

Varmennetun sähkönsyötön nykytilanne ja kehitystarpeet

Juhani Saari

Opinnäytetyö
Tammikuu 2014

Automaatiotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Saari, Juhani	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 23.01.2014
	Sivumäärä 72	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (x)
Työn nimi Varmennetun sähkönsyötön nykytilanne ja kehitystarpeet		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hukari, Sirpa		
Toimeksiantaja(t) Tampereen Sähkölaitos Oy, Mika Pekkinen		
Tiivistelmä <p>Tampereen Sähkölaitos Oy:n Ratinassa sijaitseva Lämpötalon toimipiste sisältää sähköverkon valvontaan liittyviä laitekokonaisuuksia ja järjestelmiä.</p> <p>Vuosien 2013 ja 2014 aikana Lämpötalo tullaan uudistamaan lähes täysin. Tähän uudistukseen kuuluvat myös rakennuksen varmennetun sähkönsyötön järjestelmät. Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa Lämpötalon varmennetun sähkönsyötön nykytilannetta sekä antaa myös ideoita, miten sitä voisi muutosprojektin yhteydessä uudistaa.</p> <p>Työ keskittyy sähkö- ja kaukolämpöverkon valvontaan liittyen laitteiden sähkönsyötön varmentamiseen eikä ota kantaa esimerkiksi kiinteistösähköistyksen varmennuksiin tai muihin vastaaviin aiheista poikkeaviin kohteisiin.</p> <p>Työssä käsitellään myös lakeja, säädöksiä, määräyksiä sekä suosituksia, jotka liittyvät sähköverkon ylläpitoon sekä sähköverkon valvontaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Varmennettu sähkönsyöttö, UPS, varavoima, sähköverkko, valvonta, scada.		
Muut tiedot		



Author(s) Saari, Juhani	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 23.01.2014
	Pages 72	Language Finnish
		Permission for web publication (x)
Title Current state and the development needs of emergency power system		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) Hukari, Sirpa		
Assigned by Tampereen Sähkölaitos Oy, Mika Pekkinen		
Abstract <p>The Lämpötalo office of Tampereen Sähkölaitos Ltd. residing in Ratina has the equipment and systems essential to power grid control.</p> <p>During the years 2013 and 2014 the Lämpötalo office will be renovated almost completely. This reform will also include the building's emergency power system. The aim of this thesis is to clarify the current state of the emergency power system in the Lämpötalo office and also to provide ideas on how to improve or enhance the new emergency power system during the reform.</p> <p>The thesis focuses on the emergency power systems which are to feed the equipment used in the control and supervisory of the power grid and district heating network. The thesis will not include emergency power systems concerning other facility systems such as heating, lighting, elevators or any other subjects that differ from the topic of this thesis.</p> <p>This thesis will also include the laws, legislations, regulations and recommendations concerning the upkeep and control of power grids.</p>		
Keywords Emergency power system, power supply, UPS, power grid supervisory, scada		
Miscellaneous		

Sisältö

KÄSITTEET	4
1 JOHDANTO	5
1.1 Opinnäytetyön taustaa	5
1.2 Tampereen Sähkölaitos	6
1.3 Sähkön ja kaukolämmön tuotanto.....	7
1.4 Ratinan toimipiste.....	7
2 SÄHKÖVERKON HÄIRIÖT JA KATKOKSET	9
2.1 Yleistä sähkökatkoksista	9
2.2 Verkkokatkokset ja -häiriöt.....	9
2.3 Suomen kantaverkko	11
3 VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ	15
3.1 Perusteet.....	15
3.2 Staattinen UPS	16
3.3 Dynaaminen UPS.....	23
3.4 Varavoimakoneet.....	26
3.5 Suunnittelu.....	28
3.6 ATK-laitteiston varmennettu sähkönsyöttö.....	33
4 SÄHKÖ- JA KAUKOLÄMPÖVERKON VALVONTA	34
4.1 Käytönvalvontaohjelmat.....	34
4.2 Tampereen Sähkölaitos Oy:n verkonvalvonta	37
5 VARMENNETUN SÄHKÖNSYÖTÖN NYKYTILANNE LÄMPÖTALOSSA.....	42
5.1 SCADAt ja automaatiorengas.....	42
5.2 Valvomot.....	44
5.3 UPSit.....	44
5.4 Varavoimakone	47
6 UUSI JÄRJESTELMÄ JA KEHITYSTARPEET.....	50
6.1 Uusi varmennetun sähkönsyötön järjestelmä	50
6.2 Muutoksen huomioitavat asiat, kehitystarpeet ja -kohteet.....	53

7	SÄHKÖVERKON VALVONTA LAKIEN, SÄÄDÖSTEN JA SUOSITUSTEN KANNALTA.....	60
7.1	Yleistä.....	60
7.2	Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista	61
7.3	Sähkömarkkinalaki	62
7.4	Määräyksen 54 perustelut ja soveltaminen viestintäverkkojen ja -palveluiden varmistamisesta	63
7.5	Yhteenveto.....	64
8	POHDINTA.....	64
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	70
	LIITE 1: 1(2) Eaton UPS Esite	70
	LIITE 1: 2(2) Eaton UPS Esite	71
	LIITE 2: 1(1) Sijoittelupiirustus	72

KUVIOT

KUVIO 1.	Keskeytyksien aiheuttajat 2012.....	11
KUVIO 2.	10.8.2009 tapahtunut pohjoismaisesta sähköverkosta irtoaminen.	13
KUVIO 3.	Erään valmistajan staattisia UPSeja.....	16
KUVIO 4.	Off-Line UPS säästömuuntajan kanssa.....	18
KUVIO 5.	Line Interactive UPSin toimintakuva	19
KUVIO 6.	Line Interactive UPS varustettuna erillisellä vaihtosuuntaajalla ja muuntajalla.	20
KUVIO 7:	Online UPSin toimintaperiaate.....	21
KUVIO 8.	Erään valmistajan dynaaminen UPS-laite.....	23
KUVIO 9.	DRUPSin toimintaperiaate.....	25
KUVIO 10.	Akustolla varustettu dynaaminen.	26
KUVIO 11.	Erään valmistajan 716–1250 kVA varavoimakone	27
KUVIO 12.	Esimerkki tietokonesalin varmennettavien toimintojen vaatimuksista.....	33
KUVIO 13.	SCADAN toimintaperiaate	34
KUVIO 14.	Esimerkki ABB:n MicroScada-valvomonäytöstä 220/20kV jakeluverkossa.....	36
KUVIO 15.	Sähköscadan palvelinkaapit	38
KUVIO 16.	Lämpöscadan palvelinkaapit	39
KUVIO 17.	Automaatiorenkään yhteydet	40
KUVIO 18.	Vasemmalla Altram PowerValue UPS ja oikealla Merlin Gerin Comet UPS	45
KUVIO 19.	Altram UPSin 2x 180 VDC-akustot oikealla seinällä	46
KUVIO 20.	Merlin Gerin Cometin 288 VDC-akusto vasemmalla	46
KUVIO 21.	Valmetin varavoimakone.....	47
KUVIO 22.	Varavoimakonekokonaisuuden arvokilpi	48
KUVIO 23.	Vaihtovirtageneraattorin arvokilpi.....	48
KUVIO 24.	Varavoimakoneen keskus.....	49
KUVIO 25.	kW-set Oy:n Eurodiesel DRUPSin vaihtoehdot.....	57

