

Janne Huimala

UPM-KYMMENE, KYMIN
SELLUTEHTAAN
VARASÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Marraskuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 16.11.2012				
Tekijä(t) Janne Huimala	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma				
Nimeke UPM-Kymmene, Kymin sellutehtaan varasähköjärjestelmä.					
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää UPM Kymin sellutehtaan varasähköjärjestelmän toimintaa ja kytkeytymistä automaatiojärjestelmään sellutehtaan osana toimivassa talteenotossa. Työssä selvitettiin talteenoton varasähköjärjestelmän rakennetta ja toimintaa sekä varasähköjärjestelmän parannuksia. Tarkoituksena on saada varasähköjärjestelmästä entistäkin varmempi automaatiojärjestelmän kannalta.</p> <p>Aloitin työn hankkimalla tarvittavia dokumentteja ja materiaalia. Materiaalia löytyikin reilusti, jonka pohjalta oli hyvä tutustua laitteisiin ja niiden toimintaan. Tutustuin Kymin sähköjakeluverkkoon, ja erityisesti talteenoton sähköjakeluun sekä siihen liittyviin osiin.</p> <p>Sähköjakelun luotettavuus on tärkeää turvallisen ja taloudellisen toiminnan kannalta. Talteenoton kattilarakennuksessa ja prosessitiloissa liikkuminen sekä prosessin hallittu alasajo sähköjakeluhäiriössä täytyy voida tehdä turvallisesti. Automaatiojärjestelmällä on erittäin suuri rooli, joten toimivuus on häiriötilanteessa turvattava.</p> <p>Työ oli kiinnostava ja haastava, koska laitteiden toiminta sekä verkkoon kytkeytyminen täytyi selvittää tarkasti. Lopputuloksena on yleinen selvitys talteenoton varasähköjärjestelmän toiminnasta ja sen eri komponenteista sekä mahdollisista varasähköjärjestelmän parannuksista.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Varasähkö, automaatiojärjestelmä, UPS, sellutehdas					
Sivumäärä 44+9	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Arto Kohvakka	Opinnäytetyön toimeksiantaja UPM-Kymmene Oyj, Kymi				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 16.11.2012	
Author(s) Janne Huimala		Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis UPM-Kymmene, Kymi. Reserve power system of the pulp mill.			
Abstract <p>The reliability of electric distribution is important for safe and economical operations. Moving in the boiler building and process sites of the recovery plant and controlled shutdown of the process must be done safely. Automation system has very great role so functionality has to be secured.</p> <p>The purpose of this thesis was to study the operation of the reserve power system of the pulp mill and how it's related to automation system at recovery plant. It was investigated how reserve power system works and operates and how it can be improved. The purpose was to make reserve power system more reliable for automation system.</p> <p>I studied Kymi's electric grid and especially electric distribution of recovery plants as well as its parts. I explored it by reading circuit diagrams and manuals of the devices.</p> <p>The final result is general investigation of the reserve power system of recovery plant operation, its components and prospective improvements. Improvements include different kind of couplings or investing in dual UPS system.</p>			
Subject headings, (keywords) Reserve power system, automation system, UPS, pulp mill			
Pages 44+9	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Arto Kohvakka		Bachelor's thesis assigned by UPM Kymmene Oyj, Kymi	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	UPM	2
2.1	Kymi	2
2.2	Sellun talteenotto	3
3	VARASÄHKÖJÄRJESTELMIEN NYKYTILANNE	4
3.1	Kantaverkon varavoima	5
3.2	Tuotantohäiriöt	6
4	SÄHKÖNJAKELU	7
4.1	Muuntaja	7
4.2	Kymin sähkönjakelu	10
4.3	Varayhteydet	11
4.4	Moottorikäytöt	12
4.5	Oikosulkusuojaukset	13
5	VARAVOIMAKONE	14
5.1	Dieselmoottori	15
5.2	Generaattori	16
5.3	Käyttö	17
5.4	Huolto	18
6	UPS-JÄRJESTELMÄ	19
6.1	Ups:ien päätyypit	19
6.2	Ohituskytkimet	22
6.3	Toiminta ja kuormitettavuus	24
6.4	Akusto	26
7	VARASÄHKÖ HÄIRIÖTILANTEESSA	27
7.1	Varmennettu prosessi	28
7.2	Varasähkösyöttö	32
7.3	Turvavalaistus	37
8	VARASÄHKÖJÄRJESTELMÄN PARANNUKSET	39
9	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	44

LIITTEET

LIITE 1. Kymin 110/10 kV jakelu

LIITE 2. MGE Galaxy 5000

LIITE 3. Järjestelmä-UPS 71H1024 lähdöt

LIITE 4. Moottoriventtiili-UPS 71H1029 lähdöt

LIITE 5. Releasettelut 400/690 V

LIITE 6. Periaatekuva 400 V pääkaavio

LIITE 7. Soodakattilan UPS:ien nykyiset ohitusyötöt

LIITE 8. Simocode-syötön piirikaavio

LIITE 9. Virtalähteiden johdotus- ja piirikaavio

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää UPM Kymin sellutehtaan varasähköjärjestelmän toimintaa. Sellutehtaan osana toimivan talteenoton tehtävänä on tuottaa kuitulinjalla käytettävää valkolipeää kemikaalikierron osana. Varasähköjärjestelmällä on merkittävä rooli sellutehtaan turvallisen ja taloudellisen toiminnan kannalta. Tässä selvityksessä kerrotaan yleistä Kymin sähkönjakelusta sekä varasähköjärjestelmän laitteistosta ja toiminnasta. Aluksi tutustutaan hieman sellutehtaaseen ja kantaverkon varavoimaan.

Varasähköjärjestelmän tärkein komponentti on akkuvarmennetut UPS-laitteistot. Talteenoton prosessia hallitseva ja ohjaava automaatiojärjestelmä saa oman sähkönjakelunsa täysin UPS-laitteiston kautta. Automaatiojärjestelmän syöttö täytyy olla laadukasta, katkeamatonta ja täysin symmetristä sini-muotoista vaihtojännitettä. UPS-laitteistojen lisäksi varmennettuun sähkönjakeluun kuuluu yhtä tärkeänä osana diesel-varmennettu sähkönjakelu. Diesel-generaattorin käynnistettävyyden ja käyttö täytyy olla huippuluokkaa sen hyödyllisen toiminnan kannalta. Tähän liittyy diesel-generaattorin jatkuvin väliajoin tehtävä koekäyttö sekä oikeat huoltotoimenpiteet. Selvitetään diesel-varmennetun sähkön kytkeytymistä UPS-laitteistoihin ja automaatiojärjestelmään.

Lopuksi kerrotaan varasähköjärjestelmästä toiminnasta sähkönsyöttöhäiriössä. Selvitetään laitteiden toimintaa normaalin sähkönjakelun katketessa. Järjestelmään kuuluu 220 V tasajännitejakeluita, jotka liittyvät ohjausjännitteisiin ja turbiinin ohjauskeskuksiin. Tutustutaan hieman taajuusmuuttajiin, niiden ohjaukseen sekä väläohjattuihin kolmivaihemoottoreihin. Työssä on myös esitelty turvalaistuksen toimintaa ja viimeisessä osiossa käsitellään varasähköjärjestelmän parannusehdotuksia.

Haluan kiittää UPM Kymin ohjaajiani Petri Kuitikkaa, Seppo Kylliäistä, ja Juha Mikkolaa jotka mahdollistivat tämän opinnäytetyön tekemisen. Suuret kiitokset myös muille talteenoton henkilöille työn avustamisessa.

2 UPM

UPM syntyi syksyllä 1995, kun Kymmene Oy ja Repola Oy sekä sen tytäryhtiö Yhtyneet Paperitehtaat Oy (United Paper Mills) ilmoittivat yhdistymisestään. Uusi yhtiö, UPM-Kymmene, aloitti toimintansa 1.5.1996. UPM:llä on Suomessa pitkät perinteet metsäteollisuudessa. Konsernin ensimmäiset puuhiomot ja paperitehtaat sekä sahalaitokset käynnistyivät 1870-luvun alkupuolella. Sellunvalmistus aloitettiin 1880-luvulla ja paperinjalostus 1920-luvulla. Vanerin valmistukseen konsernissa ryhdyttiin 1930-luvulla. [16.]

Tänä päivänä UPM työllistää maailman laajuisesti 24 000 henkilöä, joista sellu- ja energiateollisuuden parissa työskentelee n. 4 000 henkilöä. Sellutehtaita on neljä, joista kolme Suomessa ja yksi Uruguayssa. Vuonna 2011 UPM:n liikevaihto oli 10,1 miljardia euroa. Suurin markkina-alue on Eurooppa 69 %:n osuudella. UPM:llä on tuotantolaitoksia 16 maassa ja maailmanlaajuinen myyntiverkosto. [16.]

Uuden metsäteollisuuden edelläkävijänä UPM yhdistää bio- ja metsäteollisuuden ja rakentaa uutta, kestäväää ja innovaativetoista tulevaisuutta. Kustannustehokkuus, muutosvalmius ja huippuinnovaatiot luovat uusia markkinoita. UPM luo lisäarvoa uusiutuvista ja kierrätettävistä raaka-aineista sekä hyödyntää osaamista ja teknologiaa kuitu-, energia- ja tekniset materiaalit - liiketoiminnoissa. [16.]

2.1 Kymi

Kymin tehdas sijaitsee Kouvolan Kuusankoskella, Kaakkois-Suomessa, 140 km Helsingistä. Kymi on ympäristöystävällinen sellun-, energian- ja paperintuotannon integraatti, jolla on korkea energiaomavaraisuus ja biopolttoaineiden käyttö. Kymillä tehdään päällystettyä ja päällystämätöntä hienopaperia. Paperin tuotantokyky on 830 000 tonnia vuodessa ja sellun 570 000 tonnia vuodessa. Kymillä työskentelee noin 600 henkilöä. Viime vuosien merkittävin uudistus on 2008 rakennettu Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitos, jonka käyttöönotto on merkittävä askel kohti hiilidioksidineutraalia paperintuotantoa. Kymi on perustettu vuonna 1872. [17.]

Vuonna 2006 Kymillä alkoi uuden talteenottolaitoksen rakentaminen eli REC08-projekti. Investoinnin arvo oli 360 miljoonaa euroa. Uuteen talteenottolaitokseen

kuuluu haihduttamo, soodakattila, höyryturbiini, meesauuni, kaustistamo, hajukaasukattila ja meesan liettämö. Laitos otettiin käyttöön kesällä 2008. Kuvassa yksi näkyy uusi talteenottolaitos ja hakekasat.



KUVA 1. Sellun talteenottolaitos

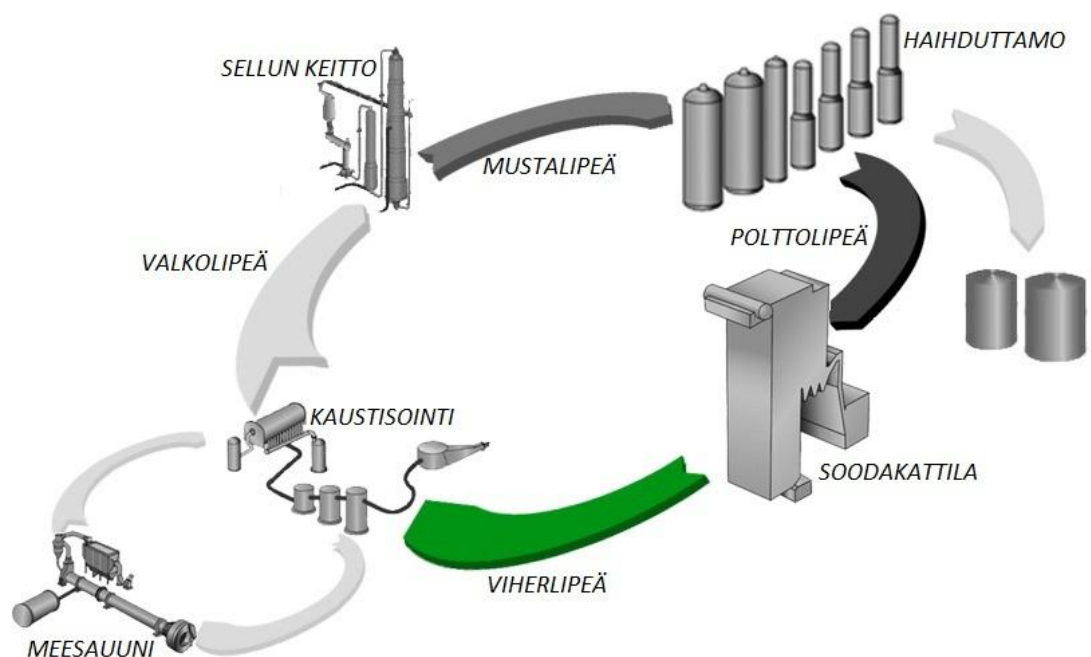
2.2 Sellun talteenotto

Sellun talteenotto tarkoittaa kemikaalien talteenottoa. Talteenotossa valmistetaan sellutehtaan kuitulinjalla käytettävää valkolipeää. Valkolipeä on natriumhydroksidin ja natriumsulfidin sekoitusta. Valkolipeän ja lämmön avulla puuhakkeesta keitetään selluloosaa. Tämän jälkeen sellu valkaistaan, jolloin se saa valkoisen värinsä. Kuitulinjalla käytetty valkolipeä, on muuttunut mustalipeäksi, joka pumpataan takaisin talteenottoon. Mustalipeään on liuennut puun sidosaineita eli ligniinejä. Mustalipeää haihdutetaan haihduttamalla, jolloin sen kuiva-aine pitoisuus nousee 15 %:sta lähelle 85 %:a. Tehokkaan polton mahdollistamiseksi mustalipeästä on poistettava vettä haihduttamalla, ennen soodakattilaan syöttämistä. Haihduttamalla syntyy myös sivutuotteita, joita ovat metanoli, tärpähti ja mäntyöljy.

Soodakattilan kaksoisrooli tekee sen rakenteen varsin monimutkaiseksi ja kattilan käytön huomattavasti vaativammaksi kuin "normaaleja" polttoaineita polttavien voimalaitoskattiloiden. Polton tarkoituksena on keittokemikaalien talteenotto, sekä puusta liunneen aineen lämpöenergian hyödyntäminen. Kattilassa tuotetusta höyrystä osa menee omaan käyttöön, osa paperitehtaan käyttöön ja suurin osa ajetaan

höyryturbiiniin, jolla tehdään sähköä. Soodakattila tuottaa yleensä sähköä yli sen oman tarpeen. Soodakattilan tulipesän alaosan sulakourujen kautta ulos valuva kemikaalisula sisältää natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Kemikaalisula liuotetaan laihavalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeää. [18.]

Viherlipeä johdetaan kaustistamoon edelleen prosessoitavaksi keitossa käytettävään muotoon. Kaustisoinnissa käytetään kalsiumoksidia eli kalkkia, viherlipeän natriumkarbonaatin muuttamiseen valkolipeän aktiiviseksi kemikaaliksi natriumhydroksidiksi. Viherlipeä ja kalkki yhdistetään sammuttajassa, jonka jälkeen se pumpataan kaustisointi astioihin. Astioissa tapahtuu reaktio, jonka tuloksena on valkolipeää. Valkolipeä täytyy kuitenkin vielä selkeyttää suotimissa, ennen sen käyttöä sellun keitossa. Valmistuksen jälkeen kalsiumkarbonaatti eli meesa muutetaan lämmön avulla meesauunissa, jolloin se on jälleen kalsiumoksidia ja sitä voidaan käyttää uudelleen prosessissa. [18.] Kuva kaksi on talteenoton kemikaalikierrosta.



KUVA 2. Talteenoton kemikaalikierto [18.]

3 VARASÄHKÖJÄRJESTELMIEN NYKYTILANNE

Suomessa on eri aloilla noin 40 000 - 50 000 varavoimajärjestelmää, joiden tehtävänä on taata sähkönsaanti, jos valtakunnan sähkönsyöttö katkeaa esimerkiksi myrskyntuhojen vuoksi. Kaikki yritykset eivät ymmärrä kunnossapidon vaatimuksia,

tunne vastuitaan tai he luulevat vastuiden olevan siirrettävissä. Varavoimajärjestelmä muodostuu dieselmoottorista, kytkimestä, generaattorista, apujärjestelmästä, automatiikasta ja ohjausjärjestelmästä. Näistä osa on jopa 40 vuotta vanhoja. Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa tutkittiin yritysten huoltohistoriaa vuosilta 2002 - 2007. Vajaassa 350 huoltokäynnissä löydettiin 1,25 vikaa huoltoa kohti. Eniten vikoja löytyi jäähdytys-, käynnistys- ja polttoainejärjestelmistä. [15.]

Vikoja löytyy käytännössä jokaisen alan varavoimajärjestelmistä. Järjestelmien kuntoa heikentävät erityisesti kehnosti tehdyt huoltotyöt. Haetaan halvinta mahdollista huoltoa kustannustehokkuuden nimissä, eikä osata vaatia kunnollista huoltoa. Varavoimakoneiden kunnossapito on usein toteutettu huonosti. Varavoimakoneiden käyttötuntimäärät ovat erittäin pieniä ja osin tästä syystä ajatellaan, ettei huoltotarvetta koneelle ole. Vastuu kunnossapidosta ja järjestelmän toiminnasta on kuitenkin aina järjestelmän haltijalla. Varavoimaa käyttävät Suomessa sekä julkinen että yksityinen sektori, muun muassa sairaalat, vesihuolto, teollisuus, hälytyskeskukset, väestösuojat, tietoliikenne ja elintarvikekaupat. Esimerkiksi sairaalassa muun muassa hengityskoneet ja leikkaussalit tarvitsevat aina sähköä. [15.]

Varavoimakoneiden kunnossapito on usein välttävästi toteutettu. Tämä johtuu varavoimakoneiden käyntituntimäärien vähyydestä, sekä ajatellaan, että huoltovälejä voidaan pitkittää tai huoltotarvetta ei ole. Toinen syy lienee, ettei varavoimalaitteistojen käyttäjät/haltijat tiedä varavoimakoneiden vikaantumisen syitä. Varavoimakoneen vikaantuminen on hankalasti huomattavissa, koska se käy pelkästään koekäytöissä ja häiriötilanteissa. [15.]

