järjestelmän CAD-kuvat (LIITE 1)
- uusien keskusten suunnitelmat ja CAD-kuvat (LIITE 2)

- lähtöjen mitoitus (LIITE 3)
- kaapeli- ja laiteluettelo.

11 OMAT PÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Metsä-Tissue Oyj:lle uusi valaistus- ja instrumenttisähkösyöttöverkko. Verkosta oli tarkoitus tehdä kattavat dokumentit, laskea pieni kustannusarvio ja tuottaa projektikansio, jossa on sekä työn aloitushetken dokumentit ja uuden suunnitelman dokumentit.

Opinnäytetyössä valmistunut projektikansio auttaa projektin toteutuksen suorittamista, siitä löytyvien niin uuden kuin vanhan syöttöverkon dokumenttien avulla. Vanhan syöttöverkon dokumentit helpottavat projektin alkuvaiheessa ja uudet dokumentit ovat perustana projektin toteutukseen.

Kaikkiaan opinnäytetyössä päästiin tavoitteisiin ja se opetti tekijälle paljon uusia asioita. Etenkin kaapelin poikkipinnan valintaan vaikuttavat useat eri muuttujat tulivat tutuiksi ja niiden lisäksi oikosulkuvirran merkitys korostui entisestään. Työssä esitetty hinta-arvio oli erittäin epätarkka työntekijäkustannuksien osalta, mutta hinta-arvio on joka tapauksessa tehtävä uudelleen projektin käynnistyessä, sillä projektin toteutus aikataulua ei ollut tiedossa joten tarkan hinta-arvion tekeminen oli mahdottoisuus.

LÄHTEET

Ahoranta, J. 2005. Sähkötekniikka. 1.-7.p. Helsinki:WSOY.

ABB Control OY. 2009. Kolmannen yliaallon opas. opetusmoniste.

ABB. 2007. TTT-käsikirja. Vaasa:ISBN.

Energiateollisuus. 2008. Rakenne. Viitattu 4.1.2010. <http://www.energia.fi>, sähkö, sähköverkko, rakenne.

Fingrid Oyj. 2004. Fingrid oyj:n lehti 2/2004. 7.vuosikerta. ISSN.

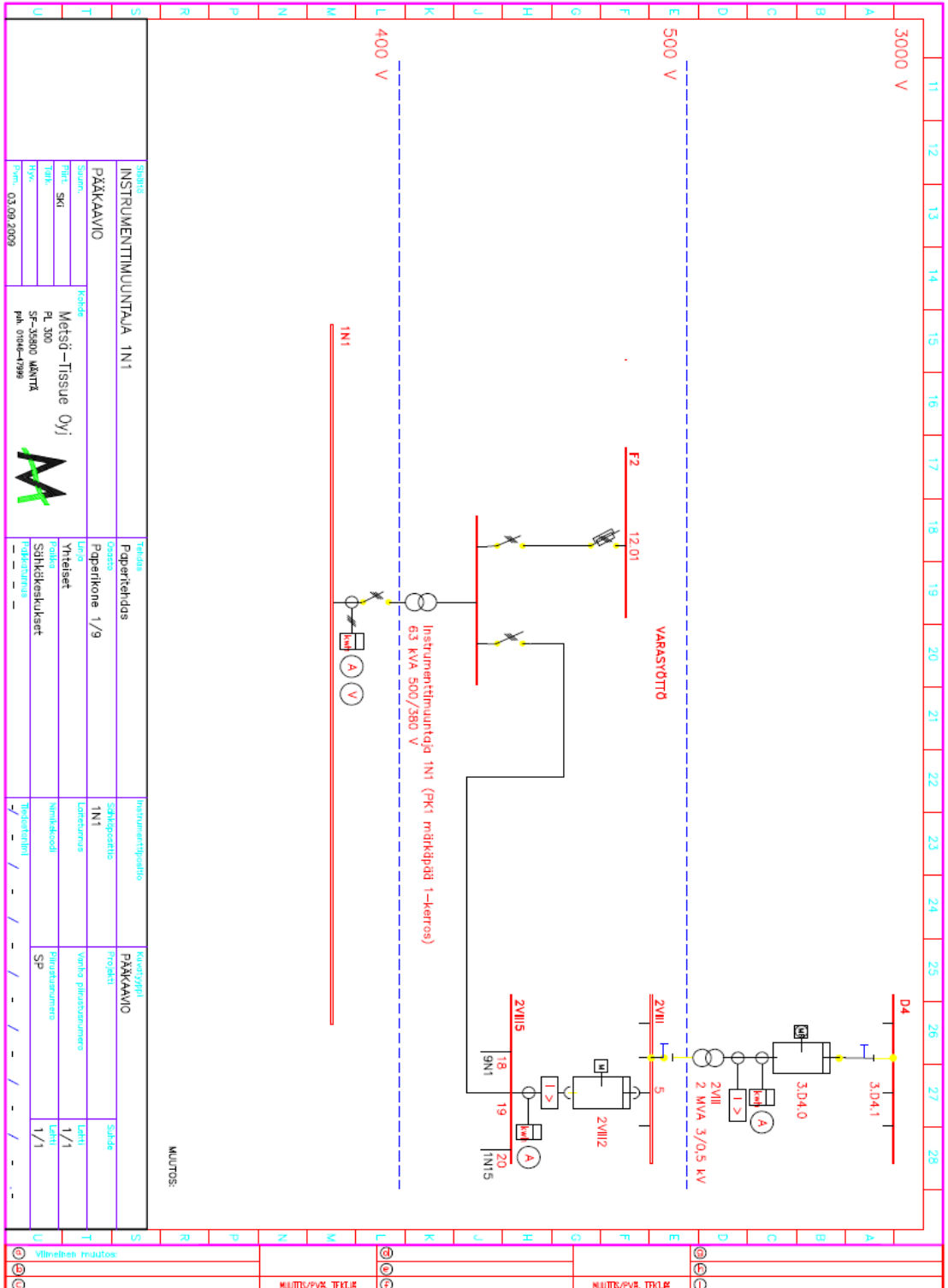
NSS ry. 2009. Vaaditut oikosulkuvirrat. Viitattu 1.1.2010. <http://www.sähkösunnittelu.fi>, vaaditut oikosulkuvirrat.

Suomen virtuaaliammattikorkeakoulu. 2009. Johdon mitoitus aihio. Viitattu 4.1.2010. <http://www.amk.fi>, DIGMA, tekniikka ja tuotanto, Johdon mitoitus aihio.

Sähkötieto ry. 1999. Sähkötekniisiä taulukoita. Espoo:ISBN.

LIIKTEET

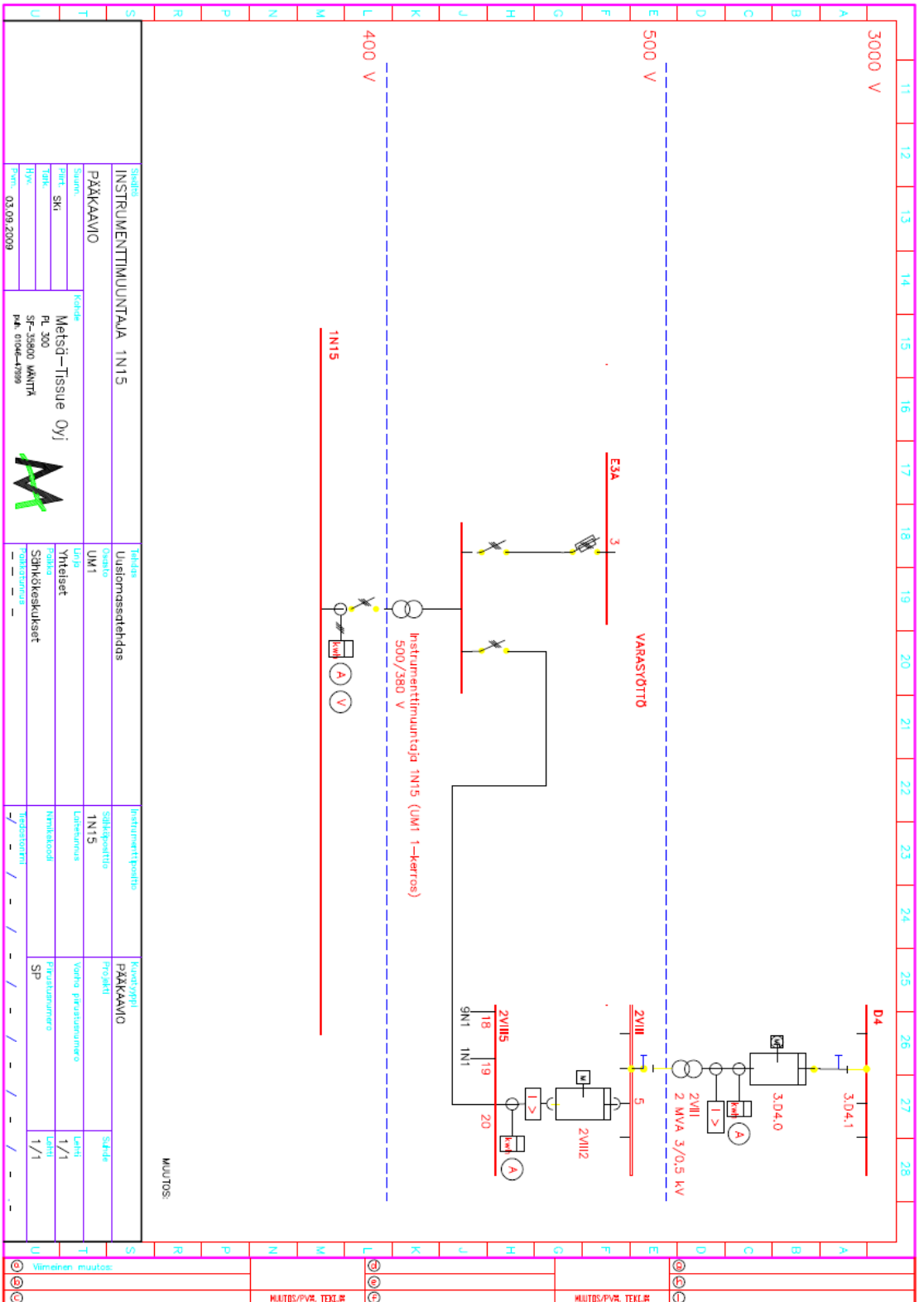
Liite 1 Vanhan järjestelmän CAD-kuvat



S		Sähkö		Instrumenttimuuntaja 1N1	
T		PÄÄKAAVIO		Paperitehdas	
U		Suunn.		Lupa	
		Piiritt. SKI		Paperikone 1/9	
		Tilitt.		Yhteiset	
		Oy:n		Sähkökeskukset	
		Pvm: 03.09.2009		Projektori	
		Kohde		Instrumenttipöytä	
		Metsä-Tissue Oy		IN1	
		Pl. 300		Laitteistus	
		SF-3500 KÄNTÄ		Nimikkodi	
		pö. 0104-799		Pöytänumero	
		MW		SP	
				Sähkö	
				Laitte	
				1/1	
				Laitte	
				1/1	

