

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tutkintotyö

Esko Iivonen

**TUOTANTOLAITOKSEN PÄÄSÄHKÖJÄRJESTELMÄN DOKUMENTOINTI JA
RISKIANALYYSI**

Työn ohjaaja

DI Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

Vanajan Korppu Oy, Seppo Saalamo

Pätkäne 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Iivonen, Esko

Tuotantolaitoksen pääsähköjärjestelmän dokumentointi ja riskianalyysi

Tutkintotyö

26 sivua + 9 liitesivua

Työn ohjaaja

DI Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

Vanajan Korppu Oy, Seppo Saalamo

Toukokuu 2007

Hakusanat

dokumentointi, riskianalyysi, muuntaja, pääkeskus

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena on päivittää Vanajan Korppu Oy:n tuotantolaitoksen pääjohtokaavio ja pääkeskusten sähköpiirustukset. Lisäksi tutkitaan muuntajien ja pääkeskusten ikääntymiseen liittyviä riskejä.

Aluksi pääkeskusten sähköpiirustukset sekä pääjohtokaavio on päivitetty laitoksen nykytilaa vastaaviksi. Pääjohtokaavion piirtämisen yhteydessä on suoritettu myös ryhmäkeskusten uudelleennumerointi.

Muuntajien osalta on selvitetty keinoja niiden kunnon selvittämiseksi sekä pyritty arvioimaan muuntajien jäljellä olevaa käyttöikää. Pääkeskusten osalta on selvitetty niiden turvallisuutta ja määräystenmukaisuutta.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Electrical Power Engineering

Iivonen, Esko

Documentation and risk analysis of industrial plants main electrical system

Engineering thesis

26 pages + 9 appendices

Thesis Supervisor

Eerik Mäkinen (MSc)

Commissioning Company

Vanajan Korppu Oy. Supervisor Seppo Saalamo

May 2007

Keywords

documentation, risk analysis, transformer, main exchange

ABSTRACT

The purpose of this research is to update main wire graph and electric drawings of main exchanges of Vanajan Korppu Ltd's industrial plant. Also is clarified the risks of the old transformers and main exchanges.

The electric drawings of the main exchanges and main wire graph are updated to correspond the current situation of the plant.

The condition and lifetime of the transformers are strived to clarify. The safety and the conformance of regulations of main exchanges are strived clarify also.

ALKUSANAT

Ajatus tämän tutkintotyön tekemiseen syntyi loppukesällä 2006. Syyskuussa 2006 aloitin työn tekemisen tutustumalla Hämeenlinnassa sijaitsevaan työkohteeseen. Talven 2006 ja kevään 2007 aikana tutkintotyöni on vähitellen saanut nykyisen, lopulliseen muotonsa. Tutkintotyötä tehdessäni olen huomannut, että perheen, työn, talon remontoinnin ja tutkintotyön tekemisen yhteen sovittaminen saattaa olla aikataulun puolesta yllättävän vaikeaa.

Haluan kiittää Vanajan Korppu Oy:n koko henkilökuntaa sekä erityisesti Seppo Saalamoa ja Petri Uotilaa hyvästä yhteistyöstä. Kiitokset myös tutkintotyöni valvojalle Eerik Mäkiselle, joka neuvoi ja auttoi työn edistymisessä.

Erityiskiitoksen ansaitsevat vaimoni Maria ja tyttäreni Sara ja Noora, jotka ovat kannustaneet ja tukeneet minua tutkintotyön valmiiksi saattamisessa.

Pätkäneellä 22.5.2007

Esko Iivonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1 VANAJAN KORPPU OY	6
2 JOHDANTO	6
2.1 Tuotantotilat ja sähköjärjestelmä	6
2.2 Työn rajaus	7
2.3 Työn toteutus	8
3 MUUNTAJAT	8
3.1 Yleistä kiinteistön muuntajista	8
3.2 Muuntajien kuormitus	9
3.3 Muuntajan käyttöikään vaikuttavia seikkoja	11
3.3.1 Eristeisiin kohdistuvat rasitukset	11
3.3.2 Muuntajaöljy	12
3.3.3 Öljypaperieristyksen vanheneminen	13
3.3.4 Epäsymmetrinen kuorma	15
3.4 Odotettavissa oleva käyttöikä	16
4 PÄÄKESKUKSET	17
4.1 Keskustila	17
4.2 Tutkittavat keskuksset	17
4.3 Sähkötilaan sijoitettu keskus	19
4.4 Varokekytkimet	22
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	23
5.1 Sähköpiirustukset	23
5.2 Pääkeskukset	23
5.3 Muuntajat	23
LÄHDELUETTELO	25
Painetut lähteet	25
Painamattomat lähteet	25
Liitteet	26

1 VANAJAN KORPPU OY

Vanajan Korppu Oy on perustettu vuonna 2000 maineikkaan Kantolan Keksien tiloihin Hämeenlinnaan. Liiketoiminnan perustana oli Delicant Oy:ltä (entinen Kantolan Keksi Oy) ostettu korppujen tuotantolinja ja korppuihin liittyvä liiketoiminta. Vanajan Korppu Oy:n omistaa tehtaalla toimiva johto.

Korppuja on paistettu Kantolassa jo vuodesta 1962. Tätä perinnettä jatkaa Vanajan Korppu Oy henkilökuntansa yli 500 työvuoden yhteisellä kokemuksella. Korppujen markkinaosuus on tällä hetkellä noin kolmannes Suomen korppumarkkinoista. Yrityksellä on jonkin verran myös vientiä.

Keväällä 2002 Vanajan Korppu Oy aloitti Hämeenlinnan Kantolassa myös vohveleiden valmistamisen.

Vanajan Korppu Oy:n toiminta-ajatuksena on olla täysin suomalaisena yrityksenä herkullisten, laadukkaiden ja hinnaltaan kilpailukyisten korppujen ja vohveleiden valmistaja Suomessa.

Yrityksen henkilökunnan määrä on nykyisin noin 25, ja sen liikevaihto oli vuonna 2006 noin 4,5 milj. euroa. /5/

2 JOHDANTO

2.1 Tuotantotilat ja sähköjärjestelmä

Vanajan Korppu Oy:n tuotantotilat Hämeenlinnassa on rakennettu pääsääntöisesti 60-luvun alkupuolella silloisen OTK:n tarpeisiin elintarviketuotantoon. Laitoksen pääsähköjärjestelmä on peräisin valtaosin tuolta ajalta. Muuntajat, pääkeskukset ja osin ryhmäkeskuksetkin ovat alkuperäisiä. Tuotantolinjoja on uusittu ja muuteltu 70-, 80-, ja 90-luvuilla siten,

että osa alkuperäisistä linjoista on poistettu kokonaan ja osa on modernisoitu tai korvattu uusilla. Lisäksi rakennuksessa on nykyisin myös muita toimijoita, eikä se näin ollen ole kokonaisuudessaan Vanajan Korppu Oy:n käytössä. Laitoksesta on olemassa lähes kaikki alkuperäiset piirustukset, joihin viimeisimmät päivitykset on tehty pääsääntöisesti 80-luvun alussa, joten tuon ajankohdan jälkeen tapahtuneet muutokset eivät ole näkyneet piirustuksissa.

Sähköjärjestelmälle on tehty huolto- ja kunnossapitotoimia käyttövarmuuden pitämiseksi hyvällä tasolla. Laitoksen sähköjärjestelmä kuuluu Turvatekniikan keskuksen luokituksen mukaan luokkaan 2, joten sille on tehty määräaikaistarkastuksia kymmenen vuoden välein. Lisäksi ryhmäkeskukset on lämpökuvattu löysien liitosten löytämiseksi ja keskukset on puhdistettu jauhopölystä säännöllisesti. Muutama uudempi ryhmäkeskus on myös ylipaineistettu jauhopölyn sisäänpääsyn estämiseksi. /13/

2.2 Työn rajaus

Tutkintotyö rajataan siten, että käsiteltävän tuotantolaitoksen sähkökuvista piirretään pääjohtokaavio (liite 8) sekä pienjännitekeskuksen kokoonpanopiirustukset (liitteet 1 ja 2) ja keskuskaaviot (liitteet 3 - 7). Lisäksi piirretään 20 kV:n yleiskytkentäkaavio (liite 9).

Laitoksen muuntajien käyttöikä pyritään arvioimaan saatavilla olevien dokumenttien perusteella. Lisäksi tutkitaan muuntajien nykyisiä kuormitusolosuhteita.

Pääkeskuksiin paneudutaan lähinnä turvallisuuden näkökulmasta. Toisin sanoen tutustutaan sähkötilaan sijoitetuilta keskuksilta edellytettäviin vaatimuksiin ja keskusten käyttöikään vaikuttaviin seikkoihin.