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Toiminnan sekä talouden tunnuslukuja vuodelta 2011.....	6
TAULUKKO 2. Eri tasasuuntaaja mallien aiheuttamat kertoimet	32

KÄSITTEET

AJK	Aikajälleenkytkentä
CPS	Combined Power Supply. Laite, joka sisältää UPSin sekä varavoimakoneen ominaisuudet.
DRUPS	Diesel rotary uninterruptible power supply
HVK	Huoltovarmuuskeskus
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor. Bipolaaritransistori
LAN	Local Area Network. Lähiverkko
PJK	Pikajälleenkytkentä
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition. Käytönvalvontajärjestelmä
TET	Tampereen Energiatuotanto Oy
TKS	Tampereen Sähkölaitos Oy
TSV	Tampereen Sähköverkko Oy
UPS	Uninterruptible Power Supply. Katkeamaton sähkönjakelu
VFD	output Voltage and Frequency Dependent from mains supply
VFI	output Voltage and Frequency Independent from mains supply
VI	output Voltage Independent from mains supply
WAN	Wide Area Network. Laajaverkko
YETTS	Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Opinnäytetyön aiheena on Tampereen Sähkölaitos Oy:n Tampereen Ratinan Lämpöalo- toimipisteen varmennettu sähkönsyöttö. Kyseinen rakennus on kohtaamassa suurremontin, jonka aikana rakennuksesta uusitaan myös lähestulkoon koko sähköverkko. Lämpöalossa sijaitsevat ja sinne uudistuksen jälkeen sijoitettavat järjestelmät ja laitteet ovat erittäin kriittisiä koko Tampereen ja sen lähialueiden sähkönsyöttö- sekä kaukolämpöverkolle. Lisättävien järjestelmien ja laitteiden sekä muuttuneiden määräysten takia tuli tarpeelliseksi kartoittaa minkälainen on Lämpöaloston tämän hetkinen varmennettu sähkönsyöttö ja kuinka sitä voitaisiin muuttaa uudistuksen aikana.

Työn aiheeksi on rajattu sähkö- ja kaukolämpöverkon valvontaan liittyvien laitteiden ja järjestelmien varmennettu sähkönsyöttö, eikä siinä perehdytä esimerkiksi kiinteistölaiteiden tai muiden aiheesta poikkeavien varmennukseen. Työn tavoitteena on kartoittaa, miten sähköverkon varmennus on toteutettu ennen muutosta, jolloin muutoksen suunnittelu ja toteuttaminen on huomattavasti helpompaa ja samalla antaa kehitysideoita ja analysoida minkälaiseksi uusi järjestelmä tulisi kehittää.

Työ perustaa tietolähteensä useisiin aiheeseen liittyviin opinnäytetöihin ja muihin asiateksteihin sekä tutkimuksiin. Toisena tietoperustana ovat yhtiön sisällä suoritettavat haastattelut eri henkilöiden kanssa, jotka on sisällytetty lopullisiin päätelmiin ja esityksiin.

Työssä perehdytään eri mahdollisuuksiin ja teknologioihin, joita on saatavilla sähköverkon valvonnan varmentamiseen. Näihin kuuluvat mm. eri UPS-tekniikat sekä varavoimakoneet. Työn tavoitteena oli myös käydä läpi sähköjakeluun ja sähköverkon valvontaan liittyvät lakipykälät, määräykset sekä suositukset ja tutkia miten niitä on noudatettu tai tulisi noudattaa.

1.2 Tampereen Sähkölaitos

Tampereen Sähkölaitos Oy on vuonna 1888 perustettu energiayhtiö. Aloittaessaan toimintansa se oli ensimmäinen kunnallinen sähkölaitos ja nykyään on myös Suomen vanhin. Sähkölaitos alkoi valaista kaupunkia 15.11.1888. Sähkölaitoksen perustamisen jälkeen Tampereelle ryhdyttiin rakentamaan vesivoimalaa Tammerkoskeen. Tampereella oli ensimmäisenä Suomessa ja toisena koko Pohjoismaissa vesivoimalla käyvä sähkölaitos, joka otettiin käyttöön 22.9.1891. (Sähkölaitos Intra N.d..)

Tampereen Sähkölaitos toimi vuodesta 1888 vuoden 2008 loppuun asti Tampereen kaupungin omistamana energialiikelaitoksena. Nykyään Tampereen Sähkölaitos -konserni on yhteisnimitys Tampereen Sähkölaitos Oy:lle ja sen tytäryhtiöille. Tampereen Sähkölaitos Oy on Tampereen kaupungin omistama osakeyhtiö, joka omistaa tytäryhtiöt Tampereen Sähkölaitos Oy:n (emoyhtiö), Tampereen Energiantuotanto Oy:n, Tampereen Kaukolämpö Oy:n, Tampereen Sähkönmyynti Oy:n, Tampereen Sähköverkko Oy:n ja Tampereen Vera Oy:n. Vuonna 2012 perustettiin Tammervoima Oy, josta Tampereen Energiantuotanto omistaa 51 %. Pirkanmaan Jätehuolto Oy omistaa yhtiöstä loput 49 %. Taulukko 1 esittelee muutamia toiminnan tunnuslukuja. (Sähkölaitos Intra N.d..)

TAULUKKO 1. Toiminnan sekä talouden tunnuslukuja vuodelta 2011 (Sähkölaitos Intra N.d.).

