

# SÄHKÖNJAKELUVERKON SAP-LAITEHIERARKIA

Teemu Tiainen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2011  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

TEEMU TIAINEN: Sähkönjakeluverkon SAP-laitehierarkia

Opinnäytetyö 32 s., liitteet 6 s.  
Huhtikuu 2011

Työn tilaaja: Efora Oy, ohjaajana Pertti Kukkola

---

Efora Oy on yritys jonka Stora Enso ja ABB yhdessä perustivat. Se perustettiin toteuttamaan kuuden Stora Enson toimipisteen kunnossapitoa. Näiden kuuden toimipisteen lisäksi Efora palvelee myös ulkopuolisia. Eforan palveluihin kuuluu Full Service – sopimukset, Efora Engineering ja erikoiskunnossapito. Stora Enso omistaa Eforasta osake-enemmistön, mutta operatiivinen johto on ABB:n käsissä. Efora toteuttaa tuotantolaitosten kunnossapitoa ABB:n Full Service –konseptin mukaisesti. Efora on aloittanut toimipisteissä monta jatkuvaan parantamiseen liittyvää projektia.

Tämän työn tarkoitus on luoda Heinolan tehtaan sähkönjakeluverkon laitteista SAP-laitehierarkia ja tämän jälkeen mallintaa tehtaan pituusleikkuria syöttävän jakeluhaaran mahdolliset vikatilanteet. Heinolan hierarkia on luotava yhteistyössä muiden toimipisteiden kanssa, jotta hierarkiamallista saadaan mahdollisimman selvä ja käyttökelpoinen. Hierarkiamallia on tarkoitus käyttää jatkossa myös muilla toimipisteillä. Hierarkiat on tarkoitus yhdenmukaistaa, jotta eri toimipisteiden ihmiset pystyisivät käyttämään muiden toimipisteiden tietoja.

Työn mallina on käytetty Veitsiluodon tehtaan hierarkiaa. Työ on tehty yhteistyössä Heinolan Tapio Nordmanin ja työn ohjaajan Pertti Kukkolan kanssa.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electric Engineering  
Option of Electric Power Engineering

TEEMU TIAINEN: Component hierarchy of electricity distribution network

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 6 pages  
April 2011

Co-operating Company: Efora Oy, Pertti Kukkola

---

Efora Oy is a joint venture of Stora Enso and ABB. It was established to conduct the maintenance of six Stora Enso offices in Finland. In addition to these six offices Efora also serves others. Efora's services include Full Service partnerships, Efora Engineering and special maintenance. Special maintenance consists of electric motor maintenance and management, apparatus maintenance and condition monitoring. Stora Enso owns the majority of Efora's shares, but ABB is responsible of the operative management. Efora practices maintenance of the six offices in the spirit of the ABB Full Service agreement. Efora has also started several projects that are supposed to improve continuous improvement.

The objective of this thesis was to create SAP-hierarchy of electricity distribution network devices and analyze the possible faults of the branch that feeds electricity to the mill's rewinder. The hierarchy of Heinola was developed in cooperation with the other offices, so that the completed hierarchy would be as unmistakable and as functional as possible. The main structure of Hierarchy has been copied from Veitsiluoto Mill. The electricity distribution network component hierarchy of Heinola is supposed to work as a company-wide model. Identical hierarchies would ease the cooperation of offices, that is why the other offices are supposed to unify the hierarchies at some point.

This thesis was made with the help of Tapio Nordman and Keijo Lehtosalo from Heinola and Ari Peltoniemi from Veitsiluoto.

---

Keywords: electricity distribution network, SAP-hierarchy, Efora

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
LYHENTEET JA TERMIT .....	5
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Taustat .....	7
1.2 Efora Oy .....	8
1.3 SAP-laitehierarkia .....	9
1.4 Työn tavoitteet .....	11
2 SÄHKÖNJAKELUVERKKO .....	12
2.1 Sähkönjakeluverkon laitteet .....	12
2.2 110 kV jännitetaso .....	13
2.3 20 kV jännitetaso .....	14
2.4 6kV jännitetaso .....	14
2.4.1 Loistehon kompensointi .....	15
2.4.2 6kV laitteet .....	16
2.5 Alemmat jännitetasot .....	17
2.5.1 500 V verkko .....	17
2.5.2 400V verkko .....	18
3 SAP-LAITEHIERARKIA .....	19
3.1 Lähtökohdat .....	19
3.2 Hierarkia .....	19
3.4 Dokumentit ja varaosat .....	21
4 VIKATILOJEN MALLINNUS .....	22
4.1 Elmas .....	22
4.2 Haaran valitseminen .....	22
4.3 Vikojen mallintaminen .....	23
4.3.1 Elmas-ohjelman analyysit .....	27
4.4 Vikatilanteiden välttäminen .....	29
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	30
5.1 SAP-laitehierarkia .....	30
5.2 ELMAS-mallinnukset .....	30
LÄHTEET .....	32
LIITE 1 .....	33
LIITE 2 .....	34
LIITE 3 .....	35
LIITE 4 .....	36
LIITE 5 .....	37
LIITE 6 .....	38

## LYHENTEET JA TERMIT

DOL	Direct-On-Line, Suoralla verkkokäytöllä syötetty moottori
MTBF	Mean time between failures, keskimääräinen aika vikaantumisten välillä, sisältää korjausajat
MTTF	Mean time to failure, keskimääräinen aika vikaantumisten välillä
VA	Volt Ampere, Voltti-ampeeri, näennäistehon mittayksikkö
VAr	Volt Ampere Reactive, Vari, loistehon mittayksikkö



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustat

Jatkuva parantaminen on osa laadunvalvontaa. Laadunvalvonta on pitkälti standardoitu ja sitä valvotaan määräajoin tarkastuksilla. Jonkin sertifiointin saanut yritys voi asiakkailleen ja muille toimijoille osoittaa toimivansa tietyllä tavalla. ISO-9000-sarjan standardit määrittelevät yritykselle monenlaisia asioita, yksi niistä asioista on jatkuva parantaminen. Jatkuvaan parantamiseen kuuluu olennaisena osana ennakkohuolto. Ennakkohuoltokierroksien hallinta voidaan toteuttaa automatisoidusti toiminnanohjausjärjestelmällä.

Toiminnanohjausjärjestelmät olivat teollisuuden muotivillityksen kohteen 2000-luvun alussa. Kaikki yritykset kokoon katsomatta halusivat siirtyä käyttämään edistyneitä tietoteknisiä järjestelmiä. Yritykset hankkivat tarpeidensa ja varojensa mukaanärkevimmän mahdollisen järjestelmän. Suuret yritykset hankkivat kalliita ja monipuolisia järjestelmiä ja pienet yritykset hankkivat useimmiten yksinkertaisempia ja samalla edullisempia ohjelmistoja. Osa yksinkertaisista ja ilmaisista järjestelmistä perustuu avoimeen lähdekoodiin, ja niitä voisi periaatteessa käyttää ilman maksua. Ilmaisten järjestelmien käyttöönotto vaatii monesti suuren työn. Ilmaisen järjestelmän käyttöönotto ei ole ongelmaton. Jos tämä työ pitää ostaa ulkopuolisilta konsulteilta, saattaa järjestelmän käyttöönoton hinta, ja samalla järjestelmän kokonaishinta, nousta lähelle kaupallisen järjestelmän hankintahintaa. Pienien kaupallisten ja ilmaisten järjestelmien kehityksen jatkuvuudesta ei myöskään ole välttämättä takeita, joten se saattaa puoltaa yleisemmän ja kalliimman järjestelmän hankkimista. Suurien yritysten käyttämät laajat toiminnanohjausjärjestelmät ovat erittäin kalliita, mutta suuren hinnan mukana tulevat yleensä kattavat toiminnot, toimintavarmuus, hyvät tukipalvelut ja tietyissä tapauksissa helppo räätälöityvyys.

Yksi toiminnanohjausjärjestelmä on SAP. Siitä on tehty erilaisia versioita eri alojen käyttöön. Järjestelmästä saa ostettua käyttöön myös tiettyjä osia, jos tarvetta on esimer-

kiksi vain varastotoimintojen ohjaamiselle. SAP on alun perin kehitetty prosessiteollisuuden tarpeisiin, tämä näkyy järjestelmän toiminnassa ja transaktioiden luonteessa vieläkin. SAP on käytössä Suomessa suurista toimijoista esimerkiksi S-ryhmällä, Stora Ensolla ja ABB:lla. Suurien asiakkaiden SAP-transaktioita on mahdollista muokata asiakkaan tarpeiden mukaan, mutta Stora Enson SAP on rakennettu käyttäen vakiomuotoisia transaktioita.

## 1.2 Efora Oy

Efora Oy toteuttaa paperiteollisuuden kunnossapitoa. Efora on alalla suhteellisen uusi toimija. Se perustettiin 2008-2009-vuosien vaihteessa hallitsemaan ja toteuttamaan Stora Enson kuuden toimipisteen kunnossapitoa. Vuodenvaihteessa perustamisen yhteydessä ulkoistettiin Heinolan oma kunnossapito-osasto aiemmin perustetulle Fortek Oy:lle. Samalla Saimaa Services Oy ja Varenso Oy myivät liiketoimintansa Fortekille. Fortek perustettiin vuonna 1995 toteuttamaan Oulun, Veitsiluodon, Kemin, Pankakosken ja Kemijärven toimipisteiden kunnossapitoa. Kemijärven tehtaat lopetettiin ennen Eforaan siirtymistä ja Pankakosken tehtaiden kunnossapito siirrettiin Maint Partnerille. Varenso on vastaava yritys, mutta se perustettiin vuonna 1996 ja se toteutti Varkauden tehtaiden kunnossapitoa. Saimaa Services on Imatran tehtaiden kunnossapidosta vastannut yritys, joka perustettiin vuonna 2005. (Kutvonen)

Fortekin nimi muutettiin minuutti vuodenvaihteen jälkeen Efora Oy:ksi. Minuutti nimenvaihdoksen jälkeen ABB osti 49% Eforan osakkeista. Eli huolimatta lyhyestä taivallestaan Eforasta löytyy todennäköisesti Suomen suurin osaaminen paperiteollisuuden kunnossapidosta.

Stora Enson ja ABB:n välisen sopimuksen mukaan Stora Enso säilyttää osakeenemmistön turvin lopullisen määräysvallan, mutta kaikki operatiivinen johto on ABB:n käsissä. ABB:ltä siirtyikin ihmisiä valmistelevaan toiminnan muutosta ennen Eforan perustamista, jotta vuodenvaihteessa kaikki olisi valmista. Osa näistä ihmisistä jäikin Eforan palvelukseen muutoksen tullessa. Sopimuksessa sovittiin myös siitä millä tavalla ABB lähtisi kunnossapitoa toteuttamaan. Käyttöön tuli Full Service –konseptimalli, jota ABB tarjoaa myös itse. Full Service on standardoitu kunnossapito-malli, joka on otettu käyttöön 1980-luvulla ja joka on käytössä 27:ssä maassa. (ABB 2011)



Efora on myös tarkoitus siirtyä tarjoamaan halukkaille suunnittelutyötä, projektien toteuttamista ja kokonaiskunnossapitoa Full Service –mallin mukaan. Näin saataisiin hyödynnettyä kaikki mahdollinen työreservi, myös aikoina jolloin toimipisteet eivät sitä itse tarvitse. Eforan on myös tarkoitus tuoda Stora Ensolle kustannussäästöjä esimerkiksi parantamalla jatkuvaa parantamista ja tekemällä ABB:n ja Eforan laajuisia varaosa- ja tarviketoimitussopimuksia.