3.1 Kantaverkon varavoima

Fingridin vastuulla ovat kantaverkon käytön suunnittelu ja valvonta sekä verkon ylläpito ja kehittäminen. Kantaverkko palvelee sähkön tuottajia ja sähkön kuluttajia mahdollistaen näiden osapuolien keskinäisen kaupan koko valtakunnan tasolla sekä myös valtakunnan rajat ylittävän kaupan. Valtaosa Suomessa kulutetusta sähköstä siirretään kantaverkon kautta. Fingridin kantaverkko koostuu johdoista, asemista ja varavoimalaitoksista. [5.]

Fingridin nykyinen varavoimakapasiteetti ja tekniset vaatimukset.

Fingridin hallinnassa on 819 MW nopeasti käynnistyvää kevytöljykäyttöistä kaasuturpiinikapasiteettia. Siitä suurin osa, 615 MW, on omaa ja loppu sopimuksien perusteella käytettävissä olevaa. Fingrid käyttää kapasiteettia nopeana reservinä sähköjärjestelmän tarpeisiin.

Nopean häiriöreservin ylläpitoon hyväksyttävän laitoksen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Laitoksen nimellistehon tulee olla vähintään 10 MW
- Laitoksen käynnistymisaika sopimusteholle saa olla enintään 15 minuuttia siten, että sopimusteho on syötettävissä kantaverkkoon
- Laitoksen käynnistyvyyden tavoitearvon tulee olla vähintään 90 % ja aikakäytettävyyden tavoitearvon vuositasolla vähintään 90 %
- Fingridillä tulee olla laitoksesta reaaliaikainen pätötehon mittaustieto, generaattorikatkaisijan tilatieto ja laitoksen käynnistysvalmiuden tilatieto sekä käynnistysohjaus käytönvalvontajärjestelmässään. [6.]

3.2 Tuotantohäiriöt

Fingrid on varautunut myös ennakoitavissa olevien verkon ja tuotantokoneiston häiriöihin. Suunnittelun lähtökohtana on, että mikään yksittäinen vika ei saa verkkoa pois toiminnasta (n-1 kriteeri). Jos suurin käytössä oleva voimalaitos eli Olkiluodon 850 MW:n yksikkö putoaa äkkiä verkosta, sen tuottama sähkö pitää täyttää taajuussäädön ja varavoimalaitosten avulla. Häiriötilanteissa voimalaitosten taajuussäätö käynnistyy välittömästi, kun taajuus vaihtelee välillä 49,9 - 50,1 Hz. Jos taajuus laskee alle 49,9 Hz, käynnistyvät yhteispohjoismaiset taajuusohjatut reservit 5 - 30 sekunnissa täyteen tehoonsa. Näitä on Pohjoismaissa yhteensä 1200 MW. Tämän jälkeen taajuusohjatut reservit täytyy vapauttaa uuden häiriön varalle viimeistään 15 minuutin kuluttua häiriön alkamisesta ns. nopeiden reservien avulla. [7.]

Käytännössä on sovittu, että kukin Pohjoismaa korvaa poispudonneen voimalansa tehon nopeiden reservilaitosten avulla siten, että Ruotsin rajajohtojen teho on 15 minuutin kuluttua sama kuin ennen häiriön alkamista. Nopeat reservit käynnistetään seisokista täyteen tehoonsa noin 3 - 10 minuutin kuluttua käynnistyskäskystä, joka

annetaan Fingridin keskusvalvomosta Helsingistä. Suomessa nopeita reservejä on noin 1000 MW tehon edestä. Osa reserveistä muodostuu poiskytkettävistä teolliskuormista. [7.]

Koko Etelä-Ruotsin pimentänyt sähkökatko aiheutui siitä, kun Oskarshamnin 3:n 1000 MW ydinvoimala meni pikasulkuun ja sen jälkeen noin 5 minuutin kuluttua tapahtui toisella sähköasemalla maasulku. Järjestelmä olisi kestänyt kumman tahansa vian erikseen, mutta ei kahta vikaa, jotka tapahtuvat alle 15 minuutin sisällä toisistaan. Pohjoismaat pohtivat parhaillaan, tulisiko kriteerejä tiukentaa. [7.]

4 SÄHKÖNJAKELU

Sähkönjakelu perustuu Suomessa 400 kV kantaverkkoon. Fingrid hallinnoi ja vastaa sähkönjakelusta kantaverkossa, johon kuuluu myös 220 kV ja 110 kV voimajohdot. Sähköverkon taajuus on 50 Hz, joka on myös käytössä muualla Euroopassa. Kantaverkon jännite täytyy olla korkea pitkien siirtomatkojen ja tehohäviöiden vuoksi. Suomi on kantaverkon avulla yhteydessä muihin naapurimaihin, kuten Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjään. Venäjä on suurin sähköntuoja Suomelle ja etenkin talvella siirtotehot ovat huomattavia. Suuret käyttäjät, kuten isot tehtaot, liittyvät yleensä suoraan kantaverkkoon. 110 kV omia siirtoverkkoja voivat omistaa myös paikalliset sähkölaitokset. Kantaverkon jännite muunnetaan seuraavaksi keskijännitteeksi. Teollisuuslaitokset, suuret yksittäiset kuluttajat sekä rakennukset voivat liittyä suoraan keskijänniteverkkoon ja omistavat näin ollen omat muuntajansa. Keskijänniteverkot lähtevät sähköyhtiöiltä, jonka jännite on 20 kV. Usein sähkölaitokset omistavat myös jonkinlaista omaa sähköntuotantoa, kuten vesivoimaa tai nopeasti käynnistyvää varavoimaa. Sähköyhtiöt siirtävät sähköä keskijännitteellä mahdollisimman lähelle lopullista kuluttajaa, joiden läheisyydessä sijaitsevat 400 V jakelumuuntajat.

4.1 Muuntaja

Muuntaja on sähkökoje, joka on aikoinaan aiheuttanut sen, että vaihtosähkö on syrjäyttänyt tasasähkön. Tämä johtuu siitä, että muuntaja on rakenteeltaan verrattain yksinkertainen. Siinä ei ole esim. liikkuvia osia, ja se toimii ainoastaan vaihtosähköllä. Muuntajat voidaan tehtäviltään jakaa seuraaviin ryhmiin:

- voimamuuntajat
- suojamuuntajat
- jännitemuuntajat
- virtamuuntajat.

Käytännön tekniikassa siirretään sähköenergia voimalaitoksilta kuluttajille symmetristä kolmivaihejärjestelmää käyttäen. Yhtenä tärkeänä komponenttina tähän sähkövoimajärjestelmään kuuluvat kolmivaiheiset teho- eli voimamuuntajat.

Muuntaja on staattinen sähkölaite. Sen aktiiviset osat ovat käämitykset ja rautasydän, jotka suorittavat muuntajan varsinaisen tehtävän. Passiivisia osia ovat mm. tukirakenteet, eristimet, muuntajaöljy ja jäähdytyslaitteet. Rakenteensa puolesta voi muuntaja olla joko sydän- tai vaippamuuntaja. Rautasydämeen kuuluu kaksi pylvästä, joiden ympärille on sijoitettu sylinterimäiset käämitykset. Pylväät on yhdistetty toisiinsa ikeillä. Pylväiden ja ikeiden rajoittamaa aukkoa rautasydämessä kutsutaan ikkunaksi. Pylväät ja ikeet muodostavat yhdessä suljetun magneettipiirin. Käämityksiä on kaksi. Niitä kutsutaan yläjännite- ja alajännitekäämitykseksi tai tehon kulkusuunnan mukaan ensiö- ja toisiökäämitykseksi. Käämimateriaalina käytetään kuparia tai alumiinia. Ensiökäämi ja vastaava toisiökäämi sijoitetaan yleensä samalle pylväälle. Tällöin hajavuo ja hajareaktanssit ovat pienemmät kuin käämien ollessa eri pylväillä. [14.]

Kolmivaihemuuntajan vaihekäämit kytketään joko tähteen, kolmioon tai hakatähteen. Tähti- ja kolmiokytkentää käytetään sekä ylä- että alajännitekäämityksissä ja hakatähtikytkentää vain jakelumuuntajien alajännitekäämityksissä. Kolmivaihemuuntajien standardoidut kytkennät jakautuvat neljään kytkentäryhmään, joiden tunnusluvut ovat 0,5,6 ja 11. Jokaisessa kytkentäryhmässä on kolme kytkentää, joten käytännön muuntajakäämityksissä on valittavissa kaksitoista erilaista kytkentää. Teho- eli voimamuuntajat voidaan käytännössä jakaa kahteen ryhmään, jakelu- eli pientehomuuntajiin ja suurtehomuuntajiin. Edelliseen ryhmään kuuluvat muuntajat, joiden yläjännitepuolen nimellisjännite on ≤ 20 kV ja alajännitepuolen nimellisjännite on 400 V, sekä teho $\leq 3,15$ kVA. Tätä suuremmat nimellisjännitteiset ja -tehoiset muuntajat luetaan suurtehomuuntajiin. [14.]

Valuhartsiset jakelumuuntajat on tarkoitettu käytettäväksi paikoissa, missä palovaaran, saastumisvaaran tms. takia nestetäyteen muuntajan käyttö on joko kielletty tai edellyttää kalliita erikoistoimenpiteitä. Tämän mukaan valuhartsieristeisen muuntajan käyttö voi tulla kysymykseen kerrostaloissa, sairaaloissa, tavarataloissa, teattereissa ja muissa kokoontumistiloissa, maanalaisilla rautateillä ja kaivoksissa. Valuhartsieristeisiä muuntajia voidaan myös käyttää teollisuuslaitoksissa, joissa muuntaja voidaan asentaa tehdastilaan lähelle kuormaa ja säästetään siten alajännitepuolen kaapeleita. [3.]

Kuivamuuntajassa käämitykset ja rautasydän ovat suoraan kosketuksissa ympäröivään ilmaan. Lämpöhäviöiden vaikutuksesta muuntajaa ympäröivä ilma lämpiää lämpösäteilyn vaikutuksesta. Lämmin ilma virtaa kevyenä ylöspäin ja synnyttää muuntajan läheisyyteen ilmavirtauksen, joka siirtää lämmön ympäristöön. Tällöin puhutaan luonnollisesta ilmajäähdytyksestä. Kiihdytetyssä ilmajäähdytyksessä ilmavirtauksen nopeutta suurennetaan puhaltimilla, jolloin jäähdytyskyky paranee. [1.]

Kuvassa kolme on soodakattilan 10/0,4 kV muuntaja.



KUVA 3. Soodakattilan kuivamuuntaja 71T1

4.2 Kymin sähköjakelu

Kymille sähkösyöttö tulee Fingridin valtakunnan verkosta, jonka liityntäpiste sijaitsee Korian 110 kV kytkinasemalla. Kymin kytkinkenttä on tunnukseltaan Kuusanniemen sähköasema 62A. Nykyään Kuusanniemestä puhuttaessa tarkoitetaan Kymiä, mutta ennen oli käytössä erikseen Kymin puoli, jossa tehtiin paperia ja Kuusanniemi, jossa tehtiin sellua. Kymi on 110 kV:n yhteydessä UPM:n Voikkaan vanhalle paperitehtaalle, Kuusankosken sähköasemalle, Kuusankosken vesivoimalalle ja Keltin vesivoimalaitokselle. Kymillä on käytössä 10 kV keskijännite, ja tehomuuntajia siellä on viisi, joista yksi on Kymin Voiman muuntaja. Kaksi tehomuuntajaa on sellutehtaan, sekä paperikoneille PK8 ja PK9 on omat muuntajansa. Kymin Voima on erillinen sähkö- ja lämmöntuotantolaitos, jonka omistajina ovat Pohjolan Voima ja Kss Energia. Kymin integraatin sähkönkulutus riippuu eri laitosten tilanteesta. Kymin Voiman reviision aikana kesällä, sähköä joudutaan ostamaan verkosta enemmän.

Talteenoton turbiinialissa sijaitsee soodakattilan 115 MVA höyryturbiini-generaattori. Generaattori syöttää 140 MVA 110/10 kV generaattorimuuntajaa, joka edelleen syöttää sähköä Kymin 110 kV kytkinkentälle ja sitä kautta valtakunnanverkkoon. Sellutehdas on usein energiaomavarainen, koska soodakattilan mustalipeän poltossa syntyvä sähkö- ja lämpöteho ovat suurempia, kuin mitä se itse kuluttaa. Jos generaattorimuuntajalta olisi haluttu omakäyttösähkö suoraan talteenottoon, olisi se tarvinnut oman välimuuntajansa. Syynä tähän on generaattorin suuri oikosulkuvirta. Sellutehtaaseen kuuluvat kuitulinja ja talteenotto saavat syöttönsä erillisen omakäyttömuuntajan kautta, josta on syöttö myös muihin sellutehtaan osastoihin. Muita osastoja ovat kuorimo, puhdistamo, kuivaamo ja päävesiasema, josta koko integraatti saa käyttöveden. Sellutehtaan omakäyttömuuntaja on 63 MVA ja syöttää kiskostoa KL7C, josta talteenoton 10 kV pääkiskosto 71C saa syöttönsä. Talteenoton syöttökaapeli on kahdennettu 3x1x800 mm² AHXCMK-WTC. Liite yksi on 110 kV ja 10 kV jakelusta Kymin tehdasalueella, jossa näkyy pääkiskostot, muuntajat ja generaattorit.

10 kV kiskostosta lähtee syötöt talteenoton eri jakelumuuntajille sekä kahdelle soodakattilan syöttövesipumpulle, jotka ovat suuren tehontarpeen vuoksi kytketty suoraan keskijännitteeseen. Talteenotossa sijaitsevat jakelumuuntajat ovat

paisuntasäiliöllisiä öljyeristeisiä muuntajia sekä valuhartsieristeisiä kuivamuuntajia, jotka muuntavat jännitteen 690 V tai 400 V. Sähkökeskukset tai laitteet on merkitty L-jakeluksi, jos jännite on 690 V ja H-jakeluksi, jos käytössä on 400 voltia. Jännitteen suuruus riippuu käyttökohteesta, eli tietokoneet, valaisimet, yleiset käyttökohteet ja prosessin ohjaukset tarvitsevat 400/230 V jakelun. Paikoissa, joissa on moottoreita, syötetään korkeammalla 690 V jännitteellä. Soodakattilan keskus 71H1 ottaa normaali tilanteessa hieman alle 750 kW ja turbiinilaitoksen keskus 71H21 noin 450 kW. Talteenotossa sijaitsevat muuntajat on jaettu niin, että kaustisoinnin ja haihduttamon muuntajat ovat öljymuuntajia, kun taas soodakattilan muuntajat ovat kuivamuuntajia. Syynä tähän on ollut kuorimon vieressä sijaitsevat suuret hakekasat, joista lähtee tuulen mukana suuret määrät puupölyä. Soodakattilan muuntajat olisivat tulleet hakekasan viereen, jolloin muuntajakopit olisivat olleet alttiita puupölylle. Nyt ne sijaitsevat soodakattilan sisätiloissa suojassa puupölyltä. Yllä mainitun kappaleen mukaisesti kattilaan valittiin kuivamuuntajat niiden sijoituspaikkojen takia. Myös palokuorman takia kuivamuuntajat olivat parempi ratkaisu, koska öljymuuntajien öljy lisää palokuormaa. Muuntajissa on lämpötila anturit, jotka antavat hälytyksen lämpötilan noustessa ja laukaisevat ylemmän portaan ylittyessä.

4.3 Varayhteydet

10 kV jakelussa on varayhteys talteenoton ja Kymin Voiman välillä. Kymin Voiman reviision aikana, se saa sähkönsä talteenoton jakelun kautta. Syynä tähän on 100 MVA generaattorimuuntajan suuret tyhjäkäyntihäviöt, jotka ovat useita kymmeniä kilowatteja. On taloudellisesti kannattavampaa syöttää talteenoton kautta, koska Kymin Voiman omakäyttö reviisiossa on hyvin pieni. Kymin paperikoneiden PK8 KL3C ja PK9 KL4C pääkiskostoista on myös varayhteys sellutehtaan pääkiskostoon KL7C. Varayhteys voidaan käyttää häiriötilanteen aikaiseen syöttöön, ja sitä voidaan käyttää myös päämuuntajien huoltotoimenpiteissä jännitteettömäksi saattamiseen. Tarkemmin, KL7C:stä on yhteys KL3C:hen, josta edelleen yhteys KL4C:hen. Paperikoneilla on eri päämuuntajat sekä kiskostot, mutta niiden välillä on oleva kaapeli mahdollistaa sähkönsiirron tarvittaessa.

Talteenoton 10 kV jakelua syötetään sellutehtaan sähköaseman kiskostosta KL7C:stä. Talteenoton reviision aikana voidaan talteenottoa tarvittaessa syöttää Kymin Voiman varasyötön kautta, kun prosessi on ajettu alas. Tällaisessa tilanteessa kuormituksen

täytyy olla kuitenkin alhainen. PK8:n kiskostosta KL3C on 10 kV yhteys talteenoton muuntajalähtöön 21. Yhteys mahdollistaa turbiinilaitoksen muuntajan 71T21 syötön ja yhteyttä voidaan käyttää vain talteenottoon päin syötettäessä.

Talteenoton 400 V jakelu on yhteydessä soodakattilan keskuksen 71H1 ja turbiinilaitoksen keskuksen 71H21 kanssa. Varayhteys turbiinilaitoksen ja soodakattilan välillä on toteutettu kolmella $4 \times 300 + 72 \text{ mm}^2$ alumiinikaapelilla. Kummassakin on 2 MVA muuntajat, jotka ovat valuhartsieristeisiä kuivamuuntajia. Tässä tapauksessa muuntajan vikaantuessa tai sen huoltotöissä voidaan toinen muuntaja erottaa ja syöttää vain toisella. Tähän 400 V jakeluun liittyvät UPS-laitteet ja varavoimakone. 71H102 dieselvarmistetun keskuksen alakeskukset ovat kaustisoinnin, turbiinilaitoksen ja haihduttamon keskuksia. Edellä mainittuihin osastoihin liittyvät UPS-varmistetut alakeskukset, soodakattilan moottoriventtiili UPS ja huoltomoduli. Liitteessä kuusi on kuvattu talteenoton 400 V jakelun periaatteellinen pääkaavio ilman lähtöjä ja muita merkintöjä.