Sähkön loppuasiakasmyynti (milj. euroa)	59,4
Kaukolämmön loppuasiakasmyynti (milj. euroa)	112,8
Maakaasun myynti (GWh)	237
Sähkön siirto (GWh)	1809
Sähkön tuotanto (GWh)	1444
Kaukolämmön tuotanto (GWh)	2173
Liikevaihto (1000 euroa)	322 946
Liiketulos (1000 euroa)	39 013
Liiketulos-%	12,1
Sijoitetun pääoman tuotto-%	8,1
Omavaraisuusaste-%	15,5
Investoinnit (1000 euroa)	36 035

1.3 Sähkön ja kaukolämmön tuotanto

Tampereen Energiatuotanto Oy:n voimalaitokset vastaavat sähkön ja kaukolämmön tuotannosta. Tuotantolaitoksista kaksi suurinta ovat Naistenlahden voimalaitos sekä Lielahden voimalaitos. Lielahden voimalaitos valmistui tuotantokäyttöön 1.11.1988. Pääpolttoaineena Lielahden voimalaitos käyttää maakaasua, ja varapolttoaineena toimii kevyt polttoöljy. Lielahden sähköteho on 147 MW ja lämpöteho 160 MW. (Sähkölaitos Intra N.d..)

Naistenlahden voimalaitoksen ensimmäinen voimala Naistenlahti 1 valmistui vuonna 1971, jolloin sen pääpolttoaineena oli öljy. Vuonna 1982 voimalalle tehtiin polttoainemuutos, jonka jälkeen pääpolttoaineeksi tuli jyrsinturve. Vuonna 2000 tehtiin modernisointi, jolloin pääpolttoaineena siirryttiin käyttämään maakaasua. Naistenlahti 1:n sähköteho on 129 MW ja lämpöteho 144 MW. Naistenlahti 2 taas valmistui 1977 ja pääpolttoaineeksi valittiin jyrsinturve, mutta vuoden 1998 modernisoinnin jälkeen polttoaineeksi kelpaavat turve, puu, kaasu ja öljy. NL2:n nykyinen sähköteho on 60 MW ja lämpöteho 120 MW. (Sähkölaitos Intra N.d..)

Pienempinä voimalaitoksina Tampereen Energiatuotanto Oy:llä toimivat vesivoimalaitokset, joita tällä hetkellä on kolme kappaletta: Tammerkosken keskiputouksen vesivoimalaitos, Tampellan vesivoimalaitos ja Finlaysonin vesivoimalaitos. Näiden vesivoimalaitosten yhteen laskettu teho on 14,2 MW. Lämpökeskuksia Tampereen Energiatuotanto Oy:llä on useampia. Niiden lämpöteho yltää yli 553 MW:n. Lämpökeskusten polttoaineena ovat maakaasu, kevyt ja raskas polttoöljy sekä pelletti. (Sähkölaitos Intra N.d..)

1.4 Ratinan toimipiste

Tampereen Sähkölaitos Oy:n nykyinen päätoimipiste sijaitsee Tampereen Ratinassa. TKS:n historian aikana Ratinan toimipiste on käynyt läpi monta vaihetta. Alueelle valmistui höyryvoima-asema vuonna 1919, jolla tuotettiin sähköä Tampereelle yhdessä Tammerkosken voimalaitosten kanssa. 1960-luvulla höyryvoimalasta päätettiin luopua ja sen tilalle rakennettiin Ratinan lämpökes-

kus. Vuonna 1971 Ratinan valmistui 20 MW:n kaasuturbiinilaitos, joka toimi sähköntuotannon varavoimalaitoksena. (Valoa, voimaa, vaurautta 1993.)

Jo 1960-luvulla Ratinassa sijaitsi käyttökeskus, jossa pystyttiin valvomaan kaikkia Tampereen sähköasemia ja samalla optimoimaan energianhankintaa. Digitaalitekniikalla ja mikroprosessoreilla varustetut laitteistot ja järjestelmät mahdollistivat sähköasemien kauko-ohjauksen jo tällöin. Vielä nykyäänkin TKS:n sähköverkko- ja energiavalvomo sijaitsevat Ratinan toimipisteessä (Valoa, voimaa, vaurautta 1993.)

2 SÄHKÖVERKON HÄIRIÖT JA KATKOKSET

2.1 Yleistä sähkökatkoksista

Nyky-yhteiskunta perustaa lähes kaiken toimintansa sähkөөn. Pienetkin sähkökatkokset saattavat aiheuttaa mittavia vahinkoja. Jatkuvasti kasvava teknologian hyödyntäminen on luonut paljon tärkeitä sähköriippuvaisia järjestelmiä. Sähköverkon häiriöiden ja katkosten takia on turvauduttava varmennettuun sähkönsyöttöön, jota tämä opinnäytetyö käsittelee. Aiheeseen perehtyminen on hyvä aloittaa käsittelemällä juuri sähkökatkoksia.

Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategiassa (YETTS) on kuvattu toimintoja, joiden käynnissä pysyminen kaikissa olosuhteissa on turvattu. YETTS:ssa todetaan, että sähköisen viestinnän, tietoliikenteen ja energiahuollon järjestelmien on jo normaalioloissa oltava tarpeeksi suojattuja sekä varmennettuja kestämään erilaisten häiriötilanteiden ja poikkeusolojen vaatimukset (Pitkä sähkökatko ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen 2009).

Vaikka Suomen sähköverkko on yleiseltä tasoltaan luotettava ja vakaa, altistuu se vuosittain erilaisille sääilmiöille, jotka pahimmassa tapauksessa aiheuttavat pitkäkestoisia sähkökatkoksia. Osa Suomen ilmajohtoverkosta on myös vanhaa, sillä sen pääosat on rakennettu jo vuosina 1940–1980. Verkon ikääntyminen tekee siitä myös alttiin häiriöille ja katkokseille.

