



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Automaatio- ja turvajärjestelmien
sähkösyötöt
Insinööritö**

Raportti 4/98

HELSINGIN TEKNILLINEN OPPILAITOS

Sähköosasto

Sähkövoimatekniikan opintolinja

INSINÖÖRITYÖ

AUTOMAATIO- JA TURVAJÄRJESTELMIEN SÄHKÖNSYÖTÖT

Tekijä: Kalle Kontula

Valvoja: lehtori Sampsa Kupari

Ohjaaja: insinööri Pertti Turunen

Työ hyväksytty:

Sampsa Kupari
lehtori



ABSTRACT

The aim of this graduate study in Engineering was to summarize the electric supplies of automation and security systems of soda boilers which are built in 1990'ies in Finland. This work was given by the automation group of Soda Recovery Boiler Association of Finland and was made in the Automation group of Energia-Ekono Ltd. The intention of the Soda Recovery Boiler Association is to make a recommendation of electric supplies of soda boilers based on the results of this study.

In this work the electrically secured parts of soda boilers were studied as well as the way of implementation of those security systems. The quality of electricity is very important in order to secure the undisturbed operation of instruments. This is why in this work a special notice has been given to investigate the most common failures in electric supplies and the equipment which is needed to eliminate the failures.

Without few exceptions in all soda boilers, which were researched in this work, the implementation of electric supplies was made at the same way.



TIIVISTELMÄ

Tämän insinööritoiminnan tavoitteena oli laatia yhteenveto Suomessa 90-luvulla rakennetuissa eri soodakattilalaitoksissa käytetyistä automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyöteistä. Työ tehtiin Soodakattilayhdistyksen automaatiotyöryhmän toimesta Energia-Ekono Oy:ssä. Soodakattilayhdistyksen automaatiotyöryhmän aikomuksena on laatia suositus yhteenvedon pohjalta siitä, miten sähkönsyötöt tulisi toteuttaa.

Työssä selvitettiin, mitä eri kohteita soodakattilalaitoksessa on varmennettu sekä miten eri laitoksilla varmennukset on toteutettu. Sähkön laadulla on suuri merkitys laitteiden häiriöttömän toiminnan kannalta, joten työssä on selvitetty sähköverkon yleisimmät häiriöt ja niiden vaimennukseen ja poistoon käytetyt laitteet.

Työssä tutkituilla tehtailla järjestelmien sähkönsyöttöjen toteutus oli tehty likipitään samaan tapaan pieniä poikkeuksia lukuunottamatta. Merkittävimpiä eroja oli häiriön suojausten toteutuksissa ja UPS-laitteiden ohituskytkennöissä.



SISÄLLYS

ABSTRACT

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYS

KÄYTETYT LYHENTEET

1. JOHDANTO	1
2. VARMISTUSTAVAT	3
2.1 Varmistustapoja koskevia suosituksia	3
2.2 UPS-laitteet	4
2.2.1 Maasulun valvonta UPS-verkossa	7
2.2.2 UPS:n akusto	7
2.3 Akustovarmennus	8
2.4 Varavoimageneraattorit	10
2.5 Automaatiojärjestelmän varmennukset	12
2.6 Sähkövirran selektiivisyys	16
3. HÄIRIÖNSUOJAUS JA MAADOITUKSET	17
3.1 Häiriöt sähköverkossa	17
3.1.1 Transientit	17
3.1.2 Lyhyt- ja pitkäaikaiset yli- ja alijännitteet	18
3.1.3 Jännitekatkokset	19
3.1.4 Yliaallot	20
3.2 Häiriöiden vaimennus ja poisto	22
3.2.1 Verkkosuodatin	22



LIITTEET

- LIITE 1. Taulukko käytetyistä ratkaisuista
- LIITE 2. Esimerkkikaavio varmennetusta sähkönjakelusta
- LIITE 3. Esimerkki maadoituskaaviosta
- LIITE 4. Syötönvarmennus- ja häiriönsuojalaitteiden päätöskaavio
- LIITE 5. Esimerkki UPS-jakelun pääkaaviosta



3.2.2 RC-piirit, sammutusdiodit ja varistorit	23
3.2.3 Kenttäsignaalisovittimet	24
3.2.4 Häiriönsuojamuuntaja	24
3.2.5 Stabilisaattorimuuntaja	25
3.2.6 Yliaaltosuodatin	25
3.2.8 UPS-laitteet	26
3.3 Maadoitus	27
 4. SÄHKÖNSYÖTTÖJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	 29
4.1 Soodakattila	29
4.1.1 Automaatiojärjestelmä	29
4.1.2 Pikatyhjennyslaitteet	30
4.1.3 Vesi- ja höyryjärjestelmät	31
4.1.4 Turvallisuuteen liittyvät mittalaitteet	31
4.1.5 Lierion pinnan TV-valvonta	32
4.1.6 Sularännien jäähdytysvesipumput	32
4.1.7 Sularännien varavesipumput	33
4.1.8 Syöttöveden säätöventtiilit	33
4.1.9 Turbopumppu	34
4.2 Voimaosasto	35
4.2.1 Voimakattilat	35
4.2.2 Turbiinilaitos	35
4.2.3 Höyryn muuntoasemat ja reduktiot	36
 5. KEHITYSTARPEET	 37
 6. YHTEENVETO	 39
 VIITTEET	 40



KÄYTETYT LYHENTEET

D	Dieselmoottori
FPU	Field power unit, I/O-kaapin tehonsyöttöyksikkö (XD)
FPUS	Field power unit, I/O-kaapin tehonsyöttöyksikkö 1-v (XD)
G	Generaattori
I/O	Input/Output
IPU	I/O power unit, I/O-kehikon tehonsyöttöyksikkö (XD)
KLTK	Kattilalaitosten turvallisuuskomitea
LCU	Lead-acid battery Charger Unit, akkulaturi (XD)
PK	Pääkeskus
PUD	Power unit, tehonsyöttöyksikkö (Classic)
RC	Vastuksen ja kondensaattorin muodostama kytkentä
SK	Soodakattila
SPU	Standby power unit, varatehonsyöttöyksikkö (XD)
SYVE	Syöttövesi
THD	Jännitesäro
THF	Kolmannen yliaallon suodatin
UPS	Uninterruptible power supply, keskeytymätön tehonsyöttö
VPU	Vme power unit, vme-kehikon tehonsyöttöyksikkö (XD) (Prosessori-kaapin)



1. JOHDANTO

Prosessiteollisuus on hyvin pitkälle automatisoitu. Prosessin automaatio- ja turvajärjestelmien toimivuuden kannalta on tärkeää, että niiden energiansaanti on turvattua. Tämän takia niiden sähkönsyötöt on varmistettava ja suojattava mahdollisilta häiriöiltä. Toimivilla automaatio- ja turvajärjestelmillä pyritään varmistamaan, että soodakattilan erilaisia häiriö- ja vaaratilanteita ei pääsisi tapahtumaan.

Häiriö- ja vaaratilanteita ovat esimerkiksi erilaiset kattilassa tapahtuvat räjähdykset, kattilan kuiviin kiehuminen ja kattilan tarpeettomat alasajot. Kattilan tarpeettomasta alasajosta syntyy helposti kymmenien tuhansien markkojen kustannukset. Räjähdystilanteissa tai kattilan kiehuessa kuiviin syntyy henkilöriskejä ja häiriökustannukset voivat nousta miljooniin markkoihin.

Suomen Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä on teettänyt sellutehtailla insinööritöitä automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyöttöistä /4,5 ja 6/. Töissä on luotu katsaus koko sellutehtaan automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyöttöihin sekä yleisesti sähköverkossa esiintyviin häiriöihin ja niiden suojaukseen käytettyihin laitteisiin.



Tämän työn tarkoituksena on laatia yhteenveto aikaisemmin tehdyistä insinööritöistä sekä muusta materiaalista keskittymällä soodakattilan ja voimalaitoksen automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyöttöihin. Automaatiojärjestelmien osalta työ on hyvin yksipuolinen. Yrityksistä huolimatta tietoja on saatu vain yhdeltä järjestelmätoimittajalta.

Työssä käsitellyistä tehtaista on käytetty kirjaintunnuksia A, B, C, D ja E, koska työn tarkoituksena ei ole nimetä mitään yksittäisellä tehtaalla käytettyä ratkaisua.



2. VARMISTUSTAVAT

2.1 Varmistustapoja koskevia suosituksia

Suomen soodakattilayhdistys on laatinut soodakattilalaitoksen suojausta koskevan suosituksen SOODAKATTILALAITOKSEN SUOJAUSSUOSITUS 1997, 60V00326-V070-100, jossa on mainittu seuraavaa:

Soodakattilalaitoksen automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötöt on rakennettava siten, että teollisuussähköverkon normaalit häiriöt eivät aiheuta häiriöitä järjestelmien toiminnalle. Sähkönsyötöt rakennetaan kahdennettuna niin, että sähkönsyöttö pysyy päällä vaikka toinen sähkönsyötöistä katkeaa.

Sähkön saannin turvaamiseksi järjestelmät varustetaan standardin mukaisilla UPS-laitteistoilla, DC-akustoilla ja dieselvarmennuksella. Ne tulee mitoittaa akustoliitäntöjen suurimmilla virroilla vähintään puolen tunnin kapasiteettia varten.

Turvallisuuteen liittyvä pneumaattinen toimilaite tulee varustaa siten, että toimilaite ohjautuu turvalliseen tilaan paineilman kadotessa. Lisäksi niiden syöttö voidaan varustaa dieselverkkoon tai muuhun varasähköverkkoon kytketyllä kompressorilla ja paineilma-akulla, jonka kapasiteetti on riittävä laitoksen turvalliseen alasajoon. /1/



Varmennettavia kohteita

Varmennettavia kohteita soodakattilalaitoksessa ovat muun muassa:

- automaatiojärjestelmä ja valvomolaitteet
- kattilasuoja
- polttimet
- vesi- ja höyryjärjestelmien sulkuventtiilit
- pikatyhjennyslaitteet
- turvallisuuteen liittyvien mittalaitteiden syötöt
- lieriön pinnan TV-valvonta ja vesilasinvalaistus
- turvallisuuteen liittyvät toimilaitteet
- sularännien jäähdytysvesipumput
- varavesipumput.

Liitteessä 4 on esitelty syöttöjen varmennuslaitteiden päätöskaavio, jota käytämällä voidaan päätellä, milloin varmennuslaitteiden käyttö on tarpeellista.

2.2 UPS-laitteet

Uninterruptible Power Supply eli UPS tarkoittaa suomeksi keskeytymättömän jännitteen syöttölaite. UPS-laitteita on kahta päätyyppiä: off-line ja on-line.

Off-line-UPS:t soveltuvat pääasiassa PC-laitteiden, työasemien, ym. pienten kuormien syöttöön. Normaali tilanteessa laite lataa akkuja ja verkkosähkö syötetään suoraan kuormalle. Jännitekatkon aikana sähkö syötetään akustosta vaihtosuuntaajan kautta kuormalle. Haittana on, että kytkentähetkellä tulee transienttikatkos, joka kestää 5-15 ms. Lisäksi UPS siirtyy akkukäytölle silloin,



kun verkossa on pieniäkin taajuus- tai jännitevaihteluja. Tutkituissa tehtaissa joillakin on käytössä off-line UPS:iä valvomolaitteiden varmistuksissa.

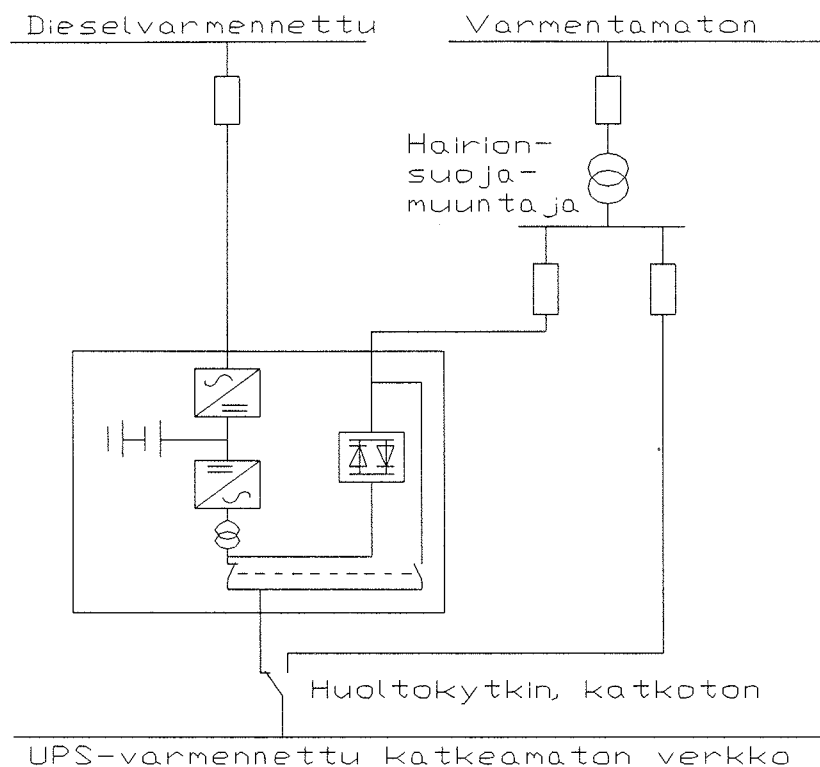
On-line-UPS:t soveltuvat teollisuuteen, koska ne on yleensä galvaanisesti erotettu verkosta. Näin suurelta jännite- tai taajuusvaihtelut ensiöpuolella eivät aiheuta häiriötä toisiopuolen jännitteeseen. Tästä syystä tehtailla tulisi käyttää UPS-laitteita, joissa on galvaaninen erotus. Normaalityössä UPS-laitteen tasasuuntaaja syöttää tasasähköä akuille ja lataa niitä. Vaihtosuuntaaja saa sähkönsä akuista. Vaihtosuuntaaja syöttää kuormaa, joka saa katkotonta ja häiriötöntä sähköä. Verkkosyötön katketessa akkujen lataus vain keskeytyy eikä katkos vaikuta kuormaan millään tavalla. Ainoastaan akuston kapasiteetti rajoittaa toiminta-aikaa.