4.4 Moottorikäytöt

Talteenotossa on suuri määrä moottoreita, joita tarvitaan pumpuissa, puhaltimissa, sekä mekaanisesti liikuttamaan tiettyjä prosessin osia. Melkein kaikki moottorit ovat kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita. Myös muutamia yksivaiheisia oikosulkumoottoreita löytyy, esim. soodakattilan alueella olevia annostelupumppuja. Moottoreita ohjataan joko taajuusmuuttajan avulla tai ne ovat väyläohjattuja. Moottoreihin voi olla liitetty myös vaihteistoja nopeuden muuttamiseksi, oli käyttö sitten suora tai taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajia käytetään paikkoihin, joissa halutaan säätää moottorin kierrosnopeutta. Yksinkertaisuudessaan taajuusmuuttajan syöttöjännite muunnetaan tasajännitteeksi, jonka jälkeen tasajännite vaihtosuunnataan moottorille haluttuun taajuuteen eli nopeuteen. Taajuusmuuttajalla saadaan aikaan suuret säästöt, koska se ottaa verkosta vain sen tehon, mitä tarvitaan. Talteenoton kaikki taajuusmuuttajat ovat Vaasalaisen Vacon:in valmistamia. Teollisuuskäytössä käytetään usein 690 V jännitettä sen pienempien virran kulutuksen ja tehohäviöiden takia. Kaapelit voidaan mitoittaa pienemmiksi alemman virrankulutuksen myötä, jolla säästetään kustannuksissa. Jos halutaan samaa tehoa, 400 V ottaa enemmän virtaa, joka aiheuttaa tehohäviöitä. Talteenotossa on joissain kriittisissä paikoissa kahdennettu syöttö moottorille, jolloin sitä voidaan syöttää toisesta keskuksista.

Talteenoton suorissa käytöissä, joissa moottorin nopeus pysyy nimellisenä, käytetään Siemens Simocodea, joka toimii ohjaus- ja suojausjärjestelmänä. Sen suurin etu on automaatiojärjestelmään liitettävyyden. Simocode liittyy järjestelmään Profibus-väylän kautta ja jokaista väylää syöttävän OLM-moduulin kautta. Väylässä kaikki moottorit ovat seurannassa ja automaatiojärjestelmä ilmoittaa mahdollisesta laukaisusta tai häilytyksestä. Esim. ylivirtalaukaisusta pysähtynyt moottori, voidaan yrittää käynnistää operaattorin toimesta muutaman kerran, ilman että rele tarvitsee käydä sähkötilassa kuittaamassa. Simocode on periaatteessa vanha lämpörele, mutta siinä huomattava määrä enemmän ominaisuuksia. Se antaa paljon tietoa, joihin kuuluu yleisdiagnoosit, laukaisut, varoitukset ja ilmoitukset. Simocode-”purkkiin” pystyy liittymään sähkötilassa sarjaliitännällä kannettavan kanssa ja siihen voidaan asettaa eri ominaisuuksia tai seurata tietoja. Yhdessä tapauksessa sillä ohitettiin termistoripiiri, koska moottorin termistori oli oikosulussa, mutta moottori toimi silti normaalisti. Simocode:n pystyy asentamaan kaiken tehoisiin moottoreihin, koska itse moduuli ei muutu. Moduuliin lattakaapelilla liitettävä virtamuuntaja antaa sille mitattavat tiedot, joka suurenee moottorin tehojen kasvaessa. Simocoden vikaantuessa ja varaosien puuttuessa voidaan ottaa varalähdön moduuli ja kytkeä se käyttöön olevaan. Talteenoton 690 V jakelun perässä olevien moottoreiden kaikki väylälaitteet ovat järjestelmä-UPS:n kautta varmennettuja, joten se säilyttää purkkiin asetellut parametrit, vaikka moottorilta häviäisi sähkö.

4.5 Oikosulkusuojaukset

Uusissa kojeistoissa (KL7C, 71C) ensisijaisen oikosulkusuojan muodostavat lähtökohtaiset ylivirtareleiden (REF 543) pikalaukaisut ($I_{>>}$) ja lukitusperiaatteella toteutettu kiskostosuoja, sekä kojeiston sisäinen valokaarisuojaus. Vian kokonaiskesto-aika on 10,5 kV kisko- ja lähtöoikosuluissa n. 100 ms (160–180 ms jos ei valokaarisuojausta) ja kojeistojen välisten syöttöjen vioissa 160–180 ms. Jos esim. alakojeiston 71C jakelumuntajalähdössä sattuu oikosulku, havahtuu ylivirtarele ja lukitsee kojeistoa syöttävien kenttien 71C-6 ja KL7C-1 ylivirtareleiden momenttiportaattien $I_{>>}$. Jos lähdön oikosulussa lukitusta ei jostain syystä tule syöttävään kenttään, menetetään suojauksen selektiivisyys, mutta 100 ms hidastettu pikalaukaisuporras säilyy aktiivisena. Tällöin laukeavat sekä lähtö- ja syöttökatkaisija. Kiskoviassa lukitusta ei tule ja valokaarisuoja sekä syötön 100 ms hidastettu

momenttiporras suorittavat laukaisun. Ylivirtareleiden alemmat portaat ($I>$) toimivat lukituksista riippumattomina varasuojina, jotka on aseteltu aikaselektiivisiksi. Peräkkäisten suojien porrasajaksi on valittu 200 ms. Jakelumuuntajälähdöissä suojausalue ulottuu pienjännitepuolelle lähellä keskusta sattuviin vikoihin asti. [11.] Kuvassa neljä on talteenoton 71C kiskoston johtolähtöjä, ensimmäisenä soodakattilan 71T1 muuntaja.

Pääkatkaisijan lisäksi oikosulkusuojaukseen on käytetty käänteisaikaylivirtarelettä (VAMP 255), joka on liitetty jakelumuuntajan toisioon asennettuihin virtamuuntajiin. Rele toimii muuntajan ja keskuksen välisen kiskosillan suojana, sekä katkaisijan varasuojana pienjännitepuolen vioissa. Laukaisukäyrä on käänteisaikainen, kuten pääkatkaisijalla. [11.] Keskuksissa sijaitseva valokaarirele (VAMP 221) on lukittu ylivirtareleeseen, joka antaa katkaisijalle auki-ohjauksen. Valokaarirele laukaisee valokaaren ilmetessä, jos ylivirran suuruus ylittää ennalta asetellun arvon. Ylivirta riippuu keskuksen jännitetasosta, joka on L-keskuksilla 7,5 kA ja H-keskuksilla 6 kA. 400 V ja 690 V pääkeskusten releasettelut löytyvät liitteestä viisi.



KUVA 4. Keskus 71C:n johtolähtöjen suojareleet ja katkaisijat

5 VARAVOIMAKONE

Varavoimakoneesta yleisesti puhuttaessa käsitetään sillä polttomoottorin ja generaattorin yhdistelmä. Varavoimakoneita käytetään usein turvaamaan kriittisiä käyttökohteita, joissa mahdollinen sähkökatko aiheuttaa merkittävää haittaa. Näitä

voivat olla esim. telekommunikaatioverkot, virastot, sairaalat, kauppakeskukset, väestönsuojat ja teollisuuden eri prosessit. Kun sähkönsyöttö katkeaa normaalin syöttöverkon kautta, varavoimakone lähtee automaattisesti käyntiin. Varavoimakoneiden käynnistymiseen menee aina hetken aikaa eli, jos syötöstä halutaan täysin katkeamaton, tarvitaan siihen myös UPS-laite. Sähköjen katkettua, voidaan järjestelmää syöttää varavoimakoneella niin kauan kuin polttoainetta riittää. Polttomoottori voi olla bensiini-, öljy- tai dieselkäyttöinen.

Teollisuudessa sähkökatkosta johtuvat häiriöt voivat olla vaarallisia niin henkilöille kuin taloudellekin. Prosessissa tiettyjen osien turvallinen ja taloudellinen alasajo sähkökatkon aikana on erittäin tärkeää. Yleensä kustannussyistä vain tietyt järjestelmät tai osat on varmistettu varavoimakoneella, koska koko sähköverkon kattaminen ei ole järkevää tai mahdollista. Varavoimakoneita täytyy huoltaa säännöllisin väliajoin, jotta turvataan sen toimivuus häiriötilanteissa. Laiminlyödyt huoltotoimenpiteet aiheuttavat riskiä vikaantumiseen, jolloin varavoimakoneen mahdollinen hyöty häviää. Varavoimakoneiden tärkeimpiä vaatimuksia on sen luotettavuus ja käyttövarmuus.

5.1 Dieselmoottori

Talteenoton varavoimakone sijaitsee kaustisointialueella sille rakennetussa erillisessä tilassa. Dieselmoottori on nykyaikainen vesijäähdytteinen nelitahtinen suorasuihkutusdiesel, joka on yksinkertainen ja toimintavarma. Generaattori-diesel-yhdistelmä on asennettu värinänvaimentimin teräsrungolle. Diesel-moottori on suojattu pysäytyksellä seuraavista häiriöistä: ylikuumeneminen, ryntäys, lataushäiriö, öljynpaine ja polttoaineen pinta. Moottorin polttoaineenkulutus riippuu syötettävän kuorman määrästä ja syöttö tapahtuu pyörivän pumpun avulla. 100 %:lla kuormalla moottori kuluttaa 140 l/h polttoainetta, toiminta-ajan ollessa hieman päälle 7 tuntia 1000 litran tankilla. Dieselmoottorin tekniset tiedot:

Malli:	Cummins VTA 28 G5, 1500 rpm
Säädin:	Elektroninen
Sähköjärjestelmä:	2x12 V akku, 210 Ah
Tilavuus:	28 l / 12 syl. turbo ahdettu
Teho:	560 kW.

5.2 Generaattori

Generaattori on harjaton kolmivaihegeneraattori. Siinä on sisäänrakennettu jännitteensäädin. Laitteen suojausluokka on IP23. Generaattori on kytketty dieselin vauhtipyörään teräksisellä disketillä. Kytkentä sallii dieselin lämmön aiheuttaman päittäisliikkeen ja takaa värinättömän käynnin. Jännitteen taso on suoraan verrannollinen pyörintänopeuteen eli taajuuteen. Generaattorin tekniset tiedot:

Malli:	Stamford Newage HCI 544 F1
Säädin:	Elektroninen AS 440
Teho:	400 / 230 V 50 Hz, 738 kVA
Nimellisvirta:	1065 A
Tehokerroin:	0,8
Katkaisija:	Moottoriohjattu generaattorikatkaisija, 1250 A.

Generaattorin itsemagnetointi on toteutettu jännitteensäätäjän avulla, jonka kautta päästaattorin tuottama teho siirretään magnetointikentän magnetointiin. Jännitteensäätäjä tarkkailee päästaattorin käämitykseltä tulevaa jännitteentunnustelusignaalia ja säätää magnetoinnin tasoa magneettikenttään. Säätämällä magnetointikentän matalampaa tehoa suuremman tehon säädöntarve pääkentässä on saavutettavissa magnetointi ankkurin tasasuuntaajan ulostulon avulla. Tehokkaat puolijohteet jännitteensäätäjässä varmistavat positiivisen vahvistumisen jäännösjännitteen matalasta alkuarvosta. Magnetointiroottorin ulostulo syötetään kolmivaiheisena kokoaaltotasasuuntaajan läpi päästaattorille. Tasasuuntaaja on suojattu sysäyksen estäjällä, oikosulkuja ja vaiheen pois tippumista vastaan aiheutuvista sysäyksistä.

Jännitteensäätäjä tunnustelee kahden vaiheen keskiarvoa varmistaakseen tarkan säädön. Lisäksi jännitteensäätäjä tarkkailee koneen nopeutta. Jos koneen nopeus putoaa tietyn, ennalta asetetun rajan alle, säätäjä huomioi sen ja estää ylimagnetoinnin alhaisilla kierrosnopeuksilla ja pehmentääkseen kuorman aiheuttamaa kytkentä piikkiä. Tietyissä malleissa on myös kolmivaiheinen jännitteentunnustelu sekä ylijännitesuoja, kun käytössä on ulkoinen katkaisija. Generaattori on käämitty 2/3 kenttiin, jolla eliminoidaan kolmannet yliaallot. Sen on myös todettu olevan optimi

suunnittelu epäsymmetrisiä kuormia vastaan. Käämitys myös ehkäisee liiallisen nollajohtimeen aiheutuvan kuormituksen. Varavoimakoneen tekniset tiedot:

Syöttöteho verkkoon:	508,8 kW
Pää/vaihejännite:	400/230 V
Nimellisvirta:	997,4 A
Alkuoikosulkuvirta:	9000 A
Nimellistaajuus:	50 Hz
Massa:	6155 Kg.

5.3 Käyttö

Varavoimakone on automaattikäynnisteinen avorakenteinen dieselgeneraattori. Siihen kuuluu Intelligen-ohjauslogiikka, jolla käytetään ja ohjataan varavoimakonetta. Logiikka sisältää ohjauspaneelin ja näytön, jolla voidaan hallita koneen toimintoja. Varavoimakone sisältää kolme ohjaustilaa: käsikäyttö, automaatti ja off-tila. Konetta voidaan käyttää manuaalisesti tai kaukokäyttö toiminnoilla. Käsikäytöllä ohjauspaneelistä voidaan käynnistää kone, selata sen historiatietoja ja vikakoodeja. Paneeli ilmoittaa myös käytön aikana generaattorin tilan, syötön tilan ja eri numeerisia arvoja, kuten syöttötehon. Häiriötilanteessa konetta voidaan ylikuormittaa 10 % joka 12. tunti.

Huolto-ohjelmaan kuuluvista toimenpiteistä yksi on varavoimakoneen säännöllisin väliajoin tehtävä koekäyttö. Tällä toimenpiteellä tehdään todennäköisemmäksi varavoimakoneen käynnistyminen häiriötilanteessa. Koekäytössä varavoimakone ajetaan manuaalisesti käyntiin, testataan käynnistyminen ja seurataan sen normaalia toimintaa. Koekäytön aikana konetta ajetaan yleensä ilman kuormaa eli keskuksen syöttävä katkaisija on auki. Käytön jälkeen varavoimakone jää jäähdytyskäynnille, jotta turboahtimet ehtivät jäähtyä hitaasti. Varavoimakoneen voi asettaa off-tilaan pienemmissä huoltotöissä, mutta suuremmissa on syytä irrottaa akkujen kaapelit, jolla estetään vahinkokäynnistyminen.

Kone on normaalisti kaukokäytöllä eli sähköjen katkettua tietystä keskuksista, se starttaa ja alkaa syöttää sen piirissä olevia varmistettuja keskuksia. Sähkönjakeluun tulee kuitenkin hetken kestävä viive, koska näin ison moottorin käynnistyminen vie

aikaa. Sähköjen palattua takaisin varavoimakone tarkkailee verkon stabiiliutta minuutin ajan, jonka jälkeen tekee staattisen kytkennän eli tahdistaa itsensä syöttävän verkon taajuuteen. Varavoimakoneen ohjaus- ja katkaisijakotelo ovat järjestelmä UPS:in syöttämiä. Varmistetuista keskuksista ja syötöistä kerron tarkemmin Varasähkö häiriötilanteessa -kappaleessa.

5.4 Huolto

Dieselgeneraattorin moitteettoman toiminnan takaamiseksi on laitteisto tarkastettava ja koekäytettävä säännöllisesti erityisesti silloin, kun konetta ei käytetä säännöllisesti. Tässä tapauksessa valmistaja suosittelee kahdesti kuussa tehtävää koekäyttöä. Koekäytön aikana tehdään myös A-huolto, joka sisältää enemmänkin aistinvaraisia tarkastuksia. Näihin kuuluu öljyjen ja jäähdytysnesteiden määrät, lämpötilat ja vuodot, vedenerottimen tyhjennys sekä hihnojen kireys ja kunto. Koneen käynnin kuunteleminen on hyvä tehdä ja selvittää epätavallisten äänien syyt. Laitteistoa on koekäytössä käytettävä n. puolen tunnin ajan normaalilämpöjen saavuttamiseksi. On myös suositeltavaa ajaa varavoimakonetta kuorman kanssa puolen tunnin ajan ja testata normaalin syötön katkeamisesta aiheutuva automaattikäynnistys. Koekäytöistä on pidettävä kirjaa ja tehdyt toimenpiteet täytyy kirjata ylös. Huoltoon kuuluu myös suuremmat B- ja C-huollot, jotka tehdään tietyin väliajoin tai käyttötuntien täytyttyä.

Varavoimakoneet saattavat seistä ilman varakäyttöä useita vuosia, jonka takia sille tehtävät koekäytöt ja huollot ovat hyvin tärkeitä. Käyntituntimäärät ovat erittäin pieniä verrattuna normaaliin dieselmoottorin käyttöön esim. tieliikenteessä. Käyttämättömyys aiheuttaa kosteuden ja korroosion takia vikatilanteita. Myös voiteluöljyllä on merkityksensä. Sylinteriputket sekä muut komponentit ruostuvat ja kuivuvat helposti, jos koekäytössä tapahtuvaa voitelua ei tapahdu. Jäähdytysjärjestelmä sisältää myös osia, jotka vaikuttavat omalta osaltaan vikatilanteiden syntyyn. Kumiletkut haurastuvat ja kovettuvat aikojen saatossa. A-huollossa neuvottuihin toimenpiteisiin kuuluu juuri jäähdytysjärjestelmän osien tarkastus. Termostaatin toiminta täytyy varmistaa, ettei se ole jumiutunut. Jos joku näistä aiheuttaa jäähdytysjärjestelmän lämmön nousun tai nestevuodon jossain, ei varavoimakoneella ole edellytyksiä toimia kunnolla. Tutkimuksissa on havaittu jäähdytysjärjestelmän olevan suurin yksittäinen vikatilanteiden aiheuttaja. [15.]

6 UPS-JÄRJESTELMÄ

UPS-laitteella (Uninterruptible Power Supply) tarkoitetaan staattista, tehoelektronikan laitetta, joka akkujensa turvin takaa katkottoman sähkösyötön kriittiselle kuormalle. UPS-laitteelle voidaan asettaa kaksi päätehtävää: parantaa verkkosähkön laatu ko. kuormitukselle riittäväksi ja antaa kaksi sähkönsyöttölinjaa, pääsyöttölinja ja varasyöttölinja eli ohituslinja. Varasyöttö linjaa käytetään, mikäli pääsyöttölinja on poikki, esim. UPS-laite on rikki, jolloin sähkönsyöttö siirtyy staattiselle ohitukselle. Kaikissa UPS:eissa on toiminnallisina kokonaisuuksina tasasuuntaus/varaus, akusto ja vaihtosuuntaus, sekä siinä tulisi olla staattinen ohituskytkin. Tämän lisäksi voi olla vakiona tai optiona mekaaninen, käsin ohjattava huolto-ohituskytkin. Myös UPS:in ohjaus- ja valvontajärjestelmät muodostavat oman toiminnallisen kokonaisuutensa. [2.]