2.2 Verkkokatkokset ja -häiriöt

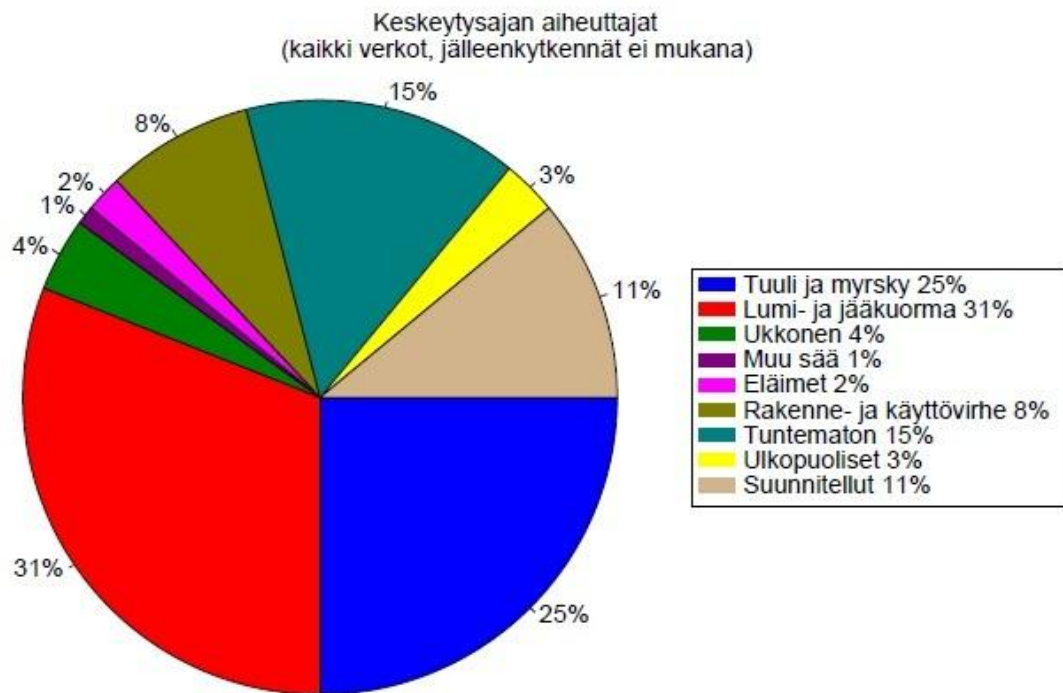
Pääsyyinä varmennetun sähkönsyötön tarpeeseen on sähkökatkokset. Suomessa sähkökatkoja aiheuttavat luonnontapahtumat sekä tekniset viat. Riskit, joita sää aiheuttaa sähköverkolle, ovat mm. ilmajohtoille kaatuvat puut, salammat, lumi- ja jääkuormat, tulvat ja kova pakkanen. Etenkin johdot, joiden ympäriltä maastoa ei ole raivattu, tulevat hyvin todennäköisesti kärsimään kaatu-neista puista myrskyn aikaan. Sää- ja ympäristöolosuhteet vaikuttavat katkojen pituuteen ja laajuuteen oleellisesti. Teknisten vikojen aiheuttamat keskey-

tykset eivät yleensä kestä pitkään eivätkä ole vaikutusalueeltaan laajoja, koska vika-alue on eristettävissä muusta verkosta. Kovat myrskyt aiheuttavat taas paljon vikoja yhtä aikaa, ja myrskyn aikana myös korjaustyöt ovat hankalia. (Sähkökatkot ja jakelun keskeytykset N.d..)

Sähköenergialiitto ry:n ja Energia-alan Keskusliitto ry:n luomista tilastoista saadaan yleistietoa Suomen sähkönjakelun keskeytyksistä. Nämä tilastot käsittelevät useimmiten 5–20 kV verkkoja, eli siis yleisimpiä jakeluverkkoja, jotka Suomessa ovat käytössä. Lyhin sähkökatkokseksi määritelty sähkönjakelun keskeytys on epäonnistunut pikajälleenkytkentä (PJK). PJK:ssä johtoa syöttävä ja suojaava katkaisija laukeaa vian sattuessa ja pyrkii ohjautumaan automaattisesti uudelleen kiinni. Jännitteet pysyvät PJK:n aikana poissa noin 0,3 sekuntia. Jos tämä ei korjaa vikaa, on PJK epäonnistunut, mutta sitä ei laskea vielä keskeytykseksi vaan vianselvittelykeinoksi. Tästä syystä niitä ei tilastoida keskeytyksien mukaan. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Epäonnistuneen PJK:n jälkeen yritetään aikajälleenkytkentää (AJK). Periaate on sama kuin PJK:ssa, mutta tällä kertaa jännitteet pysyvät poissa noin 1–3 minuuttia. AJK, kuten PJK, on myös jätetty pois keskeytystilastoista. Samalla myös lievät sähkön laadun virheet loistavat poissaolollaan. Selvennykseksi voidaan kuitenkin esimerkkinä mainita, että vuonna 2002 kaikista sähköverkon häiriöistä PJK selvitti 71 % ja AJK 22 %. Vuonna 2003 luvut olivat 73 % PJK:lle ja 17 % AJK:lle. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Myrskyjen aiheuttamat katkot ja kustannukset ovat viime vuosina nousseet korkeiksi. Vuonna 2010 heinä-elokuun aikana riehuneet myrskyt aiheuttivat piikin keskimääräisiin keskeytysaikoihin. Lähes puoli miljoonaa asiakasta kärsi sähkönjakelun keskeytyksestä. Pisimmät keskeytykset olivat useiden viikkojen pituisia ja paikoitellen jopa kuukausien. Kuvio 1 esittelee keskeytysten aiheuttajia kaavion avulla. (Sähkön toimitusvarmuuden parantaminen 2002.)



KUVIO 1. Keskeytyksien aiheuttajat 2012 (Sähkökatkot ja jakelun keskeytykset N.d.).

Vuoden 2013 syyskuussa voimaantullut sähkömarkkinalaki toi tiukempia mää-
räyksiä sähkökatkojen sallituille pituuksille:

Jakeluverkko on suunniteltava, rakennettava ja ylläpidettävä siten, että sähkönjakelu saa keskeytyä lumikuorman tai myrskyn vuoksi korkeintaan kuudeksi tunniksi taajama-alueella. Haja-asutusalueella sähkökatko saisi kestää korkeintaan 36 tuntia. (Uusi laki suitsii sähkökatkon enimmäiskestoja 2013.)