Eforan toiminta on sen kahden olemassaolovuoden aikana parantunut suuresti. Yrityksen organisaatorakennetta ohennettiin ja muutettiin hieman. Alun jälkeen tehtiin myös joitain henkilöjärjestelyjä. Yritys on myös palkannut suhteellisen suuren määrän suunnitteluvoimaa alun YT-neuvottelujen ja niitä seuranneiden irtisanomisten jälkeen. Eforan suurin valtti onkin erittäin ammattitaitoinen henkilökunta ja suuri tietomäärä joka yritykseen on keskittynyt.

### **1.3 SAP-laitehierarkia**

Yksi parannettavista kohteista Eforaan siirryttäessä oli ennakoiva kunnossapito, eli lyhyemmin ennakkohuollot. Se voidaan mieltää osaksi jatkuvaa parantamista. Ennakkohuoltorutiinit olivat hyvin eri tasoilla eri toimipisteissä. Kaikissa toimipisteissä oli tarkoitus tehdä parannuksia ja osassa toimipisteitä tarvittiin suuria projekteja, jotta saataisiin tiedot sellaiselle tasolle, että tämä toiminta olisi yleensä mahdollista. Ennakoivan kunnossapidon ehdottomasti tärkein tekijä, lukuun ottamatta varsinaista kunnossapitotyötä, on hyvä, kaikenkattava dokumentaatio. Dokumentaation ja töiden ohjauksen voi toteuttaa monella tavalla. Selvintä ja helpointa olisi käsitellä niitä molempia järjestelmällä. Kaikki on mahdollista toteuttaa käsin, mutta suuressa laitoksessa käsin tekemiseen vaadittava työpanos olisi suunnaton.

SAP-toiminnanohjausjärjestelmällä on mahdollista toteuttaa kaikki aiemmin mainitut asiat, joita hyvä ja toimiva ennakkohuoltotoiminta vaatii. Järjestelmän saa antamaan työkäskyn tietyin määrätyin väliajoin. Ennakkohuoltokertojen välinen aika määritellään monesti tuotannon ja kunnossapidon yhteisissä palavereissa tai kriittisyysluokittelun yhteydessä. Kriittisyysluokittelu onkin erittäin oiva paikka määritellä huoltotarve, sillä siellä määritellään samalla laitteen vikaantumisen aiheuttamat seuraukset prosessille ja laitteen vian korjaamiseen vaadittava aika.

Piireistä käydään myös läpi turvallisuuden vaikuttavat seikat, ympäristöongelmia aiheuttavat asiat, tuotannon laatuun vaikuttavat asiat, tapahtuman todennäköisyys, tapahtumasta aiheutuvat materiaalikustannukset ja tapahtumasta aiheutuvat tuotantomenetykset. Kaikista edellisistä lasketaan riskiluku.

Kriittisyysanalyysin yhteydessä määritetään myös varaosatarve, joka on yleensä suoraan verrannollinen laitteen vian aiheuttamaan tuotannonmenetykseen. Tuotantomenetykseen pitkällä aikavälillä johtaa yleensä todennäköisimmin vika joka kestää pitkään, vika joka toistuu usein tai pienikin vika joka pysäyttää koko prosessin. Koko prosessin pysäyttävien mahdollisten vikojen määrä yritetään pitää mahdollisimman pienenä esimerkiksi kahdennetuilla linjastoratkaisuilla tai kahdennetulla sähkösyötöllä. Varaosia on myös järkevää pitää varastossa, jos kyseistä osaa voidaan käyttää monessa kohteessa, vaikka yksittäisen kohteen merkitys prosessille tai sen aiheuttama tuotannonmenetykset ei olisi kovin suurta. Varaosan tarpeen siis määrittää tässä luokittelussa osan tärkeys koko prosessin suhteen, eikä pelkkä varaosan hinta, niin kuin yhdessä vaiheessa oli teollisuudessa trendinä.

SAP-järjestelmään saa lisäksi tallennettua dokumentteja. Järjestelmään jää myös ilmoitus kaikista toteutuneista huoltotoimenpiteistä yksityiskohtauksen kuvauksen kanssa. Samoin järjestelmään saadaan vikailmoitukset tuotantohenkilökunnalta ja järjestelmän kautta voidaan suunnitella huoltoseisokkeja. Jos laitetietoon yhdistetään lisäksi varaosien varastonimikkeet, saadaan laitteen huoltoja varten tilattua automaattisesti varaosat. Samalla kunnossapidon henkilöt näkevät onko joitain ennakkohuoltojärjestelmän ulkopuoleista huoltoa tai korjausta mahdollista toteuttaa, vai estääkö varaosien puute sen. Varaosien ja tarvikkeiden käyttäminen lähettää ilmoituksen tarvesuunnittelijalle, joka hyväksyy järjestelmän tekemän tilauksen, jotta osia on myös seuraavaa huoltoa varten.

Kaiken tämän pohjana on järjestelmään luotu laitehierarkia. Laitehierarkian tulisi sisältää kaikki prosessiin liittyvät laitteet. Monesti samasta hierarkiasta löytyy mekaaniset laitteet, automaatiolaitteet, sähkölaitteet, rakennukset. Sähkölaitteista on yleensä järkevää eritellä sähkönjakelu, jos toimipiste on niin suuri, että siellä on käytössä suurjännitteitä. Muuten sähkölaitteet löytyvät hierarkiasta aina prosessin alta. Stora Enson sisällä on käytössä monia eri tapoja joilla hierarkia voidaan rakentaa. Yhteistä kaikille tavoille tuntuu olevan se, että hierarkian alun jaottelu on tehty lähes yhdenmukaisesti. Toimipisteen jälkeen hierarkiassa seuraa prosessin osat, jotka on ollut mahdollista erotella toisistaan. Heinolan tapauksessa niitä on kuorimo ja puunvastaanotto, massatehdas, kartonki-

kone, voimalaitos, rakennukset ja sähkönjakelu. Toimipisteiden kokoerojen vuoksi jaot-  
telun määrittäminen olisi tärkeätä, muuten eri toimipisteiden hierarkioista tulee hyvin  
eri näköisiä, niin kuin Stora Enson tapauksessa on käynyt.

#### **1.4 Työn tavoitteet**

Työn tavoitteena on luoda Heinolan tehtaan sähkönjakeluverkon laitteista laitehierarkia  
SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Laitehierarkian rakenne suunnitellaan yhteistyössä  
muiden toimipisteiden kanssa, sillä Heinolan laitehierarkiasta on tarkoitus tehdä malli  
muille. Laitehierarkiat on tarkoitus tehdä saman mallin mukaiseksi, jotta eri toimipistei-  
den ihmisten olisi helpompi niitä tutkia. Samalla helpottuisi hierarkian luominen ja  
muokkaaminen, sillä suunnittelu- ja ajatustyötä ei tarvitsisi tehdä aina uudelleen.

Hierarkian tekemisen lisäksi työssä on tarkoitus analysoida yhden lähdön mahdolliset  
vikatilat ja vikatilanteiden todennäköisyydet ja niiden aiheuttamat ongelmat. Vikojen  
analysointi on tarkoitus tehdä ELMAS-ohjelmistolla. Ohjelmistoon rakennetaan erilli-  
nen puukaavio vian mallintamista varten. Kaaviota ei ole mahdollista tehdä pääkaavion  
mukaiseksi, sillä ohjelman mallinnus tarkastelee asiaa vikatilojen eikä käytettävyyden  
kannalta.

## 2 SÄHKÖNJAKELUVERKKO

### 2.1 Sähkönjakeluverkon laitteet

Sähkönjakeluverkon laitteet erotellaan jännitetasojen mukaan. Laitteet ovat käyttöjännitteestä huolimatta periaatteeltaan ja toiminnaltaan samanlaisia. Suuremmat jännitteet vaativat suuremmat eristeet ja paremmat valokaarisuojat ja sammuttimet. Myös piirissä kulkeva virta asettaa laitteen rakenteelle tiettyjä vaatimuksia. Suuren virran katkaisu virrallisena vaatii suuremman mekaanisen voiman. Katkaisu pitää tehdä mahdollisimman nopeasti, jotta veitsien välille syntyvä valokaari palaisi mahdollisimman lyhyen aikaa. Katkaisua tehostetaan nopeuden lisäksi puhalluksella tai erityisellä rakenteella, joiden tarkoituksena on sammuttaa palava valokaari. Virrallinen katkaisu toteutetaan katkaisijalla, jonka käyttövoimana toimii esimerkiksi paineilma, jousi tai pienemmillä jännitteillä voimakas kela. Jousitoimiset katkaisijat ovat nykyisin yleisimpiä, sillä ne ovat nopeita ja varmatoimisia ja ne voidaan virittää vikatilanteessa käsin, ilman sähköä ja paineilmaa.

Verkkojen erottamisella tarkoitetaan sitä, että verkkoon tehdään silmin nähtävissä oleva erotus. Erotus voidaan toteuttaa yksinkertaisissa laitteissa irrottamalla kaapelointi. Edellinen ei ole käytännöllinen menettely, jos erotus tarvitsee tehdä suhteellisen usein tai jos kyseessä on suuret jännitetasot. Näissä tapauksissa erotus voidaan toteuttaa erillisillä erottimilla, jotka voivat olla joko moottoritoimisia tai käsin käytettäviä. Erottimilla toteutetaan myös suurjännitepuolella muuntajien tai tärkeiden laitteiden työmaadoitus. Työmaadoitus voidaan toteuttaa myös työmaadoituskaapeleilla, jotka kiinnitetään esimerkiksi katkaisijan yhteyteen ja mahdollisesti työmaadoitettavan laitteen lähelle. Työmaadoitus pitää tehdä, aina suurjännitelaitteistossa työskenneltäessä, työmaadoitus tehdään kaikkiin laitteiston osiin joissa työskennellään. Pienjännitelaitteistossa tehdään työmaadoitus, jos työn kohteena on avojohto tai jakokeskus jonka virta on yli 1000 A tai jos laitteisto saattaa tulla jännitteiseksi varavoimageneraattorin tai rinnakkaisten syöttöjen takia. (SFS 2007, 604 - 606.)

Verkkojen suojaus on toteutettu suojureleillä, ne kytketään verkkoon mittamuuntajien avulla. Mittamuuntajat suojaavat suojureleitä ja niiden avulla on mahdollista sovittaa releet useille eri jännitteille ja virroille. Mittamuuntajat mahdollistavat releiden pienen koon, sillä jos ne kytkettäisiin suoraan suurjännitteeseen eristevaatimukset olisivat täysin erilaiset ja releiden koko kasvaisi huomattavasti. Suojareleiden lisäksi mittamuuntajia käytetään muiden mittalaitteiden kanssa, verkosta mitataan eri vaiheiden jännitteet, virrat ja edellisen väliset vaihekulmat. Niiden avulla saadaan myös selville loistehon ja pätötehon määrä, nämä kiinnostavat etenkin tuotantolaitoksia, sillä loistehosta tarvitsee maksaa ja sitä joudutaan osassa laitoksissa kompensoimaan paikanpäällä.

Jakeluverkon tyypillisiin komponentteihin kuuluvat muuntajat, joiden avulla liitytään suurempaan jännitetasoon tai alennetaan jännitettä tasolle, joka sopii käytössä oleville laitteille. Jakeluverkkoon kuuluvat olennaisena osana myös kaapelit, johdot ja kiskostot joita pitkin tehoa siirretään paikasta toiseen. Kaapeleiden ja kiskostojen liityntäkohdissa on yleensä läpivientieristeitä. Ja kiskostojen ja avojohtojen kanssa tarvitsee käyttää eristimiä ja turvaverkkoja ja muita turvalaitteita joilla estetään oikosulun tai maasulun syntyminen.