KUUTOS:

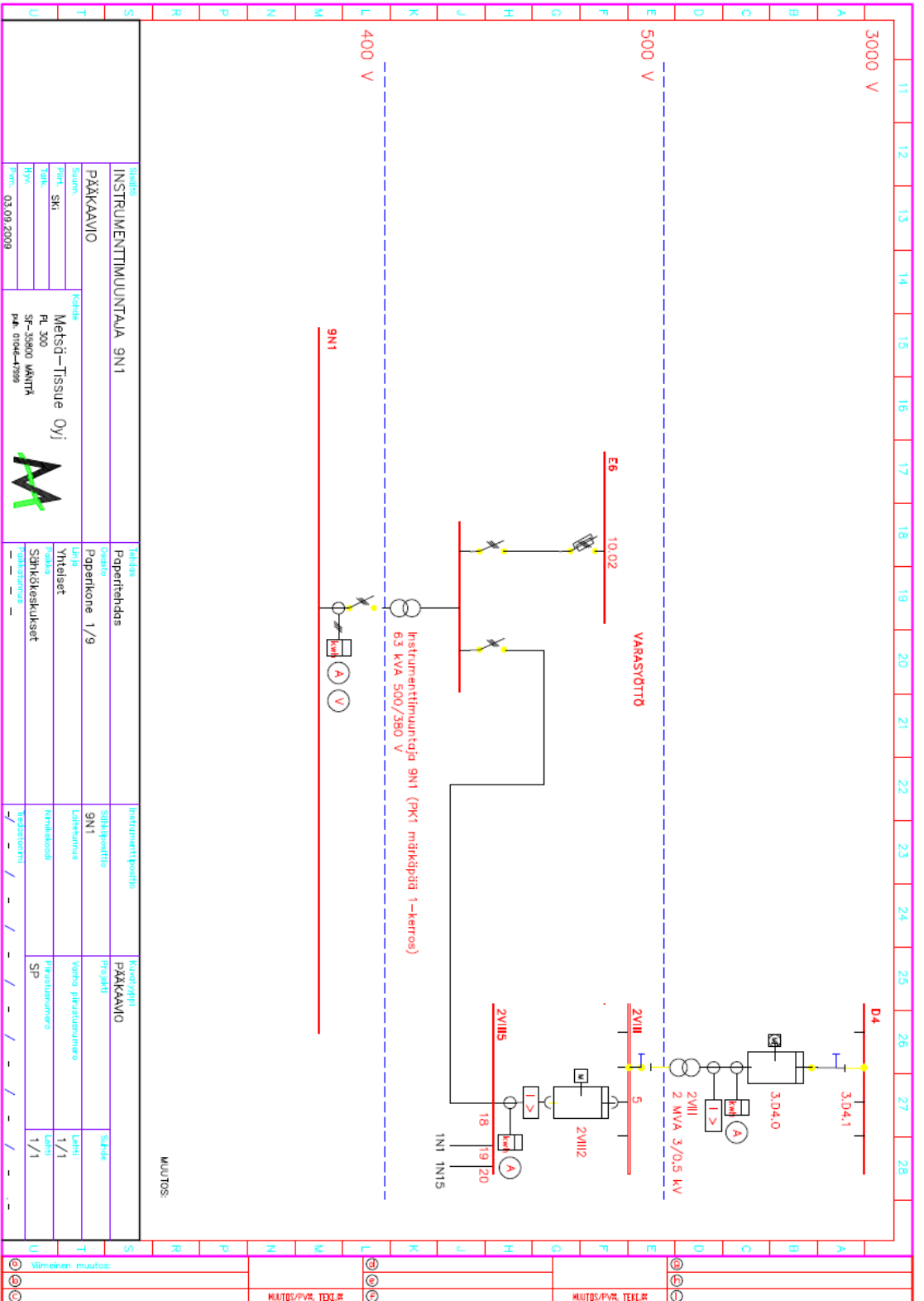
Välitehen muutos		MUIDS/PVA, TELLR		MUIDS/PVA, TD3LR	
------------------	--	------------------	--	------------------	--



S		Sisältö		Pöytäkirja		Instrumenttikappale		Käsitellyt	
S		INSTRUMENTTILUUNTAJA 1N15		Uusiomassatiedot		Sähkösysteemi		Projektin	
T		PÄÄKAIVO		UM1		1N15		PÄÄKAIVO	
T		Suunn.		Urja		Lohdennus		Voikon girastaminen	
T		Pöytä-SKI		Yhteiset		Sähkökeskukset		Pöytäkirjan numero	
U		Pvm: 03.09.2009		Metsä-Tissue Oy		Pöytäkirjan numero		SP	
U		Pöytä-SKI		Pöytäkirjan numero		Sähkökeskukset		Sähkösysteemin	
U		Pöytä-SKI		Pöytäkirjan numero		Sähkökeskukset		Sähkösysteemin	
U		Pöytä-SKI		Pöytäkirjan numero		Sähkökeskukset		Sähkösysteemin	

MUUTOS

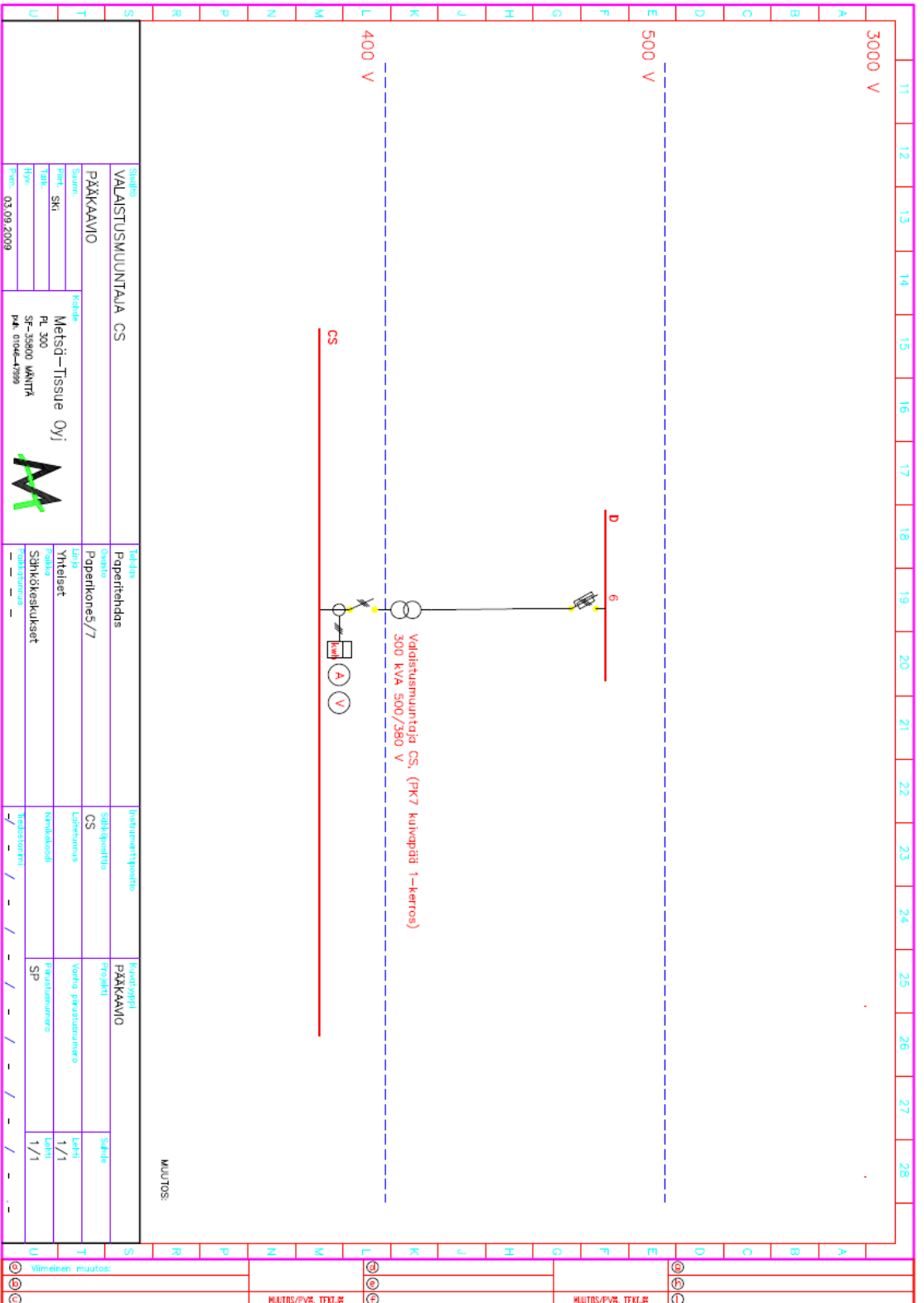
A		D4		3.0/4.1		3.0/4.0		2 MVA 3/0.5 kV	
B		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
C		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
D		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
E		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
F		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
G		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
H		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
I		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
J		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
K		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
L		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
M		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
N		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
O		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
P		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
Q		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
R		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
S		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
T		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	
U		2VIII		2VIII		2VIII2		2VIIIS	



nimi INSTRUMENTIMURINTAJA 9N1		tilaaja Paperitehdas	
PÄÄKAAVIO		Ohje Paperikone 1/9	
Suunn. Pirtti SKI	Keskite Metsä-Tissue Oyj PL 300 SF-35900 JÄMSÄ Puh. 01064-4959	Urpi Yhteiset Sähkökeskukset	Instrumenttipointti Sähköpiirros 9N1
Tilaaja Hyye	Pvm: 03.09.2009	Yhteiset Sähkökeskukset	Instrumenttipointti Sähköpiirros 9N1
Keskite Metsä-Tissue Oyj PL 300 SF-35900 JÄMSÄ Puh. 01064-4959		Urpi Yhteiset Sähkökeskukset	Instrumenttipointti Sähköpiirros 9N1
Pvm: 03.09.2009		Yhteiset Sähkökeskukset	Instrumenttipointti Sähköpiirros 9N1