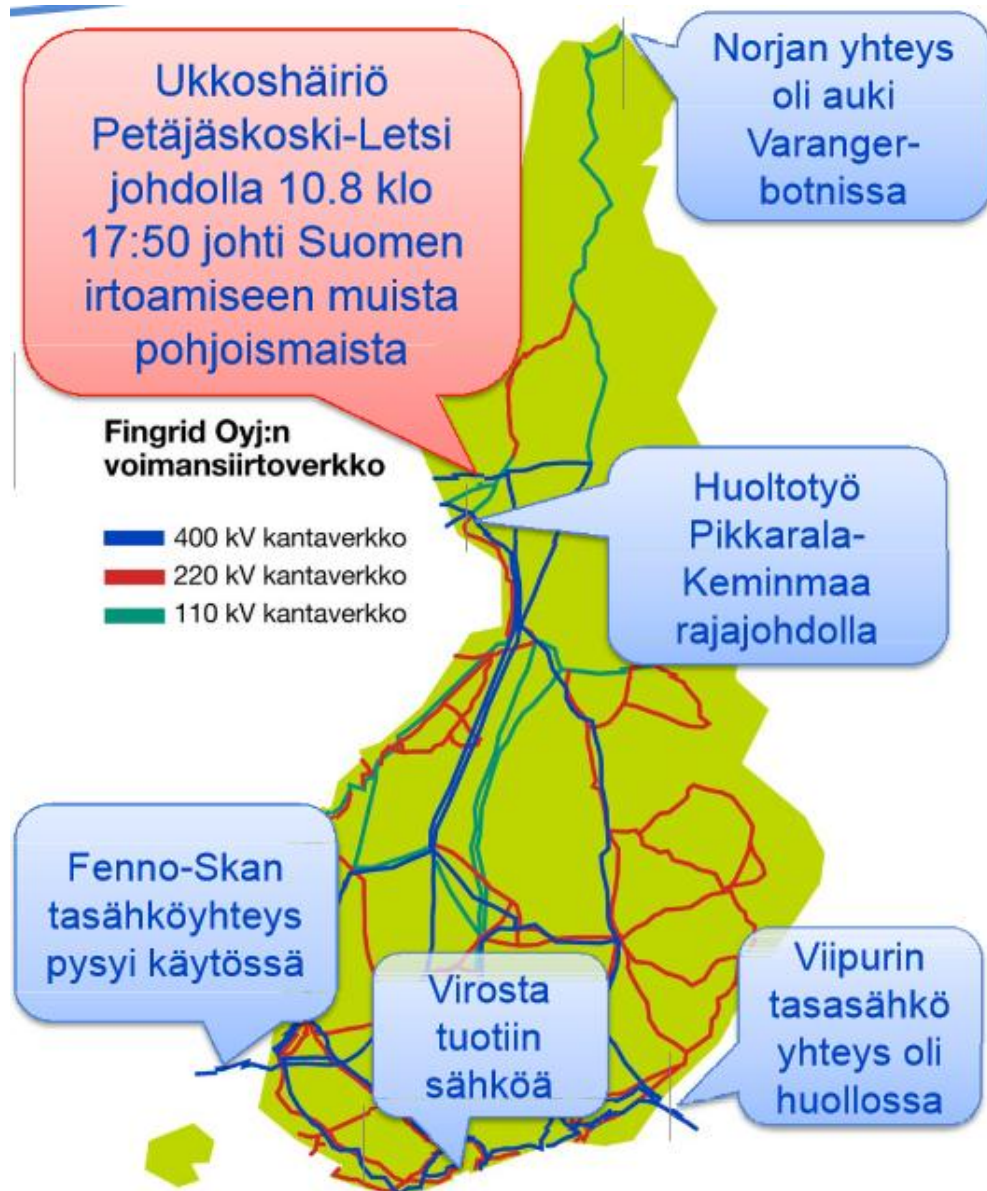
Samalla myös maksettavat korvaukset sähkökatkoksista kasvavat.

2.3 Suomen kantaverkko

Pelkästään taajamat ja yksittäiset taloudet eivät altistu sähkökatkoksille. Pahimmassa tapauksessa Suomen kantaverkko voi kärsiä häiriöistä ja aiheuttaa valtakunnan laajuisia sähkökatkoksia tai jättää alueita saarekekäyttöön. Suomen kantaverkoksi luokitellaan yleensä 110, 220 ja 400 kV:n suuruiset sähkö-

verkot. Monivuotisen historiansa aikana kantaverkossa on tapahtunut suhteellisen harvoja merkittäviä häiriöitä:

- 1960-luvulla suuret taajuuspoikkeamat saivat kantaverkon jännitteen taajuuden alentumaan jopa 40 Hz:iin saakka.
- 1970-luvun alkupuolella oli viisi laajaa katkosta. Kolme niistä sattui v. 1974. Yksi katkoksista pimensi eteläisen Suomen 6 tunniksi. Tämän jälkeen Suomen kantaverkkoa vahvistettiin silmukoituneemmaksi. Vahvistuksien jälkeen ovat laajemmat verkkohäiriöt aiheutuneet pääsääntöisesti Suomen ulkopuolisista vioista.
- 1983 Suomi joutui saarekekäyttöön Ruotsissa tapahtuneen laajan sähkökatkon seurauksena.
- 10.8.2009 Suomen kantaverkko irtosi Pohjoismaista (Kuvio 2), kun salama irrotti ainoan Ruotsiin käytössä olleen 400 kV:n yhteyden. Samaan aikaan käynnissä olleiden huoltotöiden takia Norjan 220 kV:n ja muut Ruotsin 400 kV:n vaihtosähköyhteydet olivat irti. Irtoamisesta johtunut tehonvajausta aiheutti kantaverkkoon 49,3 Hz:n alitaajuuden. (Suomen sähköverkko N.d..)



KUVIO 2. 10.8.2009 tapahtunut pohjoismaisesta sähköverkosta irtoaminen (Suurhäiriö on aina mahdollinen 2009).

Valtakunnallisen sähkökatkoksen sattuessa sähköjä aletaan kytkeä päälle aloittaen pohjoisesta. Tällainen tilanne on mahdollinen, jos useat voimalaitokset kärsivät samanaikaisesti vakavista vioista tai jos iso verkkovika aiheuttaa suurhäiriön. Palautuminen saattaa onnistua nopeasti, mutta se voi myös kestää useita tunteja.

Sähkön palautus tehdään seuraavilla kytkentätoimenpiteillä:

- Ensisijassa jännite kytketään Ruotsista Suomeen.

- Pohjois-Suomen saarekkeesta kytketään jännite Etelä-Suomeen. Kemijoen vesivoimalaitokset voidaan tarpeen vaatiessa käynnistää black start -käynnistyksellä eli tavalla, joka ei tarvitse ulkoista sähkön syöttoa.
- Viipurin tasavirtayhteys on yksi vaihtoehto sähköjen saamiseksi Helsingin seudulle nopeammin. (Suurhäiriö on aina mahdollinen 2009.)