## **2.2 110 kV -jännitetaso**

Heinolan 110 kV -kytkinlaitos on suhteellisen pieni verrattuna muiden Eforan toimipisteiden vastaaviin. Tehtaalle tulee syöttö kantaverkosta ja tehtaalta lähtee yhteys Heinolan UPM:n kuitulevytehtaalle. Heinolan tehtaan 110 kV -verkkoon kuuluu 110/6 kV – päämuuntaja ja sitä suojaavat erotin, katkaisija, maadoituserotin, virtamittaukset ja yli-jännitesuojat. Päämuuntaja on vuonna 2009 uusittu 40 MVA:n ABB:n valmistama suurjännitemuuntaja. Verkon huoltotoimenpiteitä varten paikalle kutsutaan Vattenfallin miehet suorittamaan verkon työmaadoitus. Muuntajan toisiopuoli on yhdistetty tehtaan 6 kV CA-pääkeskukseen, joka sijaitsee tehtaan voimalaitoksella. Liitteessä 1 on kuvankaappaus DNA View –ohjelmasta, kuvassa on nähtävillä päämuuntajan tila tietyssä käyttötilanteessa. Liitteessä 5 on nähtävillä 110 ja 20 kV –pääkaavio.

### 2.3 20 kV -jännitetaso

Heinolassa 20 kV -jännitetaso on pelkästään varasyöttönä. Tämän jännitetason komponentteja ei kuulu tehtaan hallintaan. Tehtaan kytkinkentällä on 20/6 kV -muuntaja, joka Vattenfallin ylläpitämä. Muuntaja on liitetty samaan kytkinlaitokseen kuin päämuuntajakin.

### 2.4 6 kV -jännitetaso

Tehtaan sisäinen sähkönjakelu on toteutettu 6 kV -jännitetasolla. Mahdollisia vastaavia jännitetasoja olisivat 3 kV, 10 kV ja 15 kV. Tehtaan rakennusaikaan on päädytty käytössä olevaan jännitetasoon, sillä tuotantolaitos on suhteellisen kompakti ja 6 kV jännitteelle on tehty moottoreita jo tehtaan rakentamisajankohtana 1960-luvulla. Suuremmissa tai laajemmalla alueelle hajautetuissa tuotantolaitoksissa käytetään suurempia jännitteitä, jotta häviöitä saadaan pienennettyä. Heinolan tehtaan voimalaitos sijaitsee suhteellisen keskellä tehdasaluetta, joten tarvetta suuremmalle jännitetasolle ei ole. Liitteessä 6 on nähtävillä tehtaan 6 kV -pääkaavio.

Heinolan voimalaitoksella on kaksi kytkinlaitosta, CA ja CB. CA-pääkeskukseen on liitetty päämuuntaja, varamuuntaja, molemmat generaattorit ja sähkökattila. CA-pääkeskuksesta lähtee myös kaksi rinnakkaista sarjakuristimilla varustettua syöttöä CB-jakelukeskukselle ja sarjakuristimella varustettu syöttö CL-kytkinlaitokselle, jonka rinnalla on CM-kytkinlaitos. CM-kytkinlaitoksen tehtävänä on kompensoida CL-kytkinlaitoksen (Kuitulinja) aiheuttama loisteho. CB-jakelukeskus ja CA-pääkeskus ovat vierekkäin, mutta ne on kuitenkin erotettu toisistaan, jotta tehtaan aiheuttama kuorma on mahdollista kytkeä kahdella erottimella pois vikatilanteen sattuessa. Näin päämuuntajan pitäisi jäädä vikatilanteen sattuessa verkkoon, samalla tehtaan generaattorit jatkavat sähkön tuottamista, niiden tuottama sähkö voidaan tämänlaisessa tilanteessa siirtää valtakunnanverkkoon. Ja pitkän vikatilanteen aikana sähkökattilalla on mahdollista tuottaa lämpöä tehdasalueelle. Liitteessä 2 on kuvankaappaus DNA View -ohjelmistosta. Kuvassa on nähtävillä sähkönjakelun tila ja mittaustietoja. (Nordman, 21.01.2011)

CB-jakelukeskuksen kautta syötetään tehtaan eri osat, lukuun ottamatta CL-keskusta. Tämänlaista syöttötapaa kutsutaan rengassyötöksi. CL-kytkinlaitos on yhdistettävissä CE-keskukseen (Massatehdas 1). CE-keskus on taas edelleen yhdistettävissä CF-keskukseen (Massatehdas 2). Tällä hetkellä CL-keskuksen kautta syötetään koko massatehdasta. Joten CE – ja CF-keskusten yhdeydet CB-jakelukeskukseen ovat varalla. Massatehtaan syötöt on kuitenkin siirrettävä CB-jakelukeskukselle, sillä CF-keskuksen tahtikoneet korvataan aikaa myöten oikosulkumoottoreilla. Tahtikoneet kompensoivat osan verkon loistehosta, joten niistä luopumisen jälkeen massatehtaalla tarvittava loisteho pitäisi syöttää CL-keskuksen kautta. Tämä kuormittaisi CA-pääkeskuksen ja CL-keskuksen välistä yhteyttä liikaa ja jännitteen alenema massatehtaalla kasvaisi yli sallittujen rajojen. (Nordman, 21.01.2011)

#### **2.4.1 Loistehon kompensointi**

CB-jakelukeskukseen on liitetty neljä kompensointilaitteistoa: kaksi 4 MVAR loisteholle ja kaksi 2 MVAR loisteholle. CM-kytkinlaitoksessa on 4 MVAR - ja 2 MVAR - kompensointilaitteistot. Suurin osa tuotantolaitoksen loistehosta voitaisiin tuottaa VP3-generaattorilla, mutta Fingridin määritelmien mukaan yli 10 MVA generaattorin loistehon tuotantokyvystä pitää varata puolet loistehoreserviin. Generaattorilla tehdään loistehon hienosäätö. Edellisten syiden vuoksi käytössä voi olla kompensointilaitteistot, joiden loistehon tuotantoa ei tarvitse säätää tarkasti, vaan ne voidaan kytkeä suurin portain käyttöön. Kolmessa kompensoidussa kiskossa on käytössä 2, 4 ja 6 MVAR portaat. Kompensointilaitteet kytketään käyttöön DNA-järjestelmästä loistehon mukaan. Kompensointilaitteiden kytkeminen tehdään niiden omien kytkentälaitteiden avulla. Järjestelmältä tulleen käskyn jälkeen laitteisto kytkee itsensä verkkoon jännitteiden nollakohdan aikana, jotta kondensaattorien aiheuttama virtapiikki olisi mahdollisimman pieni. Liitteessä 3 on nähtävillä loistehon säätölaitteiston tila. Kuvankaappaus on otettu DNA View -ohjelmistolla. (Fingrid 2011)

## 2.4.2 6kV laitteet

Tehtaalla on muutamia laitteita muuntajien lisäksi, jotka on kytketty suoraan 6 kV-verkkoon. Korkeamman jännitetason laitteet ovat kalliimpia ja harvinaisempia, mutta niiden myötä säästetään hieman rahaa kaapelointikustannuksissa, sillä tarvittavat kaapelipinta-alat ovat pienempiä, vaikka suurjännitekaapeleiden eristykset ovatkin vahvempia. Näin suuria jännitteitä käyttävät moottorit ovat usein DOL-käyttöisiä, tämä tarkoittaa sitä, että moottorit kytketään suoraan sähköverkkoon ilman taajuusmuuttajia, pehmokäynnistimiä tai tähti-kolmio-käynnistimiä.

Massatehtaalla on kolme vanhaa tahtimoottorikäyttöistä jauhinta, niiden 750 kW moottorit toimivat 6 kV jännitteellä. Uudemmat jauhimet on toteutettu oikosulkumoottoreilla. Vanhojen tahtimoottorikäyttöisten kanssa samaan karkeaan jauhatuslinjaan kuuluu kaksi jauhinta joissa on 700 kW moottorit. Ne olivat aiemmin samanlaisia tahtimoottoreita kuin muutkin saman jauhatuslinjan moottorit, mutta ne on korvattu uusilla käytöillä vanhojen hajoamisen jälkeen. Hienoa jauhatuslinjasta on jauhatuslinjassa kolme jauhinta joiden käyttönä on kullakin yksi 1,25 MW oikosulkumoottori. Kaikki jauhimet on syötetty 6 kV verkosta. Hienon jauhatuslinjan jauhimet kuuluvat kuitulinjaan. Kuitulinjalla on lisäksi myös neljän kuiduttimen käytöt, joiden käyttönä toimivat 3,5 MW ja kolme 1,5 MW oikosulkumoottoria. Tehtaan kuorimolla on kaksi suurta 6 kV käyttöä, hakepuhaltimen 400 kW oikosulkumoottori ja hakun kaksi 500 kW oikosulkumoottoria.

Kartonkitehtaalla on seitsemän 6 kV moottoria: 0,56 MW hylkyjauhimen moottori, kaksi 0,5 MW tyhjiöpumppujen moottoria, 0,5 MW konepulpperin pumppu ja kolme 0,4 MW tyhjiöpumppujen moottoria.

Voimalaitoksella on muutamia 6 kV laitteita. Raakavesiasemalla on kaksi 0,4 MW kylmävesipumppua, joista yleensä vain toinen on ajossa. Vanhalla primäärikattilalla (PR1) on 0,75 MW syöttövesipumppu ja kaksi 0,4 MW savukaasupuhallinta. Vanhaa primäärikattilaa ei ajeta pääsääntöisesti kuin PR2:n vuosiseisokin aikana tai PR2:n vikatilanteen aikana. Uudella primäärikattilalla (PR2) on 1,12 MW syöttövesipumppu, 0,32 MW pääilmapuhallin ja 0,4 MW leijutuspuhallin 2. Leijutuspuhallin 1 korvattiin 500 V moottorilla ja taajuusmuuttajakäytöllä puhaltimen nestekytken hajoamisen jälkeen. Voimalaitoksen 10 MW sähkökattila voidaan myös mieltää vastaavaksi laitteeksi, sillä myös sen syöttö tulee 6 kV verkosta.



## 2.5 Alemmat jännitetasot

Muut tehtaalla käytössä olevat jännitetasot ovat pienjännitteitä. Pienjännitteiksi lasetaan vaihtojännitteet joiden pääjännite on alle 1000 V ja alle 1500 V tasajännitteet. Tehtaan tuhannet laitteet ovat lähinnä pienjännitelaitteita, vain muutamat edellä mainitut suuritehoiset laitteet on järkevä kytkeä suuremmille jännitteille. Tehtaalla on käytössä kelluva 500V verkko ja kotitalouskäytöstä tuttu 400 V verkko. Heinolan tehtaalta puuttuu nykyaikaisista tehtaista tuttu 690 V verkko, sillä sitä ei ole ollut valittavana tehtaan rakentamisen aikaan. Eikä tehtaalle ole haluttu myöhempien suurienkaan revisioiden yhteydessä kolmatta pienjännitetasoa. Pienoisjännitteitä, eli alle 50 V vaihtojännitteitä tai alle 120 V tasajännitteitä tehtaalla ei ole enää virallisesti käytössä. Tehtaalla on ollut käytössä 40 V suojajännitteellä toimivat valaisimet säiliötöihin ja muihin pienjännitettä vaativiin töihin. Kyseinen jännitetaso ei ole enää käytössä, sillä nykyisin on saatavilla erillisiä akkukäyttöisiä valaisimia ja pienjännitteellä toimivia akkukäyttöisiä työkoneita, jotka ovat halvempia hankkia ja joita on kätevämpi käyttää.