Lyhytaikaisissa ja suurissa yli 150 %:n ylikuormitustilanteissa UPS siirtää staattisella ohituskytkimellä kuorman suoraan verkon syötettäväksi ja takaisin UPS:n kautta syötettäväksi, kun tehontarve on palannut normaaliin. Jos kuorma on pitkään liian suuri ja UPS lämpenee liikaa, kuorma siirtyy automaattisesti suoraan verkosta syötettäväksi, jolloin UPS antaa hälytyksen ylikuormasta.

UPS-järjestelmän syöttö on usein tarkoituksenmukaista ottaa kahdesta eri muuntopiiristä. Tällöin muuntajien tai keskusten huollot eivät aiheuta katkoja UPS-verkkoon. Mikäli on käytettävissä dieselvarmennettu verkko, on UPS:n toinen syöttö hyvä ottaa sieltä. /10/

Huoltoa varten UPS-laite voidaan erottaa verkosta katkeamattomasti mekaanisella ohituskytkimellä. Näin voidaan kuorma syöttää UPS:n ohi ja turvata prosessin häiriötön toiminta huollon aikana. UPS-laitteille tulisi tehdä järjestel-

mällinen huolto ja koestus määräajoin. Liitteessä 5 on esitetty katkottomasti toimivan kytkimen toiminta. Kuvassa 1 on esitetty on-line-UPS:n kytkentä.



Kuva 1. Esimerkki on-line -UPS:n kytkennästä

Tehtailla on eroja UPS:ien syötöissä. Toisilla tehtailla UPS:n kaikki syötöt tulevat samasta keskuksesta ja toisilla normaalisyöttö ja ohitusyötöt eri keskuksesta. Eroja on myös siinä, tulevatko ohitusyötöt häiriönsuojamuuntajan kautta vai ei. Suurimmalla osalla tehtaita on käytetty katkeamattomasti toimivia huoltokytkimiä. Joillakin tehtailla on käytetty automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötöissä kolmevaiheisia UPS-laitteita.



2.2.1 Maasulun valvonta UPS-verkossa

UPS-verkko kannattaa rakentaa TN-S järjestelmän mukaisesti jo häiriösyistäkin. Kun UPS:n verkko muodostaa TN-S järjestelmän (erillinen nolla- ja suojajohdin koko järjestelmässä), maasulun valvontaa ei tarvita. Tehtailla on yleisesti käytössä TN-S järjestelmä.

Mikäli UPS-järjestelmä muodostaa IT-järjestelmän, UPS-laitteissa on käytettävä maasulun valvontaa, jos sen lähtömuuntajan jälkeinen verkko muodostaa IT-järjestelmän (järjestelmässä ei ole mitään jännitteistä osaa yhdistetty suoraan maahan) ja siihen liitetään useampi kuin yksi sähkölaite. Verkon maasulunvalvonta voidaan toteuttaa esim. enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimen ja vikavirtapiiriin kytkettävän impedanssin avulla. Vikavirtapiirin jännitteen ja impedanssin suhde ei saa ylittää arvoa 50 ja vikavirtakytkimen on toimittava luotettavasti 30 mA ja suuremmilla vikavirroilla.

Maasulun valvontaa suunniteltaessa on huomioitava laitteiden maksimi vuotovirrat. Vuotovirtoja syntyy laitteissa suojamaahan kytketyistä häiriökondensaattoreista. Vuotovirroista johtuen maasulun valvonta on asennettava ryhmäkohtaiseksi UPS-keskukseen.

2.2.2 UPS:n akusto

UPS-laitteiden akkuina käytetään paljon suljettuja lyijyakkuja. Ulkoiselta kooltaan samankokoisesta suljetusta lyijyakusta saatava energiamäärä lyhyillä purkausajoilla on huomattavasti suurempi kuin avoimilla lyijyakuilla. Suljettu lyijyaku voidaan asentaa UPS:n sisään tai omaan akkukaappiin, jonka sijoittaminen on vapaampaa kuin avoimien akkujen. Tarvittavan ilman määrä on neljännes siitä, jonka avoimet lyijyakut tarvitsevat. Suljetuille lyijyakuille ei



yleensä katsota tarvittavan erillistä akkuhuonetta eikä erillistä ilmanvaihtoa. Lämpötilan vaikutus suljetun lyijyakun elinikään on erittäin suuri. Suositeltava ympäristön lämpötila on 20 °C. Lämpötilan kohotessa 10 °C akun elinikä putoaa noin puoleen luvatusa. Akkutilan lämpötilaa tulisi valvoa automaattisella mittauksella, jossa lämpötilan noustessa yli sallitun arvon laite tekee hälytyksen. Suljetut lyijyakut voivat räjähtää huollon puutteessa, siksi vaaratilanteiden välttämiseksi akut olisi syytä tarkistaa ja tarpeen mukaan huoltaa määräajoin. Räjähdysvaaran vuoksi UPS-laitteita ei pitäisi sijoittaa automaatiotilaan.

Avoimia lyijyakkuja käytetään vaihtoehtoina suljetuille akuille, jos tarvitaan useiden tuntien varakäyntiaikaa. Avoimia lyijyakkuja käytetään nykyään harvemmin UPS:n akustona. Avoimien lyijyakkujen haittoina UPS-käytössä on suuri tilantarve. Avoimien lyijyakkujen käyttö edellyttää akkuhuonetta ja sen ilmastointia sekä suurempi huollon tarve verrattuna suljettuihin lyijyakkuihin.

Työssä tutkituissa tehtaissa on UPS-laitteiden akustoissa käytetty suljettuja lyijyakkuja, ja akustot on mitoitettu noin puolen tunnin varakäyntiaikaan.

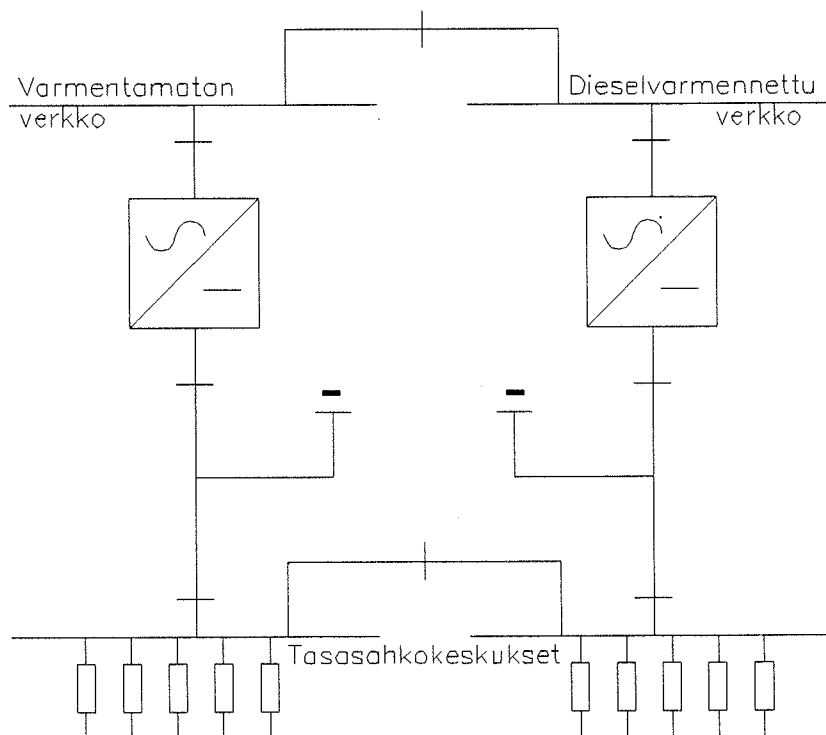
2.3 Akustovarmennukset

Akustovarmennus on varsin edullinen sähkönvarmistustapa, joka sopii hyvin logiikoiden ohjelmien varmistamiseen, automaatiojärjestelmien yhteisiin tai kaappikohtaisiin jännitelähteisiin ja UPS-laitteiden varakäyntiaikojen kasvattamiseen.

KLTK:n ohjeessa *automaatio ja instrumentointi* (Teollisuusvakuutuksen suoje-
luohje G 10) on akustoille annettu seuraavia suosituksia: akustoja tulee ladata
jatkuvasti kahdella mieluummin eri verkoista syöttävällä 100% tasasuuntaajal-

la. Akkujen kapasiteetti määräytyy yleensä laitoksen alasajoon kuluvan ajan mukaan. Akkujen jännitettä tulee valvoa mittauksella ja hälytyksellä. /2/

Kuvassa 2 on esitetty kaksoisakusto, jota syötetään kahdella eri varaajalla. Varaajat on syötetty eri keskuksista, toinen varmentamattomasta keskuksista ja toinen dieselvarmennetusta keskuksista.



Kuva 2. Tasajännitekeskuksen sähkönsyöttö

Tässä työssä käsitellyillä tehtailla akustovarmennuksessa käytetyt jännitteet ovat 220 VDC, 110 VDC ja 24 VDC. Akustoilla on varmennettu kriittisten toimijajämittalaitteiden toiminta sekä turvavalaistus. Kriittisiä laitteita ovat esimerkiksi soodakattiloiden eräät mittaukset, säädöt ja turbogeneraattoreiden hätälaitteet.



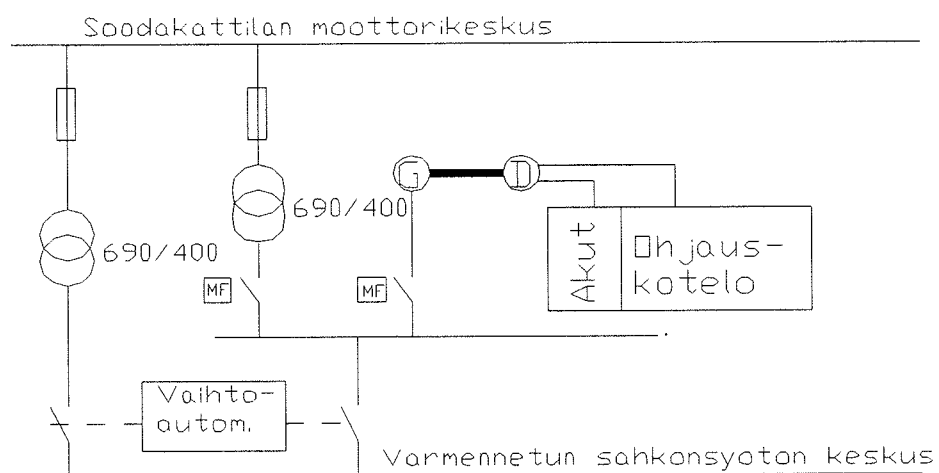
Tutkituista tehtaista useimmissa käytetty automaatiojärjestelmä on varmennettu kaappikohtaisilla akuilla. Yhdellä tutkituista tehtaista on käytössä automaatiojärjestelmä, joka on varmennettu keskitetyllä kaksoisakustolla.

2.4 Varavoimageneraattorit

Täydellisen sähkökatkoksen sattuessa, jolloin sähkönsaanti sekä omasta voimalaitoksesta että ulkopuolisesta verkosta on täysin mahdotonta, saattaa esiintyä vaaratilanteita, joiden välttämiseksi tarvitaan nopeasti sähkövoimaa jostain toisesta lähteestä. Tällaisissa tilanteissa käytetään varavoimakoneistoina lähes yksinomaan dieselgeneraattoreita, jotka on varustettu käynnistysautomaatiikalla. Toinen vaihtoehto on kaasuturbiinigeneraattori, joka on teholtaan ja hinnaltaan suurempi kuin dieselgeneraattori. Kaasuturbiinigeneraattoreita käytetäänkin lähinnä valtakunnanverkon tehopiikkien sähköntuotantoon. Varavoimana voidaan käyttää myös vesivoimageneraattoreita. Työssä tutkituissa tehtaissa on varavoimantuotantoon käytetty ainoastaan dieselgeneraattoreita.

Dieselgeneraattoria voidaan yleensä kuormittaa alle 30 sekunnin kuluttua käynnistysimpulssin saapumisesta, mutta jos kattilan vedensaanti riippuu dieselgeneraattorin käynnistymisestä, niin sitä tulee voida kuormittaa huomattavasti nopeammin. Pienenä haittana on kuitenkin se, että jännite ja taajuus saattavat vaihdella silloin, kun kuormitus on epätasaista. Dieselvarmennuksen yhteydessä voidaan käyttää sähkönsyöttöjen porrastusta, jossa varavoiman käynnistymisen jälkeen kytketään kuormaa kriittisyysjärjestyksessä verkkoon. Tämä on toteutettu joko automaatiojärjestelmän ohjauksella tai asettamalla katkaisijoihin aikaviive. Tätä on käytetty muutamissa tehtaissa.