MUUTOS

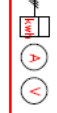
Viimeinen muutos:		MUUTOS/PVA, TEKIJÄ
MUUTOS/PVA, TEKIJÄ		MUUTOS/PVA, TEKIJÄ



MUUTOS:

①	MUUTOS/PVA, TEKIJÄ
②	
③	
④	
⑤	
⑥	
⑦	
⑧	
⑨	
⑩	
⑪	
⑫	
⑬	
⑭	
⑮	
⑯	
⑰	
⑱	
⑲	
⑳	
㉑	
㉒	
㉓	
㉔	
㉕	
㉖	
㉗	
㉘	
㉙	
㉚	
㉛	
㉜	
㉝	
㉞	
㉟	
㊱	
㊲	
㊳	
㊴	
㊵	
㊶	
㊷	
㊸	
㊹	
㊺	
㊻	
㊼	
㊽	
㊾	
㊿	

Välitelemurintaja CS, (PK7 kuvio) 300 kVA 500/380 V

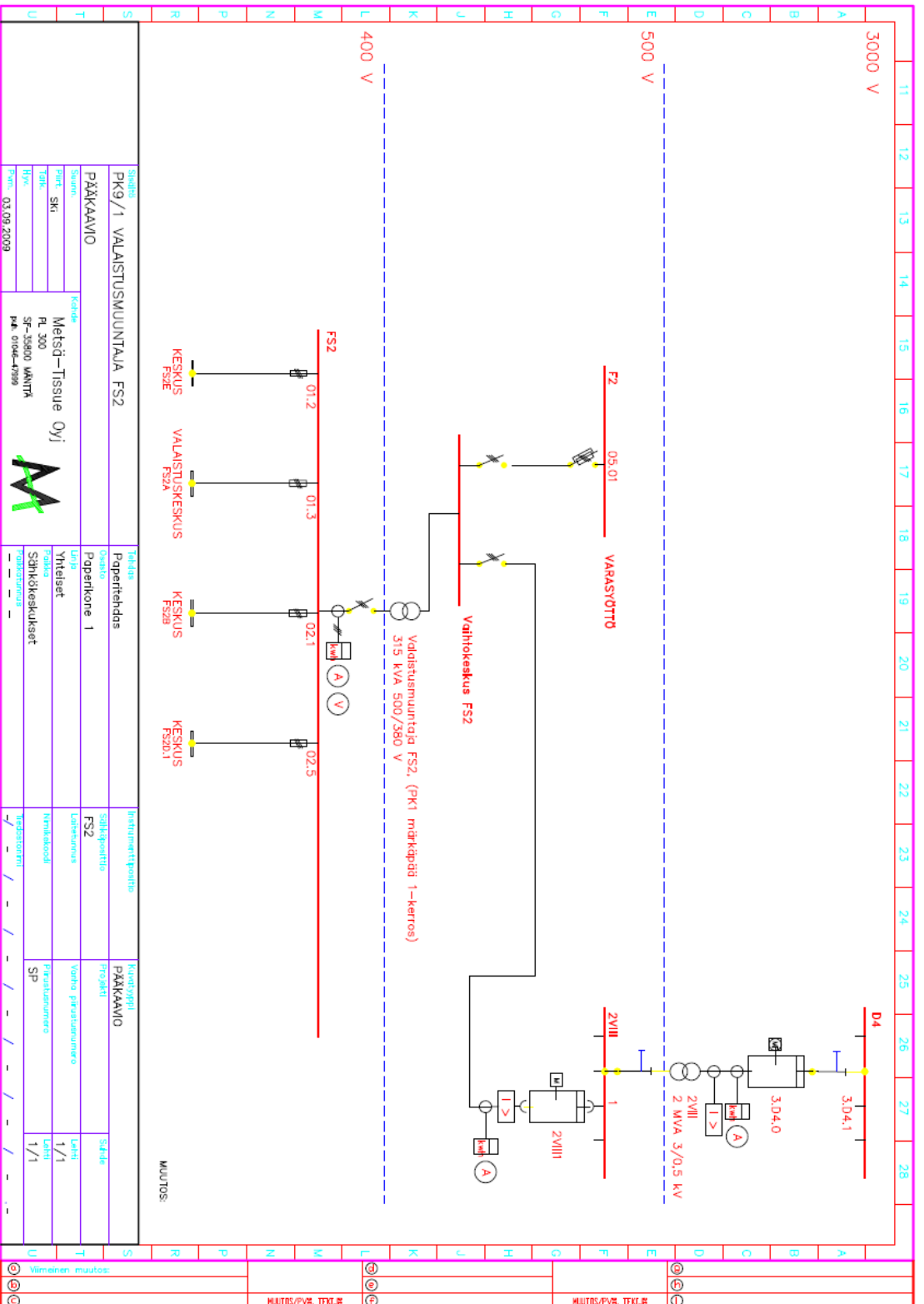


Välitelemurintaja CS, (PK7 kuvio) 300 kVA 500/380 V

400 V

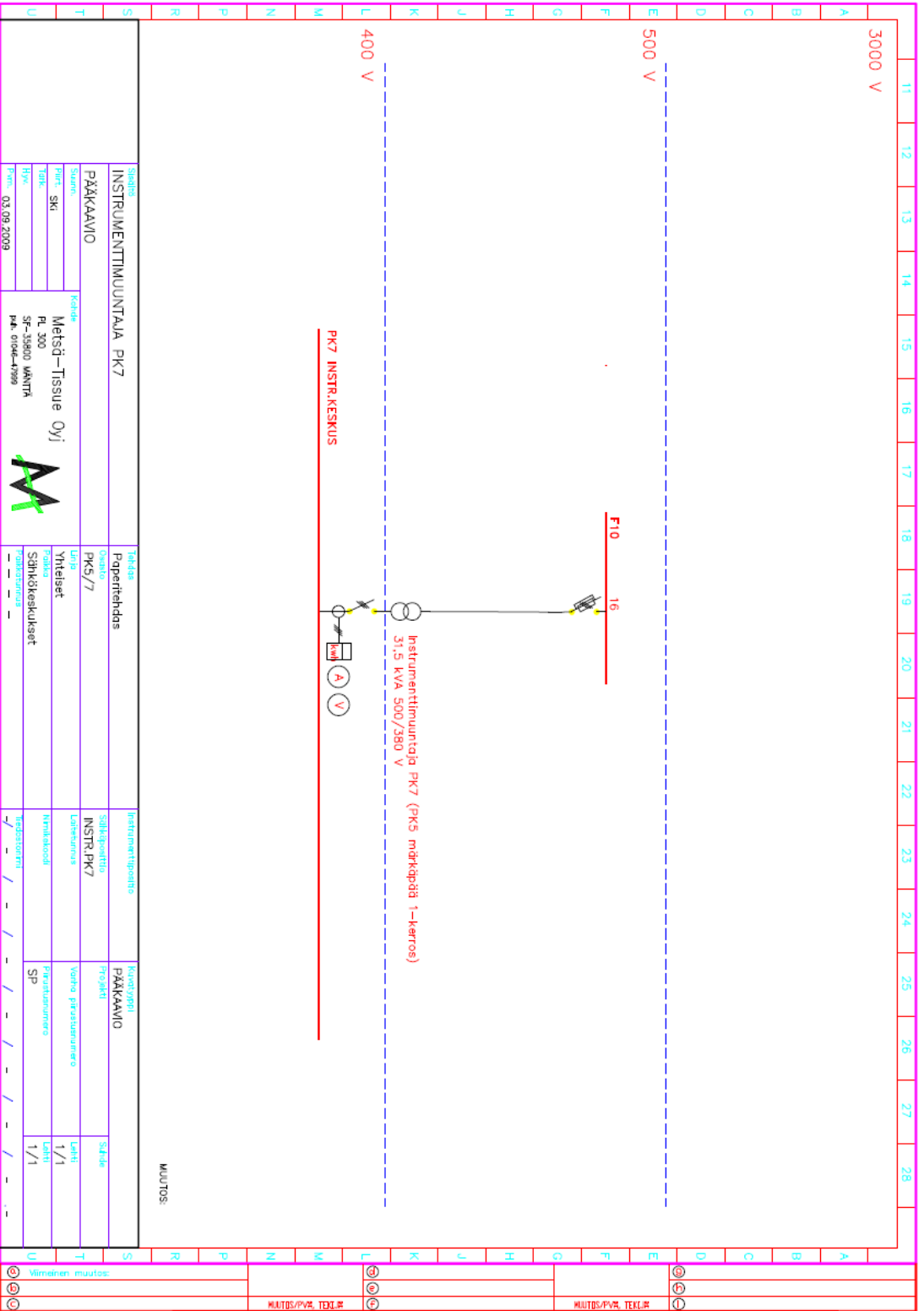
500 V

3000 V



Nimi: PK9/1 VALAISTUSMUUNTAJA FS2 PÄÄKAIVO		Paikka: Paperitehdas Osasto: Paperikone 1		Instrumenttipaikka: Valokeskus FS2		Kuvaus: PÄÄKAIVO Projekti:	
Suunn: Metsä-Tissue Oyj Pöytä: R. 300 Tila: SF-3500 KÄYTTÄ Hita: Pk. 0104-4799		Lupa: Yhteiset Zonitus: Sähkökeskukset		Luokitus: Luokitus Nimi: Nimi Tiedostonimi:		Valo järjestysnumero: SP Pääkaivonnumero: SP Lehti: Lehti Lehti: Lehti	
Pvm: 03.09.2009		Keskus:		Muutos:		Viimeinen muutos:	