### 2.5.1 500 V verkko

Tehtaan jokaisella osastolla prosessi on toteutettu pääasiassa 500 V moottoreilla ja laitteilla. Verkko on tietystä mielessä hieman vanhanaikainen, mutta siihen kytkettäviä laitteita on vielä hyvin saatavilla. Ne ovat tietysti hieman kalliimpia kuin nykyisin yleisemmät 690 V laitteet. Verkko on toteutettu kelluvana verkkona. Kyseinen tapa sopii hyvin tehdaskäyttöön, sillä se sallii, yhdessä vanhanaikaisen maasulkusuojauksen kanssa, moottoreiden käymisen yhden vaiheen maasulussa. Näin kriittisiä prosesseja voidaan tietyissä tapauksissa ajaa hieman nilkuttaen seuraavaan huoltoseisokkiin asti. Kyseinen vikatilanne ei ole suinkaan suotava ja se rasittaa konetta suuresti, mutta monesti jonkun yhden moottorin aiheuttaman vikaseisokin kustannukset ovat huomattavasti uuden moottorin hankintahintaa suuremmat.

6 kV/500 V-muuntajia tehtaasta löytyy yhteensä 23 kpl, ne ovat tehoiltaan väliltä 1-3,15 MVA. Suurin osa niistä on teholtaan 1,5 MVA luokkaa. Käytännössä muuntajat löytyvät aina mahdollisimman läheltä käyttökohdetta, niin kuin järkevää on. Tällöin matalamman jännitetaso aiheuttamat suuremmat siirtohäviöt jäävät mahdollisimman pie-

niksi. Tehtaalla on muutamassa paikassa useampi muuntaja vierekkäin ja niiden perässä on esimerkiksi kartonkitehtaalla 500V-kiskosto. Kyseistä kiskostoa voidaan syöttää massatehtaan muuntajien kautta, niin kuin aiemmin rengassyöttöä käsitellessä mainitsin. Useamman muuntajan ja rengassyötön käyttö parantaa kyseisen kiskoston käyttövarmuutta. Kahdennetun syötön tai rengassyötön rakentaminen tehdasta perustettaessa maksaa suhteellisen paljon, joten kumpaakaan ei käytetä kuin paikoissa joissa sitä ehdottomasti tarvitaan. Kahden tai useamman pienemmän muuntajan hankinta verrattuna yhden suuren muuntajan hankintaan sen sijaan saattaa olla kannattavaa. Tietyt riittävän harvinaiset ja isot muuntajat ovat suhteessa kalliimpia niiden pienen valmistusmäärän, vaikeamman valmistusprosessin ja kalliimpien kuljetuskustannusten vuoksi. Tämän lisäksi yhden pienen muuntajan vikaantumisesta huolimatta saattaa olla vielä mahdollista ajaa prosessia jäljellä olevilla muuntajilla karsimatta mistään, edellinen riippuu muuntajien käyttöasteesta ja kuorman laadusta.

### **2.5.2 400V verkko**

Pieni osa tehtaan prosessista on toteutettu 400 V käytöillä. Näitä ovat lähinnä jotkut koelaitteisto, joita toimittajat tuovat tehtaalle näyttille. Osa käytöistä on tällä jännitetasolla, sillä niitä ostaneet tahot eivät ole konsultoineet sähkö- ja automaatio-osaston henkilökuntaa. Joidenkin pienien laitteistojen käyttöjä tai yksittäisiä pieniä laitteita ei ole ollut mahdollista saada 500 V jännitetasolle. Nämä poikkeukset syötetään niin kutsuttujen valaistusmuuntajien kautta. Valaistusmuuntajien kuormana on valaistuksen ja edellisten lisäksi kaikki tehtaan tietotekniikka, laboratoriolaitteet, kodinkoneet ja muut mahdolliset kuluttajalaitteet. 6 kV/400 V muuntajia on tehtaalla vain viisi kappaletta: kolme 0,5 MW-muuntajaa, 0,7 MW -muuntaja ja 0,3 MW -muuntaja. 0,3 MW -muuntajalla syötetään tehtaan vieressä sijaitsevaa pientä asuinalueita, joka oli aiemmin tehtaan omistuksessa.

## **3 SAP-LAITEHIERARKIA**

### **3.1 Lähtökohdat**

Tehtaan laitehierarkia oli ennen työn aloittamista hyvin vajavainen koko sähkölaitekirjon osalta. Mekaanisen puolen laitteita on lisätty hierarkiaan kiitettävästi, samoin laitteiden ja laitteistojen varaosatieidot löytyvät suuresta osasta. Tehtaalla onkin menossa laaja projekti jossa sähköpuolen hierarkiaa parannetaan. Hierarkian parantaminen aloitettiin automaatiolaitteista, tämän jälkeen parannetaan sähköjakeluverkon laitteiden hierarkia ja viimeisenä 500 V- ja 400 V-keskukset, laitteistot ja laitteet. Heinolan sähköjakeluverkon laitehierarkia koostui työtä aloitettaessa muutamasta laitteesta. Eforan muilla toimipisteillä laitehierarkiat ovat lähes valmiita. Niitä on tehty ja kehitetty SAP:n käyttöönotosta asti.

Hierarkian suppean tilan vuoksi kaikki työ- ja tarviketilaukset on pitänyt tehdä osastotasolla, eikä näin saada minkäänlaista kuvaa jonkun tietyn laitteen ylläpito- ja huoltokustannuksista. Laitteiden puuttuminen ei myöskään mahdollista minkäänlaista ennakkohuoltokierroksen järjestämistä tuotannonohjausjärjestelmän kautta.

### **3.2 Hierarkia**

Hyvin rakennetusta hierarkiasta selviää tietyt asiat yhdellä silmäyksellä, niin alan ammattilaisille kuin aihealuetta huonommin tunteville. Kaikille hierarkiaa katsoville olisi hyvä jäädä suurpiirteinen kuva laitteiden määrästä, jonkinlainen kuva laitekirjosta ja jännitetasoista ja tietyt tuotantolaitoskohtaiset nimitykset, esimerkiksi kytkinlaitosten nimet.

Hierarkian tekemisen suhteen vallitsee kaksi kilpailevaa koulukuntaa. Toisen koulukunnan mukaan laitteet pitäisi järjestää syötön vaikutussuhteiden mukaan. Tämänlaisen hierarkian lukeminen vaatii kuitenkin melkein välttämättä sähköpääkaaviot, jotta hie-

rarkiasta saa ymmärrettävän. Epäselvä rakenne aiheuttaa myös sen, että jotkut tietyt laitteet, esimerkiksi katkaisijat eivät löydy samalta tasolta hierarkiasta. Tietyn laitteen löytääkseen hierarkiaa täytyy avata useita tasoja.

Tämän mallin suurena ongelmana on myös sen huono soveltuvuus muutoksiin. Muutokset syötössä saattavat aiheuttaa koko hierarkian uudelleenrakentamisen tarpeen. Saman ongelman aiheuttaa myös varasyötön käyttöönotto, sillä syöttöä ei ole mahdollista kirjata järjestelmään niin, että se tulisi monesta kohteesta, vaan puuhierarkian reitti pitää valita joksikin tietyksi yhdeksi. Oulun tehtaan sähkönjakelulaitteiden hierarkia on tehty tähän tapaan.

Toinen tapa tehdä hierarkia on luetella pääkeskus, jakokeskus ja muut keskuksat rinnakkain. Keskuksien alta löytyisivät lähdöt toimintopaikkoina ja lähtöjen alta lähdön laitteet laitteina ja syötön päätepiste esimerkiksi keskus, muuntaja tai moottori toimintopaikkana. Suuressa laitoksessa keskuksat voidaan jaotella ensin jännitteen mukaan, sitten seuraisi edellisen kaltainen jaottelu, jossa kaikki keskuksat ovat rinnakkain. Näin hierarkia on yksiselitteinen ja helppolukuinen, huolimatta siitä että ensisilmäyksellä ruudulle saattaa tulla suuressa laitoksessa kymmeniä keskuksia. Heinolassa 6 kV keskuksia on 12 kappaletta, joten mallia on helppo lukea. Käytännössä tämän mallin mukainen hierarkia pysyy erittäin helposti luettavana, jos kaikki keskuksat mahtuvat yhdelle ruudulle. Liitteessä 4 on nähtävillä Stora Enson Veitsiluodon tehtaan SAP-hierarkian rakenne sähkönjakelun laitteiden osalta.

Hierarkiaan ei ole mahdollista lisätä rinnakkaissyöttöjä tai keskusten välisiä yhteyksiä, mutta ne voidaan tehdä käsin lisäämällä keskuksen alle toimintopaikka, joka kertoo kennon tai keskuksen johon lähtö on yhdistetty. Yhteyttä kuvaavaan toimintopaikkaan ei tarvitse lisätä mitään tietoja, sillä sen on tarkoitus toimia selventävänä tietona.

Tämän mallista hierarkiaa on mahdollista muuttaa ja lähtöjä on mahdollista lisätä ja poistaa ilman, että tulee tarve muuttaa koko hierarkiaa. Myös kokonaisen keskuksen lisääminen ja poistaminen onnistuu erittäin nopeasti. Muutoksen jälkeen tarvitsee vain huolehtia yhteyksien toisien päiden tietojen oikeellisuudesta. Veitsiluodon tehtaan sähkönjakelulaitteiden hierarkia on tehty tähän tapaan.

### 3.4 Dokumentit ja varaosat

Hierarkian sisälle on tarkoitus alkaa keräämään tietoa laitteista. Tietoa voidaan tallentaa toimintopaikkojen ja laitteiden päälle. Alkuun on kannattavaa tehdä iso työrypistys jossa tallennetaan laitteiden perustiedot, mekaaniset ja sähköiset kuvat, suunnitelmat ja muut välttämättömät tiedot. Niiden lisäksi on suositeltavaa tallentaa järjestelmään laitteiden huolto- ja dokumentit huolto- ja korjaustöistä.

Lähtötietojen jälkeen joillekin laitteille saattaa kertyä jopa satoja dokumentteja. Järjestelmässä on tilaa dokumenteille, mutta niiden etsiminen ja hallinnointi käy hankalaksi, jos tiedostojen nimille ei sovita tarkkoja sääntöjä. SAP-järjestelmän dokumentointiin ei ole järjestelmän kehitysvaiheessa kiinnitetty tarpeeksi huomiota tai sitten järjestelmää ei ole tarkoitettu varsinaiseksi arkistoksi, sillä järjestelmässä ei ole mitään järkevää indeksointi-, eikä hallinnointitapaa eri ikäisille dokumenteille. Dokumenttien arkistointiin on saatavilla erillisiä ohjelmia, mutta niiden yhdistäminen SAP-hierarkiaan ei ole mahdollista.

Laitteiden varaosatieidot kannattaa myös lisätä järjestelmään, jotta varaosien varaus ja käyttö saadaan sujuvaksi.

## 4 VIKATILOJEN MALLINNUS

### 4.1 Elmas

Elmas on ohjelma, joka on tarkoitettu jonkin prosessin vikojen todennäköisyyksien analysointiin. Sillä voi mallintaa mitä tahansa prosessia, jonka saa jaettua aliprosesseihin, joiden vikaantumisen todennäköisyydet voidaan määrittellä erikseen. Ohjelmaan tarvitsee luoda mallinnettavasta prosessista puuhierarkia, josta selviää aliprosessien vaikutus toisiinsa. Aliprosessien mahdolliset vikatilat ja niiden todennäköisyydet lisätään aliprosessien ominaisuuksiin. Analyysin voi suorittaa eri aikajäniteillä, riippuen prosessin tarpeista ja prosessin kiertoajoista ja vikataajuudesta.