Tasasuuntaaja on toteutettu diodeilla ja tyristoreilla, ja uusimmissa UPS:eissa transistoreilla. Tasasuuntaajan tärkeimmät ominaisuudet ovat tulojännitteen toleranssit, pieni särö verkkoon päin, tasajännitteen säädettävyys ja tarkkuus, pehmyt käynnistys, suojaukset ja vikadiagnostiikka. Vaihtosuuntaussilta tehdään nykyisin pääasiassa transistoreilla. Vaihtosuuntaajat tekevät lähtöjännitteen PWM- eli pulssinleveys modulaatio-tekniikalla taajuuden ollessa 2-10 kHz. Sillan lisäksi vaihtosuuntaajaan kuuluu suotimet, muuntaja, sekä ohjaus- ja säätöpiirit. Vaihtosuuntaajan tärkeimmät ominaisuudet ovat lähtöjännitteen dynaaminen ja staattinen pysyvyys, ylikuormitettavuus, vinokuormitettavuus, hyötysuhde, suojaukset ja vikadiagnostiikka. [2.]

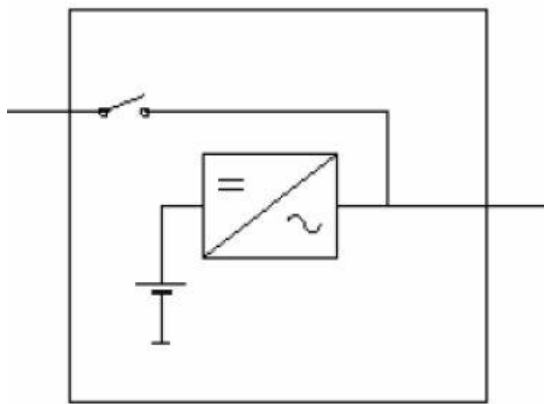
6.1 Ups:ien päätyypit

Ups-laitteita on kolmea eri päätyyppiä, jotka ovat:

- off-line UPS
- line-interaktiivinen UPS
- on-line UPS.

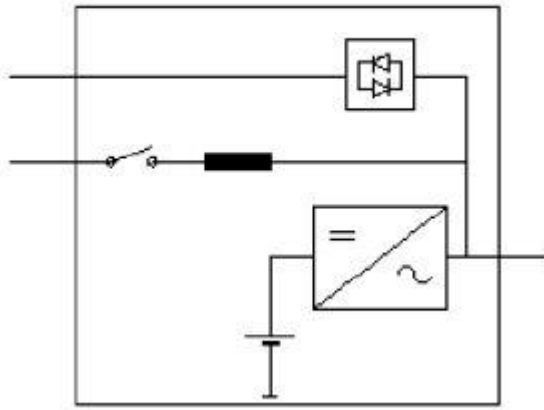
Off-line UPS:it ovat yleensä käytössä pienemmissä kohteissa, joissa tehontarve ei ole suuri ja halutaan syöttää vain tiettyjä laitteita sähköhäiriön sattuessa. UPS:eissa on

myös verkkojännitteen suodatus ja/tai ylijännitesuoja. Akku tai akusto on koko ajan varauksessa, mutta vaihtosuuntaaja ei syötä kuormaa. Jos automatiikka tai elektroniikka huomaa verkkojännitteen häiriön, vaihtosuuntaaja käynnistyy ja rele kytkee kuorman UPS:in akkusyötölle. Kytkeä tapahtuu 2-20 millisekunnissa UPS-tyypistä riippuen. Verkon palauduttua UPS-laitteisto havaitsee tämän, tahdistaa itsensä syöttöverkon taajuuteen ja syöttää yhtä aikaa kuormaa tietyn ajan. Off-line UPS:it ovat pieniä ja edullisia laitteita, mutta niiden huono verkkojännitteen suodatus ja lyhyt varakäyntiaika ovat heikkouksia. Ylläpitokustannukset ovat alhaiset johtuen akkujen pienestä lataustehontarpeesta sekä invertterin ollessa päällä vain syöttöverkon häiriön aikana.



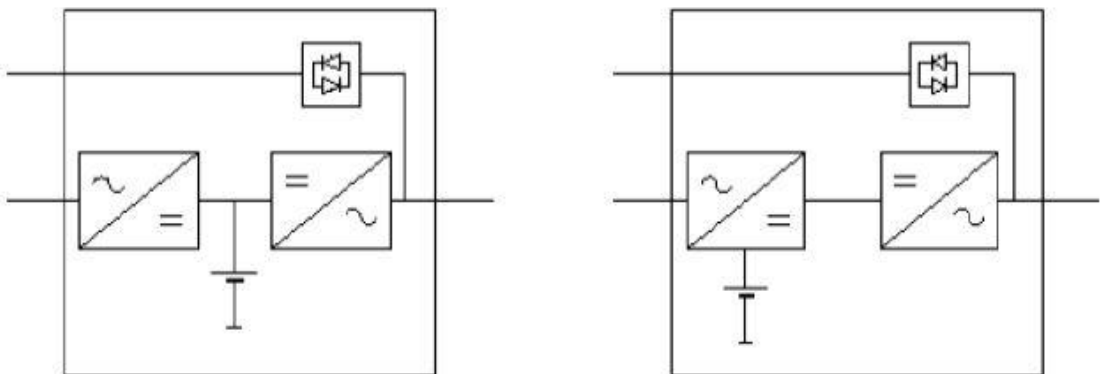
KUVA 5. Off-line UPS

Line-interaktiivinen Ups poikkeaa off-line UPS:sta siinä, että kuorman tarvitsema tehontarve ei katkea missään vaiheessa. Syöttö tapahtuu koko ajan niin kutsutun invertteri/konvertterin kautta. Tässä muokauspiirissä on sisään rakennettu syötön valinta kytkin, akunlataaja ja invertteri. Normaalisyötössä akkulaturi lataa akkua ja sähköä syötetään invertterin kautta suoraan kuormalle. Käytännössä vaihtosuuntaaja on koko ajan päällä verkon rinnalla, mutta ei muodosta lähtöjännitettä. Normaalisyötön katkettua, invertteri reagoi tähän ja kääntää syötön akuille. Tällä ratkaisulla on turvattu kriittisen kuorman nopeampi vaste syöttöhäiriössä, toisin kuin off-line UPS:lla. Invertteri/konvertteri on sovitettu piiriin siten, että se rajoittaa piikkejä ja tasaa jännitettä. Siinä on myös suodatus, joka tasaa heilahtelevaa kuormalle syötettävää jännitettä sekä jännitteen pudotuksia. Line-interaktiivisia UPS:eja käytetään yleensä kotona tai toimistoissa niiden tehojen ollessa noin 3 kVA asti.



KUVA 6. Line interactive UPS

On-line-UPS eli kaksoismuunnos-UPS. Kaksoismuunnos-tekniikassa kaikki kuormalle syötettävä vaihtosähkö tasa- ja vaihtosuunnataan, eli kaikki teho kulkee suuntaajien läpi. On-line-UPS:eja käytetään paikoissa, joissa sähkönsyöttö ei saa keskeytyä hetkeksikään. Myös kohteet, joissa verkon jännite pitää pysyä tasaisena, on suositeltavaa käyttää kyseistä laitetta, koska se tasaa verkkojännitteen heilumiset ja jännitekuopat. Akusto on koko ajan varattu, eli syöttöhäiriön ilmettyä tehon syöttö jatkuu katkeamatta akuston kautta. Vaikka UPS:ia syötetään koko ajan suuntaajien kautta, on siinä oltava ohituskytkin. Esimerkiksi ylikuormitus- tai invertterin vikatilanteessa syöttö kääntyy staattisen ohituksen kautta verkkosyötölle. On-line-UPS:in etuina mainittakoon hyvälaatuinen lähtöjännitteen suodatus sekä sen ohjaus. On-line-UPS:ien valmistus on kalliimpaa, koska suunnittelussa täytyy ottaa huomioon sen ympärivuorokautinen käyttö, suuremmat tehot sekä komponenttien laadukkuus. Haittoina voidaan mainita harmonisten yliaaltojen muodostuminen tuloverkkoon ja tehohäviöt, koska konvertointi vaatii energiaa. On-line-UPS:eja käytetään paljon tietokoneiden tärkeään dataan liittyvissä paikoissa ja teollisuudessa.

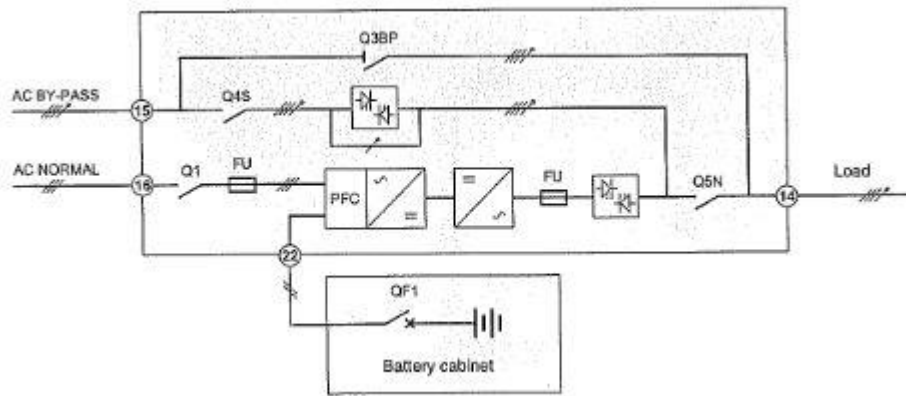


KUVA 7. Online-UPS

Kaksoismuunnos-On-line-tekniikasta on kehitetty myös yksimuunnostekniikalla toteutettu UPS. Siinä vaihtosuuntaaja muodostaa lähtöjännitteen, mutta ei kuorman tarvitsemaa pätötehoa. Syöttöverkon teho siirretään periaatteessa suoraan kuormaan. Syöttöhäiriön ilmetessä se käyttäytyy kuitenkin samalla tavalla kuin kaksimuunnostekniikalla toteutettu, eli syöttää lävitseen tarvittavan tehon. Tämä versio säästää tehoa, eikä aiheuta syöttöverkkoon yliaaltoja.

6.2 Ohituskytkimet

UPS:eissa on mekaanisia sekä staattisia huolto- ja ohituskytkimiä. Normaalitilassa jännitesyöttö kulkee suuntaajien läpi ja kuvassa kahdeksan näkyvä, tehokerroin muokkaajan läpi. PFC:ksi kutsuttu tehokertoimen korjaajan tarkoitus on vähentää sähkönjakelussa tapahtuvia tehohäviöitä. Niitä on kahdenlaisia, aktiivisia ja passiivisia. Aktiivinen on suositumpi käytettäväksi, koska sillä on oma piirinsä, joka parantaa ja mahdollistaa tehokertoimen erittäin korkeaksi. Se vähentää merkittävästi yliaaltoja, korjaa tulojännitettä ja pystyy täysin säätämään lähtöjännitettä. [4.] Vaihtojännitesyötön pystyy kääntämään ohitukselle, jolloin suuntaajat voi tarvittaessa ohittaa. Normaalitilanteessa myös ohituspiirissä on jännite päällä, joka tulee Q4S linjan staattiselle kytkimelle asti. Kuvassa ylimmäisenä oleva kytkin Q3BP on ohituskytkin, jolla pystyy ohittamaan koko laitteiston. Se ei kuitenkaan tee UPS:ia täysin jännitteettömäksi, vaan siihen on oma erotusohjeistus. Huoltotoimenpiteissä kyseinen Q3BP on virtatie, jolloin päästään tekemään rajattuja töitä UPS:ille. Täysin jännitteettömäksi saattamisessa täytyy avata normaali-, ohitus-, ja huolto-ohitusyöttökytkimet sekä erottaa akusto, jonka jälkeen laitetta voi huoltaa vapaasti. Ohituskytkimet sijaitsevat laitteen alaosassa ja tässä mallissa niitä on neljä. Kyseiset kytkimien lyhenteet ovat yleisesti käytössä monilla UPS-laitteiden valmistajilla. MGE käyttää yli 120 kVA laitteistoissa ulkoista kuormansyötön ohituskytkinkeskusta, koska virrat kasvavat suuriksi, jolloin komponentit ovat suuria ja tarvitsevat enemmän tilaa.



KUVA 8. Yksinkertaistettu kytkentäkuva UPS:sta

Huolto-ohituskytkentää käytetään UPS:in erottamiseen verkosta, mutta ilman, että kriittinen kuorma jää jännitteettömäksi. Jos UPS:ia syöttävä verkko vikaantuu ja staattinen ohitus ei toimi, tällöin ainoa keino on käyttää huolto-ohituskytkintä. Huoltotoimenpiteissä huolto-ohituskytkennän avulla UPS voidaan erottaa kokonaan syöttävästä verkosta ja tehdä sille tarvittavat toimenpiteet. Yleensä suositellaan kuorman siirtämistä ensin staattiselle ohitussyötölle, jonka jälkeen huolto-ohitus voidaan suorittaa. Kytkentä voidaan tehdä useilla erillisillä kytkimillä, mutta talteenotossakin käytetty juontokosketin on tähän hyvä vaihtoehto. Juontokosketin muodostaa uuden kytkennän, ennen kuin vanha kytkentä päästetään irti, eli kuormalle ei tule jännitekatkoa. Juontokosketin kytkee UPS:in lähdön ja UPS:ia syöttävän keskuksen siis yhtenäkkäisesti, mutta tämä kytkentähetki kestää vain hetken. Potentialieroa ei synny, koska syötöt ovat samassa vaihekulmassa ja näin ollen oikosulun vaaraa ei ole.

Staattinen eli elektroninen ohituskytkin on useimmiten tyrystoreilla tehty kytkin, joka ylikuormitus- ja vikatilanteissa siirtää kuorman automaattisesti ja katkotta verkkosyötölle. Automaattisen toiminnan lisäksi tulee kytkimen toimia myös käsin ohjattaessa. Jotta kuorman siirtäminen katkotta ohitukselle olisi mahdollista, on kytkimen seurattava verkkojännitettä ja oltava tahdistettuna siihen. Mekaaninen huolto-ohituskytkin voi olla UPS-laitteen sisäinen, mutta huollon kannalta parempana ratkaisuna on ulkoinen erillinen ohitus-linja. Kummassakin tapauksessa huolto-ohitus on rakennettava siten, että kuorman siirto ohitukselle voidaan tehdä katkotta. [2.]

Staattinen ohituskytkin on ohjattavissa ohjauspaneelista, josta hallitaan myös laitteen muita toimintoja. Näihin kuuluvat mittaukset, laitteen status, hälytykset, asetukset,

hallinnat ja käynnistys. Edellä mainituista päävalikoista löytyy mm. seuraavia tietoja:

- jännite, virta, tehot, taajuus, akusto
- aika merkityt tapahtumat, tilastot
- lähtöjännite, ajat, personalisointi,
- invertteri, pakko-ohjaus, synkronisointi
- käynnistys, sammutus, manuaalinen ohitus.

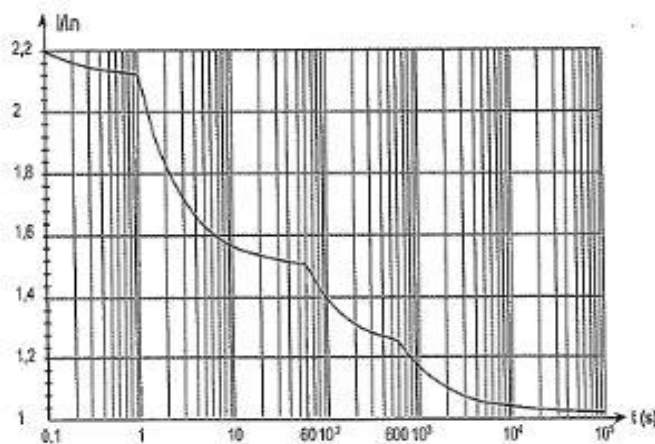
Näyttö antaa aktuaalitietoa jokaisen kytkimen tilasta ja ledit ilmoittavat mahdollisista virheistä tai vioista, joita on eri kriittisyyksiä. Ledit kertovat myös kuormansyötön ohjauksen ja operointitilan. Paneeli on helppokäyttöinen, joten toimintojen selailu ja UPS:in ohjaus onnistuu pienellä opettelulla.

6.3 Toiminta ja kuormitettavuus

UPS:in tasasuuntaaja muuttaa syötettävän vaihtojännitteen säädettäväksi tasajännitteeksi. Muutetulla tasajännitteellä syötetään invertteriä ja akkulaturia. MGE:ssä on täysin säätyvä 6-pulssisilta PFC-tasasuuntaaja sekä IGBT-moduuli, joka tekee 3-vaiheista siniaaltovaihtojännitettä. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) on jänniteohjattu transistori, jota käytetään usein taajuusmuuttajissa ja UPS:eissa. IGBT on tarkoitettu kytkinkäyttöön, koska sen ohjattavuus on helppoa, jännitehäviöt pieniä ja kytkentätaajuudet suuria. Jännitekestoisuus on suuri aukitilassa ja virtakestoisuus iso kiinnitilassa. [10.] IGBT on syrjäyttänyt vaihtosuuntaustekniikassa lähes kaikki muut puolijohdekomponentit keskitehoisissa vaihtosuuntaajissa. Paikoissa, joissa syöttöjännitteessä ilmenee usein taajuushäiriöitä ja jännitevaihteluita, IGBT-moduulin hyödyt tulevat esiin. Säätojärjestelmä käyttää lähtöjännitteen regulointiin taajuusvapaata PWM-tekniikkaa (Pulse Width Modulation). Moduloinnissa kantiaaltojen lukumäärä pysyy normaalissa siniaallossa matalalla taajuudella, mutta referenssin muuttuessa, kantiaaltojen lukumäärä kasvaa ja säätäjän on reagoitava nopeammin. Se huomioi myös kuorman tehon muutokset. Jokaisen vaiheen yksilöllinen säätäminen ohjaa IGBT:n auki- ja kiinnitilaa. Tällä ohjauksella invertterin ulostuloimpedanssi pysyy matalana, taaten korkealaatuisen lähtöjännitteen ja kokonaistehokkuuden. Matala jännitteenpoikkeamataso mahdollistaa erilaiset kuormat sisältäen lineaariset, kapasitiiviset ja epälineaariset kuormat. Käyttäjä voi asettaa invertterin taajuusvaihtelu nopeuden 1 tai 2 Hz sekunnissa, joka suojaa herkkiä

kuormia nopeilta taajuuden vaihteluilta syöttöjänniteohituksessa, kunhan invertterin lähdön taajuus on synkronoitu. Sallittu syöttöjännitteen taajuus saa olla normaalista hyvinkin poikkeava, sekä sisääntulovirran harmoninen kokonaissärö on erittäin pieni, alle 3 %. Liitteessä kaksi on talteenotossa käytettävät MGE Galaxy 5000 tekniset tiedot. [9.]