MUUTOS/PVA, TEKL.#



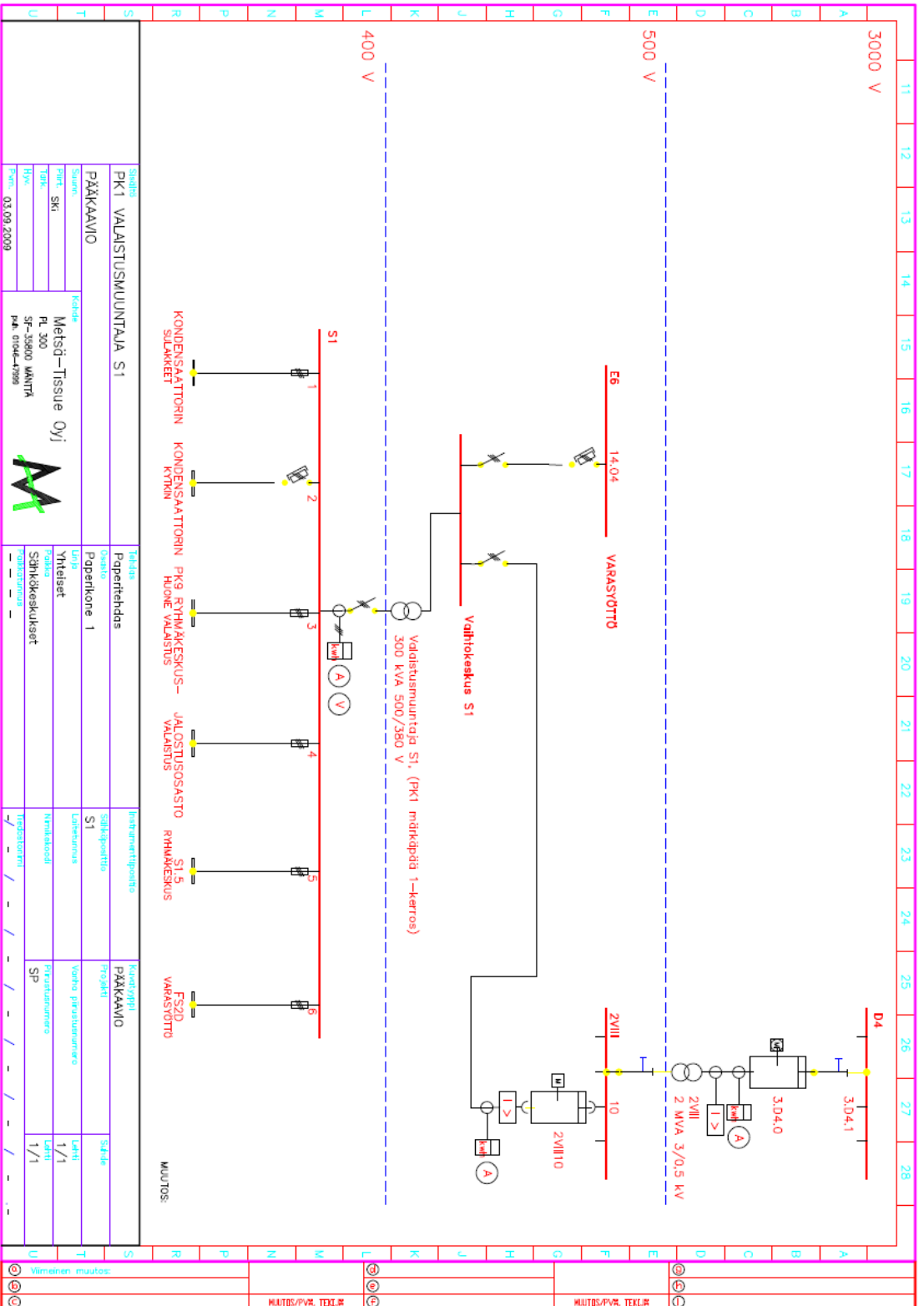
Siuna		Talika	Instrumenttuntaja		Käsitellyt			
INSTRUMENTTUNTAJA PK7		Paperitehdas	INSTR.PK7		PÄÄKAAVIO			
Suunn.		Osoite	Sähkösuojitus		Projekt		Säde	
PÄÄKAAVIO		PK5/7	Lisenssin		Voima perustuminen		Lähtö	
Suunn.		Urja	Lisenssin		Perustuminen		Lähtö	
Pöytä-SKI		Yhteiset	Lisenssin		Perustuminen		Lähtö	
Tote.		Palvelu	Lisenssin		Perustuminen		Lähtö	
Höy.		Sähkökeskukset	Lisenssin		Perustuminen		Lähtö	
Pvm: 03.09.2009		Projekti	Lisenssin		Perustuminen		Lähtö	