Jotta voidaan olla varmoja, että sähkökatkoksen sattuessa dieselgeneraattori käynnistyy, se täytyy koestaa säännöllisesti. Koestukseen tulisi kuulua käynnistys, tahdistus verkkoon ja ajo kuormitettuna. Tehtailla on käytetty automaattisia ja käsin ohjattuja koestusohjelmia.



Kuva 3. Esimerkki dieselgeneraattorin kytkennästä verkkoon

Tutkituissa tehtaissa generaattorit syöttävät yleensä useiden osastojen diesel-varmennettuja verkkoja.



2.5 Automaatiojärjestelmän varmennukset

Automaatiojärjestelmän prosessiasemat on usein hajautettu kahteen tai useampaan automaatiotilaan. Tyypillisesti automaatiojärjestelmää syöttäviin keskuksiin tulee kaksi kolmivaiheryhmää sähköpääkeskuksesta, jossa järjestelmän käyttömaadoitus tapahtuu. Viisijohdinjärjestelmää käytettäessä sähköverkon nolla ja suojamaa yhdistetään yhdessä pisteessä päämuuntajan välittömässä läheisyydessä. Suojajohdin on virraton, joten sen potentiaali seuraa parhaiten ympäristön potentiaalia. Maasulkutapauksessa suojajohtimessa kulkee maasulkuvirta laukeamishetkeen saakka. Automaatiojärjestelmän on seurattava ympäristön potentiaalia. Tämän takia järjestelmän maadoitusjohdin ja signaalinolla yhdistetään lähellä jakelumuuntajaa olevaan potentiaalın tasauspisteeseen.

Alakeskuksista sähkö jaetaan automaation omaan jakokeskukseen, joka usein kuuluu automaatiojärjestelmään. Automaation sähköjakelukaapista jakelu tapahtuu ryhmäsulakkeiden jälkeen kulutuslaitteille, jotka ovat lähes aina teholähteitä. Jakeluverkko näkee automaatiojärjestelmän piikkimäisenä tasasuuntaajatyypisenä kuormituksena. Jako ryhmäsulakkeille noudattaa normaaleja periaatteita: toistensa varalaitteina toimivia ei laiteta saman ryhmäsulakkeen taakse, eikä saman sulakkeen taakse kerätä liian suurta kokonaisuutta. Myös huoltokäyttöön on varattava omat sulakkeensa. /3/

Automaatio- ja turvalaitteiden sähkövioista tulee tuoda yksilöidyt hälytykset. Hälytykset tulee varmentaa niin, että niitä ei menetetä häiriötilanteissa. Sähkövikojen syiden ja etenemisen paikantamiseksi hälytyksen tulee aikaleimata riittävällä tarkkuudella (10 ms).



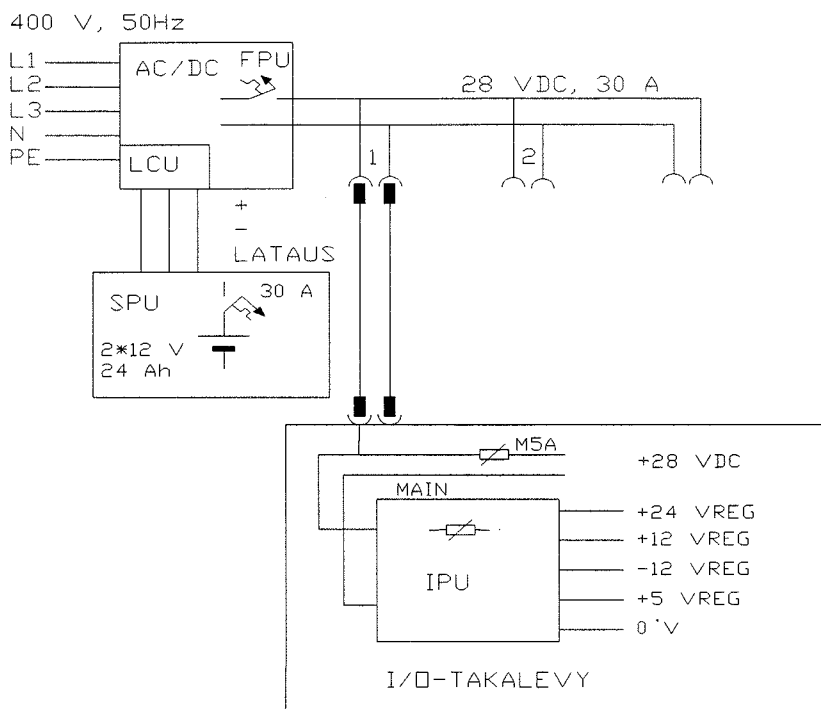
Sisäinen varmennus

Damatic XD:n teholähde sisältää AC/DC- ja DC/DC-osat, järjestelmää voidaan syöttää joko vaihtosähköllä tai ulkopuolisesta tasajännitelähteestä. Järjestelmää voidaan syöttää seuraavilla jännitteillä:

- 230 VAC, 50 Hz (1-vaihe)
- 110 VAC, 60 Hz (1-vaihe)
- 400/230 VAC, 50 Hz (3-vaihe)
- 18...32 VDC.

Niissä tutkituissa tehtaissa, joissa on käytössä Damatic XD automaatiojärjestelmä, on käytetty kolmivaiheisia vaihtosähkösyöttöjä.

Proessorikaapin tehonsyöttöyksikkö VPU (VME power unit) on keskeytymätön tasajännitelähde, jota käytetään VME-kehikon tehon lähteenä. VPU:n lähtöjännite voidaan varmentaa sähkökatkosten varalta varajännitelähde SPU:lla, jonka kapasiteetti on 24 AH, 24 VDC jännitteellä. Normaalitilanteessa SPU:ta ladataan VPU:n välijännitteestä. VPU:n lähtöjännitteet voidaan varmentaa myös ulkoisella 24 VDC:n akustolla. VME-teholähde muuntaa syöttöjännitteen 230 VAC (110 VAC) tai 18-32 VDC aseman muille yksiköille ja tuulettimelle sopiviksi tasajännitteiksi. VPU:ssa on kytkimet, joilla vaihtovirta- tai tasavirtasyöttö voidaan kytkeä pois aseman pistoyksiköiden vaihtamista varten.



Kuva 4. I/O-kaapin sähkönjako (Damatic XD)

I/O-kaapin tehonsyöttöyksikkö FPU on yleiskäyttöinen stabiloimaton 900 W:n tasajännitelähde. FPU:ta käytetään esimerkiksi I/O-prosessijännitteen syöttöön binääriiliitännöissä ja I/O-kehikkolähteiden (IPU) syöttöön. IPU:n maksimi antoteho on 100 W. I/O-kehikot voivat olla varmennettu kahdella IPU:lla, joista jo toinen pystyy syöttämään yksinään koko kehikon sähkön tarpeen. Tutkituilla tehtailla on käytetty kahdennettuja IPU:ja. Käytettäessä kahdennettua IPU:ta on syytä varmentaa, että ne molemmat ovat kunnossa. FPU:n lähtöjännite on syöttöjännitteen nimellisarvolla 230/400 V kuormittamattomana noin 27 V. Syöttöjännitteen muuttuessa muuttuu lähtöjännite samassa suhteessa. FPU on varmennettavissa ulkoisella DC-syötöllä esimerkiksi varajännitelähteellä SPU:lla. SPU-yksikön lataus voidaan tällöin suorittaa FPU:n yhteyteen asennetulla latausyksiköllä LCU:lla. LCU on akkulaturi, jota käytetään tarvittaessa kenttätehon lähteenä FPU:n yhteydessä. LCU saa jännitesyötön FPU:n muuntajan toisiosta ja lataa varajännitelähteen akkuja.



Tasasähkön jakelussa mitoitus on tehtävä jännitehäviön perusteella johdon suojaus huomioon ottaen. Virtakiskon avulla tasajännite jaetaan koko kaapin alueelle kulutuslaitteiden käytettäväksi. Varajänniteyksikkö on kaappikohtainen. Virtakiskosta tasajännite kytketään I/O-kehikon takalevyllä, jossa on sulake suojaamassa takalevyn foliota ja liittimiä.

Damatic Classicia voidaan syöttää joko vaihtosähköllä 400/230 VAC tai tasasähköllä $\pm 24 \dots 30$ VDC. Tehtaalla B on käytetty tasajännitesyöttöä, jossa on ulkopuolinen akustovarmennus $\pm 24 \dots 30$ VDC:n sähkönsyötöille. Prosessiasemalla sähkönsyöttö on kytketty tehonohjausyksikkö PUD10:n. PUD10 jakaa jännitteen 5 VDC:n ja ± 24 VDC:n. Jos prosessiasema on kahdennettu, on myös syöttöyksikkö kahdennettu. I/O-yksiköiden sähkönsyötöt tulee tehonohjausyksikön PUD2:n kautta. PUD10:n toimintahäiriön varalta muistikortit on varmennettu 5 VDC:n paristovarmennuksella. Valvomolaitteiden sähkönsyötöt on toteutettu samaan tapaan kuin Damatic XD:ssä.

Damatic XD:ssä ja Classic:ssa valvomolaitteiden varmennettu AC-syöttö tehdään UPS-laitteilla, joka on toteutettu joko laitekohtaisilla off-line UPS:lla tai keskitetyillä on-line UPS:lla.



2.6 Sähkövirran selektiivisyys

Sähkönsyöttöjen varokejärjestelmä on suunniteltava ylivirran suuruuden ja keston suhteen selektiiviseksi, jotta häiriö saataisiin rajatuksi mahdollisimman suppealle alueelle. Esimerkiksi nopeita magneettilaukaisulla varustettuja johdonsuojakytkimiä ei saa kytkeä sarjaan, eikä toistensa varalaitteina toimivia panna saman ryhmäsulakkeen taakse. Saman sulakkeen taakse ei saa kerätä liian laajaa kokonaisuutta. Varokkeiden toiminnasta on yleensä syytä hälyttää. Automaattisulakkeilla tapahtuneiden virhetoimintojen perusteella on tehtailla tultu siihen tulokseen, että niiden käyttöä tulisi välttää.

UPS-laitteiden oikosulkusuojauksen selektiivisyyteen kannattaa kiinnittää huomiota, koska oikosulkuvirrat vaihtelevat sen mukaan, onko syöttävä verkko jännitteinen vai ei. Niissä tilanteissa, joissa syöttävä verkko on jännitteinen, staattinen ohituskytkin siirtää oikosulkuvirran syöttävälle verkolle. Oikosulkusuojaus toimii tällöin yleensä samalla tavalla kuin tavallisessa verkossa. Niissä tilanteissa, joissa syöttävä verkko ei ole jännitteinen, on UPS:n antama oikosulkuvirta pienempi. Oikosulkuvirran on yleisesti oltava $2 \cdot I_{\text{upsout}}$, jotta suojaus toimisi 5 s kuluessa. /10/



3. HÄIRIÖNSUOJAUS JA MAADOITUKSET

3.1 Häiriöt sähköverkossa

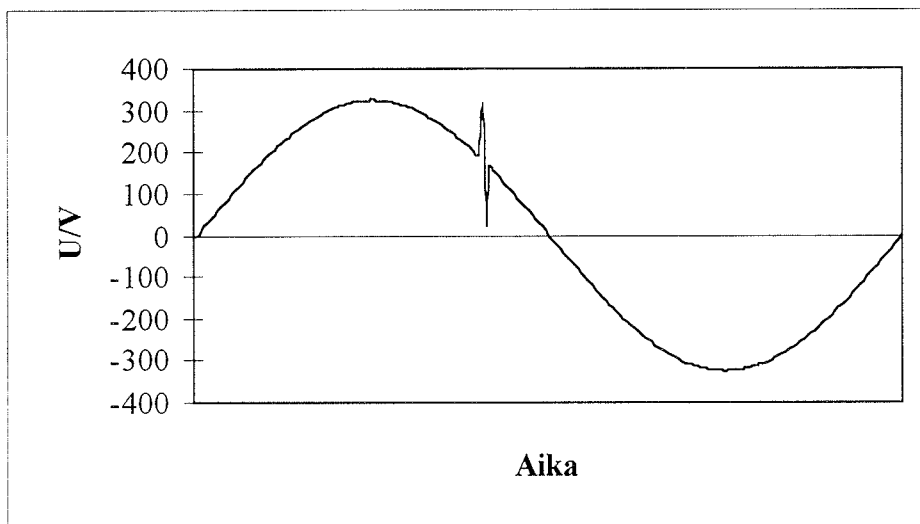
Sähkölaitteet on suunniteltu toimimaan ”hyvänlaatuisella” sähköllä, jonka taajuus on vakio, aaltomuoto sinimuotoinen ja jännite vakaa. Sähköverkossa kuitenkin esiintyy häiriöitä, jotka voivat johtua sähköverkkoon kytketyistä laitteista tai ilmastollisista olosuhteista. Verkossa ilmeneviä häiriöitä on useita erilaisia, joista jotkut vaikuttavat jännitteeseen, jotkut aaltomuotoon ja jotkut verkon taajuuteen.