Talteenoton UPS:it ovat tyypiltään MGE Galaxy 5000, ja ne ovat Eatonin valmistamia. MGE valmistaa integroituja järjestelmiä, joissa akusto voidaan liittää suoraa ohjauskeskuksen kanssa rinnakkain ja akuston kapasiteettia voidaan kasvattaa melko vapaasti. Talteenotossa on käytössä kuitenkin erillinen akusto, joka on sijoitettu ohjausyksikön alapuolella sijaitsevaan kaapelihyllytilaan. Soodakattilalla sijaitsevat kaksi UPS:ia sekä turbiinisalin sähkötilassa oleva UPS ovat jokainen teholtaan 80 kVA. Tämä tarkoittaa n. 65 kW pätötehoa tehokertoimesta riippuen. UPS:in ottama nimellisvirta verkosta on 115 A. UPS:ia saa ylikuormittaa kymmenen minuutin aikana 1,25-kertaisesti, jolloin virta on 145 A. Kuvassa yhdeksän näkyy myös yhden minuutin aikana sallittu ylikuormitus, joka on 174 A. Tämä kapasiteetti on riittävä selvittämään suurin osa ylikuormituksista. Jos UPS:ia kuitenkin ylikuormitetaan, invertteri sammuttaa itsensä komponenttien ylikuumenemisen estämiseksi ja siirtyy staattiselle ohitukselle. UPS:in tehonsyöttö kuormalle riippuu myös sisääntulojännitteestä, täydellä kuormalla jännitteen täytyy olla yli 340 V ja 70 % kuormalla jännite täytyy olla vähintään 250 V maksimijännitteen ollessa 470 V. UPS:in tehokkuus on hyvällä tasolla, koska siinä on korkealuokkainen ulostulosuodatin ja IGBT-moduuli, eikä siinä ei ole sisäistä muuntajaa. Yli 25 % kuormalla tehokerroin on 0,92 ja nousee 0,94:ään täydelle kuormalle mentäessä. [9.]



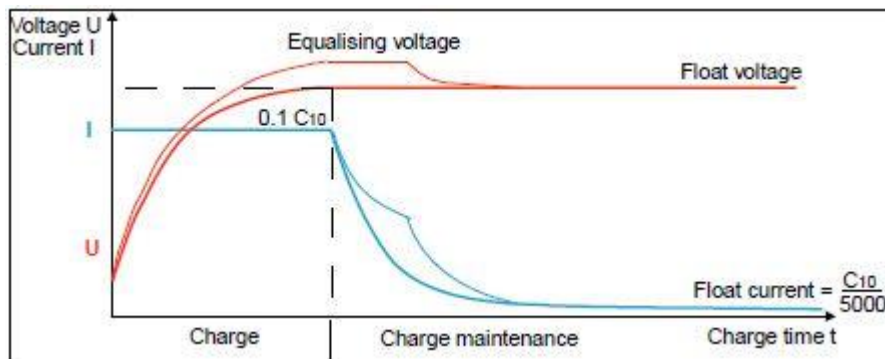
KUVA 9. UPS:in sallittu ylikuormitettavuus ajan funktiona

6.4 Akusto

Syöttöjännitteen katketessa tai sen arvojen poiketessa asetelluista toleransseista UPS katkaisee automaattisesti tasasuuntaajan ja syöttää invertteriä rinnan kytketyllä akustolla. Akuston ja laturin välinen yhteys katkeaa myös samanaikaisesti. UPS:in akustot ovat sijoitettu soodakattilalla alakerrassa olevaan kaapelitilaan, jossa niille on varattu omat paikat. Tällä ratkaisulla on säästetty tilan käytössä, mutta toisaalta akustolle rakennettu teline ja ryhmäkeskus tuovat kustannuksia. Kummallekin UPS:lle, eli järjestelmä- ja moottoriventtiili-UPS:lle on omat akustonsa, koska ne ovat erilliset järjestelmät. Turbiinialissa sijaitseva UPS on akustoltaan samanlainen, ja se on sijoitettu myös kaapelitilaan. Yhden UPS:in syöttöjännite akustolta on noin 420 V ja akkuja on yhteensä 32 kappaletta. Akustolla on oma keskus, jossa on kytkin, sekä maasulkua valvova mittaus, joka laukaisee mahdollisesta viasta. Akut ovat suljettuja lyijyakkuja eli ne ovat melko huoltovapaita. MGE UPS:eihin on saatavissa ohjausyksikössä itsessään oleva akustokytkin, mutta talteenotossa olevat laitteet ovat ilman kytkimiä. Huoltotilanteessa täytyy käydä kaapelitilassa avaamassa kyseinen kytkin akuston ryhmäkeskuksesta, jos halutaan erottaa järjestelmä akkuvirrasta. UPS voidaan varustaa myös integroidulla sisäisellä akulla, jolla saadaan lyhytkestoinen varakäyntiaika, mikäli erillinen akusto ei toimi, mutta tämä tuo huomattavasti painoa laitteelle. UPS antaa hälytyksen akustovalvonnan ollessa päällä, jos varakäyntiaika uhkaa pudota alle 40 %. Talteenoton UPS:eissa on alijännitelaukaisu, eli akuston menettäessä jännite asetellun rajan alle katkaisija aukeaa. Akustoille tehdään noin kerran vuodessa revisiion ajankohdasta riippuen kuormituskokeet.

Laturia syöttää PFC tasasuuntaajan 800 V tasajännitekiskosto. Se syöttää joko akuston laturia tai ylläpitojännitettä. Ylläpitolataus on kaksivaiheinen, eli se voi olla latausvaiheessa tai pelkästään ylläpidossa. Akustojännitteen ollessa alhainen, laturi syöttää tasaista, suurta latausvirtaa. Jännite nousee melko jyrkästi tiettyyn rajapisteeseen asti, jonka jälkeen latausvirta tippuu. Jännite pidetään tiettyssä arvossa hieman yliladaten, laturin syöttäessä jatkuvaa pientä ylläpitovirtaa akustoon. Laturi on mitoitettu korkealuokkaisille akuille ja lyhyille latausajoille. 10 minuutin varakäynti aikaan tarvitaan 11 tunnin lataus, ja neljän tunnin varakäynti saavutetaan alle vuorokauden latauksella. Latausjärjestelmässä on erillinen piiri, joka vahtii jännitettä ja virtaa. Jos jännitteen vakavointipiiri hajoaa, valvonta huomaa tämän ja sammuttaa laturin ylilatauksen estämiseksi. Akuston kuntoa valvoo UPS:ssa oleva Digibat-

valvontajärjestelmä, joka hyödyntää siihen syötettyjä parametreja. Parametreihin kuuluu kuormaan syötettävä teho, lämpötila, akustotyyppi ja ikä. Järjestelmä laskee koko ajan varakäyntiaikaa, ja säättää laturin latausjännitettä sekä tulevan huollon päivämäärää. Se laskee myös varakäyntiaikana optimaalisen katkaisuhetken, kun akuston jännite tippuu arvoon, joka voi olla vahingollinen akustolle syväpurkauksen takia. Digibat voidaan varustaa kehittyneellä akunseurantajärjestelmällä, joka vaatii jokaista akkua erikseen kellon ympäri ja ennustaa niiden vikaantumisriskejä. [9.] Kuvassa 10 akuston lataus.



KUVA 10. Akuston lataus

7 VARASÄHKÖ HÄIRIÖTILANTEESSA

Sähkönjakeluhäiriössä talteenotto on suojattu prosessin turvallisemman alasajon osalta 400 V jakelulla. UPS:it ja varavoimakone toimivat 400 V vaihtojännitejärjestelmässä, johon kuuluvat automaatiojärjestelmä, valaistus ja moottoriventtiilit, sekä tietyt yksittäiset kohteet. Talteenoton prosessin kolmivaihemoottoreita syötetään 690 V jännitteellä, joten ne kaikki pysähtyvät sähkönsyöttöhäiriössä. Talteenotossa on käytössä kolme UPS-laitetta, joista soodakattilalla sijaitsee kaksi ja yksi on turbiinisalin sähkötilassa. Kattilan ja turbiinisalin UPS:eilla on kuitenkin sama tehtävä, eli syöttää automaatiojärjestelmää. Soodakattilan UPS:it eivät ole kahdennettu syöttöhäiriöiden varalta, vaan ne syöttävät kumpikin omaa keskusta. Toinen UPS varmistaa automaatiojärjestelmää, ja toinen on moottoriventtiileille. Kummatkin järjestelmä-UPS:it syöttävät jatkuvasti automaatiojärjestelmän tietokoneita ja prosessilaitteita, jotka ovat käynnin kannalta ehdottomia. Tietokoneet tarvitsevat laadukasta sähköä toimiakseen, joten syötön pitää olla täysin katkeamaton. Tässä kerron pääasiassa soodakattilan järjestelmä-UPS:sta, mutta turbiinilaitoksen järjestelmä on toiminnaltaan täysin samanlainen. Kuvassa 11 on soodakattilan UPS:it.



KUVA 11. Soodakattilan järjestelmä UPS ja moottoriventtiili UPS

7.1 Varmennettu prosessi

Talteenoton varmennetut prosessit sähkönjakelun osalta on jaettu seuraavasti:

- soodakattilalla automaatiojärjestelmän UPS ja moottoriventtiili UPS
- turbiinilaitoksella generaattori UPS
- soodakattilan varavoimakone.

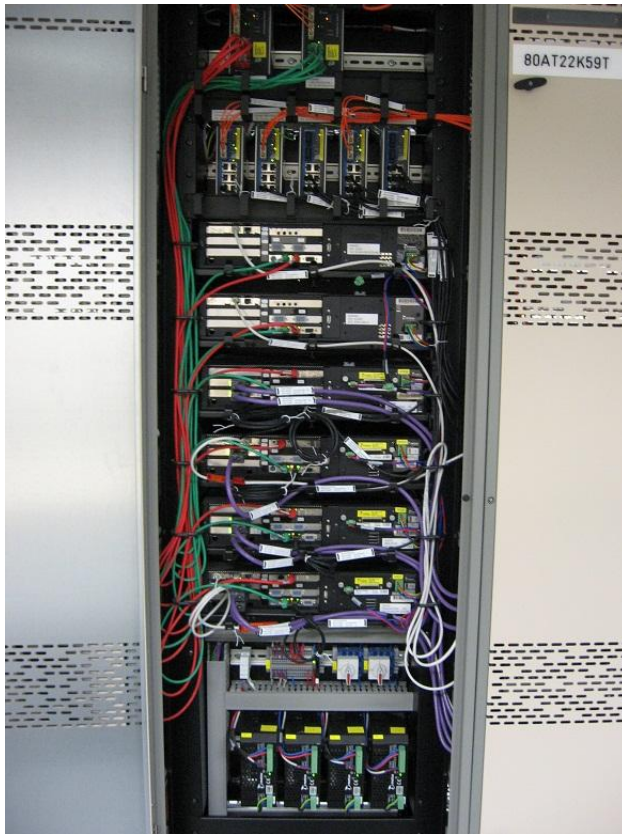
Automaatiojärjestelmä on koko prosessin toiminnan ja ohjauksen kannalta tärkein osa. Automaatiojärjestelmä valvoo koko prosessia, ja sillä voidaan tehdä tarvittavia muutoksia prosessin eri osiin, esim. yksittäisen venttiilin säätöön. Järjestelmätallassa sijaitsee järjestelmäasemia, jotka ovat koko talteenoton toiminnan keskipiste. Järjestelmään kuuluvat mm. seuraavia asemia:

- prosessiasemat / prosessin liityntäasema
- valvomoasemat / näyttöpalvelinasemat
- serveri / OPC / OPC client eli dataväylä
- hälytysasemat/kenttälaitehallinta-asema
- backup-asema / EAS:it eli operointiasemat
- diagnostiikka-asema.

Prosessiasemien tehtävänä on liittää järjestelmä ohjattavaan prosessiin ja huolehtia itsenäisesti prosessin säätö- ja ohjaustehtävistä. Sen lisäksi prosessiasemat välittävät prosessitiedot järjestelmän muille asemille ja käyttäjille sekä vastaavasti saavat muilta asemilta ja käyttäjiltä asetusarvot ja muut prosessin toimintaa koskevat ohjaukset. Perustoimintojen lisäksi prosessiasema yleensä kykenee huolehtimaan ryhmälähdöistä, sekvensseistä, resepteistä, historiatietojen keruusta trendinäyttöjä varten sekä monimutkaisia laskutoimituksia, joita tarvitaan ylemmän tason ohjaustehtäviin. Myös perusprosessinohjaus ja -toiminnot, kuten esim. logiikkaoperaatiot, moottorien ja säätölaitteiden ohjaus voidaan kytkeä prosessiasemaan. [12.]

Prosessiaseman toiminnot perustuvat yleensä sovellus- tai toimilohkoista. Lohkojen tulotiedot ovat tyypillisimmillään prosessin tilaa kuvaavia mittaustietoja, joita luetaan prosessiasemien liitäntäkorteilta. Tulotiedoista asema laskee lohkon sisältyvien kaavojen mukaisesti lähtöarvot, jotka menevät joko toisten lohkojen tulotiedoiksi tai lähtökorttien ohjausarvoksi. Prosessiasemat liittyvät tavallisesti prosessiväyliin, jotka yhdistävät prosessiasemat valvomoasemiin. [12.] Prosessiasemat liittyvät talteenotossa suoraan asemille sijoitetuilla prosessiliitäntäkorttien kautta. Prosessiasema syöttää I/O-kaappia, josta tieto lähtee kenttäkoteloille.

Näitä varmistettuja prosessiasemia on talteenotossa kaikkiaan kymmenen, eli jokaiselle alueelle on vähintään yksi, joista soodakattilalla on kolme. Järjestelmään kuuluu myös ylläpitoasema, johon ladataan muutoksia erillisiltä koneilta. Erillisillä tietokoneilla eli EAS:eilla voidaan muuttaa esim. automaatiopiirin sekvenssin tiettyä osaa. Tällaisia muutoksia ovat esim. ohjelmalliset muutokset, jossa sekvenssin osan aikaa suurennetaan tai pienennetään. EAS:ilta siirretään ohjelma ylläpitoasemalle, jonka jälkeen ne ajetaan prosessiasemille. Prosessiasema on hyvä päivittää tapahtuman jälkeen, jotta muutokset tulisivat varmuudella voimaan.



KUVA 12. Järjestelmäkaapin tietokoneet ja niiden virtalähteet

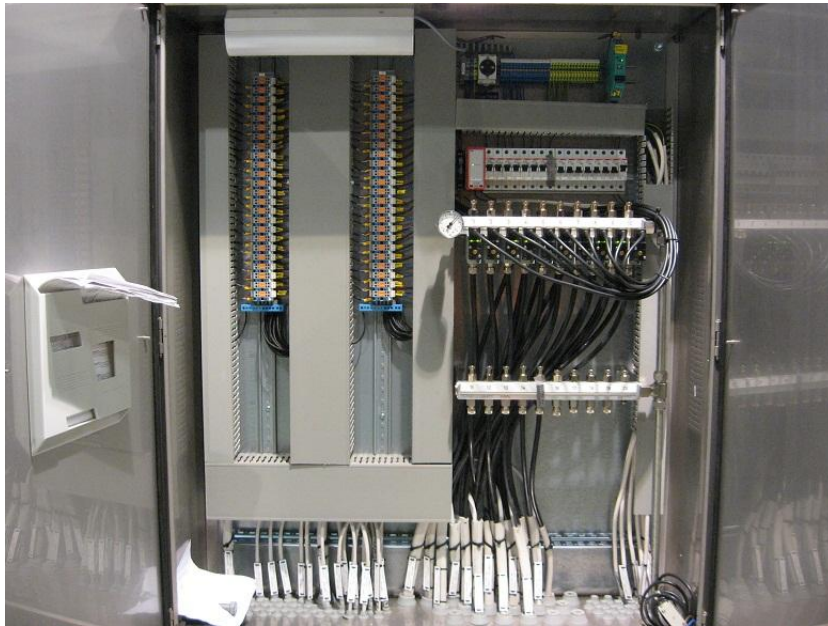
Prosessiasemat ovat sijoitettu omiin kaappeihinsa, joissa on niiden virtalähteet. Virtalähteet saavat 230 V syöttönsä järjestelmä-UPS:lta. Virtalähde muuttaa syötön tietokoneille sopivaksi 24 V tasajännitteeksi. Virtalähteitä on jokaisessa kaapissa kuusi kappaletta. Kuva 12 on prosessiasemista ja virtalähteistä. Virtalähteet on mitoitettu siten, että neljä niistä voi vikaantua, ilman että järjestelmätietokoneet sammuvat. Järjestelmäkoneita voi olla kaapista riippuen yhdestä kuuteen. Järjestelmätietokoneet on jaettu prosessien mukaan ja ne sijaitsevat koneellisesti jäähdytetyssä ohjelmointitilassa. Järjestelmä-UPS:in lähdöt ovat tulppasulakkeita, koska niiden varmuus on parempi kuin automaattisulakkeilla. Automaattisulakkeet ovat herkempiä ja ne saattavat tehdä vahinkolaukaisuja. Normaalin syötön katketessa automaatiojärjestelmä jatkaa toimintaa katkottomasti saaden sähkönsä UPS:in akustolta. Kun keskuksessa 71H1 häviää sähkö, varavoimakone käynnistyy ja alkaa syöttämään UPS:ia syöttävää keskusta 71H102. UPS saa normaalisyötön juuri tämän keskuksen lähdöstä, eli varavoimakone alkaa myös ladata UPS-järjestelmän akkuja. I/O-kaapeissa on myös omat akkunsä IPS-virtalähteille, eli ne pystyvät syöttämään tai vastaanottamaan tietyn ajan milliampeeriviestiä tai digitaalilähtöä.