2.3 Työn toteutus

Työn tekeminen alkoi laitokseen tutustumisella. Tämän jälkeen arkistosta piti etsiä vanhat sähköpiirustukset. Kuten todettua, vanhat piirustukset eivät vastanneet todellisuudessa kovinkaan hyvin laitoksen sähköjärjestelmän nykytilaa. Niinpä koko rakennus oli käytävä läpi useaan otteeseen, jotta muutokset oli mahdollista hahmottaa. Ongelmia tuotti erityisesti uusittujen ryhmäkeskusten numerointi ja sijainti, joka ei vastannut piirustuksia. Niinpä näköaisti oli lähes ainoa, mutta todella aikaa vievä tapa selvittää, mistä uusittujen keskusten syötöt oli otettu. Vanhojen purettujen keskusten entiset sijaintipaikat taas oli mahdollista nähdä alkuperäisistä piirustuksista. Osa näiden keskusten syötöistä oli purettu kokonaan pois, osa taas oli käännetty uusiin keskuksiin.

Toinen ongelmia aiheuttanut seikka oli keskusten numeroinnin epäloogisuus. Toisin sanoen uudet keskuksset oli merkitty mikä mitenkään eikä vanhojenkaan numeroinnissa ollut mitään logiikkaa. Niinpä keskuksset numeroitiin uudestaan siten, että ensimmäinen numero tarkoittaa rakennuksen kerrosta, jossa keskus sijaitsee ja toinen on juokseva, esimerkiksi 4.1. Tämän jälkeen piirrettiin pääjohtokaavio uusin merkinnöin (liite 8).

3 MUUNTAJAT

3.1 Yleistä kiinteistön muuntajista

Voimalaitokselta tuleva PYLKVJ 3x50-johto syöttää kiinteistön kahta Strömberg KTMU 4639/3964 -päämuuntajaa, nimellistehoiltaan 1000 kVA kumpikin. Nämä edelleen syöttävät kumpikin omia pienjännitekeskuksiaan. Muuntajien kytkentäryhmä on Dy 11.

Muuntajien arvot ovat seuraavat:

$$S_N = 1,0 \text{ MVA}$$

$$U_N = 20/0,4 \text{ kV}$$

$$z_K = 5,5 \%$$

Muuntajan oikosulkuvirtaa laskettaessa oletetaan edeltävän verkon olevan jäykkä. Muuntajan oikosulkuimpedanssi saadaan kaavasta:

$$Z_K = z_K \cdot Z_N = z_K \cdot \frac{U_N^2}{S_N} \quad (1.)$$

Kolmivaiheinen oikosulku muuntajan toisiossa aiheuttaa oikosulkuvirran I_K :

$$I_K \approx \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot z_K \cdot \frac{U_N^2}{S_N}} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot Z_K \cdot U_N} = \frac{1,0 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,055 \cdot 400 \text{ V}} \approx 26,2 \text{ kA} \quad (2.)$$

3.2 Muuntajien kuormitus

Tuotantolaitoksen valmistumisen aikaan muuntajien kuormitus on ollut aivan toista luokkaa kuin nykyään. Korppu-uuni on ollut sähkökäyttöinen ja tuolloin tehtaassa valmistettiin keksien lisäksi myös makaronia ja kääretorttuja. Lisäksi tehtaalla on ollut oma pakastamo, joka myös on tuonut oman lisänsä sähkön kulutukseen. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan laitokseen on jätetty varaus rakentaa myöhemmin kaksi samanlaista muuntajaa lisää, mutta tätä laajennusta ei ole koskaan toteutettu. Ilmeisesti aikanaan on varauduttu laitoksen laajamittaiseen laajennukseen tai huomattavaan kuormituksen kasvuun. Käytännössä kehitys on kuitenkin ollut päinvastainen, koska esimerkiksi korppu-uunit on muutettu sähköllä toimivista maakaasukäyttöisiksi ja makaronin ja kääretorttujen valmistus on lopetettu.

Alkujaan koko tehtaan laskennallinen huipputeho on ollut 1480 kW, nykyisin keskimäärin 500 kW. Tähän on vaikuttanut muuttuneiden valmistusprosessien lisäksi myös se, että nykyisin kaikki linjat eivät koskaan ole samanaikaisesti ajossa. Seuraavassa taulukossa 1. on esitettyä tehtaan sähkönkulutuksen vuosiraportti vuodelta 2006.

Taulukko 1. Sähkön vuosiraportti 2006 /7/

Yhteensä [kWh]					
Kuukausi	2005	2006	Muutos%	Huipputeho [kW]	Loishuippu [kVA _r]
Tammikuu	87546	111462	27,3	458	72
Helmikuu	97706	114340	17	494	76
Maaliskuu	113046	129726	14,8	466	86
Huhtikuu	105032	105138	0,1	448	74
Toukokuu	107024	98508	-8	746	74
Kesäkuu	95570	100048	4,7	486	78
Heinäkuu	94938	102778	8,3	434	74
Elokuu	98384	119558	21,5	526	88
Syyskuu	99594	112038	12,5	482	78
Lokakuu	104352	98332	-5,8	520	80
Marraskuu	113182	114710	1,4	484	78
Joulukuu	98908	94894	-4,1	526	88
Yhteensä	1215282	1301532	7,1	746	88

Vuoden 2006 hetkellinen huipputeho on siis toukokuun 746 kW, joka on lähes tarkalleen puolet alkuperäisestä laskennallisesta huipputehosta, jonka mukaan muuntajat aikanaan on mitoitettu. Jostakin syystä tuokin arvo on huomattavasti korkeampi, kuin muiden kuukausien huippuarvot, jotka liikkuvat noin 430 kW:n ja 530 kW:n välillä. Koska kuormitus on suurelta osin resistiivistä ja kiinteistössä on loistehon kompensointi, voidaan riittävällä tarkkuudella olettaa $\cos\varphi$:n olevan noin 0,95. Huipputehon arvo muutetaan näennäistehoksi seuraavasti:

$$P = S \cdot \cos \varphi \Rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{746 \text{ kW}}{0,95} \approx 785 \text{ kVA} \quad (3)$$

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että toinen muuntaja kykenisi periaatteessa yksinäänkin syöttämään laitoksen tarvitseman tehon. Käytännössä se ei

kuitenkaan ilman kytkentämuutoksia onnistuisi, koska molemmat muuntajat syöttävät omaa pääkeskustaan.

Jatkossa kulutus on pienenemässä entisestään, koska vanhaa vohvelilinjaa ollaan korvaamassa uudella, jonka asennustyöt ovat tätä kirjoittaessa alkamassa piakkoin. Uudessa linjassa vohveliuuni toimii maakaasulla, kun se vanhassa on sähkökäyttöinen.

3.3 Muuntajan käyttöikään vaikuttavia seikkoja

3.3.1 Eristeisiin kohdistuvat rasitukset

Muuntajan käyttöikään oleellisesti vaikuttavia seikkoja ovat eristeet ja niiden ominaisuudet. Luonnollisesti käytettävillä eristeillä on uutena riittävät sähköiset, termiset ja mekaaniset ominaisuudet. Eristeiden on kestettävä niihin käytön aikana kohdistuvat rasitukset eristysominaisuuksien olennaisesti huonontumatta.

Erytisesti pitkäaikainen rasitus korkeissa lämpötiloissa lyhentää eristeiden elinikää. Käytön aikaisille muutoksille alttiimpia ovat erityisesti orgaanista alkuperää olevat materiaalit. Nämä muutokset ovat palautumattomia.