3.1.1 Transientit

Transientti on verkkojännitteen muutos, jonka kesto-aika on verkkojännitteen jakson pituutta (20) ms huomattavasti lyhyempi. Lyhyestä nousu- ja kestoajasta johtuen transientin suurtaajuussisältö on suuri. Suuresta taajuudesta ja sähköpiirin resonansseista johtuen transientti on yleensä vai-menevaa värähtelyä sisältävä jännitepulssi. Transientti syntyy virtapiirissä varastoituneen energian heilahdellessa tai vaihdellessa nopeasti. Transientin häiritsevyyteen vaikuttavat sen amplitudi, nousu- ja kesto-aika sekä esiintymistiheys.

Käytännön tilanteissa transientin syntyyn on monia eri syitä. Transientteja aiheuttavat sähköverkon käyttötoimenpiteet, joita ovat esimerkiksi valokaa-ri, oikosulku, muuntajien käänkytkimien säätö, kompensointikondensaatto-rien kytkemiset verkkoon ja pois. Myös moottorit, loistevalaisimet ja tyristorit saavat aikaan transientteja. Kesäisin transienttien aiheuttajana ovat sa-

lamaniskut sähköjohtoihin. Salaman aiheuttamat transientit voivat olla usean kilovoltin suuruisia jännitepiikkejä.



Kuva 5. Esimerkki transiittihäiriöstä

Transientit aiheuttavat elektronisten laitteiden virhetoimintoja ja laitevaurioita. Tietokoneen ohjaamissa prosesseissa on erityisesti varmistettava, että transientit eivät pysty aiheuttamaan virhetoimintoja, jotka saattaisivat johtaa vaaratilanteisiin. /9/

Transienteilta voidaan suojautua esimerkiksi verkkosuodattimilla, RC-piirillä ja häiriönsuojamuuntajalla.

3.1.2 Lyhyt- ja pitkäaikaiset yli- ja alijännitteet

Lyhytaikaiset yli- ja alijännitteet ovat kestoaltaan millisekunneista muutamiin sekunteihin. Niitä aiheuttavat äkilliset kuormitusvaihtelut, kuten suuria käynnistysvirtoja aiheuttavien kojeiden kytkeminen verkkoon, oikosulut jakeluverkossa ja automaattiset pikajälleenkytkennät. Elektronisten laitteiden muisteille nämä



verkon häiriöt voivat aiheuttaa tiedon häviämistä. Ylijännitteet lyhentävät laitteiden käyttöikää. Alijännitteet aiheuttavat muun muassa lukitusreleiden päästämisiä. Näihin voidaan suojautua käyttämällä stabilisaattorimuuntajia.

Verkon pitkäaikaiset jännitteenmuutokset syntyvät suhteellisen pienten, lähinnä kuormitusten vaihteluista johtuvien jännitemuutosten risteilevänä yhteisvaikutuksena. Syynä saattavat olla myös väärin mitoitetut sähköjohdot, ylipitkät siirtojohdot, verkkojännitteeseen kerrostuneet tasajännitekomponentit tai yliaaltokomponentit. Ylijännitteet verkossa aiheuttavat komponenttien lämpenemistä, mikä johtaa komponenttivaurioihin ylikuormituksen takia. /9/

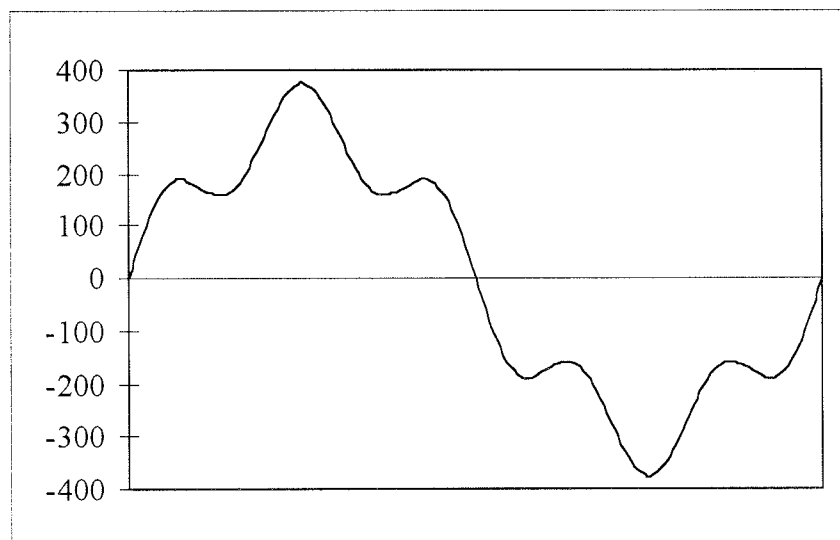
3.1.3 Jännitekatkokset

Sähköverkossa esiintyvät jännitekatkokset voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: transienttisiin ja pitkiin katkoihin. Transienttinen katkos on hyvin lyhytaikainen, sen kesto on vain muutamia kymmeniä millisekunteja. Ne voivat aiheutua sähköaseman suojausautomaatiikkaan kuuluvasta pikajälleenkytkennästä tai huonoista liitännöistä.

Lyhyet jännitekatkokset haittaavat lähinnä ATK- ja automaatiolaitteiden toimintaa. Pitkäaikaiset jännitekatkokset voivat johtua oiko- ja maasulkujen aiheuttamista sähköjakelun keskeytyksistä, aikajälleenkytkennöistä ja etukäteen suunnitelluista käyttö- ja kunnossapitotoista. Jännitekatkoksiin voidaan suojautua UPS-laitteilla ja DC-akustoilla. /9/

3.1.4 Yliaallot

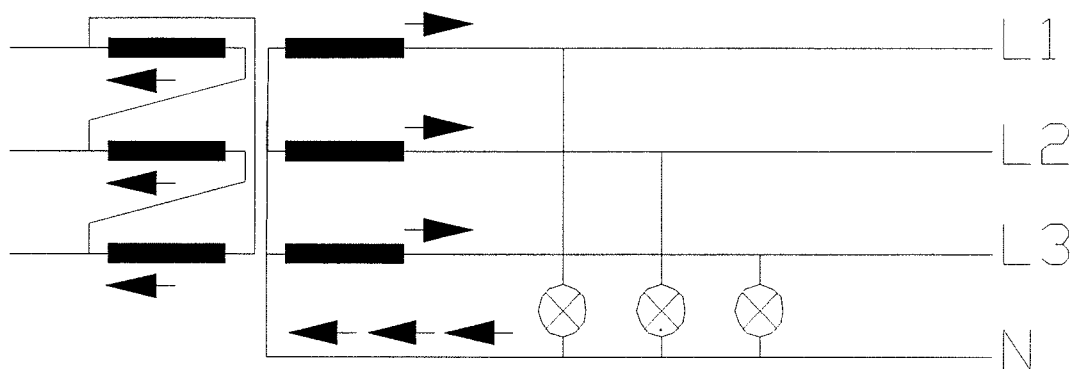
Sähkönjakeluverkosta syötettävät sähkölaitteet suunnitellaan toimimaan va-kiotaajuisella sinimuotoisella jännitteellä. Poikkeama tästä käyrämuodosta il-maisee perustaajuutta suurempien komponenttien eli niin sanottujen yliaaltojen olemassaolon sähköverkossa. Yliaallot voivat syntyä useassa eri lähteessä, joten niiden alkuperien selvittäminen on vaikea tehtävä. Yliaaltoja synnyttäviä lähteitä on muun muassa kyllästyvät magneettipiirit, epälineaariset kuormat, loisteputkien kuristimet, taajuusmuuttajat ja huipputasasuuntaajat. Suuren te-honsa johdosta taajuusmuuttajat ovat tavallisesti suurimpia yliaaltojen aiheut-tajia tehdaslaitoksissa.



Kuva 6. Viides yliaalto summautuneena perusaaltoon

Yliaallot ovat luonteeltaan erilaisia riippuen siitä, mikä perusaallon (50 Hz) ker-rannainen se on. Kolmivaiheiset kuormitukset aiheuttavat parittomia yliaalto-taajuuksia; 5., 7., 11., 13., jne. Yksivaiheiset kuormitukset aiheuttavat lisäksi kolmatta yliaaltoa ja sen kerrannaisia. Kolmas yliaalto summautuu nollajohti-meen, tämä aiheuttaa nollajohtimen lämpenemisen ja voimakkaita magneetti-

kenttiä. Koska nollajohdin ei sisällä termistä suojaa, tästä syntyy tulipalovaara. Jakelumuuntajalla kolmas yliaalto aiheuttaa ensiöpuolelle pyörivän virran, joka lämmittää ensiökäämejä. Ylipäättänsä yliaallot aiheuttavat komponenttien lämpenemistä ja häiriöitä tietoliikenteeseen.



Kuva 7. Kolmannen yliaallon summautuminen nollajohtimeen

Verkkoon kytkettävien kompensointikondensaattoreiden kanssa on oltava tarkkana, etteivät ne muodosta rinnakkaisresonanssipiiriä verkon kanssa millään yliaaltotaajuudella. Resonanssitilanteessa yliaallolähteen tuottama virta vahvistuu moninkertaiseksi. Vahvistunut yliaaltovirta nostaa myös jännitesäröä THD(U). Jännitesärö voi pahimmillaan kasvaa moninkertaiseksi perusjännitteeseen nähden. Seurauksena on huono sähkönlaatu sekä häiriöiden ja vaurioiden todennäköinen kasvu. Yliaaltoja koskevia standardeja on olemassa ja uusia kansainvälisiä standardeja on tulossa. Yliaaltoja voidaan kompensoida käyttämällä suodattimia, joista on kerrottu kohdassa 3.2.5.

Kaava 1. Jännitesärö THD(U)

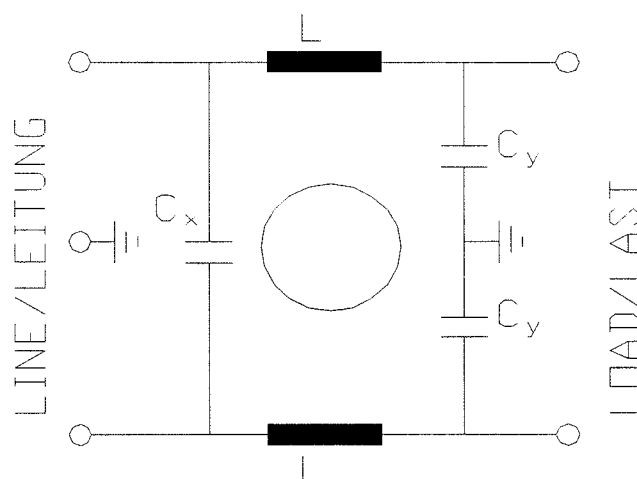
$$THD = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{U_{h,n}}{U_{50}} \right)^2} \quad U_{h,n} = n. \text{ yliaaltojännitekomp.}, U_{50} = \text{perustaajuinen jännitekomponentti.}$$

3.2 Häiriöiden vaimennus ja poisto

Häiriönpoistotoimenpiteiden tarpeellisuutta voidaan arvioida syöttöjenvarmennus- ja häiriönsuojalaitteiden päätöskaavion avulla, joka on esitelty liitteessä 4.

3.2.1 Verkkosuodatin

Verkkosuodatin soveltuu elektronisten- ja atk-laitteiden jännitteen suodatuksen. Joissakin laitteissa on valmiina verkkosuodatin. Mikäli verkkosuodatinta ei ole, sen voi kytkeä laitteen jännitelähteen eteen asennuksen yhteydessä. Verkkosuodattimen suojaamattoman puolen johtimien tulisi mennä mahdollisimman suoraan suodattimeen, eivätkä ne saisi tulla kojekaapin sisälle. Jos suodattimen ja suojattavan laitteen väliset johtimet ovat puolta metriä pidemmät, ja kaappiin tulee suodattamatonta verkkojännitettä, on erittäin todennäköistä, että suodattimen yli on sellainen suurtaajuinen kytkentä, että sen teho heikkenee oleellisesti.