Soodakattilan järjestelmä UPS:in varakäyntiaika on hieman alle 100 minuttia kuorman ollessa noin 4 kVA / vaihe. Moottoriventtiili-UPS:lla varakäyntiaika on pidempi, koska venttiileitä ajetaan vain tietyillä hetkillä, kiinni tai auki asentoon. Moottoriventtiili ei ota tehoa ollenkaan UPS:lta, ellei sitä ajeta. Moottoriventtiilit ovat melko pienitehoisia, muutamien kilowattien luokkaa. Tällaisia kolmivaihesyöttöisiä moottoriventtiileitä ovat AUMA-venttiilit, joita käytetään suurissa vesi-, höyry- tai savukaasulinjoissa. Esim. höyrylinjan venttiili tarvitsee suuren voiman kiinniasentoon mennessään. AUMA-venttiilin oikosulkumoottori on kytketty vaihteistoon, jonka voima välitetään itse venttiili osalle. Moottorit omaavat huomattavan suuren aukaisu- ja kiinnimomentin niiden tehoon nähden. Yleensä venttiilivalmistaja antaa momenttiarvot, johon venttiili säädetään, mutta venttiilin kuluessa voidaan momenttia muuttaa myös käsin siinä olevasta momenttisäädöstä. AUMA:n ohjauksessa on matka- ja momenttiraja eli sille ajetaan tietty matka käyttöönotossa. Jos momenttiraja ei pysäytä moottoria auki- tai kiinniajossa, matkaraja pysäyttää sen viimeistään ja toisinpäin. Järjestelmä saa analogiatiedon moottoriventtiilin asentomittauksesta.

Automaatiojärjestelmään kuuluvat olennaisena osana kenttä- ja ohjauskotelot. Ohjauskoteloa käytetään usein yksittäisten laitteiden syöttöön ja ohjaukseen. Kenttäkotelo on kenttälaitteiden ohjaukseen tarkoitettu kytKentäkotelo, johon tulee aina paineilma- ja sähkösyöttö sekä instrumentointisähkö. Kenttäkotelossa voi olla myös erillinen jännitelähde sellaiselle laitteelle, jota järjestelmä ei pysty syöttämään. Tällaisena mainittakoon kuormapoltintason kaasunilmaisin. Paineilmaa käytetään lähes aina prosessiteollisuudessa. Yhtenä esimerkkinä paineilman käytölle mainittakoon paineilmaventtiili, joka voi olla säätö- tai on-off-venttiili. Säätöventtiili saa ohjauksen järjestelmästä, jolloin asennoitin määrää venttiilille menevän ilmamäärän. Asennoitin liikuttaa toimilaitetta, joka välittää voiman itse venttiilille.

Nykyään kenttälaitteet saavat melkein aina oman toimintasähkösä järjestelmästä. Aktiivinen kortti syöttää 4-20 mA analogisen virtaviestin kenttälaitteelle, jännitteen ollessa 24 V. Milliampeeriviesti ei häiriinny kovin helposti, se antaa käyttösähkön laitteelle ja sitä käytetään venttiilien säätöön, vahvistimissa ja erilaisissa mittauksissa. Jotkin laitteet tarvitsevat kuitenkin ulkoisen apujännitteen ja niiden järjestelmä kortti tällöin passiivinen eli kortti ei syötä kenttälaitteen tarvitsemaa sähköä. Apujännitteellä syötettäviä laitteita on magneettiset virtaus- ja massamäärämittarit, sekä säteilijät. Apusähköä syötetään kenttäkotelosta 230 V jännitteellä ja lähdöt ovat pienivirtaisilla

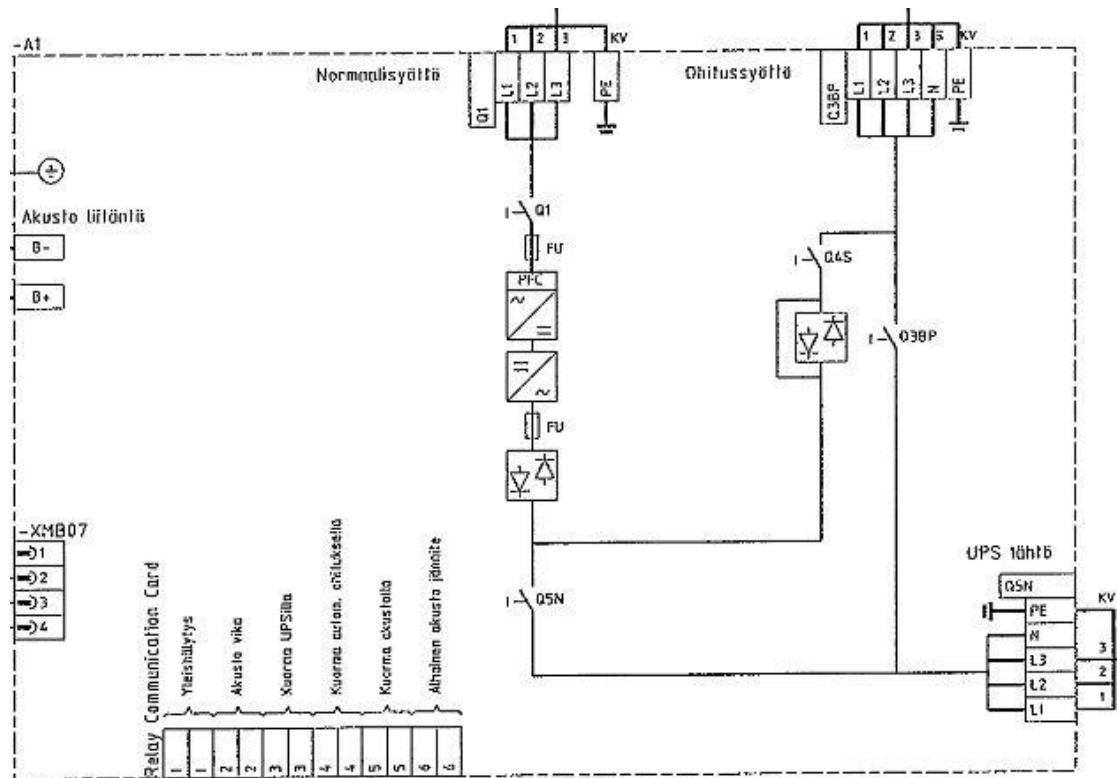
automaattisulakkeilla suojattuja. Kenttä- ja ohjauskoteloita syötetään järjestelmä UPS:lta 3x6S mmj:llä ja sulakkeena toimii 16 A tulppasulake. Kuva 13 on kenttäkotelosta.



KUVA 13. Kenttäkotelo 513

7.2 Varasähkösyöttö

Soodakattilan UPS:it saavat normaalisyötössä vaihtojännitteen keskukselta 71H102. Normaalisyötössä jännite kulkee UPS:in tasa- ja vaihtosuuntaajien läpi. Kun keskukselta 71H102 häviää sähköt eli normaalisyöttö pettää, UPS kääntyy varasähkösyötölle ja alkaa syöttää kuormaa akustolta. Varasähkösyötössä virtatienä toimii edelleen kuvassa 14 näkyvä Q5N, mutta kuorman tarvitseman tehon se saa nyt akustolta. UPS:in vikaantuessa, syöttö siirtyy staattisen ohituksen kautta ohitusyötölle. Ylikuormitustilanteessa vanhemmat UPS-mallit siirtyivät heti ylikuorman havaittuaan staattiselle ohitukselle. [13.] Nykyään UPS:in vaihtosuuntaaja yrittää syöttää kuormaa mahdollisimman kauan, ylikuormitettavuus taulukon mukaisesti, jonka jälkeen se siirtyy staattisen kytkimen avulla staattiselle ohitukselle. Ohitusyötössä voidaan käyttää staattista ohitusta Q4S, tai kiinteän linjan huolto-ohitusta Q3BP virtatienä. Staattinen kytkin on aina automaattinen, mutta sen pitää olla myös manuaalisesti operoitavissa, huoltotoimenpiteitä varten. Ohitusyöttö liittyy UPS:n omiin virtateihin, jota ei pidä sekoittaa huolto-ohitukseen.



KUVA 14. Normaali- ja ohitusyöttö

Soodakattilalla staattisen ohitusyötön vaihtojännitesyöttö tulee nykyään keskuksista 71H1. Ohitusyöttö tuli ennen samasta keskuksista kuin normaalisyöttö, mutta se ei ollut järkevästi suunniteltu. Muutos tehtiin, koska 71H102 keskuksen vikaantuessa tai syöttöhäiriössä staattinen ohitusyöttökään ei toiminut. Keskuksen jännitteettömäksi saattaminen huolto- sekä muutostoimenpiteissä oli hankalaa, koska UPS:ien kummatkin syötöt tulivat kyseisestä keskuksista. Muutos tehtiin kumpaankin soodakattilan UPS:iin, eli järjestelmä- ja moottoriventtiili-UPS:iin. Turbiinilaitoksella tehtiin myös samanlainen muutostyö, koska se oli kytketty samalla periaatteella kuin soodakattilalla. Muutostöissä on muistettava kuorman syötön varmistamattomuus, koska akusto sekä tasa- ja vaihtosuuntaaja on poiskytkettyjä. Muutostyöt tehdään useimmiten reviisiossa, kun prosessi on ajettu alas. Liitteessä seitsemän on esitetty puhtaaksi piirtämätön pääkaavio UPS:in syötöistä, joissa keltaisella merkitty tämänhetkiset, muutetut staattiset ohitusyötöt. Ennen soodakattilan UPS:ien ohitusyötöt tulivat keskuksen 71H102-1 kentästä. UPS-laitteistot syöttävät varmistettuja alakeskuksia $4 \times 70 + 35 \text{ mm}^2$ kuparikaapeleilla. 71H102 dieselvarmistettu keskus on pääosin sulku- ja ohitusventtiileille. 71H102 toisen puolen keskuslähdöt ovat kaikki nuohoushöyrylaitteistolle, joka nuohoo kattilan tulistinputkia.

Syöttöjännitteen katketessa keskuksista 71H1 varavoimakoneen automatiikka saa ohjaustiedon ja antaa sille käynnistyskäskyn. Varavoimakoneen käynnistyttyä ja nopeuden/taajuuden saavutettuaan syöttökatkaisija sulkeutuu. Generaattori alkaa syöttämään soodakattilan keskusta 71H102, jonka syöttö on toteutettu neljällä $4 \times 300 + 88 \text{ mm}^2$ AMCMK alumiinikaapelilla. Diesel-varmistetusta keskuksista on syöttö kaustistamon 71H1021, turbiinilaitoksen 71H1022 ja haihduttamon 71H1023 alakeskuksiin. Diesel-varmistettuihin keskuksiin kuuluu talteenotossa pääpiirteittäin eri alueiden varavalaistukset ja automaatiojärjestelmän ohjaus- ja apujännitteet. Muita yksittäisiä diesel-varmennettuja kohteita ovat meesauunin jäähdytysilmapuhallin ja savukaasun kellopelti. Soodakattilalla tällaisia ovat tulistinputkien nuohouskeskus ja kattilan tavarahissi. Turbiinilaitoksella on huoltomoduulin henkilöhissi, 40 moottoriventtiililähtöä ja turbiinin ohjauskeskus, johon kuuluu erilaiset öljypumput. Moottoriventtiilit ovat turbiinilaitoksen eri paineisten höyrylinjojen sulku- ja ohitusventtiileitä. Pienet ohitusventtiilit on tarkoitettu höyrylinjojen starttivaiheessa tapahtuvaan lämmitykseen.

Soodakattilalla ja turbiinilaitoksien kaapelitiloihin on sijoitettu akustojen läheisyyteen 400/400 V erotusmuuntajat, joiden tehtävä on erottaa galvaanisesti UPS-keskukset 71H1024 ja 71H10221 syöttöverkosta. Erotusmuuntajien tehtävä on estää UPS-jakelussa mahdollisesti esiintyvä maasulun vikavirran kulkeutuminen UPS:in syöttöverkkoon. Soodakattilan moottoriventtiili UPS:lla ei ole erotusmuuntajaa, koska UPS:in syöttämät laitteet ovat kaikki kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita.

UPS-varmistetun jakelun yksittäisistä lähdöistä voidaan mainita soodakattilalla HIMA-turva-automaatiojärjestelmä sekä turbiinilaitoksen automaatiojärjestelmän sähkönsyöttö, turbiinin hydraulisen reduktioaseman ja turbiinin kylmennetyn jäähdytysveden koneikon ohjaussähköt. HIMA seuraa automaatiojärjestelmän arvoja, joiden tiettyjen osien pitää pysyä turvallisissa rajoissa, joista esimerkkinä mainittakoon lieriön pinta. UPS-varmistetun keskuksen 71H1024 pääasiallisiin lähtöihin kuuluu kenttä- ja ohjauskotelot. Näistä muutamina poikkeuksina mainittakoon CO-analysointilaite, poistumishälytykset, syöttövesipumppu 3:sen ohjauskotelo sekä savunpoistoluukut. Syöttövesipumppu kolme on korkeapainehöyrytoiminen vesipumppu, ja UPS syöttää sen ohjauskotelon logiikkaa. Sähköhäiriössä syöttövesipumput 1 ja 2 pysähtyy, jolloin kattilan kehittämä tulistettu höyry ohjataan turbiinin ohi, suoraan Syvepumppu 3:een. Syvepumppu 3 pystyy

syöttämään vettä lieriöön tulistetun höyryn voimalla. Kattilan tulistinputket sulaisivat ilman höyryn aiheuttamaa jäähdystystä, vaikka polttoa ei tapahtuisikaan enää.

Edellisessä kappaleessa mainittua apujännitettä käytetään kenttäkoteloiden lisäksi myös muualla. Apujännitteitä on vaihtojännitejakelussa varmistamattomia sekä UPS-varmistettuja 230 V jakeluita. Lisäksi talteenotossa on käytetty 220 V tasajänniteohjauksia. Jokaisessa keskuksessa on ohjausjännitemuuntaja, joka muuntaa 400 V pienemmäksi 230 V. Tämä 230 V syötetään virtalähteelle, joka muuttaa jännitteen 24 V tasajännitteeksi. Keskuksissa on aina kaksi virtalähdettä vikaantumisriskin pienentämiseksi, joka näin ollen parantaa apujännitesyöttöjen varmuutta. Virtalähteistä toinen saa syöttönsä ohjausjännitemuuntajalta ja toista virtalähdettä syöttää järjestelmä-UPS. Virtalähteet syöttävät samaa 24 V tasajännitekiskostoa. Virtalähteitä käytetään syöttämään taajuusmuuttajien ohjausjännitettä sekä OLM-väylämoduulin syöttöön. Taajuusmuuttaja pystyy tekemään itse ohjausjännitteensä, mikäli 690 V jakelu pysyy päällä ja kummatkin 24 V virtalähteet vikaantuisivat. OLM-moduuli muodostaa väylään asetettujen Simocodejen kanssa silmukan, joihin se syöttää ja kerää tietoa käynti- ja vikatietoja moottoreilta. OLM-moduuli muuntaa sähköisen signaalin optiseksi tiedoksi, jonka se lähettää ylempään segmenttiin ja lopulta järjestelmään. Moottoripiireissä Simocodeja syötetään UPS-varmennetusta jakelusta ja moottorikontaktoreita normaalista varmentamattomasta jakelusta. Simocode syöttää myös itse 24 V lähtöä, jolla se kerää kytkin- tai keskustietoja digitaalitulona kentältä. Sähkökaavioissa jännitejakelut ovat merkitty normaalijakelulle 1L/1N ja UPS-varmistetut 2L/2N. Yllä mainitut syötöt ja kenttäkotelojen ulkoinen 24 V jännitelähdejaku on merkitty sähkökaavioihin 3L/3N tunnuksella. Liitteessä yhdeksän on esitetty tasajännite virtalähteiden syötöt.

Turbiinilaitoksella on kaksi erillistä 220 V tasajännitejakelua. Tasajännitejakelut on tehty Siemensin höyryturbiinin ohjaukseen ja 71C keskuksen 10 kV ohjauksille. Nämä 220 V jakelut ovat akkuvarmennettuja. Tasajännitejakeluun kuuluvat Thyrotronic-laturit, joka pitää huolen akustojen jännitetasosta. Kummatkin jakelut ovat diesel-varmennetun keskuksen syötön takana, samalla tavalla kuin UPS:itkin. Höyryturbiinin varmennettuun 6286G11 keskuksen kuuluu tärkeimpänä hätäöljypumppu ja magnetointikaappi. Sähköhäiriössä höyryturbiinin öljypumput pysähtyvät, mutta hätäöljypumppu käynnistyy akuston avulla. Keskuksen vieressä on normaalikäynnin aikana toimiva 71H2102 keskus, joka syöttää turbiinin pää-,

pyöritys-, kohotus-, säätö-, ja jäähdytysöljypumppuja sekä öljysumupuhallinta. Öljypumppujen syöttö on kahdennettu diesel-varmennetusta keskuksesta, akkuvarmennettu keskus saa myös syöttönsä diesel-varmennetusta, mutta ei ole kahdennettu. Toinen tasajännitekeskus sijaitsee samassa sähkötilassa, ja sen tunnus on 71G1. Se saa sähkönsä 71U1 laturilta, jota syöttää 71H10222 diesel-varmennettu keskus. Keskus 71G1 syöttää talteenoton 10 kV 71C keskuksen 220 V tasajännitteisen ohjausjännitteen suojareleille ja katkaisijoiden viritysmoottoreille sekä Netcontrol sähköjakelunvalvonta- ja ohjausjärjestelmän tietokoneelle. Jokaisesta suojareleestä lähtee 12x2,5 mm² ohjauskaapeli pienjännitekeskuksien VAMP 255 ylivirtareleelle ja VAMP 221 valokaarireleelle. Talteenoton pienjännitekeskuksien katkaisijat ovat ABB SACE ilmakatkaisijoita ja 10 kV katkaisijat ABB VD4 tyhjökatkaisijoita.

Poistumishälytykset ovat punaisia merkkivaloja, joiden vilkkuessa kattilarakennuksesta pitää poistua välittömästi. Poistumishälytysvaloja ei saa sekoittaa poistumistievalaistukseen, josta kerron hieman lisää seuraavassa kappaleessa. Poistumishälytysvalojen yhteydessä voi olla myös äänitorvi, jota käytetään paikoissa, joissa visuaalinen yhteys ei mahdollisesti toimi. Poistumishälytyksen johdotuskaaviossa on esitetty valojen paikat kerroksittain, metriä maanpinnasta tasolla. Poistumishälytysten kaapeloinnit ovat normaalilla mmj:llä asennettu, mutta savunpoistoluukkujen kaapelit ovat palonkestävää FRHF:ää.