Orgaanisilla aineilla suuret molekyyliketjut pilkkoutuvat pienemmiksi, jolloin materiaalin kemialliset, sähköiset ja etenkin mekaaniset ominaisuudet muuttuvat. Muuttumista kiihdyttävät lisäksi ne sähköiset ja kemialliset rasitukset, joille eristys joutuu käytön aikana alttiiksi. Yleensä kemialliset muutokset eivät sinänsä johda sähköisten ominaisuuksien merkittäviin muutoksiin, mutta kemiallisten muutosten aiheuttama mekaanisen kestävyys huononeminen voi nopeuttaa eristeen tuhoutumista esimerkiksi oikosulun vaikutuksesta. /3/

Eristeen haurastuminen tai muu mekaaninen heikkeneminen voi aiheutua lämpölaajenemisesta, värinästä, johtimiin oikosulussa kohdistuvasta sähkömagneettisesta voimasta tai muista eristeeseen kohdistuvista mekaanisista

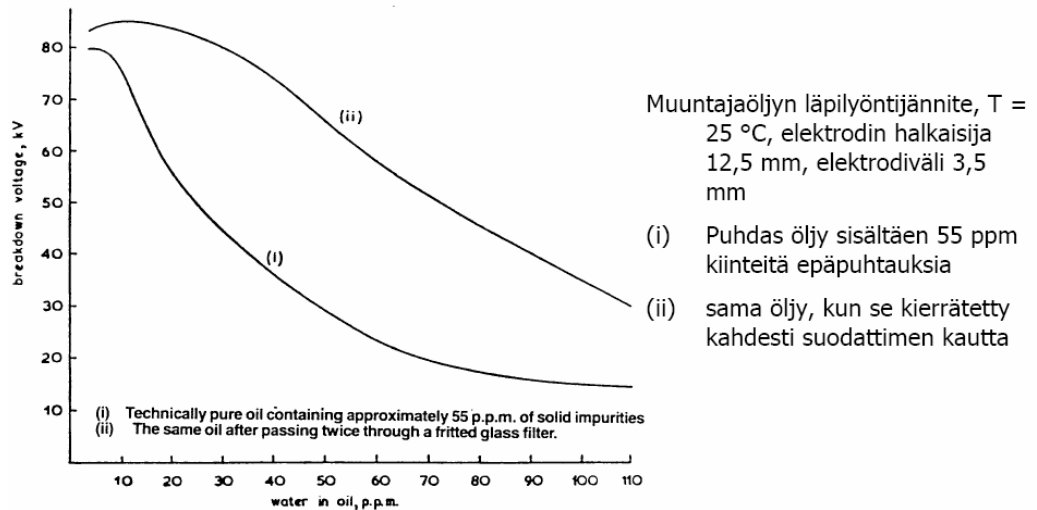
rasituksista. Eriste saattaa vähitellen väsyä tällaisten rasitusten vaikutuksesta. Luonnollisesti mekaanisten rasitusten vaikutus voimistuu, mikäli eriste on jo ennestään haurastunut termisten rasitusten vuoksi. /3/

3.3.2 Muuntajaöljy

Muuntajaöljyllä on tärkeä merkitys muuntajan eristys- ja jäähdytysaineena. Öljyn kunnosta riippuu ratkaisevasti koko muuntajan käyttövarmuus. Muuntajaöljy on orgaaninen aine, joka hapettuu vanhetessaan. Hapettumisnopeus riippuu öljyn lämpötilasta ja käytettävissä olevasta happimäärästä. Huoneenlämmössä öljy hapettuu tuskin ollenkaan, vaikka ilma pääsisi siihen vapaasti vaikuttamaan. Muuntajakäytön lämpötiloissa 60 - 70 °C öljyn hapettuminen on jo verrattain nopeaa, jos ilma pääsee vapaasti vaikuttamaan siihen. Kun saavutetaan noin 115 °C:n lämpötila, hapettuminen muuttuu erittäin kiivaaksi. Öljystä erkanee tällöin käämityksen eristeille vaarallisia kaasuja. Hapettumisessa syntynyt sakka laskeutuu muuntajassa rautasydämelle, käämityksille, öljykanaviin sekä jäähdytysputkistoon. Seurauksena on öljyn kierron hidastuminen ja ylimääräisten lämpövastusten syntyminen, jolloin vastaavasti jäähdytyskyky heikkenee ja muuntaja lämpiää liikaa. /3, 4

Muuntajaöljyssä olevat epäpuhtaudet ja öljyyn päässyt kosteus aiheuttavat ongelmia muuntajan toimintavarmuudelle. Ilmankuivaimesta huolimatta öljyyn saattaa päästä kosteutta, joka valtaosin sitoutuu paperiin, mutta saattaa myös olla irrallisina pisaroina öljyssä. Nämä epäpuhtaudet alentavat huomattavasti muuntajan läpilyöntikestoisuutta.

Seuraavassa kuvassa 1. on esitetty kosteuden vaikutusta öljyn jännitelujuuteen. Kuvaajista (i) kuvaa teknisesti puhdasta öljyä, jossa on epäpuhtauksia 55 µg/g. Kuvaaja (ii) kuvaa samaa öljyä, kun se on kahteen kertaan suodatettu. Kuvaajasta voidaan havaita, että kosteus vaikuttaa öljyn jännitelujuuteen pahimmillaan useita kymmeniä kilovoltteja.



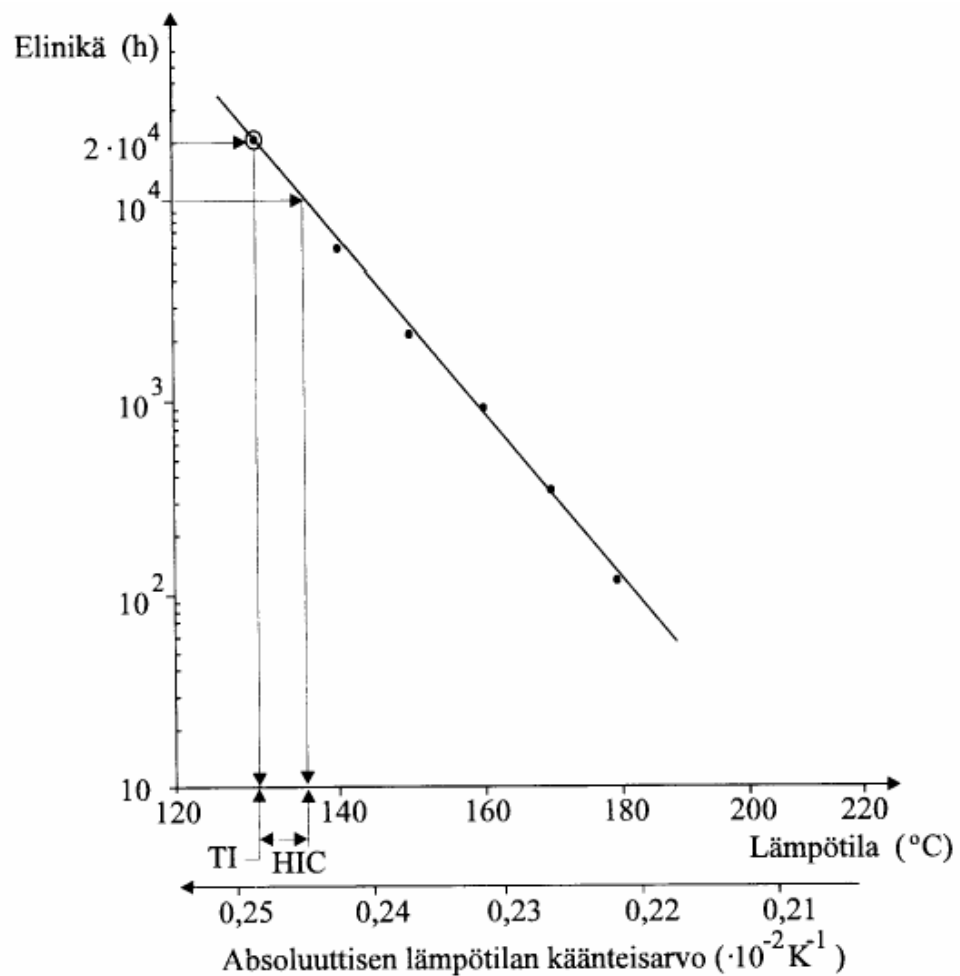
Kuva 1. Muuntajaöljyssä olevan kosteuden vaikutus jännitelujuuteen /12/

3.3.3 Öljypaperieristyksen vanheneminen

Kemiallisten reaktioiden seurauksena öljyyn syntyy myös happamia yhdisteitä ja vettä. Nämä vaikuttavat haitallisesti paperiin. Öljyn tilaa voidaan seurata käytön aikana ottamalla siitä säännöllisesti näytteitä. Öljynäytteistä saadaan analysoitua öljyn kaas- ja vesipitoisuudet sekä läpilyöntilujuus. Mikäli epäpuhtauksia ja kosteutta on liikaa, voidaan öljyä kuivata ja suodattaa. Mikäli öljyssä on liikaa saostumia, se voidaan vaihtaa. Pääosa öljyyn muodostuvasta vedestä on paperieristyksessä. Tämä ei huononna niinkään sähköisiä ominaisuuksia, mutta mekaanisia ominaisuuksia se heikentää, koska paperin kuidut katkeilevat ja paperi haurastuu.