Tässä työssä puuhierarkiaan rakennetaan prosessin sijaan sähköjakeluverkon laitteet. Hierarkiaa ei rakenneta pääkaavion mukaan, vaan se tehdään mallinnettavasta kohteesta verkkoon päin. Analyysissä tarkkaillaan erittäin pitkää aikaväliä, sillä sähköjakeluverkon laitteet eivät vikaannu usein. Analyysin tekemistä hankaloittaa se, että monet laitteet eivät vikaannu käyttökänsä aikana. Osa laitteista on teoriassa täysin huoltovapaita ja niiden vikaantuminen vaatii ulkoisten olosuhteiden mullistumisen ja osa laitteista pysyy käyttökänsä ajan toimintavarmoina, jos niitä huolletaan tietyin määräajoin. Vikojen mallintaminen ei kuitenkaan ole turhaa, sillä osa laitteista voi vikaantua, samoin kaapeliyhteydet saattavat vikaantua esimerkiksi maasulun takia.

### 4.2 Haaran valitseminen

Vikaa mallinnetaan vain yhden syötön osalta, mallinnus suoritetaan väliltä CA-pääkeskus – Pituusleikkurin käytön muuntaja, jonka positio on 23ST03. Tutkittavan syötön valitsi Heinolan toimipisteen sähkökäytön johtaja Tapio Nordman. Kyseinen syöttö valittiin, sillä sen vikaantuminen aiheuttaa kartonkikoneen alasajon noin kolmen tunnin päästä vikaantumisesta. Pitkäaikainen vikaantuminen pitää kartonkikoneen pois-

sa ajosta, sillä 2,0 MVA tilapäissyöttöä ei ole mahdollista järjestää. (Nordman, 28.01.2011)

Voimalaitoksen Leijupetikattila PR2:n kaikki syötöt ovat tietyssä mielessä kriittisempiä, niiden äkillinen vikaantuminen aiheuttaa kartonkikoneelle seisokin. Seisokki aiheutuu höyrypulasta. Höyrypula aiheuttaa myös pesemön suhteellisen nopean alasajotarpeen. Leijupetikattilan pitkäaikaisen seisokin alusta kestää noin 12 tuntia ennen kuin kone saadaan takaisin tekemään tuotantoa. Aika kuluu vanhan primäärikattila PR1:n ylösajoon ja sen jälkeen kartonkikoneen uudelleenlämmittämiseen. Vanhan primäärikattilan päästörajat tulevat nopeasti täyteen, mutta silti leijupetikattilan vikaantuneen syötön korjaamiseen jää kaksi viikkoa aikaa, sillä vanhan kattilan päästömääräykset sallivat kuukauden käyttöajan vuodessa. Kuukauden käyttöajasta puolet on varattu voimalaitoksen vuosiseisokkiin. (Nordman, 28.01.2011)

Myös kaikki muut höyryä käyttävät tehtaan osastot ovat yhtä lailla haavoittuvia PR:2n vikaantumisesta. Mahdollisia ongelmia aiheuttaa myös useammalla muuntajalla toteutettujen käyttöjen muuntajan vikaantuminen. Kartonkikoneen käyttöä on mahdollista ajaa yhden muuntajan ollessa huollossa, jos kuormia pienennetään hieman. Samoin massatehtaan keskusten tietyt lähtöjä voi olla pois käytöstä, jos massatehtaan kuormia voidaan pienentää, eli käytännössä tämä tarkoittaa sitä että kartonkikoneella ei voida tuottaa paksuimpia neliöpainoja. (Nordman, 28.01.2011)

Tehtaalla on paljon suhteellisen kriittisiä kohteita, joita olisi syytä mallintaa. Tämän työn tavoitteena on kuitenkin mallintaa vain yhden haaran vikoja. Muita haaroja on kuitenkin mahdollista tutkia myöhemmin, sillä käytössä olevat laitteet ovat monessa paikassa samanmallisia tai toiminnaltaan ja toimintavarmuudeltaan samanlaisia. Joten samoja tietoja käyttämällä voidaan mallintaa myös monen muun haaran vikoja.

### **4.3 Vikojen mallintaminen**

Vikojen mallintamisessa käytetty tieto on saatu lähinnä Keijo Lehtosalolta ja se perustuu enemmän kokemuksiin kuin tilastotietoihin, sillä asiaa ei ole tilastoitu kuin viidentoista vuoden ajalta. Monien pienien laitteiden elinkaari ei kestä viittätoista vuotta, mutta sähkönjakeluverkon laitteet mitoitetaan vähintään vuosikymmeniksi. Edellisen lisäksi

vikataajuus on erittäin pieni, joten ainoana järkevänä mallinnusaikavälinä voidaan pitää koko tehtaan olemassaoloaikaa. Mallinnusvälin komponentit löytyvät taulukosta 1.

Taulukko 1 Mallinnusvälin komponentit

Kahdennettu lähtö CA4, CA5
Katkaisijat, erottimet, virtamuuntimet ja 15MVA kuristimet
Kaapeliyhteys välillä CA4, CA5 – CB4
Jännitemittaukset
Jakelukeskus CB
Kahdennettu lähtö CB2, CB3
Katkaisijat, erottimet, virtamuuntimet ja läpivientieristimet
Kaapeliyhteys CB2 – CH6 ja CB3 – CH8
CH-keskus
Eroottimet, jännitemittaukset
Kaapelilähtö CH2 – 23ST03
Katkaisija, erotin, virtamuuntimet ja läpivientieristimet
23ST03 Pituusleikkurin muuntaja

Elmas tarvitsee vikojen todennäköisyyksien lisäksi tiedon vian korjausajasta. Paineilmakatkaisijoilla mahdollisia vikoja ovat paineilmasyylinterin tiivisteen vuoto, paineilmasyylinterin tiivisteen tai männän juuttuminen, paineilmaa ohjaavan magneettiventtiilin vika, alijännitereleen vika tai ulkoiset ohjaukseen liittyvät viat, joko paineilman, eli käyttövoiman katkeaminen tai ohjausjärjestelmän vika. Tehtaan paineilmakatkaisijoita huolletaan noin kymmenen vuoden välein, mutta niitä tarkastetaan viiden vuoden välein tai useammin jos tarve niin vaatii. ABB suosittelee paineilmakatkaisijoiden huoltoväliksi viittä vuotta, mutta tehtaalla käytäntö on osoittanut sen turhan tiheäksi huoltoväliksi. Vähäöljykatkaisijoita huolletaan neljän tai viiden vuoden välein. SF6-katkaisijoille ei tehdä muuta kuin tarkastuksia. Katkaisijoiden tarkastuksiin kuuluvat seuraavat asiat: toiminnan tarkastus, ulkoinen silmämääräinen tarkastus ja lämpökuvaus. Lämpökuvauksella saadaan selville ylimenovastukset, jotka yleensä poikisivat ongelmia, jos niihin ei kiinnitettäisi huomiota. (Lehtosalo 18.02.2011)

Paineilmakatkaisijoilla on mahdollista vähentää vikojen todennäköisyyttä seuraamalla katkaisijoiden toimintaa ja käyttämällä niitä aika-ajoin. Katkaisijoita on pyritty ajamaan vuosittain seisokkien aikana, ajaminen saattaa estää mekaanisten komponenttien juut-



tumista ja saattaa paljastaa ohjaukseen liittyviä vikoja. Useat tehtaan erottimet ja katkaisijat ovat käytännössä staattisia komponentteja, joita ei muuten ajettaisi edes vuositasolla. Vain moottorilähtöjen katkaisijoissa käytetään alijännitelaukaisua, muuntajien katkaisijat jäävät jännitteen hävitessä vetäneeseen tilaan. Mallinnusvälin kaikki katkaisijat ovat paineilmatoimisia katkaisijoita. (Lehtosalo 18.02.2011)

Tehtaalla useasti auki- ja kiinniohjattavia katkaisijoita on oikeastaan vain kuorimolla. Kuorimon viikkoseisokkien yhteydessä ajetaan auki kuoripuhaltimen katkaisija ja hakun kaksi katkaisijaa. Kaikki kolme katkaisijaa ovat ylimitoitettuja virtansa puolesta, joten katkaisijan veitset eivät kulu merkittävästi useasti tapahtuvista auki- ja kiinniohjauksista huolimatta. Useat ohjaukset kuluttavat katkaisijoita muuten kuitenkin siinä määrin, että kuorimon katkaisijoita on pitänyt huoltaa ja niitä on pitänyt vaihtaa. (Lehtosalo 18.02.2011)

Erottimien vikatilanteet johtuvat oikeastaan pelkästään mekaanisista vioista. Paineilma-toimiset erottimet ovat juuttuneet useasti. Erottimia on pitänyt auttaa liikkeellelähdössä, jotta ne on saatu ajettua kiinni. Edellisen estämiseksi erottimia olisi syytä liikutella tiettyin väliajoin, jotta toimintakunto säilyisi. Erottimien toinen mahdollinen vikaantumista tapa johtuu inhimillisestä virheestä, erottimella suoritettu katkaisu tuhoaa erottimen. Erottimet ovat muuten erittäin toimintavarmoja, sillä ne ovat toiminnaltaan ja rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Yksinkertaisuuden vuoksi niitä ei huolleta kuin noin 15 vuoden välein, ellei tarve toisin vaadi. (Lehtosalo 18.02.2011)

Tehtaalla käytössä olevat suojareleet ja mittamuuntajat ovat suurelta osin lähtöjen alkuperäisiä, sillä niitä ei ole juurikaan hajonnut. Uudempien lähtöjen elektroniset suojareleet ovat varmoja ja hyvätoimisia, mutta vanhojen lähtöjen mekaaniset suojareleet ovat liian hitaita. Vanhat suojareleet ovat muutamia kertoja aiheuttaneet sen, että päämuuntaja on tippunut verkosta, sillä vanhojen suojien toiminta on hitaampaa kuin vasta uusitun päämuuntajan nykyaikaisten suojalaitteiden. Päämuuntajan tippuminen aiheuttaa tehtaan seisokin ja saattaa tuhota herkkiä laitteita, joten suojalaitteiden oikeanlainen ja selektiivinen toiminta olisi ensiarvoisen tärkeätä. Tehtaalta ollaan uusimassa sähkönjakeluverkon vanhoja suojareleitä.