Virheen muutos: _____

MUUTOS/PV/ TEL# _____

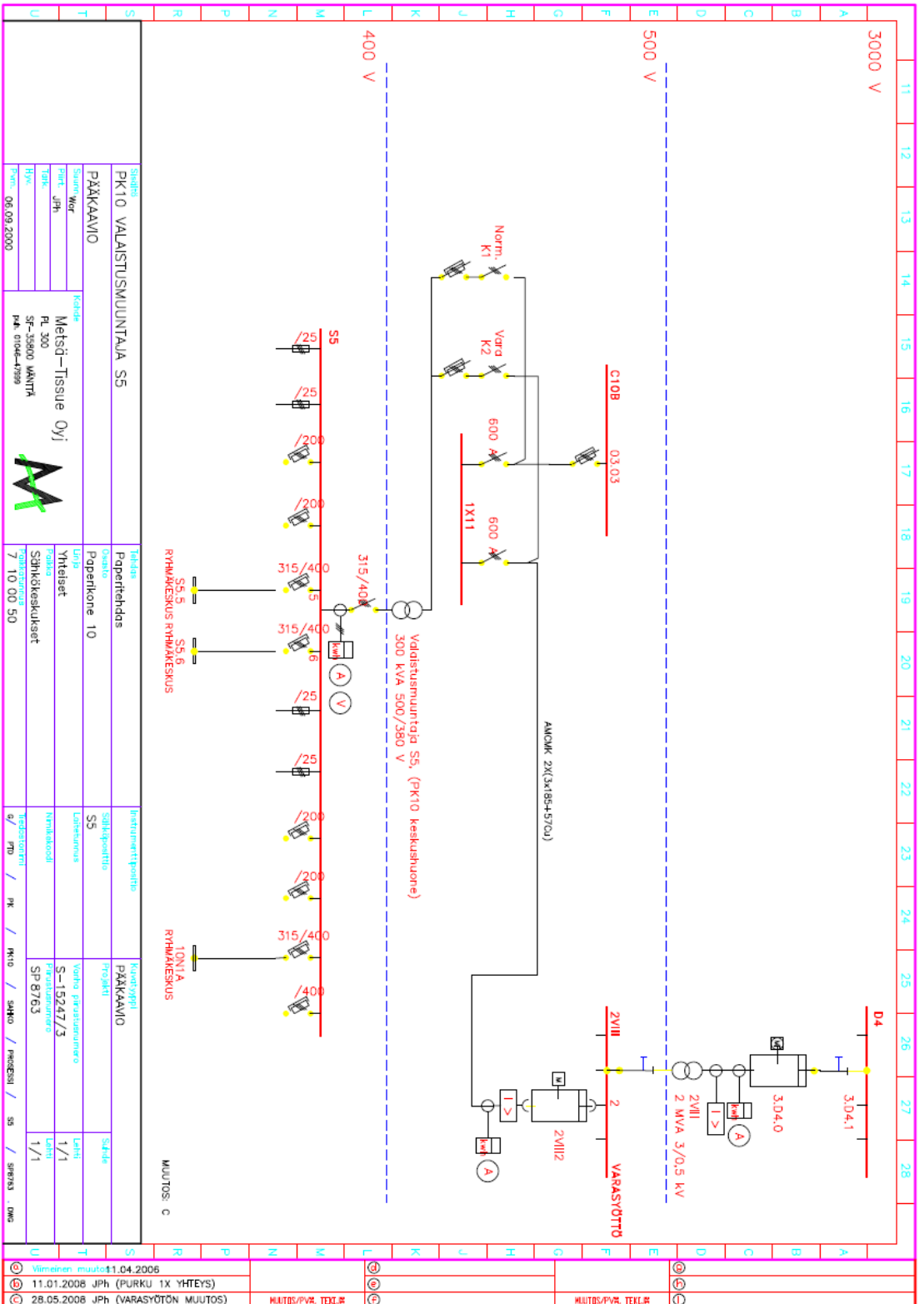
MUUTOS/PV/ TEL# _____

MUUTOS

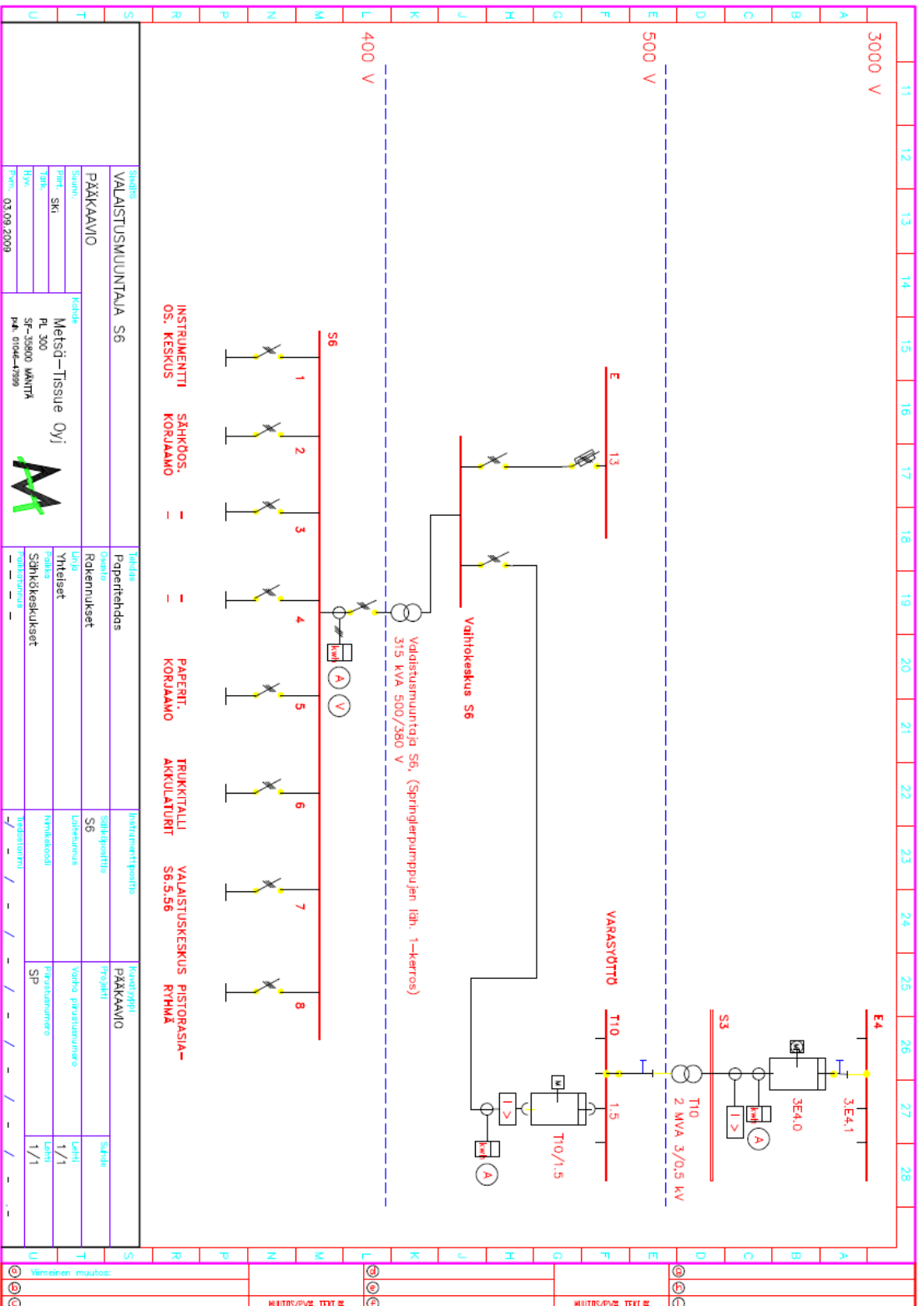


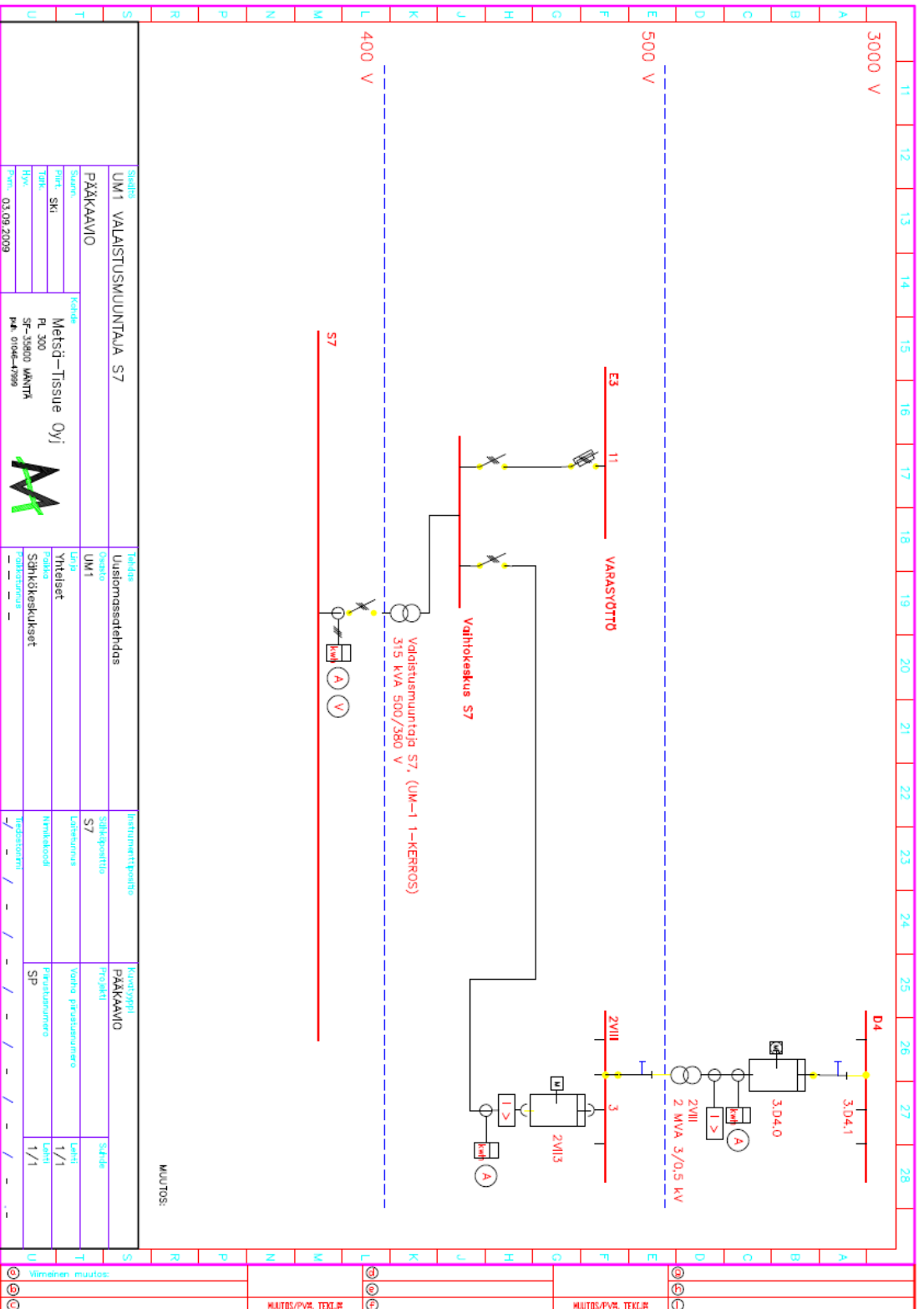
S		Pääkaivo		Pääkaivo	
PK1 VALAISTUSMUUNTAJA S1		Päätehdas		Pääkaivo	
Suunn.		Osa-ko		Suunn.	
PÄÄKAAVIO		Paperitehdas		PÄÄKAAVIO	
Suunn.		Ur.p		Vaihto	
Pöytä-SKI		Yhteiset		Pääkaivo	
Tölk.		Sähkökeskukset		Pääkaivo	
Huone		Sähkökeskukset		Pääkaivo	
Pvm: 03.09.2009		Tiedostonimi		Pääkaivo	

Viimeinen muutos:		MUTOS/PVM, TEKL. #	
		MUTOS/PVM, TEKL. #	



Projekti PK10 VALAISTUSMUUNTAJA S5		Talteen Paperitehdas	
Siunaus PÄÄKAIVO		Ohjeisto S5	
Suunn. Wac Mestri-Tissue Oy PL 300 SF-39600 JÄMSÄ Puh. 0164-4399		Luokitus Valaistusmuunnos S-15247/3	
Projekt. JPh		Yhteiset Sähkösuojukset	
Työnohjaaja		Yhteiset Sähkösuojukset	
Hyväksyjä 06.09.2000		Yhteiset Sähkösuojukset	
Projektin nro 06.09.2000		Yhteiset Sähkösuojukset	

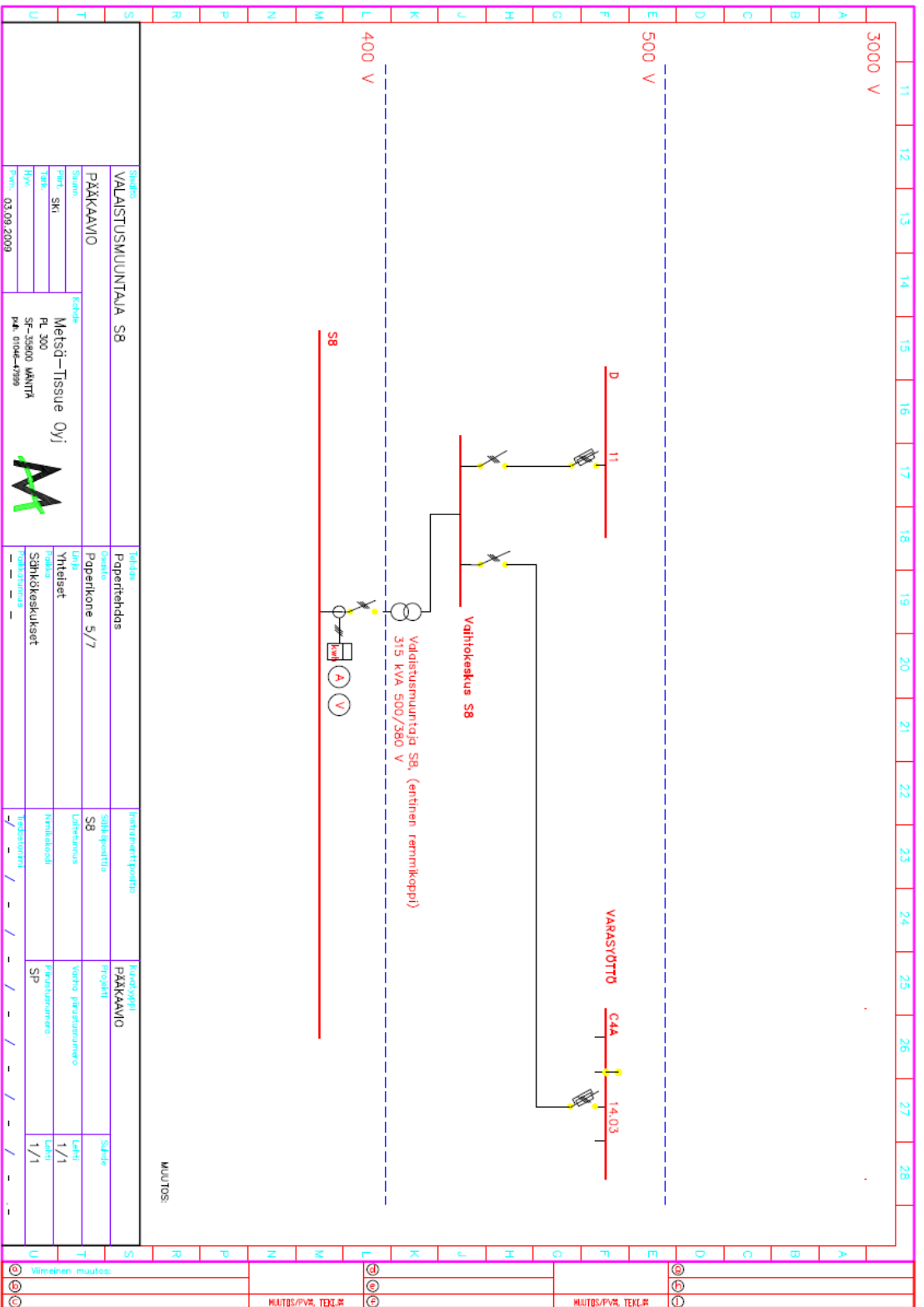




S	Suunnitelma UM1 VALAISTUSMUUNTIMAJA S7	Rakennus Uusiennastehdas	Insinööri Sähköinsinööri S7	Kuvaaja PÄÄKAIVO	Sähkö S7
T	Suunnitelma PÄÄKAIVO	Urakoitsija UM1	Laitteenvalmistaja S7	Projektinjohtaja PÄÄKAIVO	Sähkö S7
U	Suunnitelma PÄÄKAIVO	Urakoitsija UM1	Laitteenvalmistaja S7	Projektinjohtaja PÄÄKAIVO	Sähkö S7