Muuntajan lämpötilan vaikutus paperieristeen elinikään on selvästi havaittavissa seuraavasta kuvaajasta (kuva 2). Muuntajan elinikä laskee dramaattisesti, kun lämpötila nousee. Pääsääntöisesti paperieristeen vanheneminen johtuu liian korkeasta lämpötilasta. Paperieristeen vanhenemista aiheuttavien kemiallisten reaktioiden todennäköisyys kasvaa lämpötilan mukana. Paperieristyksen elinikäkäyrää voidaan tutkia kuvassa 2 esitetyn, niin sanotun Arrhenius-käyrän

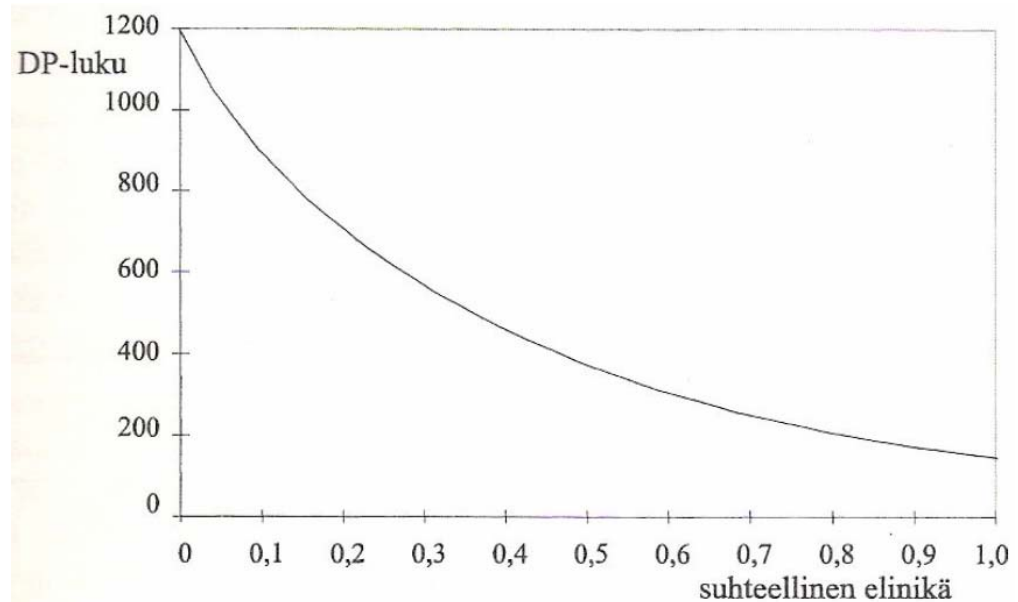
avulla. Elinikä on 20000 tuntia lämpötilassa 130 °C (TI). Lämpötilassa 136 °C elinikä on 10000 tuntia eli elinikä lyhenee puoleen lämpötilan noustessa n. 6 K. Mittausten ja kuvan perusteella arvo olisi yli 6 K mutta käytännössä öljypaperieristykselle käytetään kuitenkin arvoa 6 K, sillä todellisen eliniän arviointiin liittyy aina epävarmuutta.



Kuva 2. Elinikäkäyrä (Arrhenius-käyrä) muuntajan öljypaperieristykselle /12/

Paperieristyksen heikkenemisen mittarina käytetään DP-lukua, joka ilmaisee paperin keskimääräisen glukoosirenkaiden lukumäärän molekyyliä kohti. Uudella paperilla tämä luku vaihtelee välillä 1000–1300. Vanhassa muuntajaeristyksessä se voi olla vain viidennes alkuperäisestä arvostaan.

Tekninen käyttöikä on loppuillaan, kun DP-luku on 150–200. Seuraavassa kuvassa 3 on esitetty paperin DP-luvun muuttuminen muuntajan käyttöiän aikana.



Kuva 3. Paperin DP-luvun muuttuminen muuntajan eliniän aikana

Paperin tilan seuraaminen käytön aikana on huomattavasti vaikeampaa kuin öljyn. Käytössä olevasta muuntajasta ei voida ottaa paperinäytettä, ellei muuntajaöljyyn ole jo valmistusvaiheessa sijoitettu paperin kunnon seuraamiseen tarkoitettuja näytepaloja. Tällöinkään näytepala ei todennäköisesti edusta pahinta tilannetta. /3/

3.3.4 Epäsymmetrinen kuorma

Muuntajan epäsymmetrinen kuormitus eli vinokuormitus tarkoittaa sitä, että muuntajan kaikkia vaiheita ei kuormiteta samansuuruisella teholla.

Vinokuormituksen kaltainen tilanne saattaa syntyä myös, mikäli yhden vaiheen sulake palaa. Jos jännite-epäsymmetrian takia kuormituksen virtakin muuttuu, aiheutuu silloin muuntajan sisälle kuumia pisteitä, jotka edesauttavat vanhenemisen prosesseja, joiden vaikutukset muuntajaan riippuvat oleellisesti

muuntajan kytkennästä. Tutkittavien muuntajien Dy-kytkentä sietää hyvin vinokuormitusta, eikä jännite-epäsymmetriaa pääse syntymään. /11/

3.4 Odotettavissa oleva käyttöikä

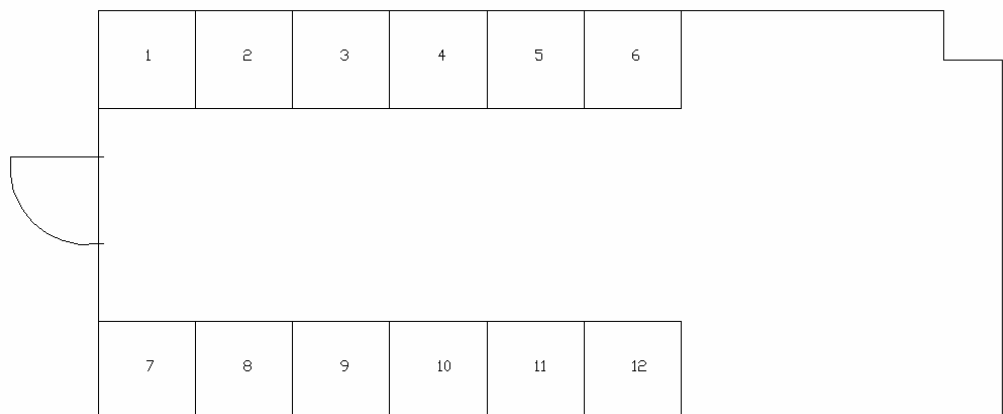
Tutkittavankaltaisten muuntajien maksimikäyttöikänä pidetään yleisesti viittäkymmentä ja laskennallisena käyttöikänä kolmeakymmentä vuotta. Yli viisikymmentä vuotta vanhaan muuntajaan ei ole kannattavaa tehdä suuria korjauksia, koska käyttöikä alkaa olla lopussa. Viisikymmentä vuotta vanhassa muuntajassa paperin DP-luku on jo varmasti laskenut alle 500:n tienoille. Myös muuntajaöljy alkaa olla huonokuntoista, mikäli sen vaihdosta on kulunut paljon aikaa. Tämä tarkoittaa sitä, että muuntajan eristeiden ominaisuudet ovat huonontuneet merkittävästi eikä muuntaja todennäköisesti kestä oikosulkua tai hetkellistä suurta ylijännitettä. /9/

Vanajan Korppu Oy:n tuotantolaitoksen muuntajat ovat nyt olleet käytössä 46 vuotta. Muuntajia on huollettu säännöllisesti ja niiden öljyt on vaihdettu lähes kymmenen vuotta sitten. Kuormitus on käytännössä suurimmalta osin symmetristä kolmivaihekuormaa. Muuntajien nykyinen kuormitus on nimelliskuormaa huomattavasti pienempi. Tästä huolimatta muuntajien käyttöikä alkaa olla loppuillaan ja ne on väistämättä uusittava lähitulevaisuudessa.

4 PÄÄKESKUKSET

4.1 Keskustila

Pääkeskukset on sijoitettu sähkötilaksi luokiteltavaan keskustilaan. Tilassa on kahden pääkeskuksen lisäksi ainoastaan kompensointiparistot. Keskushuoneessa on betonilattian päällä puurakenteinen lattia, ja näiden väliin jäävässä kaapelointitilassa sijaitsevat kaikki keskuksista lähtevät kaapelit. Tila on kuiva ja lämmin eivätkä keskukset näin ollen joudu merkittävässä määrin korroosiolle alttiiksi. Keskustila on sen verran erillään varsinaisista tuotantotiloista, että keskukset eivät myöskään altistu jauhopölylle, jota leipomorakennusten ilmassa muuten on runsaasti. Pääkeskusten sijoitus keskushuoneessa käy ilmi kuvasta 3.



Kuva 3. Kaaviokuva keskushuoneesta

4.2 Tutkittavat keskukset

Pääkeskukset ovat peräisin 60-luvun alusta. Kuten seuraavista kuvista (kuvat 4 ja 5) on havaittavissa, keskukset ovat rakenteeltaan avonaisia teräsrunkoisia kennokeskuksia. Liitteissä 1-7 on esitetty keskusten rakenne graafisesti. Keskusten kokoonpanopiirustuksista (liitteet 1 ja 2) sekä kuvista 4 ja 5 on

havaittavissa lähtöihin liitetyt kWh-mittaukset. Alkujaan energian kulutus on siis mitattu jokaisesta lähdöstä erikseen. Vaikka mittarit ovat edelleen fyysisesti olemassa ja osa jopa toiminnassakin, ne ovat tarpeettomia, koska energian mittausta on toteutettu tuntimittauksella. Kuvassa 2. on keskustilan ovelta katsoen vasemmanpuoleinen pääkeskus, joka koostuu kennoista 1-6.