Muuntajien vikaantuminen on, niin kuin muiden sähkönjakeluverkon komponenttien, myös epätodennäköistä. Tehtaan muuntajista enemmistö on paisuntasäiliöllä varustettuja perinteisiä öljymuuntajia. Tehtaalla on kolme kuivamuuntajaa: kartonkikoneen sähkökäytön kaksi muuntajaa ja pituusleikkurin muuntaja. Tehtaan historian aikana ainoa

hajonnut muuntaja oli hermeettisesti suljettu 1 MVA muuntaja, joka sijaitti jätevesilaitoksella. Hajoamisen aiheutti valokaari muuntajan väliottokytkimissä. (Lehtosalo 18.02.2011)

Muuntajien huoltoja tehtaalla tehdään hyvin harvoin. Muuntajia kuitenkin tarkastetaan viiden vuoden välein, niitä puhdistetaan tarvittaessa ja öljytäytteistä muuntajista otetaan öljynäytteet. Öljynäytteestä tutkitaan sen läpilyöntilujuus. Kaikki muuntajat ovat erittäin toimintavarmoja, mutta niiden viat voivat, erilaisen rakenteen vuoksi aiheuttaa hyvin erilaisia seuraamuksia. Öljytäytteisen muuntajan yleisimmät viat liittyvät öljyn laadun heikkenemiseen tai öljyvuotoihin. Suojakaasulla eristetyt muuntajat ja kuivamuuntajat ovat immuuneja näille ongelmille, niiden ongelmat ovat epätodennäköisempiä. Ongelmat liittyvät lähinnä eristeiden vanhenemiseen tai suojakaasun vuotoihin ja sitä kautta maasulkuihin tai oikosulkuihin, nämä aiheuttavat monesti muuntajan tuhoutumisen. (Lehtosalo 18.02.2011)

Kuristimet, kiskostot ja suuret jakokeskukset ovat molemmat käytännössä staattisia komponentteja, eikä niitä käytännössä tarvitsisi ottaa mallinnuksessa huomioon. Kaikkien ilmvälit ja suojaetäisyydet ovat niin suuria, ettei osiin voi tulla vikaa kuin erittäin suuren huolimattomuuden seurauksena. Tehtaan kuristimet on aidattu korkeiden aitojen taakse, joten niihin ei pääse käsiksi. Sähkökiskostot kulkevat vain sähkötiloissa, jonne saavat mennä vain sähkötiloissa työskentelemiseen perehdytetyt henkilöt. (STUL ry, 363)

Kaapeliyhteydet ovat lähtökohtaisesti samanlaisia kuin kiskostotkin, vaikka niiden eristeet vanhenevat kymmenissä vuosissa. Ne saattavat kuitenkin olla alttiina vikaantumiselle riippuen kaapelin kulkureitistä ja vallitsevista olosuhteista. Kaapelit on mahdollisuuksien mukaan suojattu routimisen ja säätilojen vaikutuksilta, joten luonnonolot ovat melko harvoin syynä kaapelirikolle tehdasalueella. Kaapelit saattavat kuitenkin vaurioitua esimerkiksi uusien asennuksien ja korjaustöiden yhteydessä. Eristeiden vanhenemista voidaan vähentää noudattamalla eristysmateriaalille luvattuja lämpötilakestoisuuksia ja noudattamalla kaapelivalmistajien antamia korjauskertoimia, jotka riippuvat kaapelin kulkureitistä ja viereisistä kaapeleista. Kaapelin tuhoutuminen saattaa tapahtua äkillisesti esimerkiksi kaivinkoneella kaivettaessa, mutta se voi myös tapahtua pikkuhiljaa maasulkuvirran aiheuttamana. (Lehtosalo 29.03.2011)

Kaapeliyhteyden vian korjaaminen on monessa tapauksessa ajaltaan pitkäkestoisin ja hinnaltaan kallein verrattuna muihin sähkönjakeluverkon komponenttien vikoihin. Kaa-

peliyhteyksien korjaaminen, riippuen kaapelin kulkureitistä, saattaa olla pahimmillaan useiden kuukausien projekti, joka maksaa suurien materiaalikustannuksen vuoksi satojatuhansia euroja.

Mallinuksissa käytetyt arvot ovat arvioita. Vikataajuudet ja korjausajat koskevat kyseisen lähdön komponentteja ja muita saman tyyppisiä tällä tehtaalla. Ne perustuvat kokeemukseen, eivätkä siksi ole välttämättä yleistettävissä tehtaan ulkopuolelle. Laitteille on määriteltä keskimääräinen vikaantumisväli MTTF, eli Mean time to failure. Keskimääräistä vikaantumisväliä voidaan ilmoittaa myös termillä MTBF, eli Mean time between failures. Jälkimmäiseen sisältyvät korjausajat, mutta muuten se lasketaan samalla tavalla kuin käytetty MTTF. Tämän lisäksi osalle laitteista määriteltiin poikkeamat, ne aiheuttavat mallinnukseen todellisuuden kaltaista hajontaa. Laitteille on ilmoitettu aika jolloin 5 % ja 95 % sen tyyppisistä laitteista on vikaantunut. Lisäksi laitteille on ilmoitettu keskimääräinen korjausaika. Korjausajat ovat osaksi tapauskohtaisia, eli niitä on tarkennettu eri laitteille saman laitetyypin sisällä, jos tarve niin vaatii. Mallinuksissa käytetyt arvot löytyvät taulukosta 2. (Lehtosalo 29.03.2011)

Taulukko 2 Vikojen ilmenemismenot ja korjausajat

	Mean time to failure	Time to failure at least 5%	Time to failure at least 95%	Mean duration of repair
Katkaisija	12 a	5 a	15 a	16 h
Erotin	15 a	10 a	30 a	1 h
Kaapeli	30 a	10 a	50 a	2-60 d
Jännitemittaus	20 a	5 a	30 a	8 h
Virtamuuntaja	20 a	5 a	30 a	8 h
Muuntaja	40 a	30 a	51 a	30 d
Läpivientieristin	0			0
Kiskosto	0			0
Keskus	0			0
Kuristin	0			0

#### 4.3.1 Elmas-ohjelman analyysit

Mallinnuksen tulos ei ole yllättävä. Sen mukaan 50 vuoden mallinnusjaksolla muuntajan syöttö on käytössä 99,405% ajasta. Tämä tarkoittaa sitä, että pituusleikkuri on säh-

könjakelun vuoksi poissa ajosta 109 päivää koko tarkastelujakson aikana. Käyttäjä voi määrittellä kuinka monta kertaa ohjelma suorittaa analyysin käytössä olevalta mallinnusajalta. Analyysi tehtiin 10 000 kertaa, jotta tuloksesta saatiin mahdollisimman kuvaava, sillä laitteiden vikaantumisen hajonta voi analyysien välillä olla suhteellisen suurta. Useat mallinnuskerrat vähentävät hajonnan vaikutusta analyysin lopputulokseen.

Taulukko 3 Analyysin tulokset

ID	Nimi	OK %	Korjaus (%)	OK "mean"	Vialla "mean"	Vialla yht.
15	Kaapeliyhteys CH06-CB03	99.221	0.779	5 a 31 d	14 d 13 h	142 d
1	Muuntaja 23ST03	99.405	0.595	2 a 184 d	5 d 11 h	109 d
2	CH-6 kV keskus	99.405	0.595	2 a 184 d	5 d 11 h	109 d
4	CB-jakelukeskus	99.831	0.169	9 a 180 d	5 d 21 h	30 d 20 h
16	Kaapeliyhteys CH08-CB05	99.2657	0.7343	5 a 36 d	13 d 18 h	134 d
17	Kaapeli CH05-CB03	99.2782	0.7218	22 a 245 d	59 d 23 h	132 d
18	Kaapeli CH08-CB05	99.2877	0.7123	22 a 305 d	59 d 15 h	130 d
60	Kaapeli CH-23ST03	99.6398	0.3602	22 a 225 d	29 d 19 h	65 d 17 h
47	CA-Pääkeskus	99.8457	0.1543	51 a 165 d	28 d 22 h	28 d 4 h
55	Päämuuntaja 56ST01	99.8458	0.1542	51 a 354 d	29 d 5 h	28 d 3 h

Taulukossa 3 on nähtävillä analyysin osoittamat, syötön kannalta kriittisimmät komponentit. Prosenttiarvot on suhteita mallinnusväliin. OK ”mean” –arvo kertoo ajan, jonka komponentti on toiminnassa ennen seuraavaa vikaa. Vialla ”mean” –arvo ilmoittaa ajan, jonka yksittäisen vian korjaaminen on keskimäärin kestänyt. Näkyvissä on myös komponentin vikatilojen keskimääräinen kesto mallinnusajalla. Kaapeliyhteyksien ero varsinaisiin kaapeleihin johtuu siitä, että kaapeliyhteys on mallinnuksessa solmukohta, jonka toimintaan vaikuttaa useampi komponentti. Taulukon prosenttilukuja ei ole pyöristetty, sillä niiden erot häviäisivät pyöristyksen myötä. CH-keskuksen vikatilanteet ovat käytännössä epätodennäköisiä, mutta mallinnuksessa keskus on kolmanneksi kriittisin komponentti. Tämä johtuu siitä, että kahden syötön viat ovat olleet päällä samanaikaisesti.

Mallinnuksen tulos saattaa vaikuttaa epäilyttävän huonolta. Vaikka tarkastelujakso on pitkä ja 109 päivää saattaa tuntua nopeasti ajateltuna suhteessa pieneltä ajalta, on se kuitenkin pidempi, kuin mitä se tulisi olemaan käytännössä. Analyysin yksinkertaisuuden tähden siinä ei oteta huomioon huoltoja ja tarkistuksia. Käytännössä enimmät näiden laitteiden vioista on havaittavissa etukäteen. Huoltojen ja tarkistusten oikea ajoittaminen mahdollistaa laitteiden huoltamisen ilman seisokkia tai ilman vakavampia vaurioita. Lähtökohtaisesti huoltovälin on oltava lyhyempi kuin taulukossa 2 näkyvä keski-

määräinen vikaantumisaika. Kaikkia vikoja ei kuitenkaan ole mahdollista havaita etukäteen, eivätkä kaikki viat ole helposti korjattavissa, vaikka ne havaittaisiinkin ennen varsinaista vikaantumista. Nämä viat ovat käytännössä niitä, jotka ovat oikein huolletussa järjestelmässä ainoat seisokkeja aiheuttavat viat. Hyvällä syyllä voisi olettaa syöttö olisi käytännössä vialla ja korjauksessa vain puolet mallinnuksen tuloksena saadusta ajasta. Kuitenkin kahden epätodennäköisen, vaikeasti korjattavan kaapelirikon jälkeen tilanne voi olla mallinnusta huonompi.

#### **4.4 Vikatilanteiden välttäminen**

Vikatilanteilta voi välttyä parhaiten järjestämällä järkevät ennakkohuoltokierrokset. Järkevän ennakkohuoltolistan luominen vaatii suuren määrän tietoa ja käytössä olevien laitetyyppien vahvan tuntemuksen. Ilman kokemusta laitteista saattaa ennakkohuoltokierroksesta tulla turhan tiheä. Valmistajien huoltovälit saattavat osoittautua kokemuksessa turhan lyhyiksi, joka taas tuhlaa resursseja ja varoja.

Vikojen todennäköisyyksillä toteutetut mallinnukset on tehty käyttäen tietoa, jota on kerätty tehtaan viideltä tuotannolliselta vuosikymmeneltä. Mallinnuksien tulos antaa vastaavaa tietoa, kuin mikä saadaan tarkkailemalla tehtaan historiaa.

Uudempien ja siten parempien suojarleiden asentaminen tulee muuttamaan asiaa enemmän, kuin mitkään muut aiemmat laitehankinnat tai muutokset tehtaan historian aikana. Varsinaisia vikatiloja saattaa tulla enemmän, mutta parempien suojarleiden ansioista vakavammilta vioilta todennäköisesti välttyään, näin vikojen keston voisi hyvällä syyllä olettaa huomattavasti lyhenevän.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

### 5.1 SAP-laitehierarkia

Tehtaan SAP-laitehierarkian rakentaminen on tehtaan kannalta tärkeä työ. Vaikka kaikenkattavan hierarkian valmistumiseen menee vielä vuosia, on sähköjakeluverkon laitteiden hierarkia siinä mielessä tärkeä saada valmiiksi, että saadaan laitteiden automatisoidut ennakkohuoltokierrokset pyörimään ja saadaan dokumentit yhteen pysyvään sähköiseen arkistoon. Nyt tehtaan sähköjakelun kunnon ja tilan voidaan ajatella olevan muutaman ihmisen harteilla. Sähköisessä muodossa olevan hierarkian avulla voidaan hallita laitteita ja niiden huoltoja tiettyyn pisteeseen asti jopa tehtaan ulkopuolelta.

Ajatus hierarkiamallin luomisesta muiden tehtaiden käyttöön hävisi itseltä jo työn alkuvaiheessa, sillä keskustelut muiden toimipisteiden työntekijöiden kanssa paljastivat mielenkiintoisen tilanteen. Heinolan hierarkian ja samalla mallin luomiseen oli varattu kolme kuukautta ja muilla toimipisteillä samaa työtä on tehty vuosia, eikä hierarkiat vieläkään tyydytä kaikkia. Muilla toimipisteillä on tämän työn tehtävien lisäksi yhdistetty laitteet ja toimintopaikat varaosanimikkeisiin ja lisätty dokumentteja laitteille ja toimintopaikoille.