3 VARMENNETTU SÄHKÖNSYÖTTÖ

3.1 Perusteet

Varmennetulla sähkönsyötöllä halutaan turvata elintärkeiden tai muuten yhteiskunnallisesti kriittisten sähköllä toimivien laitteiden ja järjestelmien toiminta sähkökatkoksen tai muun häiriön aikana. Varmennetun sähkönsyötön järjestelmiä on käytössä useissa kohteissa. Useimmin niitä hyödyntävät sairaalat, tiedelaboratoriot ja tietotekniset toimialat mm. palvelinhuoneet ja datakeskukset. Varmennettuja sähkönsyöttöjä voi löytää myös valtamerialuksista ja tavallisista asuintaloista. (Emergency power system N.d..)

Ensimmäiset varmennetut sähkönsyötöt sijoittuvat toisen maailmansodan aikaan, jolloin niitä käytettiin sota-aluksissa. Taistelutilanteissa oli todennäköistä, että aluksen höyrymoottorit lakkaisivat toimimasta tykkitulen tai muun vahingon takia. Kyseiset höyrymoottorit pyörittivät aluksen roottorien lisäksi höyryturbiineja, joiden avulla generaattorit tuottivat alukseen sähköä sen järjestelmiä varten. Näihin aikoihin varavoimana käytettiin diesel-moottoreita, joilla pyöritettiin generaattoreita. Syötön vaihdon automatiikka oli näihin aikoihin vielä niin alkutekijöissään, että vaihto täytyi suorittaa manuaalisesti. Vaihtokytin oli kuitenkin rakennettu niin, että jos sen avulla katkaistiin päävirran syöttö, niin se kytki päälle samalla varavirran syötön. (Emergency power system N.d..)

Nykyään normaalikäytössä varmennettu sähkönsyöttö, riippumatta millä laitteilla sen sähköntuotanto/-varastointi on toteutettu, hoitaa vaihdon tavallisesta syötöstä varmennettuun syöttöön automatiikan avulla. Logiikka tai relejärjestelmä tarkkailee jatkuvasti verkkosyöttöä, ja jos se havaitsee sähköjen katkeamisen tai muun vakavan häiriön, se vaihtaa syötön varmennetun syötön puolelle. Laitteiston tekniikasta riippuen vaihto saattaa kestää lyhyimmillään 2 ms ja pisimmillään yli 15 sekuntia.

3.2 Staattinen UPS

3.2.1 Yleisesti

Varmennetusta sähkönsyötöstä tulee aluksi määritellä kaksi keskeistä termiä: varavoima ja UPS. Varavoimalla viitataan usein polttoaineilla käyviin diesel- tai bensiinigeneraattoreihin, joilla tarvittaessa tuotetaan sähköä. UPS taas viittaa koko UPS-järjestelmään. UPS eli Uninterruptible Power System (suom. katkeamaton sähkönjakelu) syöttää katkotonta ja häiriötöntä sähköä kriittisille kuormille. Varavoima ja UPS voivat yhdessä tai erikseen muodostaa varmennetun sähkönsyötön. Kuviossa 3 on nähtävissä staattisia UPS-laitteita.



KUVIO 3. Erään valmistajan staattisia UPSeja (Back-UPS Pro N.d.).

Normaalitilanteessa sähkönsyöttöön käytetään tavallisen sähköverkon energiaa niin pitkään, kun sitä on saatavilla. Muina aikoina hyödynnetään staattisen UPSin akustoon varastoitua energiaa. Staattisen UPSin perustoimintoihin kuuluu sähköverkon vaihtovirran muuntaminen tasavirraksi akuston lataamista

varten normaalitilanteessa ja akuston tasavirran muuntaminen vaihtovirraksi kuormaa varten muissa tilanteissa.

Staattinen UPS-järjestelmä koostuu eri osista, jotka kokonaisuutena muodostavat toimivan kokoonpanon. Akusto on UPSin energiavarasto, jota se lataa ja jolla se syöttää kriittisiä kuormia häiriön aikana. Tasasuuntaajalla UPS muuttaa verkon vaihtovirran tasavirraksi, jonka avulla akkuja ladataan. Vaihtosuuntaajalla eli invertterillä taas akkujen syöttämä tasavirta saadaan muunnettua kuormille sopivaksi vaihtovirraksi. UPSeilla on myös yleensä omat sulakkeensa sekä ohituskytkin tai -toiminto, jota hyödynnetään esimerkiksi UPSia huollettaessa. UPSin vaihtokytkin (ts. UPS-kytkin) tekee vaihdon verkkosyötöstä akkusyöttöön. UPSit luokitellaan sen mukaan, miten ne toteuttavat kyseisen vaihdon. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

3.2.2 Akusto

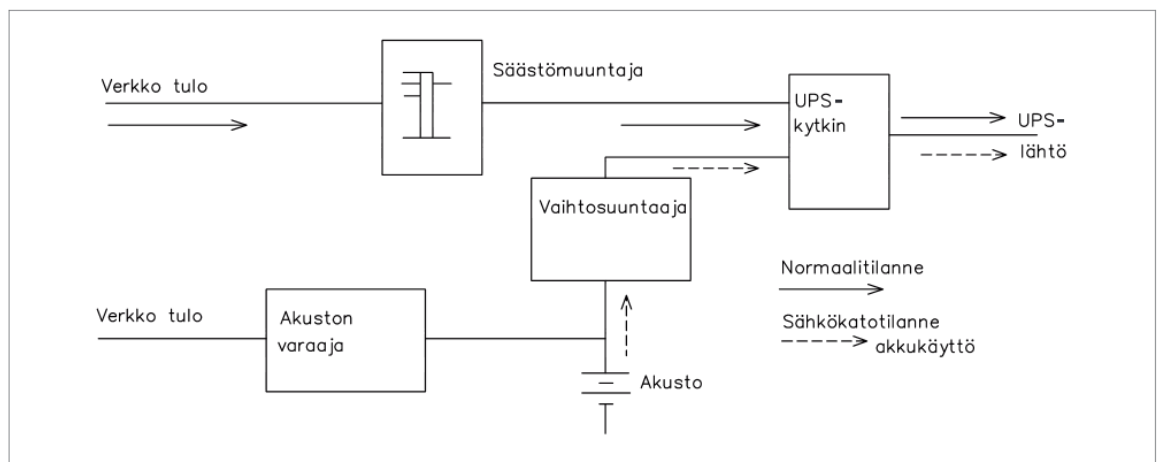
Akusto määrää varakäyntiajan eli ajan, kuinka pitkään staattinen UPS voi syöttää kuormia sähköverkon häiriön sattuessa. UPSia mitoittaessa akusto on yksi tärkeimmistä tekijöistä, sillä joidenkin kohteiden sähkönsyöttö on saatettu velvoittaa pysymään toiminnassa tietyn ajan sähkökatkon aikana. Käyttöolosuhteet määräävät yleisesti, minkä tyyppistä akkua UPS-järjestelmissä tulisi käyttää. Yleisimmät akut ovat lyijyakkuja. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