Järjestelmä UPS:iin kuuluu myös erillinen keskus 71H10210, joka sijaitsee fyysisesti keskuksen 71H1024 vieressä. Tämä keskus syöttää talteenoton palohälytyslaitteistoa. Keskukselta lähtee syöttö Micra-näytteenottoyksiköille, jotka valvovat mahdollista tulipaloa tutkimalla huoneilmanlaatua. Ilmoituksia on kolmea eri luokkaa: palo-, ennakko- ja savuvaroitushuoltoilmoitus. Tilat on jaettu paloryhmäräjoihin, ja jokaisessa erikseen nimetyssä ryhmässä on oma näytteenottoyksikkö. Näyteyksikkö imee koko ajan ilmaa sisäänsä ja antaa ilmoituksen, mikäli ilma sisältää palokaasuja. Hälytys annetaan, jos ennalta asetettu raja ylitetään palokaasun pitoisuudessa. Jokaisessa tilassa on myös paloilmoin-painike, joka laukaisee hälytyksen.

7.3 Turvavalaistus

Talteenoton turvavalaistus voidaan jakaa kolmeen osaan, varavalaistukseen, turvavalaistukseen sekä poistumistievalaistukseen. Talteenotossa sähkönjakelun syöttöhäiriön ilmetessä varavoimakone lähtee käyntiin, jolloin pienen viiveen kuluttua varavalaistus syttyy. Varavalaistuksessa on tietty määrä valaisimia tärkeillä tai vaarallisilla paikoilla, ja niiden sijoittelupaikat rakennuksessa on tarkoin suunniteltu. Varavalaistuksessa pystyy turvallisesti liikkumaan ja poistumaan talteenoton eri osastoilta, mutta prosessiin liittyvät huoltotoimenpiteet sekä muu toiminta hankaloituu. Ryhmään kuuluvat valaisimet eivät valaise normaalissa sähkönjakelutilanteessa, vaan toimivat pelkästään häiriötilanteessa eli varavoimasyötössä. Varavalot ovat loisteputkivalaisimia ja saavat syötön diesel-varmennetusta keskukselta 71H102.

Talteenotossa on yhteensä 16 turvavalaistuskeskusta. Eri osastoilla on yleensä kaksi keskusta, joista turvalot ja opastevalot saavat syöttönsä. Poikkeuksena mainittakoon savupiipun keskus, jossa on vain yksi turva- ja opastevalokeskus. Savupiippu on n. 130 m korkea, ja sen sisällä sijaitsee hoitotasoja eri korkeuksissa. Sähköhäiriössä, jossa varavoimakonekaan ei toimi, hoitotasojen turvalot ja piipun lentoestevalot ovat akkusyötön perässä. Soodakattilalla sijaitsee kerroksessa 11, kolme kenttäkotelo, joiden sisällä on turva- ja opastevalaisin keskuksia. Kenttäkotelot ovat pölysuojattuja, ja niissä on jäähdytys, koska kattilarakennuksen lämpötila on normaalia kuumempi. Kerros 11 on noin 50 metriä maanpinnasta, minkä takia sinne on asennettu omat keskuksia. Esim. huoltomodulin turvavalaistusta syötetään normaalisti keskukselta 71H21041, joka on turbiinilaitoksen yksi alakeskuksista. Syöttöhäiriön ilmetessä ja varavoimakoneen käynnistyttyä huoltomodulin varavalaistuskeskus 71H10225 saa syöttönsä diesel-varmennetusta keskukselta 71H102. Tällaisia varavalaistuskeskuksia on talteenotossa kaikkiaan yhdeksän. Mikäli varavoimakone vikaantuu ja lopettaa toimintansa, vasta tämän jälkeen turvalot saavat syöttönsä omilta akuilta. Opastevalaistus on toteutettu normaaliin tapaan, eli poistumisreiteillä on valaistut kyltit, jotka ovat jatkuvasti toiminnassa.

Turvavalaistuskeskus koostuu valvontakeskuksesta, invertteristä ja akustosta. Turvavalaistuskeskuksessa on kaksi piirikorttia, jotka ohjaavat ja valvovat valaisimien toimintaa. Piirikorteista toinen on turvaloille ja toinen on opastevalaisimille.

Kortissa on jumpperilanka, joka valitaan kunkin ryhmän valaisintyyppistä riippuen eli led- vai energiansäästölamppu. Kortin pitää tietää valaisimien tyyppi valvoakseen valaisimien kuntoa virta-arvojen mukaan. Poikkeuksena tähän huoltomoduulin keskukset, joista toinen keskus on kokonaisuudessaan turvavaloille ja toinen opastevalaisimille. Keskuksen akustoon kuuluu kaksi 12 V 120 Ah akkua, jotka on kytketty sarjaan. Vikatilanteessa akustolta syötettäessä tasajännite muunnetaan vaihtojännitteeksi invertterin kautta, koska turvavalaisimia syötetään 230 V vaihtojännitteellä.

Exilightin valmistamat keskukset voidaan varustaa joko led-valoilla, energiansäästölamppuilla tai loisteputkilla. Talteenotossa on käytetty pääasiassa energiansäästölamppuja turvavaloissa ja ledejä poistumistievalaisimissa. Osa turvavaloista on toteutettu led-valaisimilla. On suositeltavaa asentaa ryhmään pelkästään jompiakumpia, led-valoja tai energiansäästölamppuja, koska järjestelmä ei todennäköisesti havaitse yhden led-valaisimen vioittumista. Keskus mittaa kunkin valaisinryhmän virtaa tietyn ajan sisällä ja vertaa sitä asetusarvoon. Jos ryhmässä on vioittuneita tai pimeitä valaisimia, keskus ilmoittaa siitä. Valvontakeskus testaa opastevalaisimet päivittäin ja tekee automaattisesti järjestelmän testauksen kuukauden välein kalibroinnista. Käyttöönoton yhteydessä tehtävä kalibrointi täytyy tehdä uudelleen, jos valaisimien määrää muutetaan, jolloin virta-arvot muuttuvat. Turvavalaistuksen kaikki sähkönsyötöt ovat palonkestävää FRHF-kaapelia. Kuvassa 15 on huoltomoduulin turva- ja opastevalaisinkeskukset, joista toisesta irrotettu suojaapelti.



KUVA 15. Turva- ja opastevalokeskus

Turvavalaistuskeskusten akkuja testataan puolen vuoden välein suorittamalla niille kuormituskoe. Kuormituskokeessa turvavalaistusta syötetään tunnin ajan akustolta ja kirjataan ylös jäännösjännite. Jännite tippuu joitakin voltteja kuormituskokeessa riippuen valaisimien tehosta, lukumäärästä ja akkujen ominaisuuksista. Talteenotossa sijaitsevien turvavalaistuskeskusten virran kulutus on akkusyötöllä n. 30–40 A ja varakäyntiaika on tunnin molemmin puolin riippuen valaisimien määrästä. Laturin maksimi latausjännite akuille on 27,2 V. Jännitteen laskiessa alle 20,5 V keskus pudottaa valaisinkuorman pois ja hälyttää alijännitetä. Keskuksen elektroniikka ei kuitenkaan kytkeydy irti akustosta, vaan toimii niin kauan kuin akuissa riittää virtaa. Tästä johtuen akut voivat syväpurkautua, jos keskus jää pitkäksi aikaa ilman latausta. Valvontakeskuksen käyttöönoton jälkeen 24 V akkujännite ei saa katketa missään vaiheessa. Jännitteen katkeaminen aiheuttaa prosessorin nollauksen, kuukausitestaustilasto menee sekaisin ja alkaa alusta sekä kalibrointitiedot häviävät.

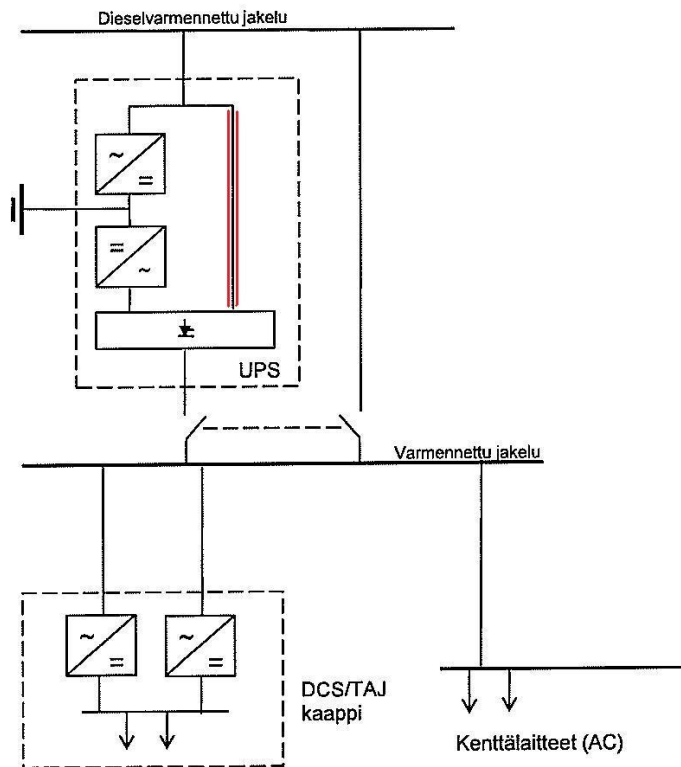
8 VARASÄHKÖJÄRJESTELMÄN PARANNUKSET

Tässä osiossa pohdin hieman varasähköjärjestelmän parannuksia sähköjakelun kannalta, siihen liittyviä erilaisia ratkaisuja ja komponentteja. Suomen

Soodakattilyhdistys ja Pöyry Oyj ovat laatineet selvityksen UPS-verkkojen luotettavuudesta, Ruotsissa sattuneesta UPS-laitteiston viasta, jossa mm. automaatiojärjestelmiltä (DCS ja TAJ) menivät sähköt. [8.] Tässä työssä halusin ottaa vertailun nykyisen tilanteen ja yhden vaihtoehdon UPS-verkon muutoksesta. Käsittelen varmennusta vain automaatiojärjestelmän (DCS) ja kenttälaitteiden osalta puuttumatta moottoriventtiili UPS:iin kokonaan.

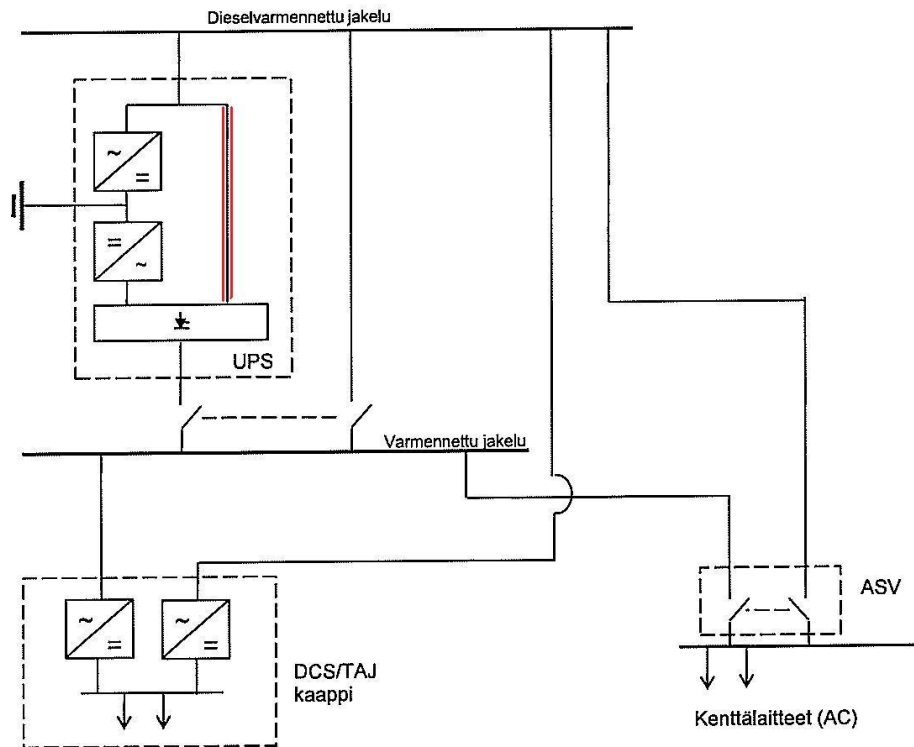
Parannuksissa kannattaa ottaa huomioon järjestelmän yksinkertaisuus. Mitä enemmän laitteita, tekniikkaa ja monimutkaisuutta, sitä enemmän tulee myös mahdollisia vikakohteita. Yksinkertaisessa toteutuksessa vikapaikkojen lukumäärä jää pienemmäksi, jolloin se saattaa joskus olla kannattavampi vaihtoehto. Paikoissa, joissa halutaan parempaa varmistusta, voitaisiin käyttää useampia UPS-laitteita rinnakkain ja näin syöttää sekä järjestelmää ja kenttälaitteita. Pääpiirteittäin ajateltuna helpoin keino olisi kahdentaa UPS-laitteistot. Talteenotossa kummallekin järjestelmä-UPS:lle, soodakattilalle sekä turbiinilaitokselle, tulisi toinen UPS rinnalle. Tällainen ratkaisu olisi suhteellisen helppo toteuttaa asennuksien ja tilankäytön kannalta, mutta kustannukset saattaisivat melko korkeat UPS:ien suuren hinnan vuoksi. Kahden UPS:in syöttämä jännite voidaan yhdistää samaan kiskostoon, josta syötettäisiin järjestelmä ja kenttälaitteet. Selvityksen mukaan kriittisin kohde on kummankin UPS:ien vaihtosuuntajat ja vikataajuus olisi 0,037 vikaa/vuosi. Toisessa vaihtoehdossa kahden UPS:in syöttämät jännitteet menisivät kumpikin omiin kiskostoihin, niistä järjestelmään ja kenttälaitteille, jolloin kriittisin kohde olisi staattinen kytkin sekä vikataajuus 0,00205 vikaa/vuosi.

Periaatekuvassa 16 on esitetty talteenoton tämän hetkinen UPS-verkko automaatiojärjestelmän osalta, jossa yksi UPS-laitteisto syöttää samasta järjestelmää ja kenttälaitteita. Huomiota kannattaa kiinnittää UPS:in staattisen ohitukseen, joka on korostettu punaisella värillä. Staattinen ohitus tuli ennen samasta keskuksessa 71H102, mutta sen syöttö muutettiin ja tulee nykyään valaistuskeskuksesta 71H1.



KUVA 16. Talteenoton UPS:in nykytilanne

Oma parannusehdotukseni koskisi periaatekuva 17. Kuva on melko samanlainen, mutta siinä on kriittisiä eroja. Automaatiojärjestelmää syöttävien virtalähteiden syöttö on toteutettu kahdella tulppasulakkeella ja nykyhetkellä ne kummatkin tulevat UPS:lta. Tässä kuvassa toinen virtalähteistä saisi syötön suoraan dieselvarmennetusta keskuksessa 71H102. Kenttälaitteiden syöttö on suunniteltu myös samalla tavalla, eli se saisi syöttönsä toista reittiä diesel-varmennetusta keskuksessa 71H102. Kenttälaitteiden syöttöön täytyisi lisätä automaattinen syötönvaihtokytkin, koska syötöt eivät koskaan saa olla päällä samaan aikaan oikosulun vuoksi. UPS-laite tekee oman jännitteensä suuntaajien avulla, jolloin sen vaihekulma on eri, kuin keskuksessa syötettävä jännite. Kuvassa on korostettu staattinen ohitus, jonka syöttö tulee nykyään valaistuskeskuksesta 71H1, joka muutettiin kesäreviision aikana. Kuvassa 17 oleva parannusehdotus muutos vaatisi vain pieniä kytkentätöitä ja komponenttien tarvittu määrä olisi myös hyvin pieni, jolloin kustannukset jäisivät alhaisiksi. Tämän toteutuksen kriittisimmät kohteet ovat laskelmien mukaan syöttökiskostosto, kontaktori ja diesel-generaattori. Vikataajuus on saman verran kuin ylhäällä mainittu kahden UPS:in toteutus, eli 0,00205 vikaa/vuosi. Vikataajuudesta otettaessa käänteisluku saadaan vikaväliksi teoriassa 487 vuotta.



KUVA 17. Talteenoton UPS-verkon parannusehdotus

9 YHTEENVETO

Sähkönjakelun varmuus on äärimmäisen tärkeää ja turvattava monissa laitoksissa. Prosessiteollisuudessa sähkönjakeluhäiriön aiheuttamat vaaratilanteet sekä taloudelliset menetykset voivat olla hyvinkin merkittäviä. Turvallinen toiminta talteenoton alueella ja kattilarakennuksessa sekä sieltä poistuminen täytyy voida tehdä turvallisesti. Osaprosessin pysäyttäminen tai koko soodakattilan alasajosta johtuvat tuotannonmenetykset aiheuttavat välittömiä vaikutuksia tehtaan toimivuuteen ja sitä kautta lopullisen tuotteen myyntiin.

Opinnäytetyö talteenoton varasähköjärjestelmästä oli erittäin mielenkiintoinen. Aloitin työn tutkimalla UPS-laitteen toimintaa, ohituskytkentöjä ja sen varmentamia laitteita. Tutustuin yleisesti Kymin sähkönjakeluun sekä erityisesti talteenoton sähkönjakeluun. Materiaalia löytyi reilusti, jonka avulla pystyi hyvin hankkimaan tietoa. Materiaalin tutkiminen oli mielenkiintoista ja opettavaista. Dokumentteja tutkiessa täytyy osata lukea johdotus- ja piirikaavioita, joka auttoi kokonaisuuden sekä toiminnan ymmärtämisestä. Johdotus- ja piirikaavioiden lukeminen ja ymmärtäminen otti ison askeleen eteenpäin omalta osaltani, koska niihin en ole aikaisemmin tutustunut.

Sähkötekniikkaan liittyvää teoriaa käsittelen vähän muuntaja-kappaleessa sekä eri UPS-laitteiden päätyyppien esittelyssä, koska halusin tähän työhön mahdollisimman paljon käytännönläheistä tietoa. Työssä selvitetään, kuinka varasähköjärjestelmä liittyy talteenoton sähkömoottoreiden käyttöön omalta osaltaan, joskin ne pysähtyvät sähköhäiriön ilmetessä.