Kuva 4. Pääkeskus, pienjänniteosa 1

Kuvassa 3 näkyy keskustilan ovelta katsoen pääkeskuksen oikeanpuoleinen osa joka koostuu kennoista 7-12.



Kuva 5. Pääkeskus, pienjänniteosa 2

4.3 Sähkötilaan sijoitettu keskus

Kuten todettua, pääkeskukset on sijoitettu sähkötilaksi luokiteltuun tilaan, jossa ei ole muita kuin sähkölaitteita ja näiden apulaitteita. Standardi SFS 6000-8-810 ilmaisee tällaiseen tilaan sijoitettavilta keskuksilta vaadittavat ominaisuudet seuraavasti:

Sähkötila on huone (jakokeskushuone) tai luotettavasti aidattu alue, jossa on vain sähkölaitteita ja näiden apulaitteita ja johon normaalisti pääsee vain tilan sähkölaitteista aiheutuvan vaaran tunteva käyttöhenkilökunta. Sähkötilassa sallitaan normaaleja lievemmit suojaustoimenpiteet.

Sähkötilassa on sähkölaitteet yleensä suojattava vähintään kotelointiluokan IPXXB tai IP2X mukaisella koteloinnilla. Sähkötilassa sallitaan kuitenkin seuraavat lievennykset:

- Kosketussuojausmenetelmänä voidaan käyttää myös sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle vähintään 2,5 m korkeuteen lattiasta tai muusta seisonta-alustasta.
- Jos jännitteisiä osia on alempana kuin 2,5 m, on osat suojattava vähintään kotelointiluokan IP2X tai IPXXB vaatimukset täyttävällä suojaseinällä. Riittävänä kotelointina pidetään suojaseiniä ilman kattoa, mikäli suojaseinien korkeus on vähintään 2,3 m ja jännitteisten osien etäisyys suojaseinän yläreunasta on suurempi kuin 0,2 m.
- Jonovarokeytkimillä kalustetun pienjännitekeskuksen kytkimien alapuolella sijaitsevassa kaapelointitilassa ei saa olla paljaita jännitteellisiä osia, ja tilan suojauksen muihin tiloihin nähden on oltava vähintään IP1XB. Sulakkeettomien kaapeloimattomien varavarokeytkimien (varokeytkimien) jännitteettömänä olevien liitinten koskettamismahdollisuutta ei oteta huomioon. /1/

Taulukossa 2. on esitetty kotelointiluokkien eri numeroiden ja kirjainten merkitys.

Taulukko 2. Kotelointiluokat

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Kirjaimet	IP	–	–
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä suojaamaton kun halkaisija ≥ 50 mm kun halkaisija $\geq 12,5$ mm kun halkaisija $\geq 2,5$ mm kun halkaisija $\geq 1,0$ mm pölysuojatusti pölytiiviisti	Vaaralliset osat kosketussuojattu suojaamaton nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta suojaamaton pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15 astetta) satavalta vedeltä roiskuvilta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	–
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)	A B C D	–	Vaaralliset osat kosketussuojattu nyrkiltä sormelta työkalulta langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys Suurjännitelaitte Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

Taulukon perusteella voidaan todeta, että standardin SFS 6000-8-810 vaatimat kotelointiluokat IPXXB ja IP2X merkitsevät suojausta, jossa sormen kokoisen esineen (halkaisija $\geq 12,5$ mm) pääsy jännitteisiin osiin on estetty. Tarkasteltavat keskuskeskukset eivät siis täytä kosketussuojauksen vaatimuksia.

4.4 Varokeyktykimet

Kuten kuvista 1 ja 2 voi nähdä, keskusten lähdöt on toteutettu uuninluukkumallisin varokeyktykimin, toisin sanoen lähdön oikosulkusuojauksena toimivat kahvasulakkeet. Niin sanotun uuninluukkumallisen varokeyktykimen rakenne on sellainen, että lähdön kannen avaaminen irrottaa kahvasulakkeet pohjistaan. Lähtöä ei tulisi missään tapauksessa avata eikä sulkea kuormitettuna. Varokeyktykimien huono puoli on nimenomaan siinä, että ne voidaan avata ja sulkea, vaikka lähdössä olisi täysi kuormitus. Avoinna olevaa varokeyktykintä sulkiessa on vaikeaa saada selville, onko lähdössä mahdollisesti kuorma päällä. Varokeyktykimiä ei pitäisi myöskään käyttää kohteissa, joissa on suuret oikosulkuvirrat. Tässä kohteessa keskuksen vaikuttava oikosulkuvirta on kohdassa 3.1 laskettu 26,2 kA. Näin suuri oikosulkuvirta saattaa olla turvallisuusriski vanhassa keskuksessa.

Pelkillä sulakkeilla toteutettu oikosulkusuojaus on liian hidaskäyttömahdollisissa valokaaritalanteissa. Valokaariviassa vikakohtaan muodostuu resistanssi, joka pienentää vikavirran arvoa. Jos suojalaitteet on mitoitettu oikosulkuvirran mukaan, ei suojalaite välttämättä toimi valokaarivian aikana. Tästä seuraa, että valokaaresta aiheutuvia vaurioita ehtii syntyä, ennen kuin suojaus reagoi valokaareen tai virta katkaistaan. /10/

Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton mukaan vanhoissa sähkölaitteistoissa olevia uuninluukkuvarokeyktykimiä voi vielä käyttää olemassa olevissa asennuksissa, mikäli ne ovat asianmukaisessa kunnossa. On kuitenkin huomattava, että vanhat uuninluukkuvarokeyktykimet tarvitsevat huoltoa. Niinpä vanhojen asennusten uuninluukkuvarokeyktykimet on syytä tarkistaa ja epäluotettavaksi osoittautuneet kannattaa vaihtaa esimerkiksi kojeiston uusimisen yhteydessä. /6/

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Sähköpiirustukset

Tämän tutkintotyön yhteydessä päivitettyjen pääkeskusta koskevien sähköpiirustusten lisäksi myös ryhmäkeskusten sähköpiirustukset olisi hyvä saattaa vastaamaan keskusten nykyistä tilaa. Pelkkä piirustusurakka on kuitenkin sangen mittava, sillä käytössä olevia ryhmäkeskuksia on kaikkiaan lähes 50 kappaletta. Huomattavan suuren lisätyön aiheuttaisi myös keskusten kartoituksen täydentäminen ja ajantasaistaminen, sillä kaikista ryhmäkeskuksista ei ole olemassa lainkaan piirustuksia ja olemassa olevista piirustuksista on valtaosa vanhentuneita. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen ryhmäkeskus olisi tutkittava huolellisesti, jotta saataisiin aikaan asiallinen ja paikkansapitävä dokumentointi.

5.2 Pääkeskukset

Vaikka varokehytkimin toteutettujen lähtöjen käyttäminen onkin täysin luvallista, olisi pääkeskukset pelkästään turvallisuuden kannalta syytä uusia ja korvata nykyaikaisilla keskuksilla. Lähes puolen vuosisadan ikäisiin keskuksiin saattaa tulla enenevässä määrin erilaisia ikääntymisen aiheuttamia materiaalivikoja. Mikäli pääkeskukset uusittaisiin kokonaan, olisi lähdöt järkevä suojata kytkinvarokkein. Uusittuihin keskuksiin on lisäksi mahdollista liittää valokaarivahti, joka vikatilanteessa toimii huomattavasti nopeammin kuin pelkkä sulakkeilla toimiva suojaus.

5.3 Muuntajat

Muuntajien käyttöikä alkaa väistämättä olla loppuillaan ja niiden uusiminen tulee ajankohtaiseksi muutamien vuosien kuluttua. Eristeiden vanhenemisprosessin

takia mahdollinen vakava oikosulku tai hetkellinen suuri ylijännitepiikki saattavat jo nyt aiheuttaa muuntajien tuhoutumisen. On kuitenkin huomioitava, että muuntajien tämänhetkinen, huomattavasti nimelliskuormaa pienempi kuormitus pidentää niiden käyttöikä.