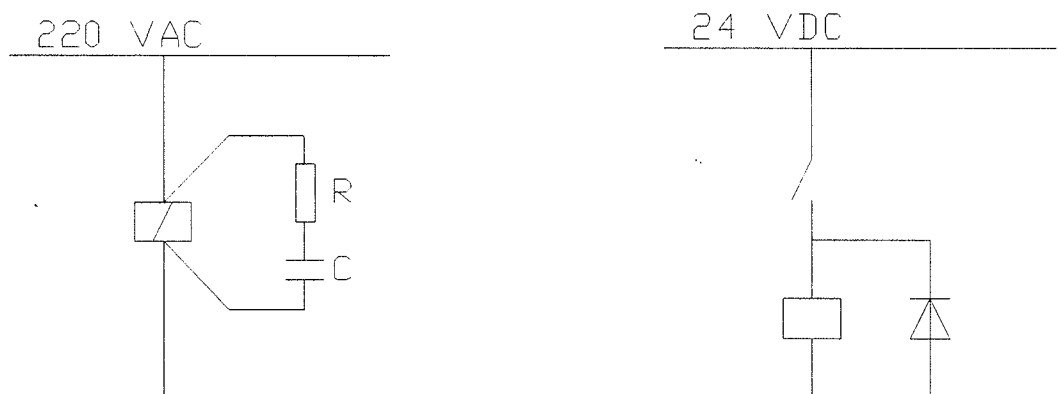


Kuva 8. Verkkosuodatin

Koska verkkosuodatin toimii suurilla taajuuksilla, on tärkeää, että myös maadoitus on tehokas suurilla taajuuksilla. Suurtaajuinen signaali kulkee johtavan aineen pintaa pitkin, joten maadoituksen hyvä impedanssi saavutetaan kerratuilla ja paljon johtavaa pintaa käsittävillä rakenteilla. Verkkosuodattimia ei ole käytetty tutkituilla tehtailla automaatiojärjestelmien sähkönsyötöissä. /9/

3.2.2 RC-piirit, sammutusdiodit ja varistorit

Vastuksen ja kondensaattorin sarjaankytkentä tuottaa alipäästösuodattimen, joka imee itseensä korkeita taajuuksia sisältäviä häiriöpiikkejä. RC- piirejä käytetään yleisesti kytkettynä releen tai kontaktorin rinnalle, mutta niitä voidaan käyttää myös pitkien johdinetäisyyksien päässä olevien laitteiden syöttöjen häiriönpoistoon. Tämän kytkennän tarkoituksena on imeä releen jännitteen katkaisun yhteydessä syntyvä häiriöpiikki, joka syntyy käämiin varastoituneen energian purkautuessa. Diodia käytetään kuten RC-piiriä, mutta sillä erotuksella, että diodi soveltuu ainoastaan tasajännitteelle.



Kuva 9. RC-piirin ja diodin käyttö releen katkaisu piikin poiston



Metallioksidivaristorin käyttö muistuttaa RC-piirin ja diodin käyttöä. Varistorin kynnysjännitteen ylittymisen jälkeen varistori leikkaa syntyneet ylijännitteet. Varistori toimii yhtälailla positiivisilla että negatiivisilla jännitteillä, joten sitä voidaan käyttää sekä tasa- että vaihtosähköpiireissä. Valittaessa sopivaa varistoria on tiedettävä toimintajännite ja sen tarvitsema teho. /9/

Näitä laitteita ei ole käytetty tutkituilla tehtailla automaatiojärjestelmien sähkönsyötoissä.

3.2.3 Kenttäsignaalisovittimet

Selluteollisuuden ohjausjärjestelmissä on runsaasti liitäntöjä kentälle. Tästä seuraa, että muodostuu järjestelmä, jolla on helposti satoja tai jopa tuhansia antennoja sieppaamassa laitoksen alueelta häiriöitä ohjausjärjestelmään. Ongelman poistamiseksi on käytetty signaalisovittimia. Signaalisovitin on usein toteutettu elektronisesti, ja se vaimentaa kaikkien kytkeytymismekanismien - galvaanisen, kapasitiivisen ja induktiivisen kytkennän sekä radioaaltojen - kautta siirtyneet häiriöt. Kenttäsignaalisovittimia ei ole käytetty tutkituilla tehtailla automaatiojärjestelmien sähkönsyötoissä. /9/

3.2.4 Häiriönsuojamuuntaja

Häiriönsuojamuuntaja suojaa tehokkaasti verkonhäiriöiltä. Sen teho perustuu siihen, että muuntajan induktanssi sekä ensiön ja toision välinen kapasitanssi muodostavat alipäästösuodattimen. Lisäksi muuntajan ferromagneettinen aine on hidas, jolloin korkeita taajuuskomponentteja sisältävät transientit eivät pääse läpi. Häiriönsuojamuuntajan toisiopuoli on kelluva. Se voidaan jättää kellu-



vaksi, jos siitä on häiriön suojauksen kannalta hyötyä. Joissakin työssä tutkituilla tehtailla häiriönsuojamuuntajia on käytetty automaatiojärjestelmien sähkönsyötoissä sekä UPS-laitteiden yhteydessä. /9/

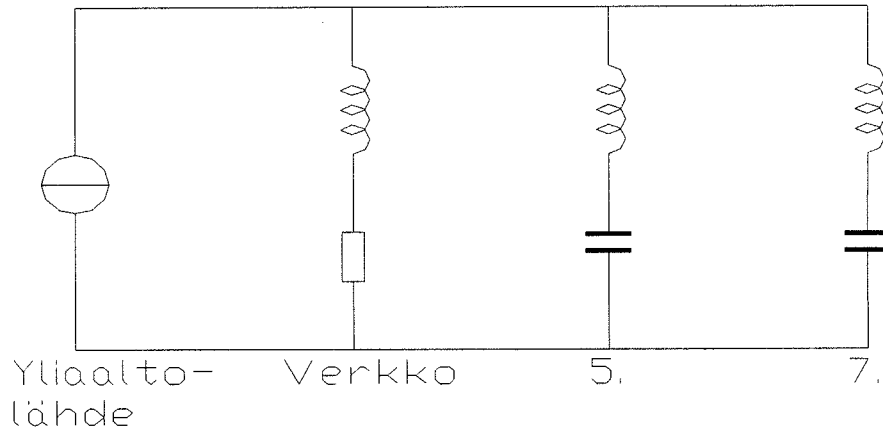
3.2.5 Stabilisaattorimuuntaja

Stabilisaattorimuuntaja kykenee korjaamaan yli- ja alijännitteitä, kuitenkin tietyissä rajoissa. Ominaisuus perustuu kyllästyvään rautasydämeen, mikä yhdessä kondensaattorin kanssa muodostaa verkkojännitteen taajuudelle mitoitettun värähtelypiirin. Tämä piiri varastoi energiaa ja siten pystyy syöttämään toisiota lyhyiden katkosten aikana. Tästä on erityistä hyötyä automaation kannalta sillä esimerkiksi 10 ms katkos voi aiheuttaa virheellisiä ohjauksia. Tutkituilla tehtailla stabilisaattorimuuntajia ei ole käytetty soodakattiloiden ja voimastosastoiden automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötoissä.

3.2.6 Yliaaltosuodatin

Ellei yliaaltoja muilla keinoilla saada haluttuihin rajoihin, on käytettävä yliaaltosuodattimia eli imupiirejä. Nämä ovat yliaaltotaajuuksille viritettyjä sarjaresonanssiipiirejä. Jokainen suodatettava yliaaltotaajuus vaatii oman suodatinhaaransa. Yliaaltosuodattimen impedanssi on perustaajuudella kapasitiivinen. Tämä merkitsee sitä, että suodattimet tuottavat perustaajuista loistehoa. Suodatin on laite, joka kompensoi loistehoa ja pienentää särön halutulle tasolle. Yliaaltosuodatin voidaan kytkeä laitoksen yliaaltoja tuottavien kuormien lähelle pienjännitekeskukseen. Toinen vaihtoehto on asentaa suodatin keskijännitekiskostoon. Tutkituilla tehtailla kahdessa on käytetty 5. ja 7. yliaallon suodatti-

mia, toisessa tehtaassa suodattimet on sijoitettu 10 kV:n verkkoon ja toisessa 690 V moottorikeskukseen.



Kuva 10. Suodatetun verkon sijaiskytkentä

Toisin kuin muita yliaaltoja kolmatta yliaaltoa ei voida suodattaa imupiireillä. Tämä johtuu siitä, että 3. yliaaltovirta summautuu kolmivaihejärjestelmän nollajohtimeen. Kolmannen yliaaltovirran estämiseen voidaan käyttää pienjännitejärjestelmän nollajohtimeen asennettavaa kolmannen yliaallon suodatinta, joka on rinnakkaisresonanssipiiri. Kolmannen yliaallon suodatin estää kolmannen yliaaltovirran kulun nollajohtimissa ja vaihejohtimissa. Kolmannen yliaallon suodattimia ei tiettävästi ole käytössä tutkituilla tehtailla.

3.2.7 UPS-laitteet

Varsinaisen tehtävänsä eli sähkökatkosten kompensoinnin lisäksi UPS-laitteet tehoavat myös yli- ja alijännitteiden korjaamiseen, transienttien ja yliaaltojen poistoon. UPS-laitteissa tulisi vaihtosuuntaajan jälkeen ennen staattista kytkintä olla (häiriönsuoja)muuntaja. Jos muuntajaa ei ole, vaihtosuuntaajan vioittuminen aiheuttaa tasasähkökomponentin kuormalle. Tasasähkökompo-



nentti voi tuhota esimerkiksi tietokoneen jännitelähteen, jolloin vika leviää ympäri prosessia. Mikäli UPS-laitteen ulostulossa ei ole muuntajaa, tulisi se varustaa sellaisella.

3.3 Maadoitus

Maadoituksia tehdään pääasiassa seuraavista syistä: estämään vaarallisten kosketusjännitteiden syntymistä laitteiden tai järjestelmän vikatapauksissa, estämään häiriöiden syntymistä tele- ja elektronikkajärjestelmissä, ja estämään ilmastollisten ylijännitteiden aiheuttamia vauriota ja vaaratilanteita sekä järjestämään sähköverkon vikavirralla luotettava reitti ja siten varmistamaan suoja-laitteiden toiminta.

Yleisesti automaation suojamaa voidaan määritellä johtimena, jossa ei kulje normaalissa käyttötilanteessa virtaa, ja joka on kytketty tiettyyn vertailupotentiaaliin (tavallisimmin prosessin potentiaalia parhaiten seuraavaan pisteeseen). Tällaisena pisteenä voidaan pitää päämaadoituskiskoa, joka sijaitsee prosessia syöttävässä sähkökeskustilassa ja mahdollisimman lähellä laitoksen maadoituselektrodia. Maadoituskiskoon on yhdistetty muun muassa keskuksen PE-kisko, putkistot ja rakennuksen betoniteräsrakenteet ja kaapelihyllyt.

Varsinaisen automaatiojärjestelmän tarvitsemat maadoitukset ja niiden periaatteet on selvitettävä yksityiskohtaisesti järjestelmätoimittajan kanssa. Automaatiotilaan asennetaan vähintään yksi potentiaalintasauskisko, johon laitekaappien sisäiset PE-kiskot yhdistetään. Laitekaappien PE-kiskoihin yhdistetään automaatiokaapeleiden suojajohtimet, armeeraukset ja suojavaipat.



Automaatiojärjestelmälle rakennetaan (tarvittaessa) häiriöttömän maan verkko, joka yhdistetään vain yhdestä pisteestä muuhun maadoitukseen (päämaadoituskiskoon). Liitteessä 3 on esimerkki automaatiojärjestelmän maadoituksesta. Muuten häiriötön maadoitus on erotettu maasta. Häiriötön madoitusjärjestelmä on rakenteeltaan tähtimäinen verkko, johon järjestelmäkaapeleiden häiriösuojat on yhdistetty liitântäkaapeissa olevien TE-kiskojen välityksellä. Kenttäkoteloissa häiriösuojat yhdistetään toisiinsa käyttäen maasta erotettuja liittimiä. Toimilaitteille häiriösuojat jätetään katkaistuina ja maasta erotettuina. /11/



4. SÄHKÖNSYÖTTÖJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

4.1 Soodakattila

4.1.1 Automaatiojärjestelmä

Tässä työssä tutkituilla soodakattilalaitoksilla sähkönsyötöt automaatiojärjestelmille on toteutettu kaikilla laitoksilla liki pitäen samaan tapaan. Automaatiojärjestelmän sähkönsyöttökaapit on syötetty dieselvarmennetuista keskuksesta, joissakin tehtaissa voi sähkönsyötön vaihtaa myös varmentamattomaan verkkoon esimerkiksi huollon ajaksi. Tehtailla A, D ja E on automaatiojärjestelmien sähkönsyötoissä käytetty häiriönsuojamuuntajia. Prosessiasema ja I/O-kaapit on varmennettu kaappikohtaisilla akuilla, valvomon AC-syötöt on varmennettu UPS-laitteilla. Tehtailla on käytössä kahta eri varmistustapaa valvomolaitteiden sähkönsyöttöjen varmistukseen, joko suuret keskitetyt UPS:t tai laitekohtaiset pienet UPS:t. Akustot ja UPS-laitteet on mitoitettu noin puolen tunnin varakäyntiaikaan. Dieselvarmistuksen käynnistysaika on alle puoli minuuttia. Liitteessä 2 on esitetty esimerkki automaatiojärjestelmän sähkönsyöttökaaviosta.

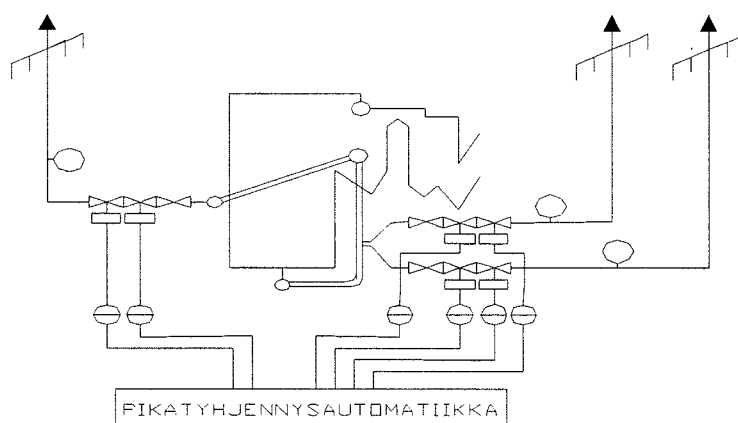
Tehtaan B automaatiojärjestelmän sähkönsyötöt eroavat muiden tehtaiden automaatiojärjestelmien sähkönsyötoistä. Järjestelmän sähkönsyöttökaappi on kytketty ± 24 VDC jakokeskukseen. Jakokeskus on varmennettu akustolla, jota syötetään vakiojännitevaraajilla dieselvarmennetusta verkosta. Valvomo- ja konfigurointilaitteet saavat sähkönsyöttönsä UPS-varmennetusta keskuksesta.