Vanhemmissa kohteissa UPSia varten saattaa usein olla erillinen akkuhuone, johon on sijoitettu avoimia lyijyakkuja. Akkuhuoneesta on vedetty kaapelointi UPS-laitteille. Nykyään suljetut lyijyakut ovat yleistyneet. Niiden etuna ovat mm. hyvä tehotehous ja lyhyen purkausajan kapasiteetti, molemmat ovat ominaisuuksia, joita suositaan UPSin akustoissa. Suljetut lyijyakut eivät myöskään ladatessa muodosta kaasuja, joten ne voidaan turvallisesti sijoittaa esimerkiksi UPS-laitteen akkutilaan tai erilliseen akkukaappiin UPS-laitteen läheisyydessä. Suljetut lyijyakut eivät myöskään tarvitse akkuveden lisäystä elinkaarensa aikana. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

Vaikka sähköautojen yleistyessä akut ovat kehittyneet viime vuosien aikana, on niiden teknologian eteneminen ollut hidasta. Akkujen lyhyt elinikä sekä kriittinen merkitys UPSin toimivuudelle tekevät akuista erittäin kalliita. Etenkin lyijyakut ovat vikaherkin osa UPSissa, jos niiden ympäristössä tai huollossa on puutteita. Tästä syystä akun kunnan valvonta onkin ensiarvoisen tärkeä osa järjestelmien kunnossapitoa.

3.2.3 Off-Line UPS

Viralliselta nimeltään Standby UPS, eli Off-Line UPS saa standardissa SFS-EN 62040-3 luokituskoodin VFD (output Voltage and Frequency Dependent from mains supply). Suomennettuna VFD tarkoittaa UPS-laitteen lähdön olevan riippuvainen sitä syöttävän sähköverkon jännitteestä ja taajuudesta. Off-Line UPSin toimintaperiaate on kuvattu kuviossa 4. (ST-Käsikirja 20 2005.)



KUVIO 4. Off-Line UPS säästömuuntajan kanssa (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

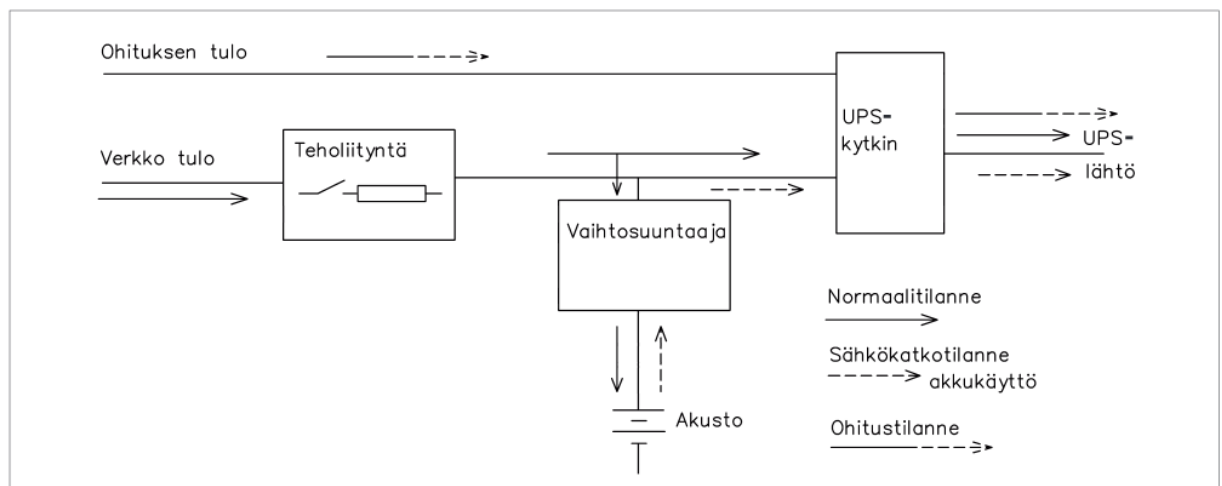
Normaalitilanteen vallitessa Off-Line UPS syöttää kriittisiä kuormiaan vaihtokytkimen kautta suoraan verkosta. Jos sähköverkossa esiintyy katkos tai häiriötä, jotka ovat vaihtelurajojen ulkopuolella, kytkee vaihtokytkin syötön akustolle. Kun katkos tai häiriö on ohitse, vaihtokytkin muuttaa taas tilaansa, jolloin UPS siirtyy normaalikäyttöön ja alkaa ladata akustoja tasasuuntaajan avulla. Vaihto aiheuttaa käytännössä huomaamattoman 2–4 ms:n katkon sähkönsyöttöön riippumatta siirrytäänkö normaalikäytöstä akkukäyttöön tai toisinpäin.

(ST 52.35.02 UPS-laitteella varmennetun sähköjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus N.d.)

Jotkin Off-Line UPSit on varustettu jännitesäätäjällä, johon yleensä käytetään säästömuuntajaa. Säästömuuntaja on varustettu automaattisella vaihtokytkimellä ja väliulosotoilla. Jännitesäätäjällä saadaan korjattua joitakin verkkohäiriöitä, jolloin UPS siirtyy akkukäyttöön normaalisti vasta todellisen sähkökatkon ilmetessä. Näin akkuja kulutetaan huomattavasti vähemmän ja niiden elinikä pitenee. Jännitesäätäjillä varustetut Off-Line UPSit ovat tyypillisesti tehoiltaan 400–6000 VA. Ilman jännitesäätäjää taas tehot ovat normaalisti 50–500 VA:n luokkaa. (UPS-suunnittelu ja mitoitus UPS-laskentaohjelma 2010.)