Muuntajat kannattaisi uusittaessa vaihtaa hieman pienempitehoisiin, koska ne nykyisellään ovat ylimitoitettuja tehonkulutukseen nähden. Kytkenä saattaisi olla järkevää muuttaa siten, että muuntajat saisi kytkettyä rinnan. Tällöin toisen muuntajan ollessa pois käytöstä toisella olisi mahdollista syöttää koko tehdasta. Muuntajien rinnankytkennältä vaadittavat yleiset rinnankäyntiehdot ovat seuraavat:

- Muuntajien nimellistehojen on oltava samaa suuruusluokkaa, tehojen suhde korkeintaan 3:1.
- Muuntajien oikosulkuimpedanssien on oltava suunnilleen yhtä suuret, erotus korkeintaan noin 10 %.
- Muuntajien nimellisjännitteiden on oltava yhtä suuret, toleranssi muuntosuhteissa korkeintaan 0,5 %.
- Rinnankytkettäessä on toisiojännitteiden oltava keskenään samansuuntaiset.

Viimeinen ehto on täytetty, jos muuntajien kytkennöillä on sama tunnusluku ja muuntajien samannimiset liittimet yhdistetään keskenään sekä ensiö- että toisiopuolella./8/

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- /1/ SFS 6000-8-810
- /2/ Sähköturvallisuusmääräykset kuvina, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto
STUL ry. Sähköinfo Oy. Espoo 2005
- /3/ Elovaara, Jarmo – Aro, Martti – Karttunen, Matti – Nousiainen,
Kirsi – Palva, Veikko, Suurjännitetekniikka. Otatieto Oy.
Jyväskylä 1996.
- /4/ Leskinen, K. I., Sähkökoneoppi. Muuntaja, osa 2.
Ammattikasvatusthallitus. Helsinki 1983.
- /10/ Sähköurakoitsijan jakokeskusopas, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto
STUL ry. Sähköinfo Oy. Espoo 2003
- /11/ Aura, Lauri – Tonteri, Antti J, Sähkökoneet ja tehoelektronikan
perusteet. WSOY. Porvoo 1996

Painamattomat lähteet

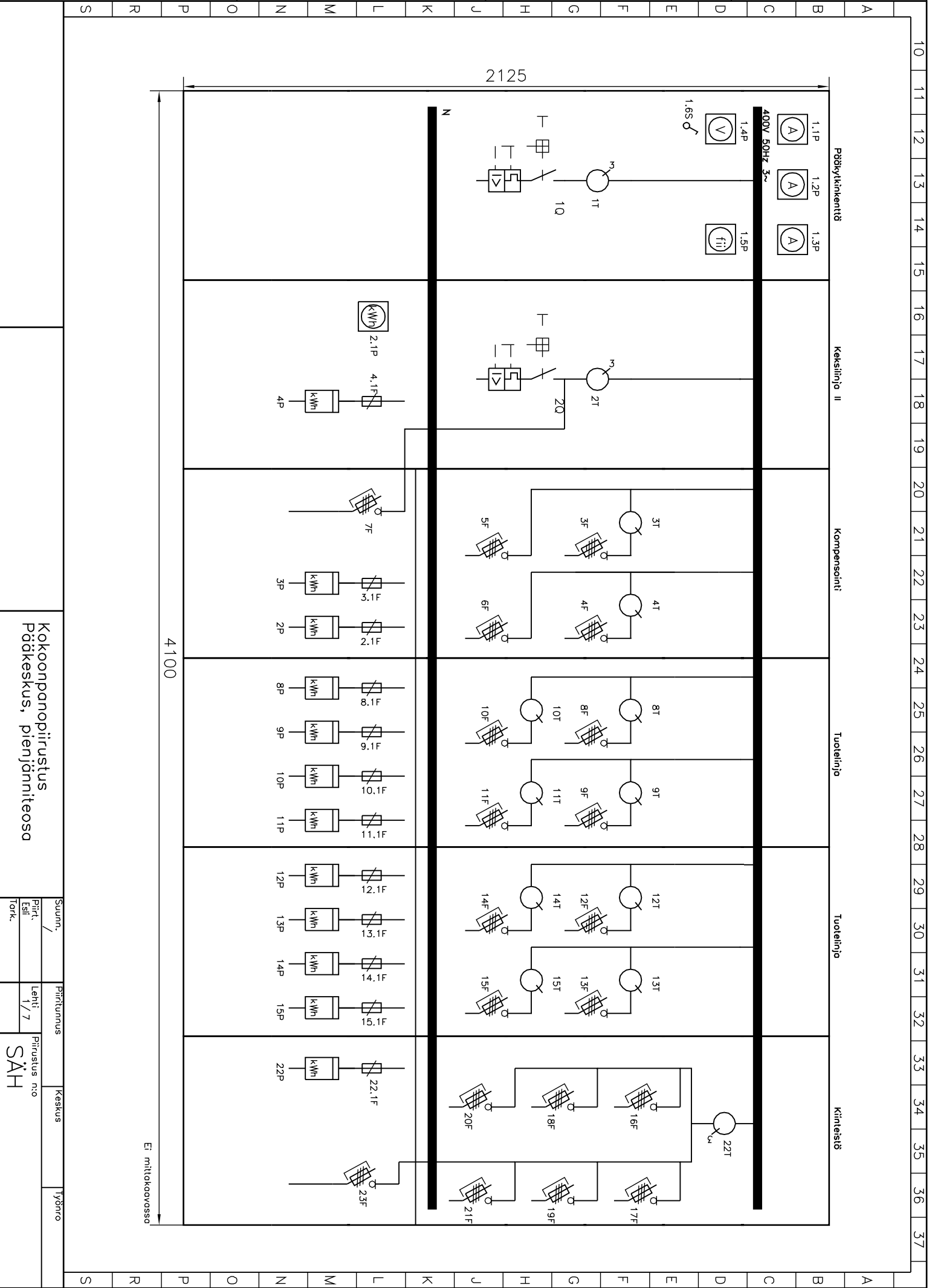
- /5/ Vanajan Korppu Oy [www-sivu] www.vanajankorppu.fi
- /6/ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto [www-sivu]
<http://www.stul.fi/maaraykset/asennussuosituksia/asennussuosituksia.htm#Suositus%206/2002>
- /7/ Energiakolmio Oy [www-sivu] www.enerkey.com
- /8/ ABB TTT-käsikirja 2000-07 [www-sivu]
[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/\\$file/110_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/$file/110_0007.pdf)
- /9/ Havinen Kari, ABB muuntajien myynti. Puhelinhaastattelu
30.4.2007

- /12/ Lappeenrannan teknillinen Yliopisto [www-sivu]
http://www.ee.lut.fi/fi/opi/kurssit/Sa2710300/HV-eristysmateriaalien_kunnonvalvonta.pdf
- /13/ Turvatekniikan keskus [www-sivu] <http://www.tukes.fi/>

Liitteet

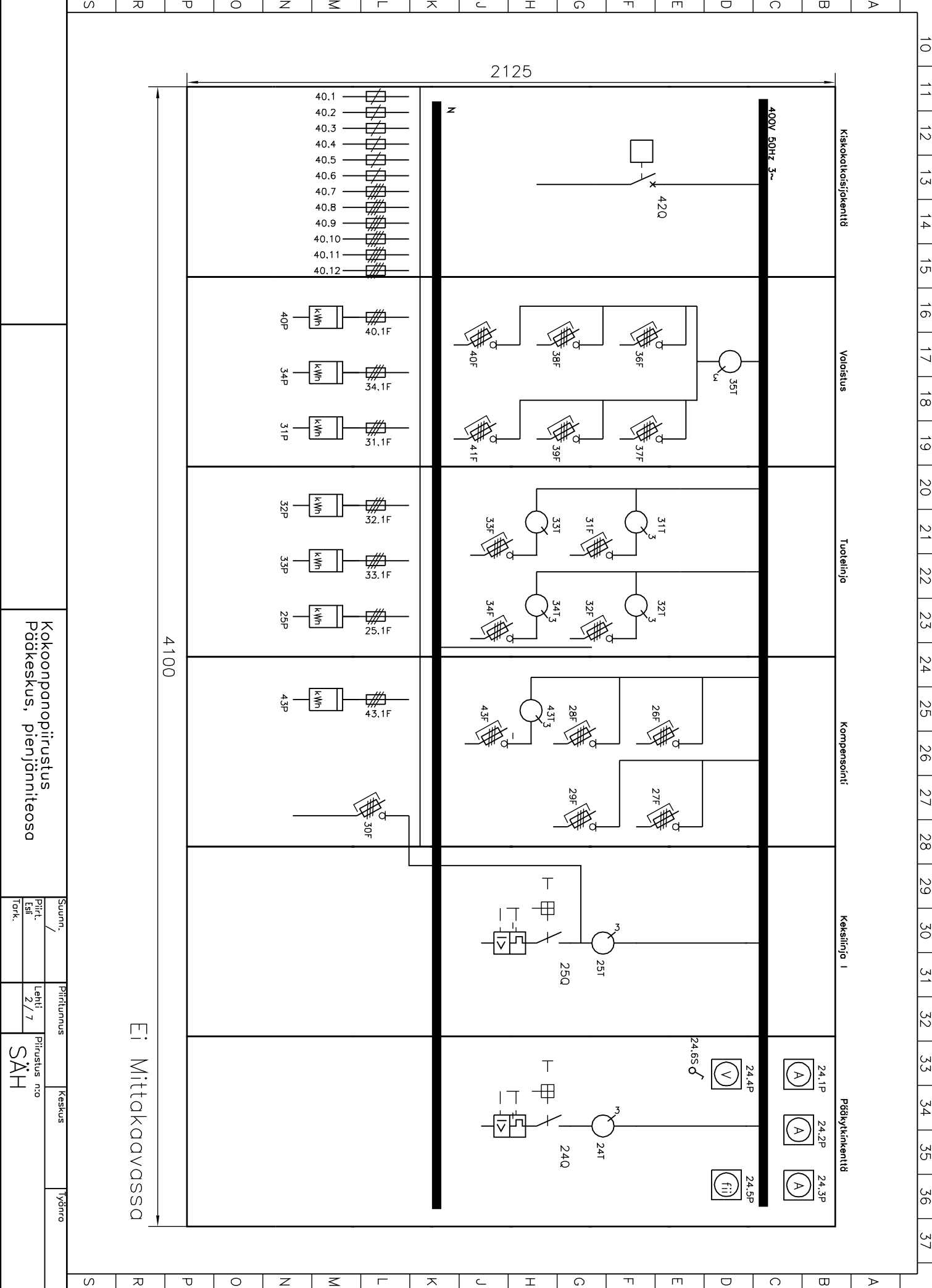
- Liite 1 Kokoonpanopiirustus 1
Liite 2 Kokoonpanopiirustus 2
Liite 3 Keskuskaavio 3
Liite 4 Keskuskaavio 4
Liite 5 Keskuskaavio 5
Liite 6 Keskuskaavio 6
Liite 7 Keskuskaavio 7
Liite 8 Pääjohtokaavio
Liite 9 20kV:n yleiskytkentäkaavio