4.1.2 Pikatyhjennyslaitteet

Torjuntatoimena vedenvuototilanteessa käytetään aina kattilan pysäytystä. Pysäytysmenetelmiä on kaksi: normaali pysäytys, sekä pikapysäytys. Pikapysäytystä jatketaan vuodon paikasta ja räjähdysvaarasta riippuen pikatyhjennyksellä. Pikapysäytyksen ja pikatyhjennyksen välillä on pakollinen kahden minuutin odotusaika, ennen kuin pikatyhjennys voidaan aloittaa.

Pikatyhjennyslaitteet koostuvat yleensä verhoputkien ja kahdesta laskuputkien puhalluslinjasta, joissa on kauko-ohjatut moottoriventtiilit. Kattilan vesi voidaan puhaltaa näillä ulkoilmaan. Kattilaa ei voida kokonaan tyhjentää vedestä, koska tällöin hehkuva sulakeko tuhoaisi alapesän putket. Laitteet on mitoitettu siten, että veden pinta laskee 10 min:ssa verhoputkien alapään tasolle ja tästä 20 min:ssa lopulliselle korkeudelle. Pikatyhjennysjärjestelmän käynnistyskytkin tulee sijoittaa valvomoon tai muuhun turvalliseen tilaan. Ennen pikatyhjennystä on suoritettava pikapysäytys.

/8/



Kuva 11. Soodakattilan pikatyhjennyskaavio



Tutkituilla tehtailla pikatyhjennysventtiileiden toimilaitteet saavat sähkönsyötönsä dieselvarmennetusta keskuksesta. Pikatyhjennyksessä toimitaan työvirralla, jolloin ohjauspiirin jännitekatkos ei käynnistä pikatyhjennystä. Pikatyhjennysventtiileillä on valvomossa erillinen painike, joka käynnistää venttiileitä ohjaavan logiikan.

4.1.3 Vesi- ja päähöyryjärjestelmä

Työssä tutkituilla tehtailla on syöttövedensulkuventtiilien, päähöyryventtiilin ja päähöyrynohitusventtiilin, nuohoushöyryventtiilien sekä käynnistysventtiilien sähkönsyötöissä yleisesti käytetty ratkaisua, jossa laitteet on syötetty dieselvarmennetusta verkosta. Tehtaalla D on käynnistysventtiilit poikkeuksellisesti syötetty varmentamattomasta verkosta, mutta tähän tullaan todennäköisesti tekemään muutoksia.

4.1.4 Turvallisuuteen liittyvät mittalaitteet

Työssä tutkituilla tehtailla turvallisuuteen liittyvien mitta- ja toimilaitteiden sähkönsyötöt on syötetty dieselvarmennetusta verkosta tai katkeamattomasta UPS-varmennetusta verkosta. Etenkin mittalaitteet voivat saada sähkönsyötönsä automaatiojärjestelmästä. Varmistustapa riippuu siitä, miten haitallisia pienetkin katkokset jännitteen syötössä ovat laitteen toiminnalle ja turvallisuudelle. Joissakin tutkituista tehtaista on kaikkien mitta- ja toimilaitteiden AC-sähkönsyötöissä käytetty häiriönsuojamuuntajia.



Kriittisiä kenttälaitteita, joiden tulee saada katkeamatonta sähköä ovat muun muassa lieriön pinnanmittaus ja kaikkien muiden suureiden mittaukset, joilla valvotaan kattilan suojaan liittyviä suureita.

4.1.5 Lieriön pinnan valvonta

Työssä tutkituilla tehtailla lieriön pinnan valvontaan on käytetty järjestelmää, johon kuuluu kolme lieriön pintalähetintä ja vesilasinkamera. Pinnanmittausjärjestelmillä laukaisu kaikissa tehtaissa tapahtuu 2/3 periaatteella. Lieriön pinnan valvontalaitteet on syötetty katkeamattomasta verkosta, joka on toteutettu UPS-laitteilla tai akustoilla.

4.1.6 Sularännien jäähdytysvesipumput

Sulakourujen tehtävänä on johtaa sula tulipesän pohjalta liuotinsäiliöön. Sulakourut, joita kattilassa on yleensä kahdesta kuuteen, ovat kaksivaippaisia. Vaippojen välissä kulkee jäähdytysvesi. Vedenkierrossa on erilaisia järjestelmiä. Yksinkertaisin on säiliö, josta pumppu imee veden painaen sen läpi sulakourun, jolloin vesi sulakourussa on ylipaineista. Pumppu voi myös imeä vettä sulakourujen läpi ja painaa sen takaisin säiliöön, jolloin vesi on kouruissa alipaineista. Jäähdytykseen voidaan käyttää myös avointa säiliötä, johon pumppu painaa vettä alasäiliöstä. Vesi virtaa alasäiliöön sulakourujen kautta putoamalla, jolloin ylipaine kourussa on hyvin pieni. /8/

Sularännien jäähdytysvesipumput on tehtailla syötetty varmentamattomasta verkosta. Sähkökatkoksen sattuessa jäähdytysvesi saadaan kattilalaitoksen yläosassa sijaitsevasta varavesisäiliöstä tai muualta prosessista. Varavesisäi-



liön vedensaanti on usein turvattu palovesiverkosta. Palovesiverkon paineenkorotuspumput on kytketty dieselvarmennettuun verkkoon.

4.1.7 Sularännien varavesipumput

Varavesipumppujen kohdalla tutkituilla tehtailla on käytössä monenlaisia ratkaisuja. Pumput on syötetty joko varmentamattomasta verkosta, dieselvarmennetusta verkosta tai varavesipumppuja ei ole ollenkaan. Jos varavesipumput on syötetty varmentamattomasta verkosta tai niitä ei ole, on veden saanti varmistettu kattilalaitoksen yläosassa sijaitsevasta varavesisäiliöstä, joka on varmistettu dieselvarmennetusta palovesiverkosta.

4.1.8 Syöttöveden säätöventtiili

Syöttöveden säätöventtiiliin tulee olla ohjattavissa normaaliverkon sähkökatkoksen aikana. Tehtailla syöttöveden säätöventtiiliin sähköisten toimilaitteiden sähkönsyötoissä on käytetty joko dieselvarmennusta tai UPS-varmennusta. Tehtailla on käytössä myös pneumaattisia säätöventtiilejä. Pneumatiikkailma on varmennettu paineilmasäiliöillä.

Ruotsissa tapahtuneen sulavesiräjähdyksen johdosta on siellä tultu seuraaviin päätelmiin: syöttöveden säätöventtiilin ohjattavuus tulee varmentaa niin pitkälle kuin mahdollista, paineilman hävitessä venttiili sulkeutuu automaattisesti. Tehtaalla, jossa räjähdys tapahtui, on syöttövesiventtiili pneumaattinen ja sille on lisätty oma paineakku.



4.1.9 Turbopumppu

Turbopumpulla pyritään varmistamaan kattilan vedensaanti sähkökäyttöisten syöttövesipumppujen häiriöissä ja näin estämään kattilan kuiviinkiehuminen. Turbopumpun tarkoituksena on käynnistyä, kun normaali prosessisähkö katoaa tai syöttöveden paine laskee sallitun rajan alle. Turbopumpun ohjaus ja säätö tulisi varmentaa siten, että turbopumppu on ohjattavissa sähkökatkoksen aikana.

Tehtailla on käytetty kahta eri turbopumpputyyppiä. Hätä-tyyppinen turbopumppu käynnistyy, kun sitä seisokissa pitävän apuöljypumpun sähköt katoavat. Apuöljypumppu on syötetty samasta sähköstä kuin syöttövesipumput. Hätä-tyyppisessä turbiinin keskipakosäätäjän ohjaus on pneumaattinen, se on yleensä "fail-open" tyyppinen eli instrumentti-ilman kadotessa pumppu asettuu maksimikierroksille. Tämän johdosta veden virtausta pitäisi pystyä säätämään. Käyttö-tyyppisen turbopumpun apuöljypumpun sähkönsaanti varmistetaan niin hyvin kuin voidaan. Pumpun käynnistys tapahtuu magneettiventtiileiden avulla. Varmistukset on toteutettu katkeamattomasta sähköstä turhien turbopumpun käynnistymisien välttämiseksi. Jos apuöljypumpun syöttö ei ole katkeamattomasta sähköstä niin varmistus on toteutettu hydraulisella paineakulla. Erään kattilalaitetoimittajan mukaan turbopumpun tulisi olla hätätyyppinen ja apuöljypumpun tulisi olla myös turbiinikäyttöinen.



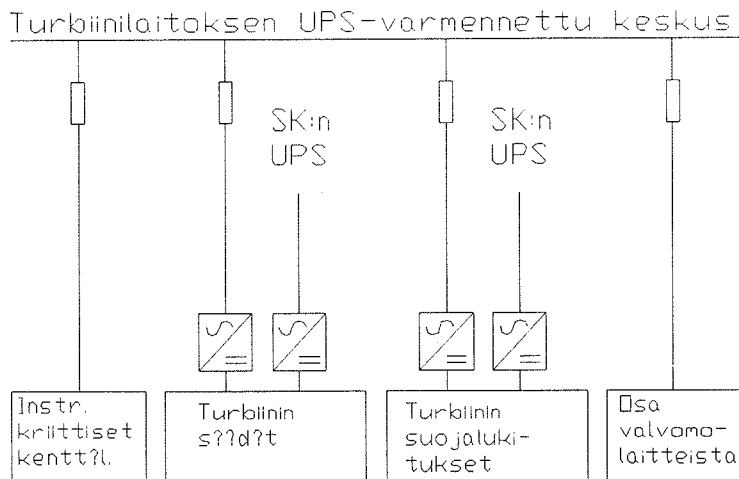
4.2 Voimaosasto

4.2.1 Voimakattilat

Tutkituilla tehtailla on voimakattiloilla käytössä sama automaatiojärjestelmä, kuin soodakattiloilla. Automaatiojärjestelmän sähkönsyötöt on toteutettu samaan tapaan kuin soodakattilalla. Kriittiset kenttälaitteet on syötetty UPS-varmennetusta verkosta, mutta muut kenttälaitteet on syötetty dieselvarmennetusta verkosta.

4.2.2 Turbiinilaitos

Turbiinilaitosten sähkönsyötöt on toteutettu paljolti samaan tapaan kuin soodakattiloiden. Kriittiset kenttälaitteet, turbiinin säädöt, turbiinin suojaukset ja valvomolaitteet ovat syötetty katkeamattomasti, joko UPS-varmennetusta tai akustovarmennetusta verkosta. Turbiinien säätöjärjestelmät on usein toimitettu turbiinien mukana, joten turbiinien osalta tehtailla on käytössä monenlaisia säätöjärjestelmiä. Sähkönsyötöt ovat usein tasasähkösyöttöjä, ja ne on varmennettu joko omilla kaksoisakustoilla tai kaksoispowerilla, jotka saavat syötönsä eri osastoilta.



Kuva 12. Tehtaan D turbiinilaitoksen tasasähkösyötöt

Tehtailla turbiinilaitosten tasajännitekeskukset ovat yleisesti akustovarmennettuja, joita syötetään kahdella tasasuuntaajalla. Toinen tasasuuntaajista saa syöttönsä normaaliverkosta ja toinen dieselvarmennetusta. Yhdellä tutkituista tehtaista turbiinin säätö- ja suojajärjestelmän sähkönsyöttö on toteutettu kahdennetuilla tasasuuntaajilla, jotka on syötetty UPS-varmennetuista keskuksista.

4.2.3 Höyryn muuntoasemat ja reduktiot

Reduktioventtiilejä ja höyrymuuntoasemia tarvitaan aikaansaamaan eri höyrynpainetasoja esimerkiksi turbiinin häiriöissä. Tutkituilla tehtailla reduktioventtiilit ovat hydraulisia ja pneumaattisia. Hydraulisessa ja pneumaattisissa järjestelmässä on käytössä painevaraajat, joiden hydraulisista painepumput on syötetty dieselvarmennetusta verkosta. Tehtaalla C on käytössä myös sähköisiä reduktioventtiilejä, ne saavat syöttönsä dieselvarmennetusta verkosta.



5. KEHITYSTARPEET

Tehtailla tehdyissä insinööritöissä sekä automaatiotyöryhmän valvontakokouksissa on tullut esille asioita, joihin on syytä kiinnittää huomiota pyrittäessä luotettavaan sähkönjakeluun soodakattilalaitoksissa.

Sähköverkko muuttuu pikkuhiljaa laitteiden vanhetessa ja kytkettäessä uusia laitteita verkkoon. Verkon kuormitus voi ajan mittaan muuttua hyvinkin paljon, mistä saattaa olla vakaviakin seurauksia. Tästä esimerkkinä on yhdellä työssä tutkituista tehtaista tapahtunut häiriönsuojamuuntajan vioittuminen, joka johti tehtaan tuotantohäiriöön. Häiriönsuojamuuntajan yksi vaihe oli vioittuminen ylikuormituksen johdosta. Muuntajan nimellisteho ei oltu ylitetty, vaan kuormitukset olivat jakaantuneet epätasaisesti vaiheiden kesken. Tämän takia olisi hyvä seurata verkon kehitystä jatkuvin vaihekohtaisin virtamittauksin.