### 5.2 ELMAS-mallinnukset

Mallinnus oli helppoja toteuttaa ohjelman avulla, sillä syöttöön kuuluu monta samantyyppistä komponenttia ja muutamien syötön osien voi olettaa olevan staattisia. Ohjelma on erittäin monipuolinen ja sen avulla voisi yksityiskohtaisesti mallintaa ja tilastoida vikoja, korjauksia ja kustannuksia. Ohjelman käyttämisestä ja työn lopputulosta olisi varmasti parantanut kurssi ohjelman käytöstä, vaikkakin ohjelman ominaisuuksista sai jonkinlaisen selvyuden ilman opastusta sen suhteellisen intuitiivisen ja loogisen käyttöliittymän vuoksi.



## LÄHTEET

ABB Full Service, saatavilla 24.02.2011

<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/95b6910735d9c559c12578290038ee0e.aspx>

Fingrid, loissähkön toimitus, saatavilla 04.03.2011

[http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/palvelut/kantaverkkopalvelut/loissahkon\\_toimitus/](http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/palvelut/kantaverkkopalvelut/loissahkon_toimitus/)

Kutvonen, T. Yksikön päällikkö. Haastattelu 24.02.2011. Haastattelija Tiainen T. Ei litteroitu.

Lehtosalo, K. Kunnossapitopalvelupäällikkö. Haastattelu 18.02.2011. Haastattelija Tiainen T. Ei litteroitu.

Lehtosalo, K. Kunnossapitopalvelupäällikkö. Haastattelu 29.03.2011. Haastattelija Tiainen T. Ei litteroitu.

Nordman, T. Sähkökäytön ja sähkötoiden johtaja. Haastattelu 21.01.2011. Haastattelija Tiainen T. Ei litteroitu.

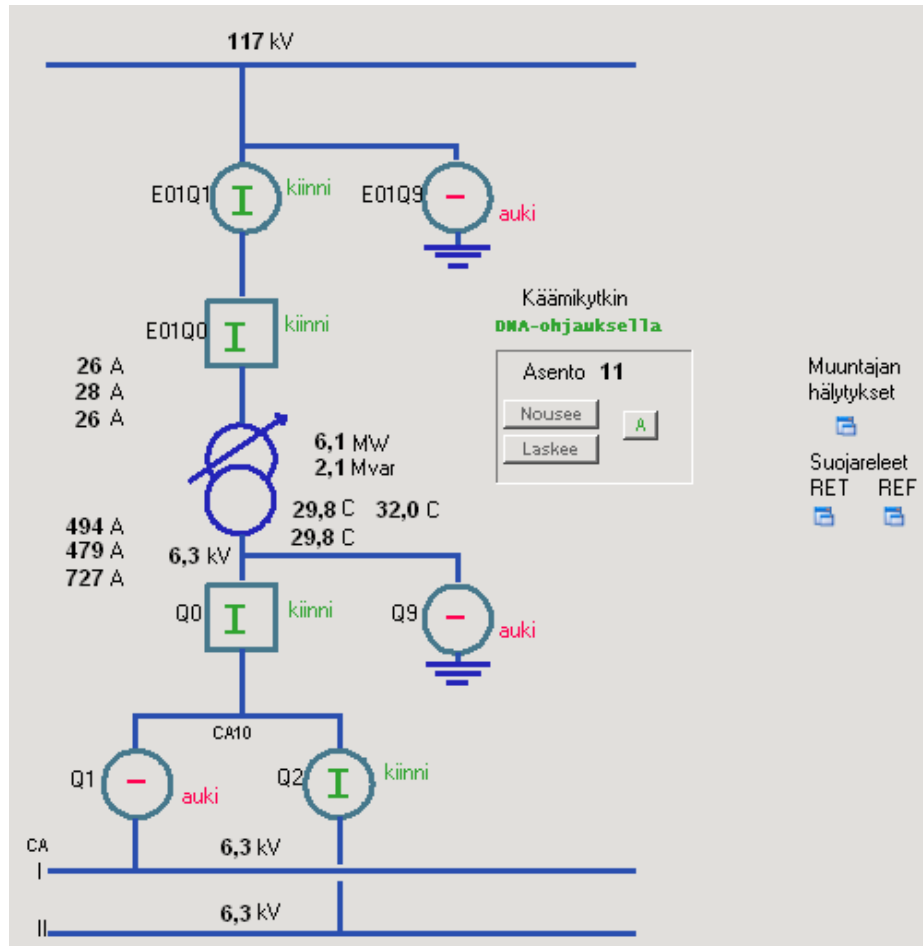
Nordman, T. Sähkökäytön ja sähkötoiden johtaja. Haastattelu 28.01.2011. Haastattelija Tiainen T. Ei litteroitu.

SFS. 2007. SFS-käsikirja 600: Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto ry.

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2006. D 1-2006: Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy



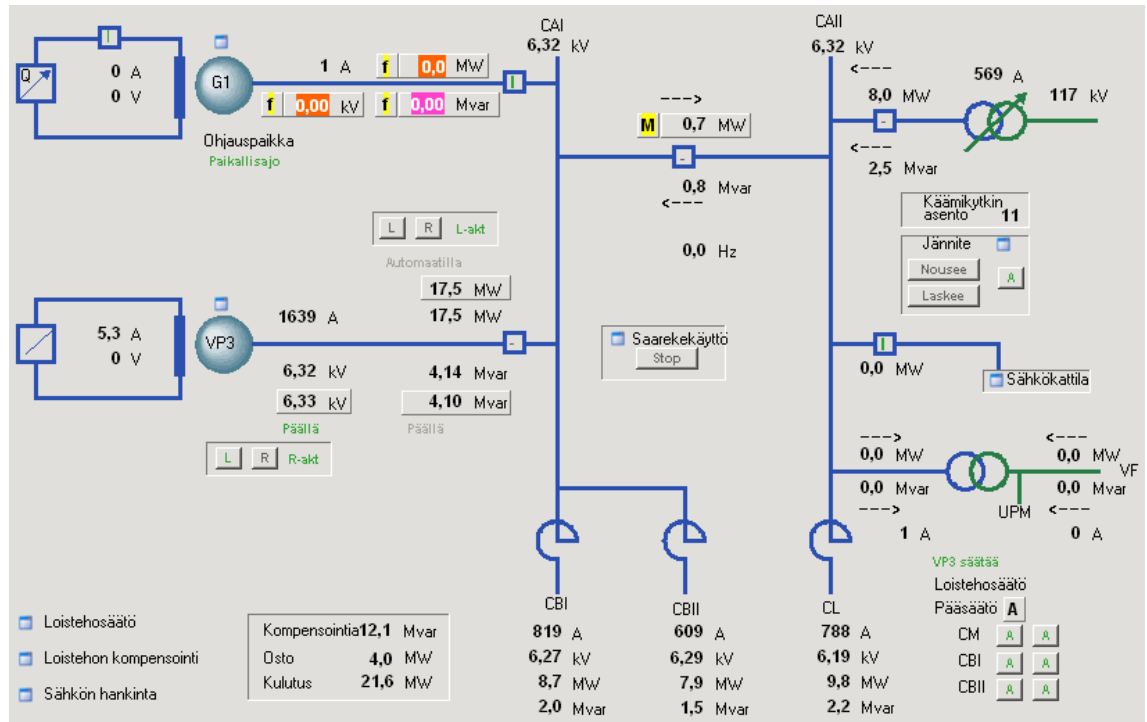
## LIITE 1



Päämuuntaja DNA View –ohjelmistossa. Kuvankaappaus otettu 28.03.2011 klo 12:37.

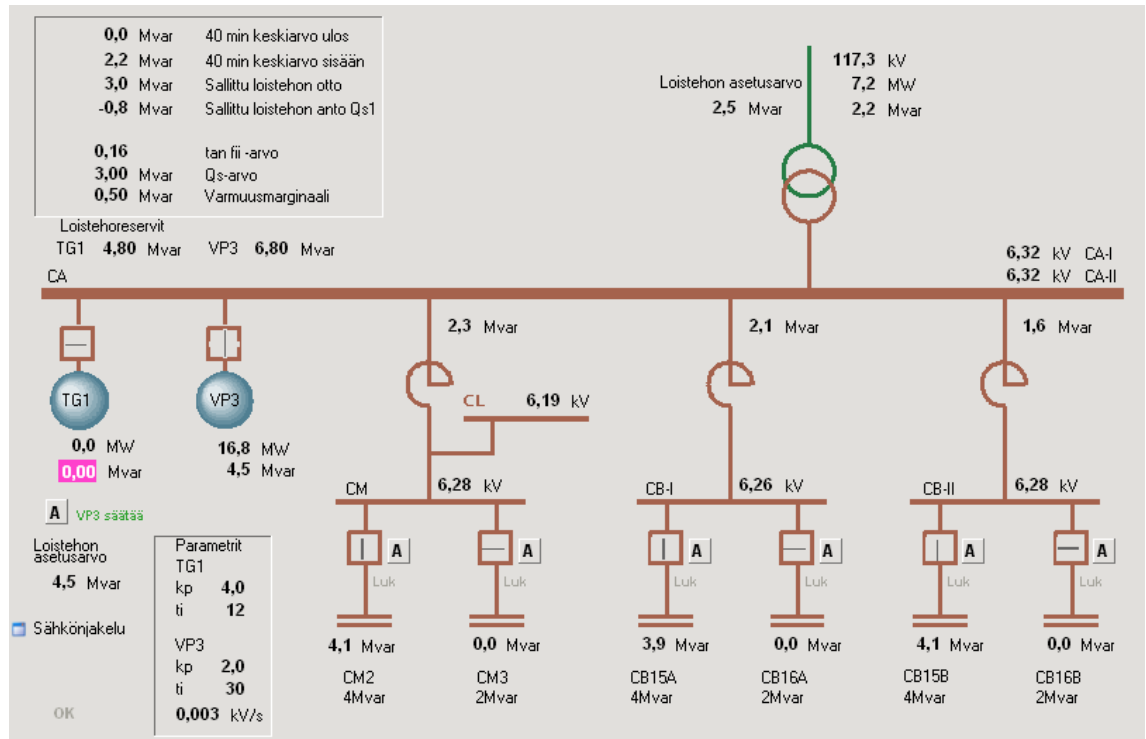
(Kuvan omistaa Stora Enson Heinolan flutingtehdas)

## LIITE 2



Pääkeskukset DNA View –ohjelmistossa. Kuvankaappaus otettu 28.03.2011 klo 12:37.  
(Kuvan omistaa Stora Enson Heinolan flutingtehdas)