A muutos B muutos C muutos D muutos



Kokoonpanopiirustus
Pääkeskus, pienjänniteosa

Suunn.	✓	Piirittömyys		Keskus	Työno
Piirittömyys		Lehti	1/7	Piirustus n:o	SÄH
Esil.					
Tark.					



Ei Mitäkaavassa

Kokoonpanopiirustus
Pöökkeskus, pienjänniteosa

Suunn.	Piirittynny	Keskus	Työno
Piir.	Lentä		
Esil.	Z/7		
Tork.			

A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A	11			
KESKUS																	RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIN
<p>Diagram details: A 1500/5 transformer is connected to a 7-core cable (1.6S). The cable branches into several lines labeled 1 through 6. Line 1 has a 1500/5 transformer. Line 2 has a 100kVar capacitor (2T) and a kWh meter (2.1F). Line 3 has a 100kVar capacitor (3T) and a kWh meter (3.1F). Line 4 has a 100kVar capacitor (4T) and a kWh meter (4.1F). Line 5 has a kWh meter (5F). Line 6 has a kWh meter (6F). A 7-core cable is also shown with a 7-core cable (1.6S) label.</p>																		Pääkytkin 1500A muuntajalta		3x(2x150MK)+2x150MK
																	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			
S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A	38			

Pääkeskus
Pienjänniteosa

Suunn.
Pirtt.
Silt.
Tork.

Keskus

Lehti
3/7

Pirustus n:o
SÄH

Työno

A muutos		D muutos
B muutos		E muutos
C muutos		F muutos

S	R	P	O	Z	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A			
KESKUS																RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIN
																	Ilmastointi/jäähdytyskeskus	125/200	MMK 3x50+25
																	kWh-mittaus	10/25	
																	Korppulinja Simer, keskus 2.2	125/200	MMK 3x50+25
																	kWh-mittaus	10/25	
																	Nostatuskaapin vastus	63/200	MMJ 5x16
																	kWh-mittaus	10/25	
																	vohveli 1.7	100/200	MMK 3x35+16
																	kWh-mittaus	10/25	
																	Jakokeskukselle 2.5 Taikinaosasto	160/200	MMK 3x70+35
																	kWh-mittaus	10/25	
																	Jakokeskukselle 3.1 Rasvaosasto	125/200	MMK 3x70+35
																	kWh-mittaus	10/25	
																	Jakokeskukselle 1.19 (Pakastamo) kylmiö	200/200	MMK 3x120+70
																	kWh-mittaus	10/25	

Päädikeskus
Pienjänniteosa

Suunn.
Piirt.
Esi
Tark.

Keskus
Lehti
4/7

Piirustus n:o
SÄH

Työno

A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A	
KESKUS													RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIN	11
																	12
														Jakokeskukselle 4.1	125/200	MMK 3x70+35	13
														Jauho-osasto			14
														kWh-mittaus, Jauho-osasto	10/25		15
																	16
																	17
														Jakokeskukselle 1.3	63/100	MMJ 4x16	18
														Pumppukeskus			19
														Jakokeskukselle 1.13	100/100	MMK 3x35+16	20
														Korjaamo			21
														Hissi	100/100	MMK 3x35+16	22
														Varalla	-/100		23
														Kaasuhöyrystin	35/100	MMJ 4x10N	24
														Rk Autolämmitys 1.1	80/100	AMCMK 3x35+16/10	25
														Jakokeskukselle 1.2	250/200	MMK 3x70+35	26
														Ilmakompressorit		+ MCMK 3x70+35	27
																	28
																	29
																	30
														kWh-mittaus, autolämmitys	10/25		31
																	32
														kWh-mittaus, kiinteistö	10/25		33
																	34
																	35
																	36
																	37

Suunn./	Keskus	Työnno
Piirt. / Esil. / Torv.	Lentä / 5/7	Piirustus n:o
Päätokeskus Pienjänniteosa		SÄH

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A													
KESKUS													RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIN													
																			Yhdistyserotin 1600A										
																			20kV kojeiston valaistus	10/25	MMJ 3x1,5S								
																			Sähköverstaas	10/25	ML 2x1,5								
																			Valaistus, muuntamo	10/25	ML 2x1,5								
																			20kV kojeiston apus. syöttö	10/25	MMJ 3x1,5S								
																			Muuntajan lämpölaukaisu	10/25	MMJ 3x1,5S								
																			Valaistus, pääkeskushuone	10/25	ML 2x1,5								
																			Uusi pakkaamo	10/25	MMJ 5x1,5S								
																			Muuntamon lämmitys	16/25	MMJ 5x2,5S								
																			Koetaulu	25/25	MMJ 4x6								
																			Uusi pakkaamo	25/63	MMJ 5x6S								
																			Varalla	-/63									
																			Varalla	-/63									
																			Päätöluhuone	100/100									
																			Varalla	-/100									
																			Jakokeskukselle 2.11	63/100	MMJ 4x25								
																			Jakokeskukselle 1.11	100/100	MMK 3x35+16								
																			Konesali 1										
																			Jakokeskukselle 1.16	63/100	MMJ 4x16								
																			Konesali 2										
																			Jakokeskukselle 1.18	63/100	MMJ 4x16								
																			Varastot										
																			kWh-mittaus, valaistus										
																			Pakkaamot 2.13	150/200	MMK 3x70+35								
																			kWh-mittaus, pakkaamot	10/25									
																			Jakokeskukselle Suurtehosekoitin 2	100/200	MMK 3x35+16								
																			kWh-mittaus, suurtehosek.	10/25									

Pääkeskus
Pienjänniteosa

Suunn,
Pirtt.
Eiil.
Tark.