Verkossa esiintyvien yliaaltojen kehitystä olisi hyvä seurata yliaaltomittauksin, jotta yliaaltopitoisuus ei pääsisi ylittämään 8 %:a (EN 50160). Instrumentointilaitteiden häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi yliaallot, jännitepiikit ja muut häiriötekijät tulisi eliminoida pois. Paljon häiriöitä tuottavien laitteiden olisi hyvä olla omina ryhminään, silloin niiden aiheuttamat häiriöt olisi helppo eliminoida. Esimerkiksi suuret invertterikäytöt voisivat olla oman muuntajan takana, näin niiden aiheuttamat häiriöt saastuttaisivat vähemmän muuta verkkoa, varsinkin jos muuntopiirissä käytettäisiin yliaaltosuodattimia.

Syöttöveden säätöventtiilit tulisi olla ohjattavissa kattilan vuototilanteissa, sähköverkon häiriöistä huolimatta.

UPS-laitteiden osalta on tullut esille seuraavia asioita. UPS:n jännitteensyöttö tulisi tulla varmennetusta keskuksesta ja sen staattisen ja mekaanisen ohituk-



sen syötöt eri keskuksista. Mekaaninen ohitus olisi hyvä toteuttaa katkeamattomasti toimivalla kytkimellä ja ohituksessa tulisi olla häiriönsuojamuuntaja. UPS:ssa itsessään tulisi olla suojamuuntaja. Syöttöjen verkonvalvonnan tulisi huolehtia, että kaikki vaiheet ovat jännitteisiä. Mikäli kaikki vaiheet eivät ole jännitteisiä, ohituskäyttö tulisi estää, ja tästä seurata hälytys automaatiojärjestelmälle.

UPS:n huolloista tulisi tehdä riittävä dokumentointi, josta selviäisi, koska laite on viimeksi huollettu tai tarkastettu, ja milloin akut on vaihdettu. UPS-laitteiden kuormitusta tulisi myös seurata säännöllisesti, ettei UPS ylikuormittuisi liitettäessä uusia laitteita varmennettuun verkkoon. Kolmivaiheisten UPS-laitteiden osalta tulisi myös valvoa, että kuormat jakautuvat tasaisesti joka vaiheelle.

Sähköverkossa tapahtuvan vian paikantamisen kannalta verkon hälytykset eivät saisi olla liian koottuja, koska vian etsiminen vaikeutuu käytettäessä koottuja hälytyksiä. Järjestelmän sisäistä diagnostiikkaa tulisi kehittää. Käytettäessä kahdennettuja sisäisiä tehonsyöttöyksiköitä automaatiojärjestelmän tulisi hälyttää toisen yksikön ollessa viallinen.

Laitteet, joiden tulee olla käynnissä myös tehtaan huoltoseisokin aikana, tulisi olla varmennetun jakelun perässä. Näin olisi helpompi suorittaa kunnossapidon vaatimia tehtäviä.

Häiriönsuojamaan puhtaus tulisi tarkistaa määrä ajoin, eli se ei saa olla yhteydessä maahan kuin yhdessä pisteessä. Tarkistus tulisi suorittaa esimerkiksi seisokkien yhteydessä.



6. YHTEENVETO

Automaation toimivuudella on erittäin suuri merkitys turvalliseen ja kannattavaan laitoksen käyttöön. Tämän takia automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyöttöihin on syytä kiinnittää paljon huomiota. Järjestelmällisellä ja hyvin suunnitellulla huollolla voidaan varmistaa laitteiden häiriötön toiminta.

Työssä selvitettiin eri tehtailla käytettyjä ratkaisuja soodakattilan ja voimastoson osalta. Lähdemateriaaleina olivat aikaisemmin eri sellutehtailla tehdyt insinöörityöt, joissa oli selvitetty tehtaiden sähkönsyötöt automaatio- ja turvajärjestelmien osalta sekä eri laitevalmistajilta saadut raportit.

Tehtailla käytetyt ratkaisut ovat hyvin pitkälle samanlaisia, sähkönsyötöt ja niiden varmistukset ovat tehty suositusten mukaan. Merkittävimpiä eroja oli häiriön suojausten toteutuksissa ja UPS-laitteiden ohituskytkennöissä.

Työn suurin ongelma oli vertailukelpoisen tiedon kerääminen. Tehtailla tehdyissä insinööritöissä oli asioita käsitelty eri tavoin, eikä kaikissa töissä oltu käsitelty kaikkia kohtia tarpeeksi yksityiskohtaisesti. Tehtailla tehtyjen lisäkyselyjen avulla saatiin kuitenkin puuttuvat tiedot kokoon.



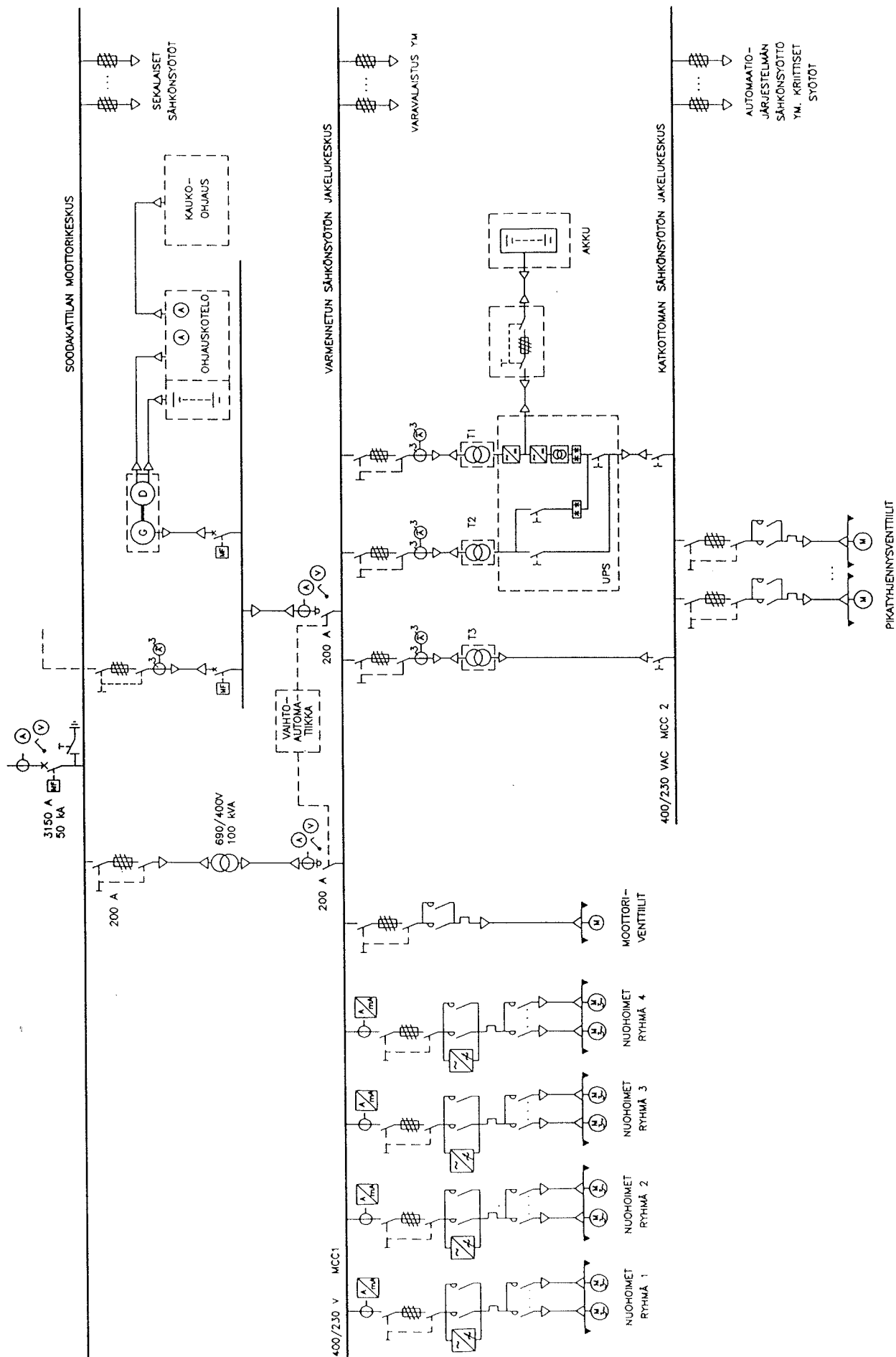
VIITTEET

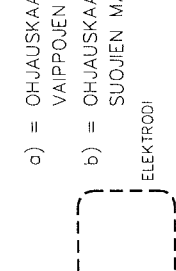
- /1/ Soodakattilalaitoksen suojaussuositus 1997, 60V00326-V070-001, Suomen soodakattilayhdistys ry, 1997. s. 39-41
- /2/ KLTK-ohje Automaatio ja instrumentointi (Teollisuusvakuutus, suojeluohje G 10), Teollisuusvakuutus, 1984. s.9
- /3/ Setälä Ari - Puhakka Jukka, Sähkönliitynnät. Valmet automaatio. Moniste. 1997. Pärssinen Timo, Varavoimajärjestelyt. Kvarner Pulping. Moniste. 1997.
- /4/ Sinkkonen Petteri, Automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötöt. Insinööritö. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu. Sähköosasto. Imatra. 1997.
- /5/ Jaako Jani, Automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötöt. Insinööritö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Sähköosasto. Kemi 1997.
- /6/ Latomaa Janne, Automaation jännitteen jakelu ja sen varmistus. Insinööritö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Sähköosasto. 1996.
- /7/ Kolmannen yliaallon opas. Monistesarja. ABB Control Oy.
- /8/ Virkkola Nils-Erik, Puumassan valmistus. Suomen Paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja. Teknillisten tieteiden akatemia. 1983.
- /9/ Häiriönsuojaus, Suomen sähköurakoitsijaliito ry:n julkaisu. 1991.
- /10/ UPS-asennukset, ST-kortti n:o 830.60
- /11/ Maadoitusdokumentit, ST-kortti n:o 840.30

Tehdas	A	B	C	D	E
UPS-laitteet					
Syötöt	Normaalisyöttö ja ohitusyötöt dieselvarmennetusta verkosta.	Normaalisyöttö ja ohitusyötöt dieselvarmennetusta verkosta.	Normaalisyöttö ja ohitusyötöt dieselvarmennetusta verkosta.	Normaalisyöttö dieselvarmennetusta verkosta, mekaaninen ohitus varmentamattomastaverkosta häiriönsuoja-muuntajankautta.	Normaalisyöttö ja ohitusyötöt dieselvarmennetusta verkosta.
Varakäyntiaika	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
Huoltokykentä	Katkeamattomasti	Katkeamattomasti	Katkeamattomasti	Katkeamattomasti	Katkeamattomasti
Akustovarmennus					
Jännitteet	240 VDC 220 VDC 110 VDC ±24 VDC	240 VDC 220 VDC 110 VDC ±24 VDC	220 VDC 48 VDC 24 VDC	110 VDC 24 VDC	110 VDC 24 VDC
Akustovarmennettuja laitteita	Turvavalaistus, turbiinit, automaatiojärjestelmä.	Turvavalaistus, turbiinit, automaatiojärjestelmä.	Turvavalaistus, kytkinlaitos, turbiinin, automaatiojärjestelmä.	Hätäöljypumppu, hälytyskeskus, automaatiojärjestelmä.	Turbiinin turvajärjestelmä, automaatiojärjestelmä.
Varakäyntiaika	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
Varavoimageraattorit					
Tehot	675 kVA	300 kVA	500 kVA	640 kVA	790 kW
Käynnistysaika	10 s	10 s	8 s	10 s	15 s
Testiohjelma	on	on	on, ei autom.	on, ei autom.	on
Automaatiojärjestelmä					
Järjestelmän sähkönsyötöt	Sähkönsyötoissä on käytetty häiriönsuojamuuntajia. Dieselvarmennetusta verkosta, varmennettu kaappikohtaisilla akuilla.	±24 VDC jakokeskuksesta, jota syötetään vakiojännitevaraajilla dieselvarmennetusta verkosta. Keskus on varmennettu akustolla.	Dieselvarmennetusta verkosta, varmennettu kaappikohtaisilla akuilla.	Sähkönsyötoissä on käytetty häiriönsuojamuuntajia. Dieselvarmennetusta verkosta, varmennettu kaappikohtaisilla akuilla.	Sähkönsyötoissä on käytetty häiriönsuojamuuntajia. Dieselvarmennetusta verkosta, varmennettu kaappikohtaisilla akuilla.
I/O-kaappien sisäinen varmennus	Kahdennetut IPU:t.	-	Osittain kahdennetut IPU:t.	Osittain kahdennetut IPU:t.	Kahdennetut IPU:t.
Valvomo- ja konfigurointilaitteiden syötöt	UPS-keskuksesta	UPS-keskuksesta	Omat UPS-laitteet	UPS-keskuksesta	Omat UPS-laitteet
Varakäyntiaika	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
Pikatyhjennyslaitteet					
Sähkönsyöttö	Dieselvarmennetusta verkosta	Dieselvarmennetusta verkosta	Dieselvarmennetusta verkosta	Dieselvarmennetusta verkosta	Dieselvarmennetusta verkosta
Vesi- ja päähöyryjärjestelmä					
Sähkönsyöttö	Dieselvarmennetusta verkosta.	Dieselvarmennetusta verkosta	Dieselvarmennetusta verkosta.	Varmentamattomasta verkosta.	Dieselvarmennetusta verkosta.
Turvallisuuteen liittyvät mitta- ja toimilaitteet					
Sähkönsyöttö	Diesel- ja UPS-varmennetusta verkosta, sekä automaatiojärjestelmästä.	Diesel- ja UPS-varmennetusta verkosta, sekä automaatiojärjestelmästä.	Diesel- ja UPS-varmennetusta verkosta, sekä automaatiojärjestelmästä.	Diesel- ja UPS-varmennetusta verkosta, sekä automaatiojärjestelmästä.	Diesel- ja UPS-varmennetusta verkosta, sekä automaatiojärjestelmästä.