Varasähköjärjestelmällä on merkittävä rooli automaatiojärjestelmän varmennetun syötön osalta. Tässä tutustutaan automaatiojärjestelmään kuuluviin osiin ja komponentteihin sekä niiden tehtäviin. UPS-laitteiden toimivuus ja vikaherkkyys vaikuttavat suoraan prosessiin, koska kaikki automaatiojärjestelmän käyttämä sähkö on peräisin UPS-laitteen häiriöttömästä, puhtaasta sinimuotoisesta jännitteestä. Selvitän myös apujännitteiden erilaisia syöttöjä, niiden tarkoitusta ja käyttöä kentällä. Talteenoton UPS-varmennetut jakelut eivät ole kahdennettuja, eivätkä syötä samoja laitteita, vaan ne on jaettu alueiden ja tehtävien mukaan. UPS-laitteiden akustojen kesto on rajallinen, joten sähköjakeluhäiriössä varavoimakoneen käynnistymisen varmuus tulee esille. Varavoimakone syöttää UPS-laitteita ladaten samalla niiden akustoja. Toisin kuin UPS-laitteisto, varavoimakone tarvitsee jatkuvaa koekäyttöä ja säännöllisesti tehtävää huoltoa sen varmemman toiminnan takaamiseksi.

Viimeisessä kappaleessa pohditaan varasähköjärjestelmän parannuksia ja toteutusta, mutta sen ratkaisu jää Kymin henkilöstön päätettäväksi. Työn lopputulokseen olen hyvin tyytyväinen, työ opetti paljon uusia asioita ja aikataulussa pysyttiin.

LÄHTEET

1. ABB Strömberg, Resiblock hartsimuuntajat, esite.
2. ABB TTT-käsikirja, Teknisiä tietoja ja taulukoita. ABB Oy. Vaasa. 9.painos. 2000. 92 s.
3. Aura, Lauri & Tonteri, Antti. Sähkämiehen käsikirja 2. Sähkökoneet. WSOY 1986.
4. Quiet PC Solutions.
<http://www.endpcnoise.com/cgi-bin/e/faqpfc.html>
Päivitetty 14.4.2012. Luettu 15.7.2012.
5. Fingrid Oyj.
<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>
Päivitetty 3.6.2012. Luettu 29.10.2012.
6. Fingrid Oyj.
http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelmaliitteet/Reservit/varavoimalaitosten_hankintaperiaatteet.pdf
Päivitetty 5.3.2008. Luettu 29.10.2012.
7. Energianet.fi. Kilpailuta sähkösi.
<http://www.energianet.fi/index.php?page=sahkohoolto&osa=6>
Päivitetty 25.7.2005. Luettu 18.7.2012.
8. UPS-verkkovaihtoehtojen luotettavuustarkastelu, Metso 2011.
9. MGE Galaxy 5000 Technical specification.
10. Niiranen, Jouko. Tehoelektroniikan komponentit. Yliopistokustannus/Otatieto. Helsinki. 1997.
11. Tekninen selvitys. REC08 vikavirtalaskelmat ja releasettelut. Pöyry Oyj.
12. Paperi- ja sellutekniikan oppimisympäristö KnowPap. UPM:n sisäinen materiaali. Päivitetty 12/2006. Luettu 7.8.2012.
13. Soininen, Lasse. UPS-laitteiden ohituskytkennät. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. TAMK. 2008.
14. Sähkötekniikan käsikirja, osa 1, Tammi 1975.
15. Teknologia, talous ja työelämä.
http://www.3t.fi/artikkeli/uutiset/teknologia/varasahkojarjestelmissa_paljon_puutteita. Päivitetty 10.2.2012. Luettu 4.8.2011.
16. UPM, biometsäteollisuuden edelläkävijä.

17. UPM Kymin paperi- ja sellutehdas.
<http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalit-toiminnot/Tuotantoyksikot/Pages/upm-kymi-paperi-ja-sellutehdas.aspx>
Päivitetty 2012. Luettu 9.7.2011.
18. Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö KnowPulp. UPM:n sisäinen materiaali. Päivitetty 12/2006. Luettu 7.8.2012.

MGE Galaxy 5000

UPS Rating kVA/KW (PF = 0.8)	20/16	30/24	40/32	60/48	80/64	100/80	120/96
Normal AC supply input							
Input voltage range (V)	250V to 470V 3-phase						
Inputs Mains 1 and Mains 2	Separate or common						
Frequency	50Hz / 60Hz +/- 8%						
Input Power Factor	> 0.99						
Input current total harmonic distortion (THDI)	< 3%						
Bypass system input							
Nominal input voltage	340V to 470V 3-phase + neutral						
Frequency	50Hz / 60Hz +/- 8%						
Output							
Output Voltages (V)	380V - 400V - 415V +/- 3% 3-phase + neutral						
Frequency (Hz)	50Hz / 60Hz						
Voltage Regulation	+/- 1%						
Overload	150% 1 minute, 125% 10 minutes						
Output voltage total harmonic distortion	THDU < 2%						
Max load crest factor	3.1						
Overall efficiency							
Double conversion mode	up to 94%						
Economy mode	up to 97%						
Environmental							
Storage temperature	-25°C to +45°C						
Operating temperature	up to 40°C (2)						
Operating altitude	1000 m						
Parallel-connection							
Modular	up to 6 modules						
Standards and approvals							
Performance and safety	IEC/EN 62040-1, IEC/EN 60950						
Performance and design	IEC/EN 62040-3						
Design and manufacturing	ISO 14001, ISO 9001, IEC 60146						
EMC immunity	IEC 61000-4 - 2 to 6						
EMC emissions	IEC 62040-2 C3						
Approvals	TUV - LCIIE - CEM - CE Mark						
Dimensions and weights (depth = 850 mm and height = 1900 mm)							
	20	30	40	60	80	100	120
UPS without batteries (width in mm)	710						
Weight	400 kg			520 kg			
UPS + built-in batteries (width in mm)	1010						
From 5 minutes to 35 minutes (3)			738 kg	888 kg	1050 kg		
From 10 minutes to 50 minutes (3)	732 kg		888 kg	975 kg			
From 15 minutes to 90 minutes (3)			975 kg				
From 20 minutes to 110 minutes (3)	738 kg	888 kg					
From 30 minutes to 120 minutes (3)	888 kg	975 kg					
Battery cubicles (width and weight)							
From 5 minutes to 35 minutes (3) (width in mm)	710						
From 5 minutes to 35 minutes (3) (weight)	885 kg					980 kg	
From 10 minutes to 50 minutes (3) (width in mm)	710				1010		
From 10 minutes to 50 minutes (3) (weight)	885 kg					1142 kg	1307 kg
From 15 minutes to 80 minutes (3) (width in mm)	710			1010	1010	2x1010	
From 15 minutes to 80 minutes (3) (weight)	885 kg			1142 kg	1307 kg	1764 kg	
From 30 minutes to 120 minutes (3) (width in mm)	710		1010	2x710	710+1010	2x1010	
From 30 minutes to 120 minutes (3) (weight)	882 kg		1307 kg	1764 kg	2439 kg	2742 kg	

1: At 70% nominal load. 2: There is a risk of premature battery ageing above 25°C. 3: From 100% to 30% nominal load.

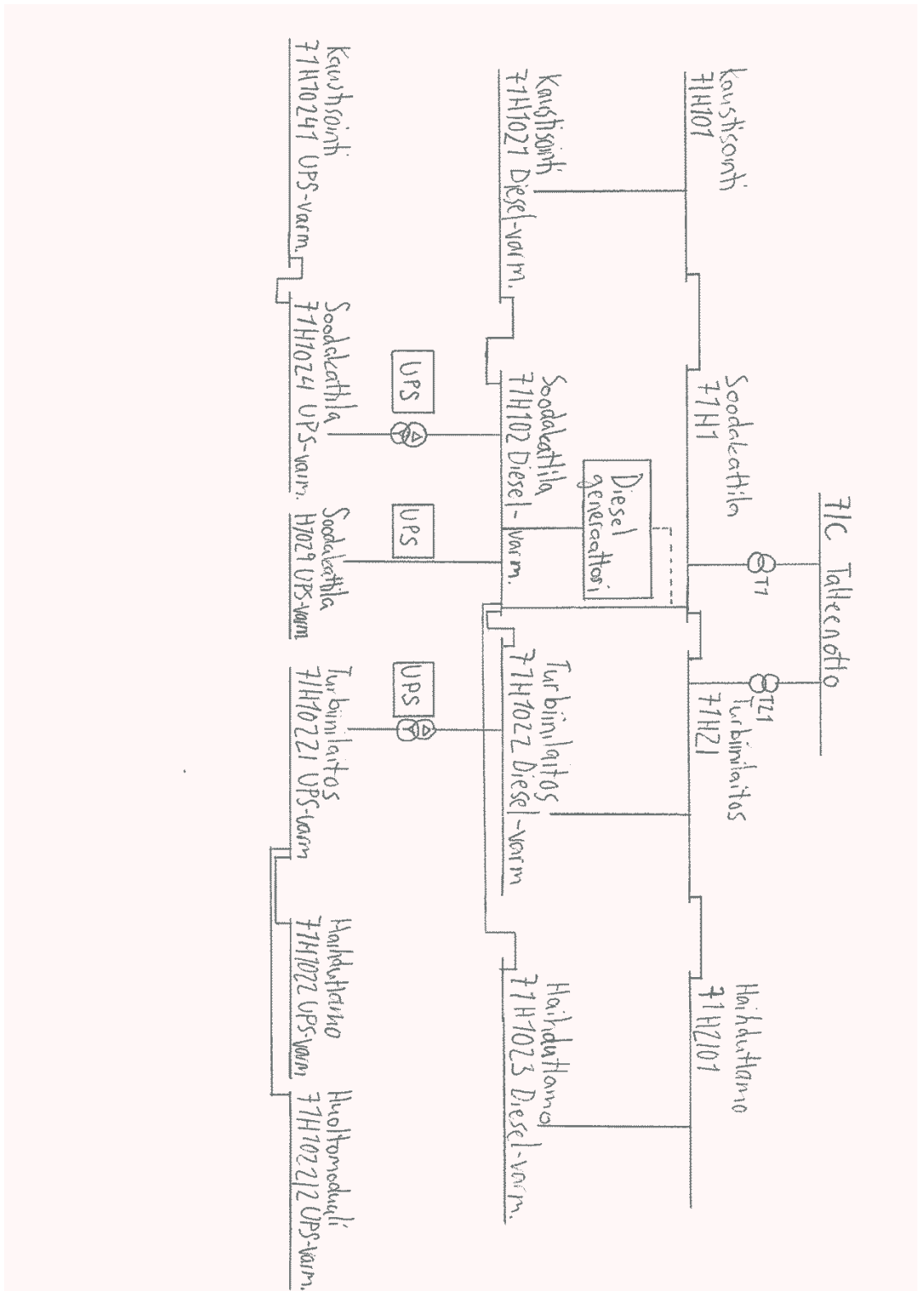
Järjestelmä-UPS 71H1024 Lähdöt

Lähtö	Tyyppi	Kohde				
H1024 2-1		H102241				
H1024 2-2	21*1-v jsa. mod.	varalla	varalla	varalla	varalla	varalla
H1024 2-3	15*1-v vvsk mod.	varalla	varalla	varalla	varalla	varalla
H1024 3-1	5*3 3-v tulp.sul.	80AT22K36	82AT32K21 0	82AT32K61 1		
H1024 3-2	15*1 1-v tulp.sul.	82KK510	82KK511	82KK521	82KK500	82KK501
		82KK502	82KK503	82KK504	82KK505	82KK506
		82KK507	82KK508	82KK512	82KK513	82KK514
H1024 3-3	15*1 1-v tulp.sul.	82KK515	82KK516	82KK517	82KK518	82KK520
		82KK522	82KK523	82KK524	82KK526	82KK527
		82KK528	82KK529	82KK530	82KK531	82KK532
H1024 3-4	15*1 1-v tulp.sul.	82KK533	82KK535	82KK536	82KK537	82KK538
		82KK539	82KK541	82KK542	82KK543	82KK544
		82KK545	82KK549	QT-44650	OK400	OK401
H1024 4-1	5*3 3-v tulp.sul.	varalla	varalla	varalla	varalla	varalla
H1024 4-2	15*1 1-v tulp.sul.	82OK402	82OK403	82OK404	82OK405	82OK406
		82OK407	82OK408	82OK409	82OK410	82OK411
		82OK412	82OK413	82OK414	82OK415	KK211
H1024 4-3	15*1 1-v tulp.sul.	88KK212	88KK213	88KK214	88OK200	88KK550
		88KK551	88KK210	82KK441		
H1024 4-4	15*1 1-v tulp.sul.	82AT32AT K	SYVE 3	VL 71H1	VL 71L9	VL 71L10
	väylälaitteet	VL 71L15	VL 71L16	VL 71L17	VL 71L1701	
H1024 5-1	5*3 3-v tulp.sul.	varalla	varalla	varalla	varalla	varalla
H1024 5-2	15*1 1-v tulp.sul.	82OK442				
H1024 5-3	21*1 1-v jsa mod	71C T1	71C T9	71C T10	71C T16	71C T17
	suoja releet	71H102	71H1-6-1	71H1-3-5		
H1024 5-4	15*1 1-v tulp.sul.	varalla	varalla	varalla	varalla	varalla

Moottoriventtiili-UPS 71H1029 Lähdöt

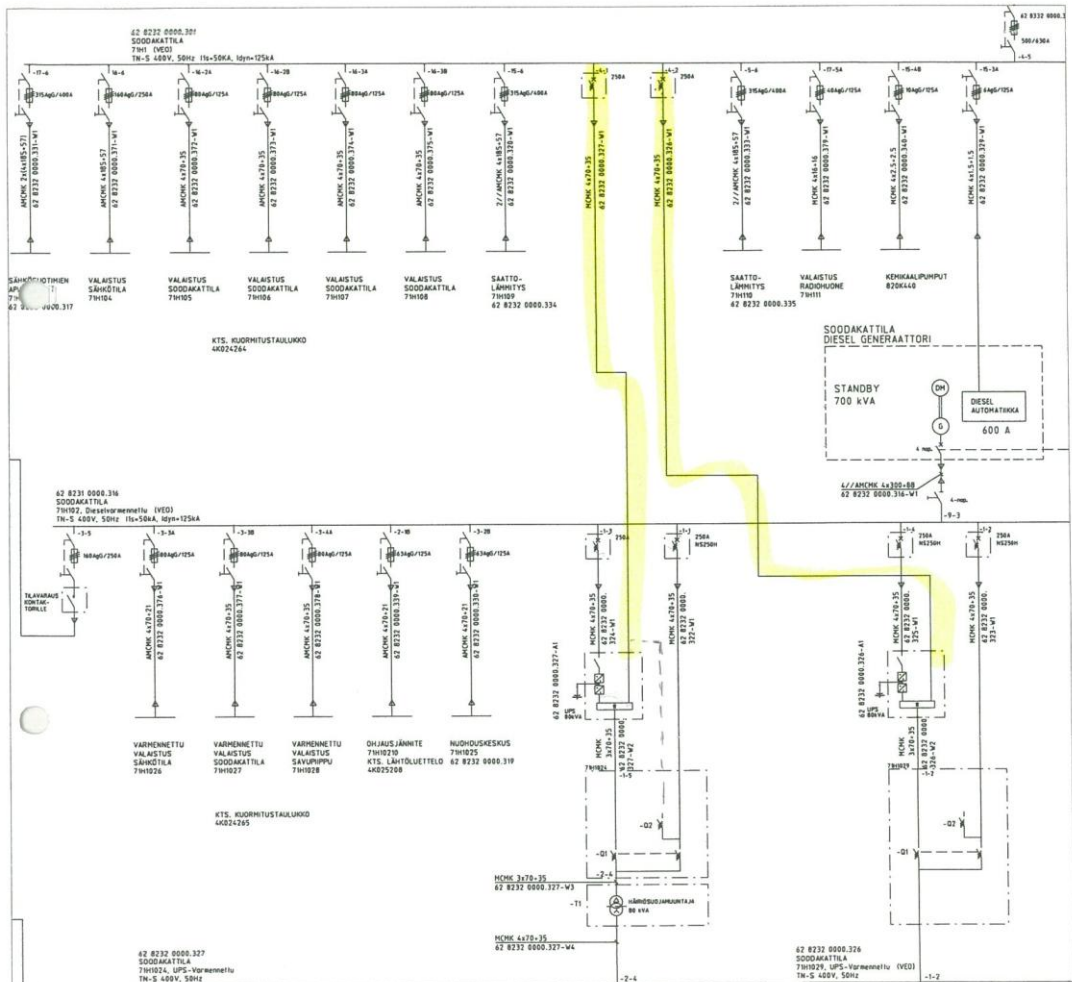
Lähtö	Moottoriventtiili
H1029 2-1	HKP sulkuventtiili 1 syöttövesipumppu 3:lle
H1029 2-2	Lauhde/lisävesi syöttövesisäiliöön
H1029 2-3	Syöttöveden säätöventtiili painepuolen sulkuventtiili
H1029 2-4	Syöttöveden ohitusventtiili painepuolen sulkuventtiili
H1029 2-5	Sularännin puhdistusrobotti
H1029 2-6	Ohjausjännitemuuntaja
H1029 3-1	EKO 3 pikatyhjennysventtiili 2
H1029 3-2	EKO 3 pikatyhjennysventtiili 1
H1029 3-3	Laskuputken pikatyhjennysventtiili 1 vasen
H1029 3-4	Laskuputken pikatyhjennysventtiili 2 vasen
H1029 3-5	Laskuputken pikatyhjennysventtiili 1 oikea
H1029 3-6	Laskuputken pikatyhjennysventtiili 2 oikea
H1029 4-1	Vesiverhon pikatyhjennysventtiili 1
H1029 4-2	Vesiverhon pikatyhjennysventtiili 2
H1029 4-3	Lieriön vajautusventtiili
H1029 4-4	HKP EKOjen 1 ja 2 nuohoimille
H1029 4-5	HKP tulistimien keittopinnalle ja EKO 3 nuohoimille
H1029 4-6	HVO28 tulistimien keittopinnalle ja EKO 3 nuohoimille
H1029 5-1	HVO28 EKOjen 1 ja 2 nuohoimille
H1029 5-2	HVP13,5 EKOjen 1 ja 2 nuohoimille
H1029 5-3	Päähöyryn ohitusventtiili
H1029 5-4	Käynnistyslinjan sulkuventtiili
H1029 5-5	Käynnistyslinjan säätöventtiili
H1029 5-6	Primääri-ilman pääsulkupehti
H1029 6-1-6	Varalla 6 lähtöä

Periaatekuva 400 V pääkaavio



Soodakattilan UPS:ien nykyiset ohitusyötöt

OSAKOPIO OK008292
400V PÄÄKAAVIO



...OK008292_