## LIITE 3



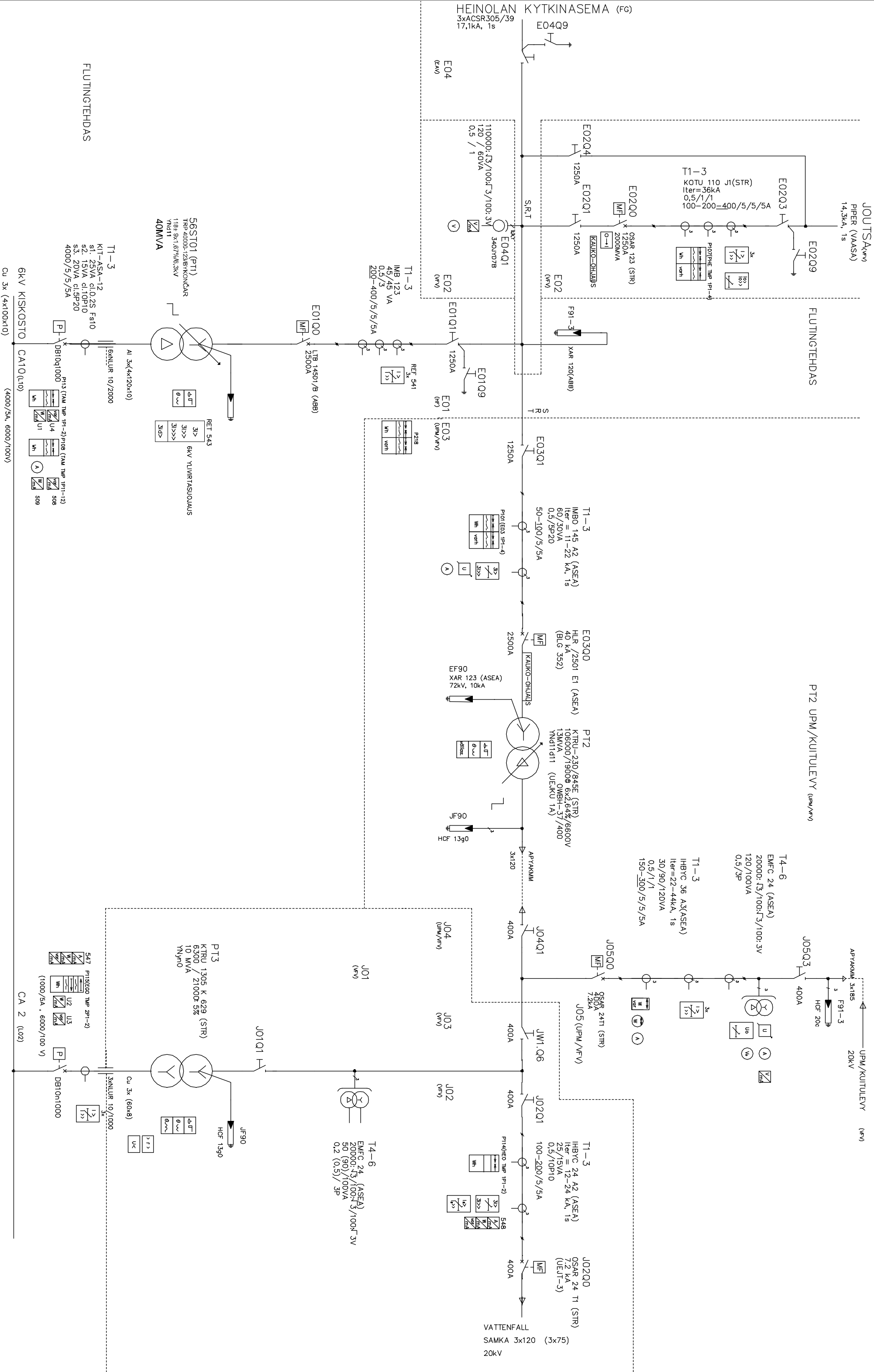
Loistehon kompensointi DNA View –ohjelmistossa. Kuvankaappaus otettu 28.03.2011 klo 12:37. (Kuvan omistaa Stora Enson Heinolan flutingtehdas)

## LIITE 4

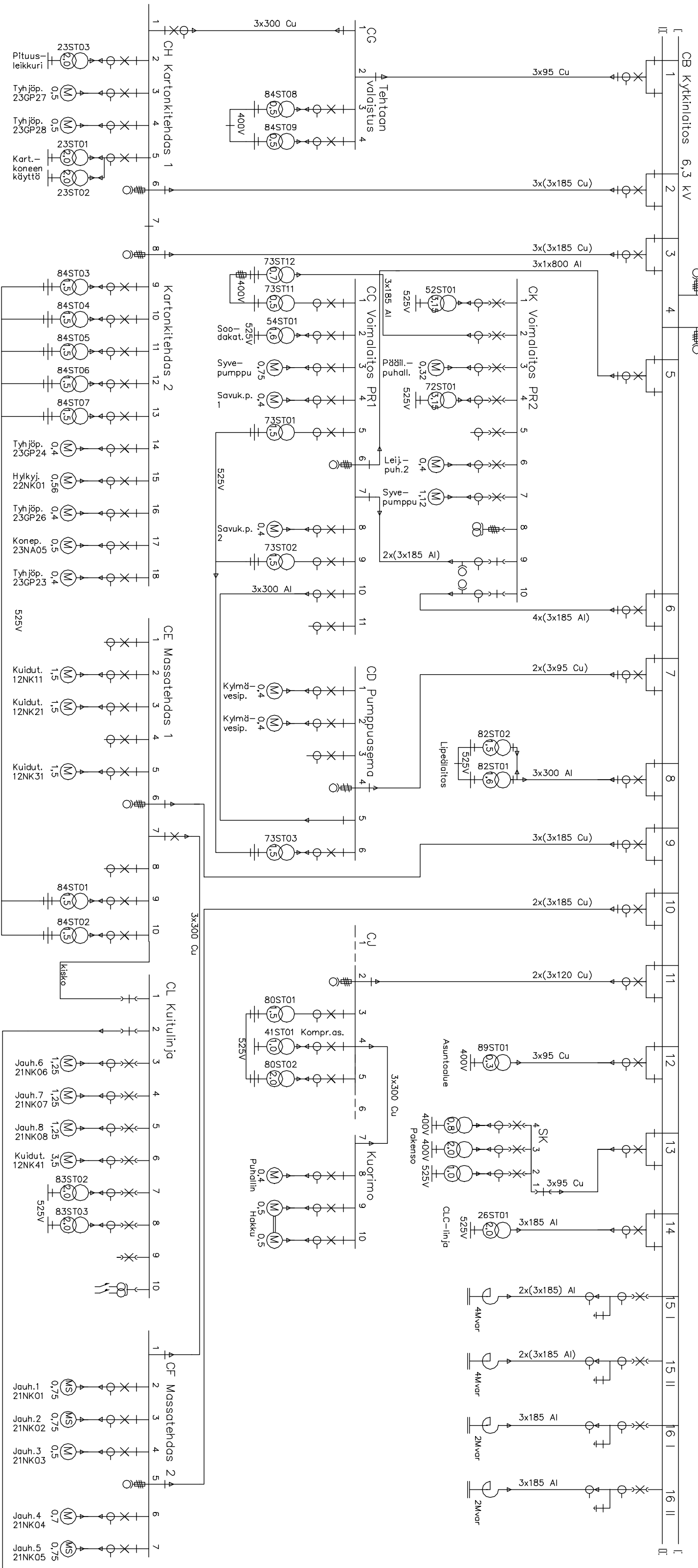
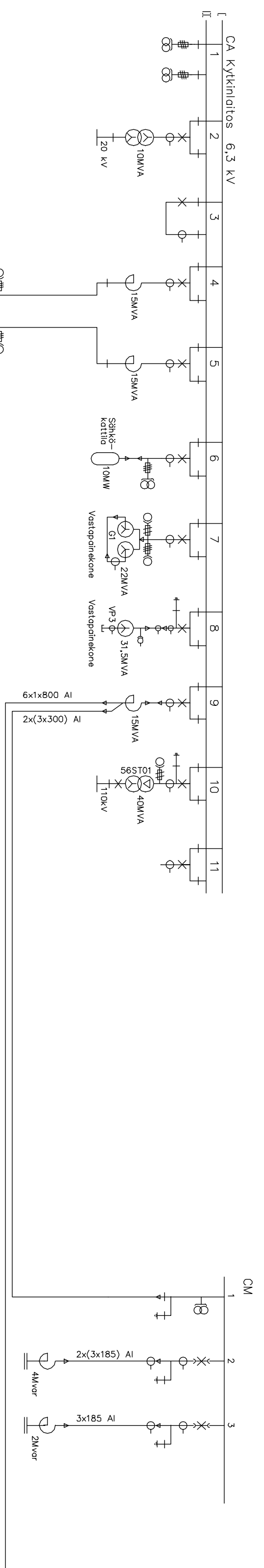
Toimintopaikka	FI-VL	Voim. alku	28.03.2011
Nimitys	VEITSILUOTO		
▶ FI-VL-501	VOIMALAITOS	FIVL2440 1162520	
▶ FI-VL-701	EFORA OY (ei kunnossapitokirjauksia)	700 FIVL5000	
▶ FI-VL-901	YHTEISET		
▼ FI-VL-907	SÄHKÖNJAKELU	907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-010	SUURJÄNNITEVERKON YHTEISET	907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-A01	A01; 110 KV:N KYTKINL., VOIMALAITOS K6	907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-A02	A02; 110 KV:N KYTKINLAITOS ,PAPERITEHDAS	907 FIVL1005 1161703	
▶ FI-VL-907-A03	A03; 110 KV:N EROTINASEMA	907 FIVL1005 1163110	
▼ FI-VL-907-B01	B01; 6 KV:N KYTKINLAITOS, VOIMALAITOS K6	907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-B01-001	B01.01 T62	F 907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-B01-002	B01.02 KISKOKATKAISIJA	B 907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-B01-003	B01.03 MITTAUS	B 907 FIVL1005 1163110	
▶ FI-VL-907-B01-004	B01.04 6 KV:N KYTKINLAITOS B02	B 907 FIVL1005 1163110	
▼ FI-VL-907-B01-005	B01.05 MUUNTAMO V3A	B 907 FIVL1005 1163110	
VL_B0105-K1	YLIVIRTARELE SPAJ3C5J3		
VL_B0105-K2	SUUNNATTU MAASULKURELE SPAS1F1J3		
VL_B0105-Q1	EROTIN B01.05-Q1; 2500A		
VL_B0105-Q2	EROTIN B01.05-Q2; 2500A		
▼ VL_SJ08093	ILMAKATKAISIJA EGA 10028sp		
201735	@TIIVISTESARJA 78.113.081.04 EB SERVICE L	1,00 KPL	
201738	@TIIVISTESARJA 78.113.081.03 EB SERVICE L	1,00 KPL	
201739	@TIIVISTESARJA 78.113.081.02 EB SERVICE L	1,00 KPL	
201741	@TIIVISTESARJA 78.113.081.01 EB SERVICE L	1,00 KPL	
218686	TIIVISTE 78.113.023.04 EB SERVIKE L	1,00 KPL	
▶ VL-JAMV03A	MUUNTAJA V03A VOIMALAITOS K4	B 506 FIVL1005 1163110	

Veitsiluodon sähkönjakelulaitteiden SAP-laitehierarkian osa. Kuvankaappaus otettu 28.03.2011. (Kuvan omistaa Stora Enson Veitsiluodon tehdas)

HEINOLAN KYTKINASEMA (FG)



<b>STORA ENSO</b> HEINOLAN FLUTINGTEHDAS		Sijainti:	Osastettu
<b>56SAH1000</b> Kokoontulo n:o		Suunn.	T LÄHDE
numero 1: 18.5.2009 / T13 numero 2: 23.5.2009 / T13 numero 3: 21.12.2009 / E1(T1) numero 4: 23.5.2009 / T13		Tarkk.	
		Hjv.	
		Työn n:o	



HEINOLAN FLUTINGTEHDAS

MUUTOS E	Efora_JR	24.9.2010/ Jauhinet 3 ja 4 muutos
MUUTOS D	Efora_JR	7.9.2010/ Lähde CK-5 varalle
MUUTOS A	TN	23.12.1993
MUUTOS B	TN	15.11.1994
MUUTOS C	HVL	19.3.1995
	NIMI	PVM

PIIRTAJÄ	TN	23.12.1993
MUUTOS A	TN	15.11.1994
MUUTOS B	TN	19.3.1995
MUUTOS C	HVL	2.9.2009
	NIMI	PVM

osasto

nimitys

6 kV SÄHKÖVERKKO

postio	lehti
piir.no.	1/1
56P00001	