Tehdas	A	B	C	D	E
Vesi- ja pähöyryjärjestelmä					
Sähkösyyttö	Dieselvarmenne- tusta verkosta.	Dieselvarmenne- tusta verkosta	Dieselvarmenne- tusta verkosta.	Varmentamatto- masta verkosta.	Dieselvarmene- tusta verkosta.
Lieriön pinnanvalvonta					
Järjestelmä	Aquarian 3000 pinnanmittausjär- jestelmä ja kaksi paine-eroon pe- rustuvalla pin- nanmittauksella.	Kolme pinalähe- tintä ja vesilasin kamera, sekä va- lokuitunäyttö.	Kolme pinalähe- tintä ja vesilasin kamera.	Kolme pinalähe- tintä ja vesilasin kamera.	Kolme pinalä- hetintä ja vesi- lasin kamera.
Sähkösyyttö	Kahdennettu säh- könsyyttö diesel- varmennetusta verkosta ja vara- syyttö UPS:sta	UPS-keskuksesta	24 VDC:n akus- tosta ja UPS-kes- kuksesta.	Automaatiojärjes- telmästä ja UPS- keskuksesta.	Kameraa syöte- tään varmenta- mattomasta ver- kosta, mittalait- teita automaa- tiojärjestelmästä.
Sularännien varavesipumput					
Sähkösyyttö	Varmentamatto- masta verkosta.	Dieselvarmenne- tusta verkosta.	Varmentamatto- masta verkosta.	Ei ole varavesi- pumppuja.	Ei ole varavesi- pumppuja.
Sularännien jäähdytysvesipumput					
Sähkösyyttö	Varmentamatto- masta verkosta.	Varmentamatto- masta verkosta.	Varmentamatto- masta verkosta.	Varmentamat- tomasta verkosta.	Varmentamat- tomasta ver- kosta.
Muu varmennus	Jäähdytysvesi saadaan kattilalai- toksen yläosassa sijaitsevasta vesi- säiliöstä.	Jäähdytysvesi saadaan kattilalai- toksen yläosassa sijaitsevasta vesi- säiliöstä.	Jäähdytysvesi saadaan kattilalai- toksen yläosassa sijaitsevasta vesi- säiliöstä.	Jäähdytysvesi saadaan kattilalai- toksen yläosassa sijaitsevasta vesi- säiliöstä.	Jäähdytysvesi saadaan kattila- laitoksen ylä- osassa sijaitse- vasta vesisäi- liöstä.
Syöttöveden säätöventtiili					
Toimilaitetyyppi	Sähköinen + pneumaattinen ylösajventtiili	Sähköinen + pneumaattinen ylösajventtiili	Pneumaattinen	Sähköinen	Pneumaattinen
Energiansyyttö ja varmennus	Dieselvarmenne- tusta verkosta. Paineilmaverkos- ta	Dieselvarmenne- tusta verkosta. Paineilmaverkos- ta	Paineilmaver- kosta.	UPS-keskuksesta.	Paineilmaputki Ø 150 mm muo- dostaa varaka- pasiteetin.
Turbopumppu					
Tyyppi	Käyttö	Hätä	Hätä	Hätä	Hätä
Varmistus	Öljypaine- pumppu saa syöttönsä dieselvarmenne- tusta verkosta. Öljypaineakut.	Öljypaine- pumppu saa syöttönsä dieselvarmenne- tusta verkosta.	Apuöljypumppu 220 VDC-akuston perässä.	Venttiili saa syöt- tönsä UPS-kes- kuksesta, öljy- pumppu on kyt- ketty varmen- tamatomaan verkkoon.	Sähköiset toimi- laitteet on syöt- etty dieselvar- mennetusta ver- kosta, öljy- pumppu DC- akustosta.
Testiohjelma	Testi 2 kertaa kuukaudessa.	Testi 2 kertaa kuukaudessa.	Testi 2 kertaa kuukaudessa.	Testi kerran vii- kossa.	Testi kerran vii- kossa.

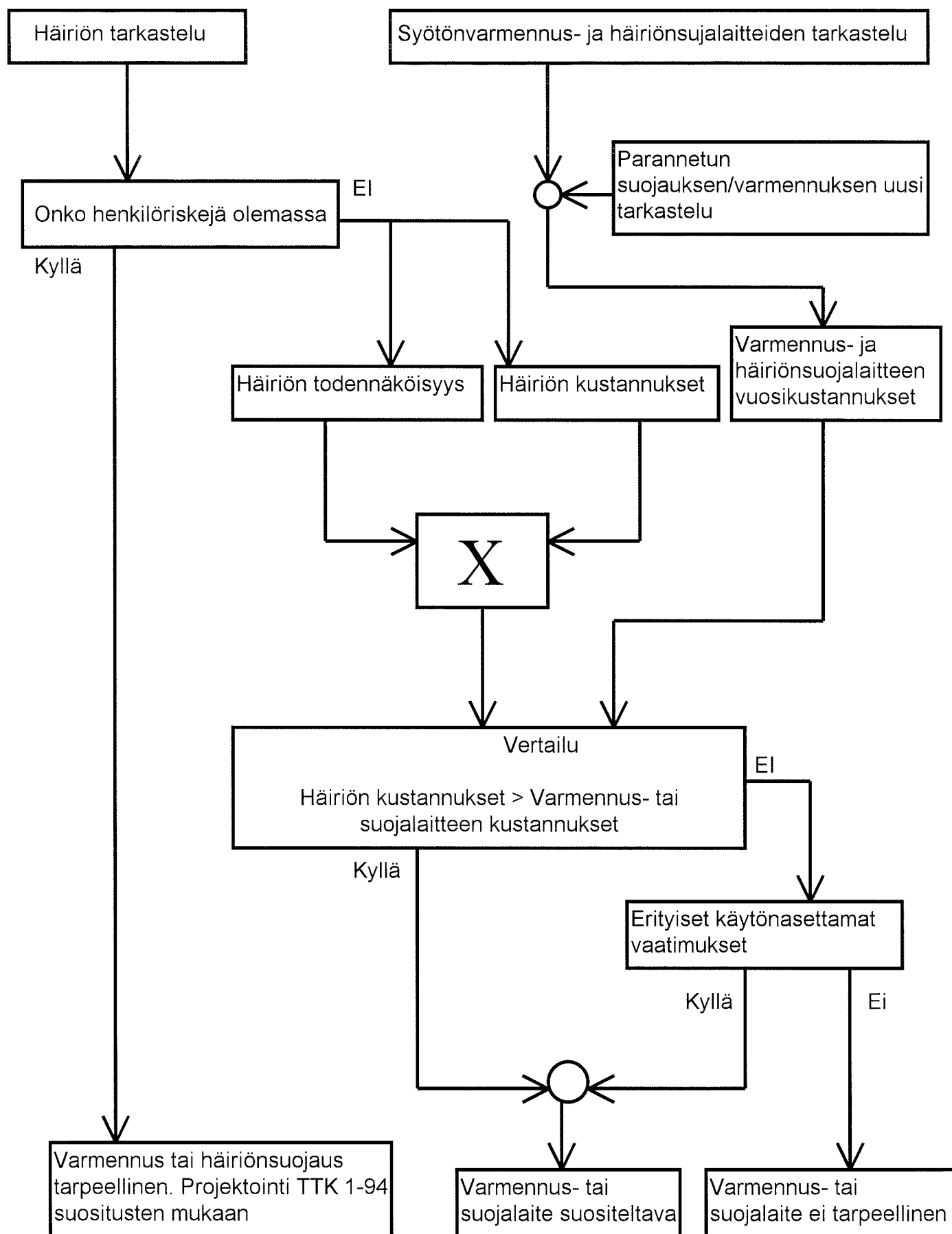
Tehdas	A	B	C	D	E
Turbiinilaitos					
DC-sähkönsyöttö	220 VDC 110 VDC 24 VDC		220 VDC 24 VDC	110 VDC	110 VDC
Toteutus	Akustovarmistus, jota syötetään dieselvarmennetusta verkosta.		Akustovarmistus, jota syötetään dieselvarmennetusta verkosta.	Kahdennetuilla tasasuuntaajilla, toinen suuntaajista on syötetty turbiinilaitoksen UPS:sta ja toinen soodakattilan UPS:sta.	Akustovarmistus, jota syötetään dieselvarmennetusta verkosta.
Varmennettuja kohteita	Turbiinin suojaus-järjestelmä.		Turbiinin säätö-järjestelmä Tur-Loop, suojaelekaappi, hälytyskaappi.	Turbiinin säädöt ja suojalukitukset.	Turbiinin säätö ja turvajärjestelmä.
Varakäyntiaika	30 min		30 min	30 min	30 min
Reduktioventtiilit					
Toimilaitetyyppi	Hydrauliset toimilaitteet.		Hydrauliset toimilaitteet.	Hydrauliset toimilaitteet.	Pneumaattiset toimilaitteet.
Varmennus	Paineakku, jonka hydraulikkapumput on syötetty dieselvarmennetusta verkosta.		Paineakku, jonka hydraulikkapumput on syötetty dieselvarmennetusta verkosta.	Paineakku, jonka hydraulikkapumput on syötetty varmentamattomasta verkosta.	Paineilmaputki Ø 150 mm muodostaa varakapasiteetin.
Yliaaltosuodattimet					
Mitä yliaaltoja on suodatettu	5. ja 7. yliaaltoja, suodattimet 10 kV:n keskuksessa.		ei ole käytetty	ei ole käytetty	5. ja 7. yliaaltoja, suodattimet 690 V moottorikeskuksessa.

[illegible]



Minutos

Syötönvarmennus- ja häiriönsuojalaitteiden päätöskaavio



T3929
DIESELVARMENNETTU KESKUS 3N- PE 50Hz 400/230 V TN-S

NOLLAJOHTO KYTKEYTYY
AINA SIELTÄ MISTÄ
SYÖTTÖKIN TULEE

T392916-F1

T392913-F1

UPS-EROTUSHUUNTAJA

25 kVA
400 ±2x2,5%/400V
2,5 %
Dyn 11

3N- PE 50Hz 400/230 V TN-S

7R8/31
UPS
20 kVA 30 min

KATKOTON UPS:N
HUOLTOKYTKIN

	1	3	5	7	9	11	13	15	1	3	5
0											
UPS	X		X		X		X		X		X
OHITUS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2	4	6	8	10	12	14	16	2	4	6

7R8/31-S1

0 UPS OHITUS

7R8/32

UPS PÄÄKESKUS 3N- PE 50Hz 400/230 V TN-S

L1
L2
L3
N
PE

ENERGIA-EKONO
Pw./Pw.
26.03.98/ELL
Pw./Tark.
Pw./Hyy.

UPS-JAKELUN PÄÄKAAVIO (ESIMERKKI)

Tekijän no
60C01135
Pw. no
LIITE 5
Rev. pw

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1997, 23.-24.1.1997 Pyhätunturi, esitelmät
60V00320-001
- 2/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
KCL, Söderhjelm, L.: Soodakattilatutkimus tänään ja huomenna
60V00856-001
- 3/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ohje soodakattilan päästöjen laskentaan
60V00924-002
- 4/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta, Vuosikertomus 1996
60V00914-001
- 5/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 1997, 20.3.1997 Rauma, Pöytäkirja
60V00927-001
- 6/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilalaitoksen suojaussuositus 1997
60V00326-V070-001
- 7/97 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 1997, 22.10.1997 Helsinki, esitelmät
60V00928-V070-001
- 8/97 Åbo Akademi, Kemisk-Tekniska Fakulteten, Förbränningskemiska forskargruppen
Forssén M., Enestam S., Backman R., Hupa M., Oy Polyrec Ab; Uppstu E.: Mustalipeitten
karakterisointitulosten vertailu kattilakokemuksiin
60V00630-V070-005

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/98 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1998, 22.1.1998 Tampere, esitelmät
60V01308-V070-001
- 2/98 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta, Vuosikertomus 1997
60V01295-V070-001
- 3/98 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 1998, 26.3.1998 Tampere, Pöytäkirja
60V01309-V080-001
- 4/98 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Automaatio- ja turvajärjestelmien sähkönsyötöt
Insinööritö
60V00930-V070-004