U	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1
T	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1
S	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1

U	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1
T	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1
S	Pvm: 03.09.2009	Käyttäjä:	Sivu: 1/1



S	Yhteis	VALAISTUSMUUNTAJA S8	Yhteis	Projektin nimi	PÄÄKAIVO	Yhteis	Projekti	PÄÄKAIVO	Yhteis	Projekti	PÄÄKAIVO
T	Suunn.	PÄÄKAAVIO	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis
U	Yhteis	Metsä-Tissue Oyj	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis

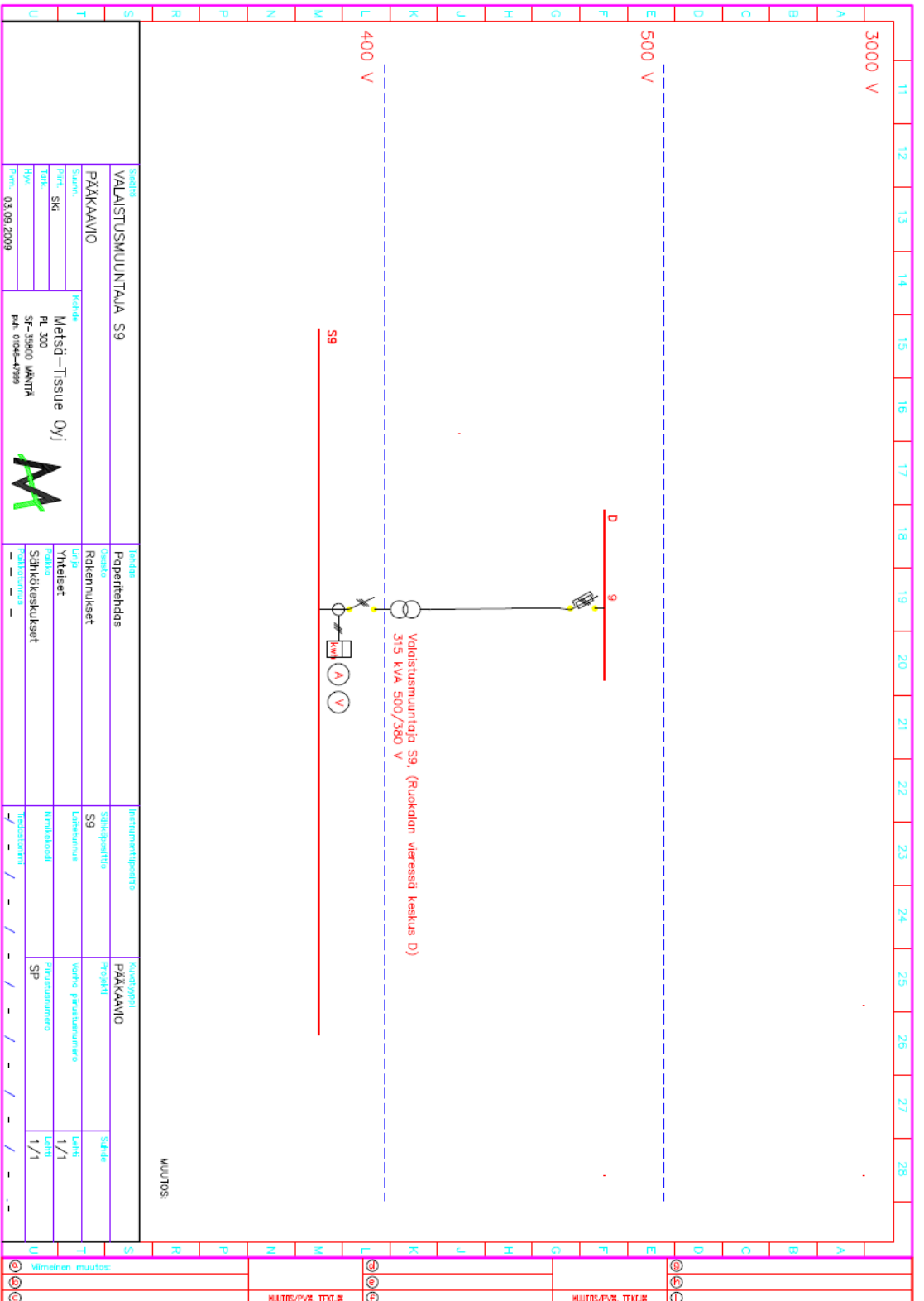
U	Yhteis	03.09.2009	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis
T	Yhteis	03.09.2009	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis
S	Yhteis	03.09.2009	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis	Yhteis

MUUTOS

Viimeinen muutos:

MUUTOS/PVA TEKIL#

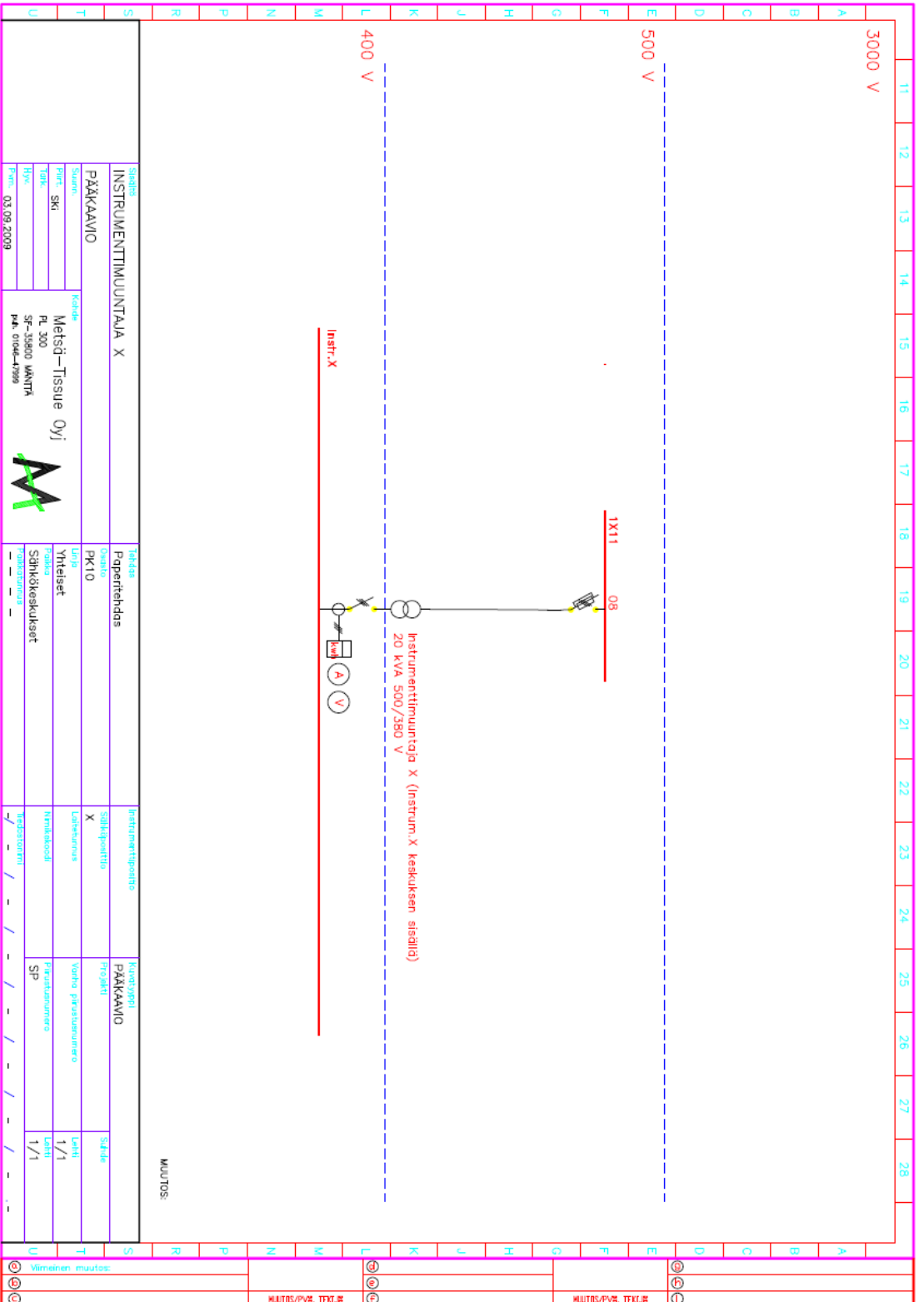
MUUTOS/PVA TEKIL#



Osoite VALAISTUSMUUNTAJA S9		Rakennus Paperitehdas		Insinööri Sähkösuunnittaja		Projekti PÄÄKAAVIO		Sivut Sivu	
Suunn. PÄÄKAAVIO		Urpa Rakennukset		Luokitus S9		Vanha piirustuksenro SP		Lehti 1/1	
Piirtäjä SKI		Yhteiset Sähkökeskukset		Tekijä Sähkökeskukset		Päiväys SP		Lehti 1/1	
Hyväks. Pvm: 03.09.2009		Keskä Metsä-Tissue Oy P. 300 SF-39600 JÄNTÄ Puh. 01046-4799		Tekijä Sähkökeskukset		Tekijä Sähkökeskukset		Lehti 1/1	