Keskus
Lent.
6/7

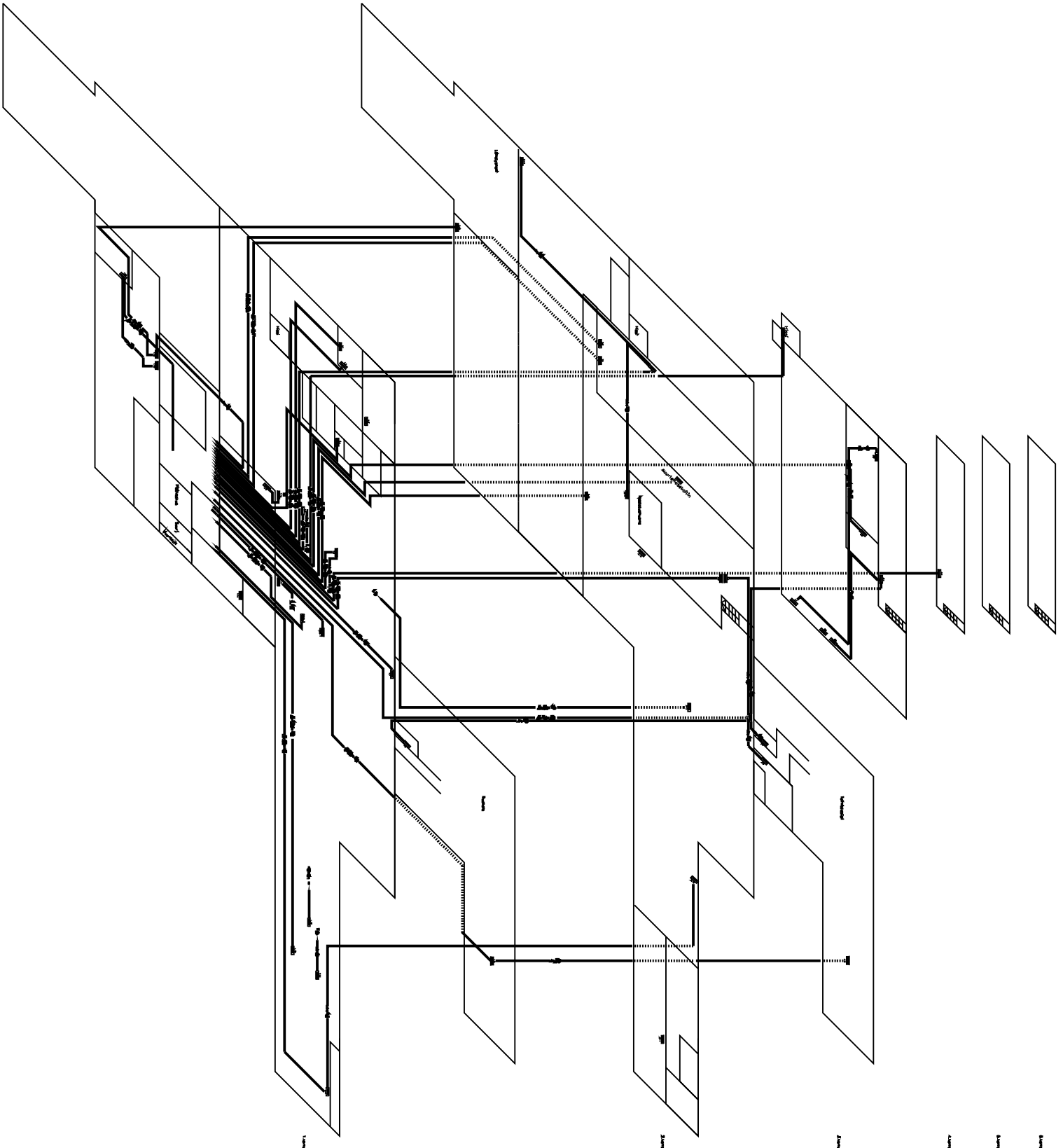
Piirustus n:o
SÄH

Työnro

A muutos
B muutos
C muutos

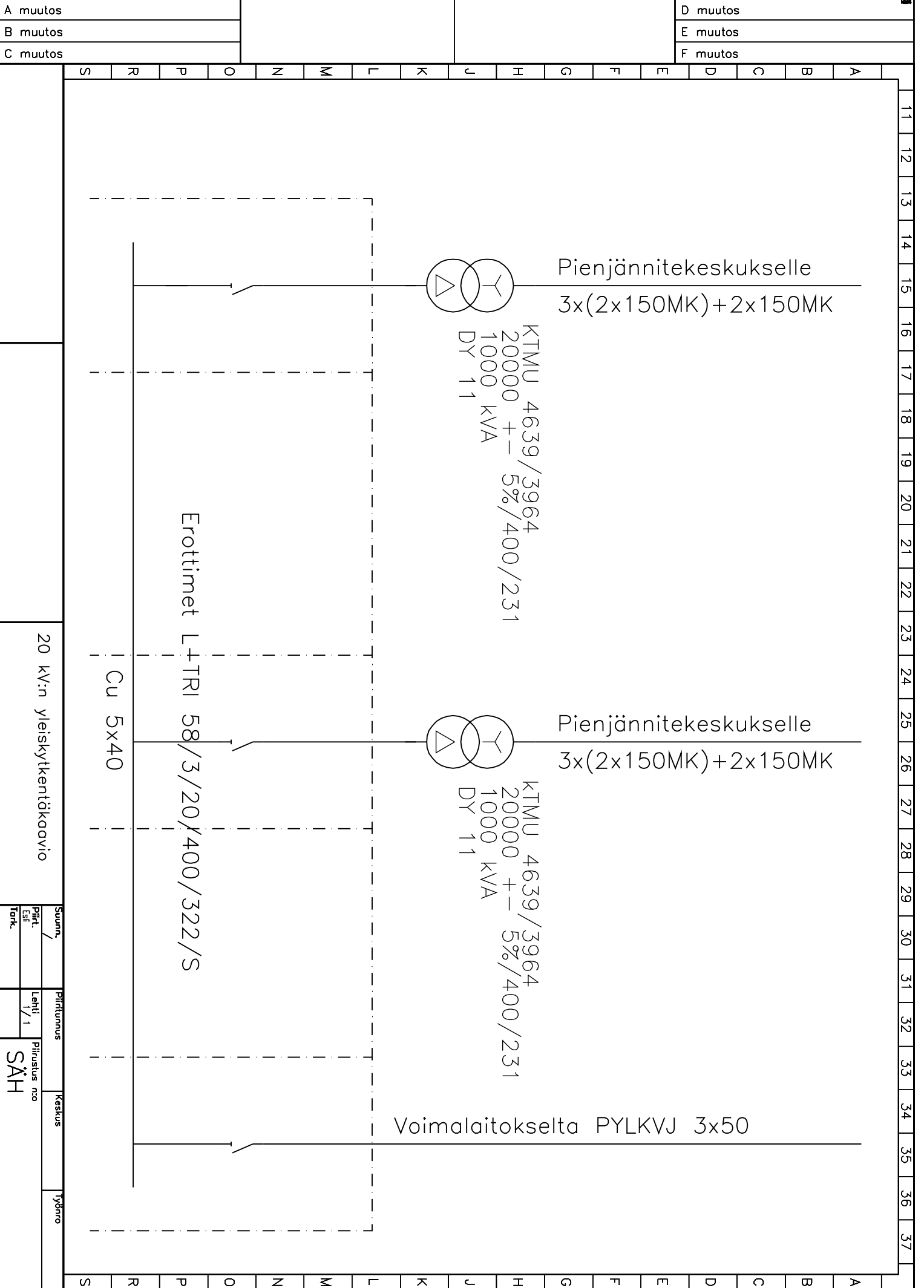
D muutos
E muutos
F muutos

		S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A					
		KESKUS																		RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIN
31, PFEN	32																				Jakokeskukselle 2.6	160/200	MMK 3x70+35
	32.1																				kWh-mitt., lab., kontt.,sukl.	10/25	
	31																				Tuotevarasto 2.3	125/100	MMK 3x70+35
	31.1																				kWh-mittaus, tuotevarasto	10/25	
	29																				Kompensointi 120kVAR	200/400	MMK 3x120+95
	28																				Välikaapeli mylly-kex	-/400	AXCMK 3x185+57
	27																				Korppulinja keskus 2.1	200/400	AXCMK 3x150+41
	43																				ei käytössä, vanha korppu-uuni	630/400	AMMK 3x2x300+300
	43.1																				kWh-mittaus, korppu-uuni	10/25	
	26																				Ohj.keskus, uuni 1	160/400	MMK 3x70+35
	30																				Jakokeskukselle 1.6	160/200	MMK 3x70+35
	Pääkeskus Pienjänniteosa	25																				Pääkytkin, keksilinja 1	
25.1																					kWh-mittaus, keksilinja 1 (kennossa n:o9)	10/25	
Suunnj Pirtt. Esi Tark.	Keskus Lentt. 7/7	<p>24.1P 24.2P 24.3P 24.4P 24.5P 24.6S Tasentulinen</p>																			Pääkytkin 1500A muuntajalta		3x(2x150MK)+2x150MK
		24																					



PROJEKTIN NIMI		PROJEKTI N:o	
SOVIKUNTA	1/2007	1/2007	
SOVIKUNTA	1/2007	1/2007	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
Rakennus		Rakennus	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	
SÄHKÖRIIPISTUS		SÄHKÖRIIPISTUS	

20 kV yleiskytkentäkuvio



20 kV:n yleiskytkentäkuvio

Suunn. /	Pöytäkirja 1/1	Keskus no	Tyyppi
Piirt. Esi	Lehti 1/1	Piirustus no	
Tark.	SÄH		