MUUTOS

Viimeinen muutos:		MUUTOS/PVM/TEKIJÄ	
MUUTOS/PVM/TEKIJÄ		MUUTOS/PVM/TEKIJÄ	



S		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti	
Instrumittimurinta X		Pöytä		Pöytä		Pöytä		Pöytä	
INSTRUMENTTIMUUNTAJA X		Paperitehdas		Paperitehdas		Paperitehdas		Paperitehdas	
PÄÄKAAVIO		Osasto		Osasto		Osasto		Osasto	
Suuren		PK10		PK10		PK10		PK10	
Pöytä: SKI		Yhteiset		Yhteiset		Yhteiset		Yhteiset	
Tila:		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset	
Huone:		Tiedostonimi		Tiedostonimi		Tiedostonimi		Tiedostonimi	
Pvm: 03.09.2009		-		-		-		-	
Kohde:		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj	
		P. 300		P. 300		P. 300		P. 300	
		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ	
		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799	

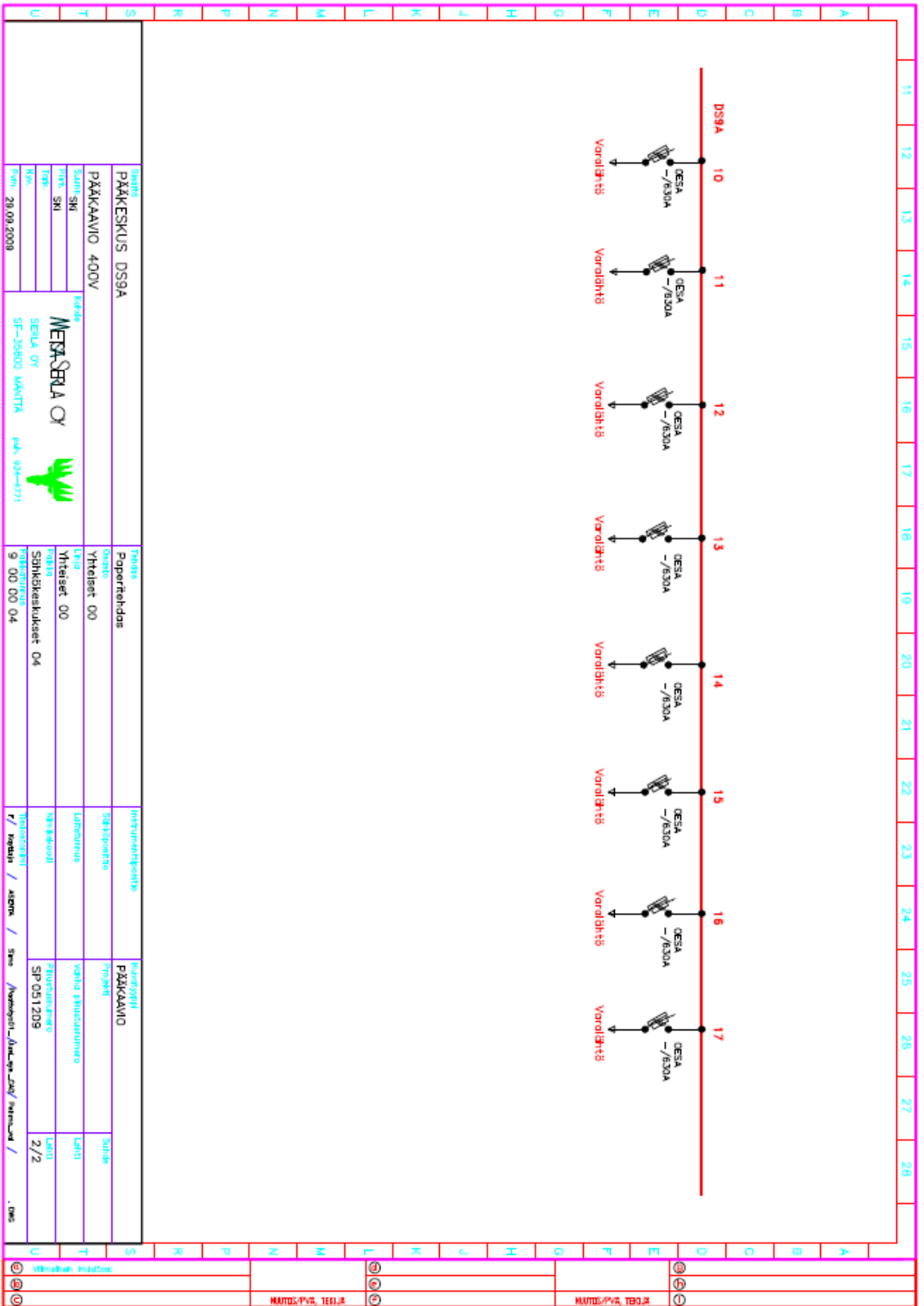
MUUTOS

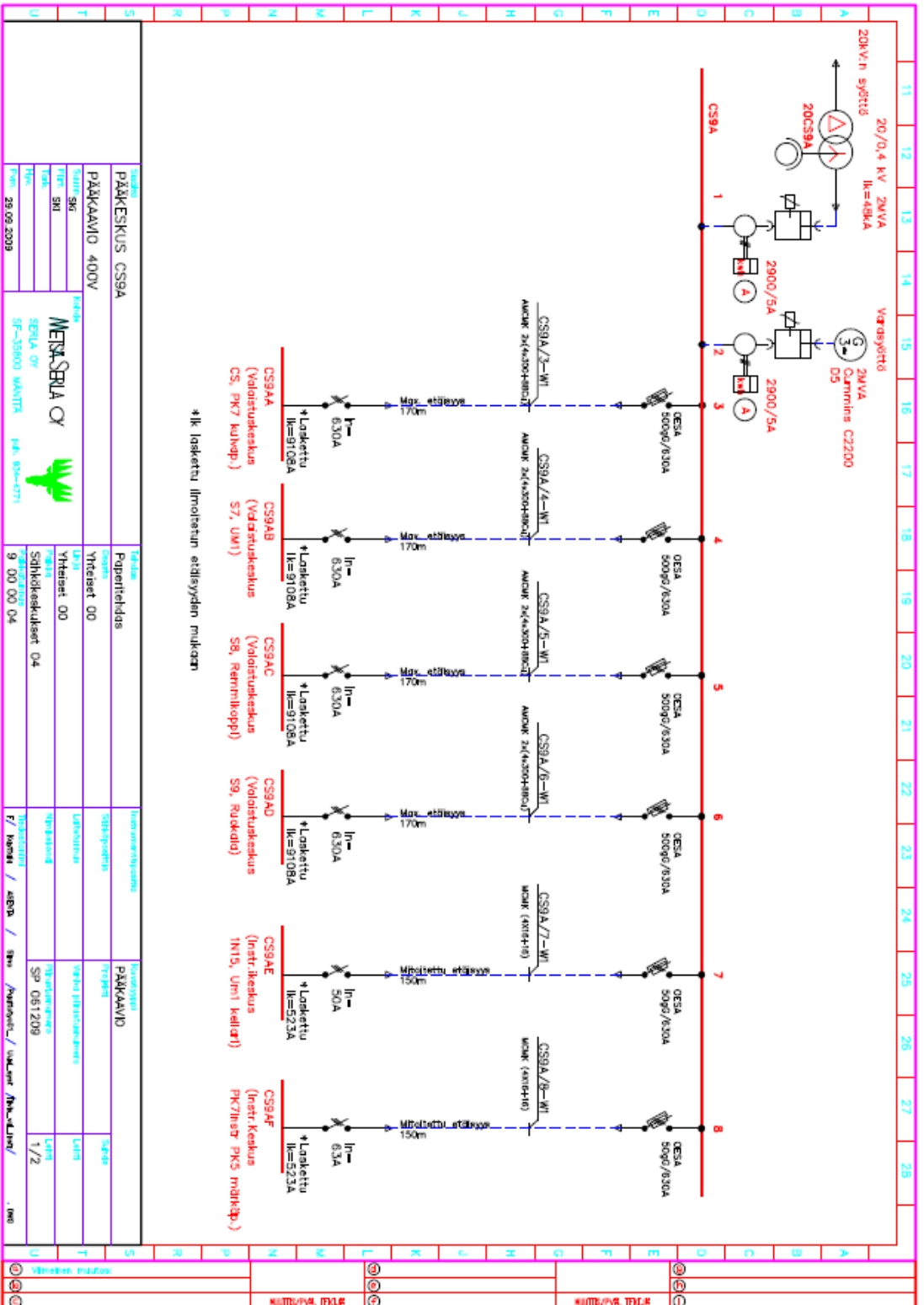
S		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti		Instrumenttipointti	
Instrumittimurinta X		Pöytä		Pöytä		Pöytä		Pöytä	
INSTRUMENTTIMUUNTAJA X		Paperitehdas		Paperitehdas		Paperitehdas		Paperitehdas	
PÄÄKAAVIO		Osasto		Osasto		Osasto		Osasto	
Suuren		PK10		PK10		PK10		PK10	
Pöytä: SKI		Yhteiset		Yhteiset		Yhteiset		Yhteiset	
Tila:		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset		Sähkökeskukset	
Huone:		Tiedostonimi		Tiedostonimi		Tiedostonimi		Tiedostonimi	
Pvm: 03.09.2009		-		-		-		-	
Kohde:		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj		Metsä-Tissue Oyj	
		P. 300		P. 300		P. 300		P. 300	
		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ		SF-13800 KÄNTÄ	
		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799		Puh. 0104-4799	

Väläinen muutos:

MUUTOS/PVM, TEHL #

MUUTOS/PVM, TEHL #





S	PÄÄKESKUS CS9A
T	PÄÄKESKUS 400V
U	Työ: 26.06.2009 Piirustaja: Tarkastaja: Suostus: SF-35800 KANTTA

S	Päätökset
T	Päätökset
U	Suostus: SF-35800 KANTTA Pääsuostus: SF-35800 KANTTA

S	Pääsuostus
T	Pääsuostus
U	Suostus: SF-35800 KANTTA Pääsuostus: SF-35800 KANTTA

S	Pääsuostus
T	Pääsuostus
U	Suostus: SF-35800 KANTTA Pääsuostus: SF-35800 KANTTA

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																																																							
A																																																																									
B																																																																									
C																																																																									
D																																																																									
E																																																																									
F																																																																									
G																																																																									
H																																																																									
J																																																																									
K																																																																									
L																																																																									
M																																																																									
N																																																																									
P																																																																									
R																																																																									
S	<table border="1"> <tr> <th>Yhteis:</th> <td colspan="2">PÄÄKESKUS CS9A</td> <th>Yhteis:</th> <td colspan="2">Paperitehdas</td> <th>Yhteis:</th> <td colspan="2">Tehdas: <td colspan="2">PÄÄKAIVO</td> </td></tr> <tr> <td>PÄÄKAIVO 400V</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Sähköparit</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> </tr> <tr> <td>Sähköparit</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Lähtökortit</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> </tr> <tr> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 00</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> </tr> <tr> <td>Yhteiset 04</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> <td>Yhteiset 04</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> <td>Yhteiset 04</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> <td></td> <td>Yhteiset 04</td> </tr> </table>																		Yhteis:	PÄÄKESKUS CS9A		Yhteis:	Paperitehdas		Yhteis:	Tehdas: <td colspan="2">PÄÄKAIVO</td>		PÄÄKAIVO		PÄÄKAIVO 400V		Yhteiset 00	Sähköparit		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04	Sähköparit		Yhteiset 00	Lähtökortit		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04	Yhteiset 00		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04	Yhteiset 04		Yhteiset 04	Yhteiset 04		Yhteiset 04	Yhteiset 04		Yhteiset 04		Yhteiset 04
Yhteis:	PÄÄKESKUS CS9A		Yhteis:	Paperitehdas		Yhteis:	Tehdas: <td colspan="2">PÄÄKAIVO</td>		PÄÄKAIVO																																																																
PÄÄKAIVO 400V		Yhteiset 00	Sähköparit		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04																																																															
Sähköparit		Yhteiset 00	Lähtökortit		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04																																																															
Yhteiset 00		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00	Yhteiset 00		Yhteiset 00		Yhteiset 04																																																															
Yhteiset 04		Yhteiset 04	Yhteiset 04		Yhteiset 04	Yhteiset 04		Yhteiset 04		Yhteiset 04																																																															
T																																																																									
U																																																																									

		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS			Lähtö:	DS9AB	
Tekijä	Ski	4.12.2009						
Tarkastaja								
Hyväksyjä								
Sulakkeen In		500 A	Kaapeleita hyllyllä			lkm	9	Kerroin 0,78
Pääjännite		400 V	Lämpötila °C				35	0,88
		0,4 kV	Kokonaiskorjauskerroin					0,6864
Lähdön teho		346400 W						
		346,4 kW	Muuntajan Ik				48000 A	
KAAPELIN MITOITUS		Sulake In	x 1,6					
		1,45			=	Mitoitusvirta		A
		Kokonaiskorjauskerroin						
Mitoitusvirta =		803,7939 A	Mitoitusvirran maksimi yhdelle kaapelille					
			Al 430 A	Cu 550 A	Tällöin käytetään useampaa kaapelia, joten jaetaan 2:lla			
Mitoitusvirta/2		401,897 A						
KAAPELIN VALINTA	AMCMK	2x(4x300+88Cu)	johdinpoikkipinta		300 mm ²			
ALENEMAN LASKENTA 200m:n matkalla			Sallittu alenema <4%					
3-vaiheinen alenema %	=	100 x Teho[kW] x etäisyys[km] x johdin aineen resistiivisyys						
		Johdinpoikkipinta-ala x pääjännite ²						
						Johdinaineen resistiivisyys		
ALENEMA	4,04 %			Al 15°C	0,028 Ωmm ² /m			
				Cu 15°C	0,0175 Ωmm ² /m			
jos alenema >4%, niin asetetaan uudeksi matkaksi				170 m				
				0,17 km				
Uusi alenema =	3,44 %							
		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS			Lähtö:	DS9AB	
Tekijä	Ski	4.12.2009						
Tarkastaja								
Hyväksyjä								
Sulakkeen In		500 A	Kaapeleita hyllyllä			lkm	9	Kerroin 0,78
Pääjännite		400 V	Lämpötila °C				35	0,88
		0,4 kV	Kokonaiskorjauskerroin					0,6864
Lähdön teho		346400 W						
		346,4 kW	Muuntajan Ik				48000 A	
Lasketaan muuntajan impedanssi				$Z_m = \frac{c \times U}{I_k \times \sqrt{3}}$	$c=0,95$ kerroin			
					U=pääjännite			
					Ik=oikosulkuvirta			
			$Z_m =$	0,0046 Ω				
Lasketaan kaapelin impedanssi				$Z_k =$	1,24 x 2x kaapelin etäisyys [m]			
					kaapelin pinta-ala[mm ²] x johtimen johtokyky			
				johtokyky	Al	36 m/Ωmm ²		
					Cu	56 m/Ωmm ³		
			$Z_k =$	0,0195 Ω				
Kokonais impedanssi	Zkok.=	Zk + Zm =		0,0241 Ω				
Lasketaan oikosulkuvirta Ik				$I_k =$	$\frac{c \times U}{\sqrt{3} \times Z_{kok.}}$			
			$I_k =$	9108 A				

		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS		Lähtö:	CS9AA
Tekijä	Ski	4.12.2009				
Tarkastaja						
Hyväksyjä						
					lkm	Kerroin
Sulakkeen In		500 A	Kaapeleita hyllyllä	9	0,78	
Pääjännite		400 V	Lämpötila °C	35	0,88	
		0,4 kV	Kokonaiskorjauskerroin		0,6864	
Lähdön teho		346400 W				
		346,4 kW	Muuntajan lk	48000	A	
KAAPELIN MITOITUS		Sulake In x 1,6				
		1,45	=	Mitoitusvirta	A	
		Kokonaiskorjauskerroin				
Mitoitusvirta =		803,7939 A	Mitoitusvirran maksimi yhdelle kaapelille			
Mitoitusvirta/2		401,897 A	Al 430 A Cu 550 A	Tällöin käytetään useampaa kaapelia, joten jaetaan 2:lla		
KAAPELIN VALINTA	AMCMK	2x(4x300+88Cu)	johdinpoikkipinta	300 mm ²		
ALENEMAN LASKENTA 200m:n matkalla			Sallittu alenema <4%			
3-vaiheinen alenema %	=	$100 \times \text{Teho[kW]} \times \text{etäisyys[km]} \times \text{johdin aineen resistiivisyys} / \text{Johdinpoikkipinta-ala} \times \text{pääjännite}^2$				
ALENEMA	4,04 %		Johdinaineen resistiivisyys			
			Al 15°C	0,028	Ωmm ² /m	
			Cu 15°C	0,0175	Ωmm ² /m	
jos alenema >4%, niin asetetaan uudeksi matkaksi		170 m				
		0,17 km				
Uusi alenema =	3,44 %					
		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS		Lähtö:	CS9AA
Tekijä	Ski	4.12.2009				
Tarkastaja						
Hyväksyjä						
					lkm	Kerroin
Sulakkeen In		500 A	Kaapeleita hyllyllä	9	0,78	
Pääjännite		400 V	Lämpötila °C	35	0,88	
		0,4 kV	Kokonaiskorjauskerroin		0,6864	
Lähdön teho		346400 W				
		346,4 kW	Muuntajan lk	48000	A	
Lasketaan muuntajan impedanssi	Zm=	$c \times U / \text{lk} \times \sqrt{3}$		c=0,95	kerroin	
		Zm=	0,0046 Ω	U=pääjännite lk=oikosulkuvirta		
Lasketaan kaapelin impedanssi	Zk=	$1,24 \times 2 \times \text{kaapelin etäisyys [m]} / \text{kaapelin pinta-ala[mm}^2] \times \text{johtimen johtokyky}$				
		johtokyky	Al	36	m/Ωmm ²	
			Cu	56	m/Ωmm ²	
		Zk=	0,0195 Ω			
Kokonais impedanssi	Zkok.=	Zk + Zm =	0,0241 Ω			
Lasketaan oikosulkuvirta lk	lk=	$c \times U / \sqrt{3} \times \text{Zkok.}$				
		lk=	9108 A			

		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS		Lähtö: CS9AF	
Tekijä	Ski	4.12.2009				
Tarkastaja						
Hyväksyjä						
Sulakkeen In	50 A		Kaapeleita hyllyllä		Ikm	Kerroin
Pääjännite	400 V		Lämpötila °C		9	0,78
	0,4 kV		Kokonaiskorjauskerroin		35	0,88
Lähdön teho	34640 W		Muuntajan Ik			0,6864
	34,64 kW					
KAAPELIN MITOITUS			Sulake In x 1,6			
			1,45	=	Mitoitusvirta	A
			Kokonaiskorjauskerroin			
Mitoitusvirta =	80,4 A					
KAAPELIN VALINTA			MCMK	4x16+16	johdinpoikkipinta 16 mm²	
ALENEMAN LASKENTA 200m:n matkalla				Sallittu alenema <4%		
3-vaiheinen alenema %	=	$100 \times \frac{\text{Teho[kW]} \times \text{etäisyys[km]} \times \text{johdin aineen resistiivisyys}}{\text{Johdinpoikkipinta-ala} \times \text{pääjännite}^2}$				
ALENEMA	4,74 %	Johdinaineen resistiivisyys				
		Al 15°C 0,028 Ωmm ² /m				
		Cu 15°C 0,0175 Ωmm ² /m				
jos alenema >4%, niin asetetaan uudeksi matkaksi		150 m				
Uusi alenema =	3,55 %					
		Pvm.	LÄHDÖN MITOITUS		Lähtö: CS9AF	
Tekijä	Ski	4.12.2009				
Tarkastaja						
Hyväksyjä						
Sulakkeen In	50 A		Kaapeleita hyllyllä		Ikm	Kerroin
Pääjännite	400 V		Lämpötila °C		9	0,78
	0,4 kV		Kokonaiskorjauskerroin		35	0,88
Lähdön teho	34640 W		Muuntajan Ik			0,6864
	34,64 kW					
Lasketaan muuntajan impedanssi Z _m =			$\frac{c \times U}{Ik \times \sqrt{3}}$		c=0,95 kerroin U=pääjännite Ik=oikosulkuvirta	
			Z_m= 0,0046 Ω			
Lasketaan kaapelin impedanssi Z _k =			$\frac{1,24 \times 2 \times \text{kaapelin etäisyys [m]}}{\text{kaapelin pinta-ala[mm}^2] \times \text{johtimen johtokyky}}$			
			johtokyky	Al	36 m/Ωmm ²	
				Cu	56 m/Ωmm ²	
			Z_k= 0,4152 Ω			
Kokonais impedanssi	Z_{kok.}=	Z_k + Z_m =	0,4197 Ω			
Lasketaan oikosulkuvirta I _k			$\frac{c \times U}{\sqrt{3} \times Z_{\text{kok.}}}$			
			I_k= 523 A			