3.2.4 Line interactive UPS

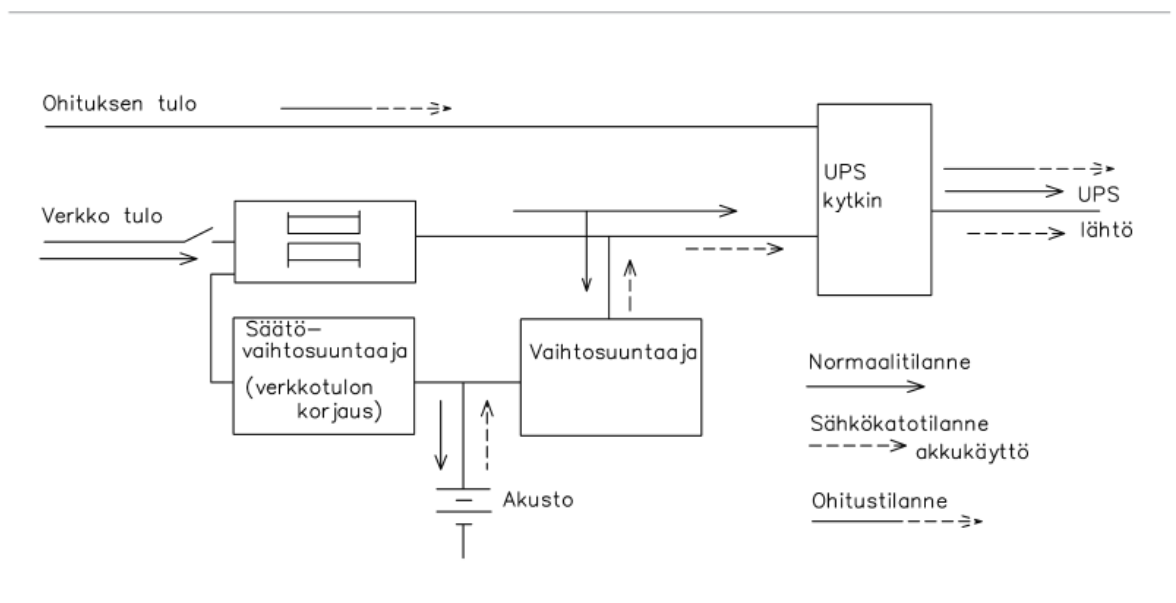
Line interactive UPS on luokiteltu standardissa SFS-EN 62040-3 koodilla VI (output Voltage Independent from mains supply), eli UPS-laitteen lähtö on riippumaton syöttävän sähköverkon jänniteenvaihteluista normaalirajoissa, mutta riippuvainen sen taajuudesta. Näiden UPSien toiminta perustuu muuttajasiltaan, jota käytetään sähköverkon rinnalla rinnakkaissäätimenä. Tästä toiminnosta johtuen line interactive UPSia kutsutaan myös yhden muunnoksen UPS-laitteeksi. (ST-Käsikirja 20 2005.)



KUVIO 5. Line Interactive UPSin toimintakuva (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

Kuviossa 5 muuttajasilta on kuvattu vaihtosuuntaajana. Akkukäytön aikana muuttajasilta toimii vaihtosuuntaajana ja normaalitilanteessa tasasuuntaajana ladataan akkuja. Sähköverkon toimiessa normaalisti line interactive UPS syöttää kriittisiä kuormia suoraan sähköverkosta samalla korjaten normaalirajojen sisäpuolella olevat jännitevaihtelut rinnakkaissäätimen avulla. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Jännitteen säädön takia syöttävän sähköverkon ja UPS-verkon välillä on jännite-eroa UPS-laitteen kuristimen yli. Jännitteen säätö suoritetaan muuttamalla vaihekulmaa. Tällä vaihesiirrolla kuitenkin vaikeutetaan UPSin siirtymistä ohitussyötölle. Tästä syystä line interactive UPSseissa on erillinen vaihtosuuntaaja ja sen kanssa kytketty muuntaja, kuten on havainnollistettu kuviossa 6. Erillisen vaihtosuuntaajan ansiosta line interactive UPS pystyykin korjaamaan tyypillisesti 15 %:n jännitevaihtelut syöttöverkossa. Tällöin myöskään syöttävän sähköverkon ja UPS-verkon väliin ei jää vaihesiirtoa, jolloin ohituskäyttöön on helpompi siirtyä. (ST-Käsikirja 20 2005.)



KUVIO 6. Line Interactive UPS varustettuna erillisellä vaihtosuuntaajalla ja muuntajalla (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

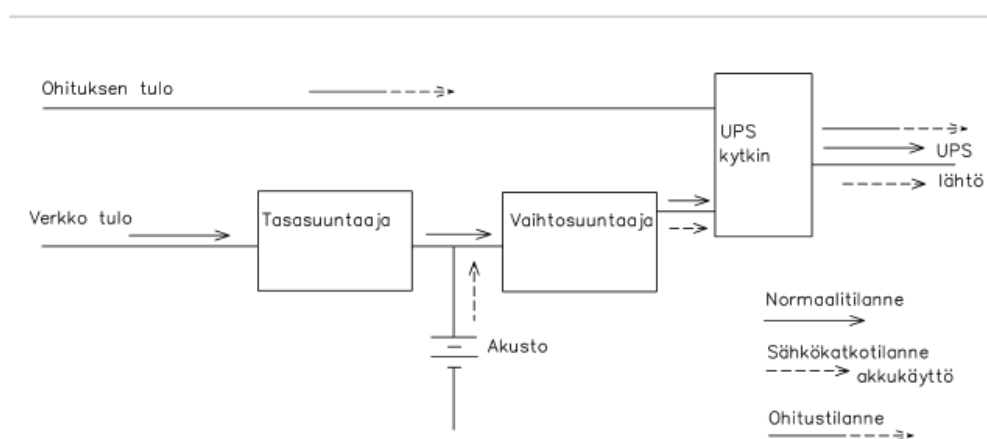
Erillisellä vaihtosuuntaajalla ja muuntajalla varustettuja line interactive UPSseja kutsutaan nimellä Delta Conversion UPS. Standardissa SFS-EN 62040-3 line

interactive ja Delta Conversion UPSit luokitellaan samoiksi tekniikoiksi ja toimintatavoiltaan ne ovat samankaltaisia. Toimintoihin kuuluu akkukäyttöön siirtyminen, jos verkkosyöttö katkeaa tai taajuus vaihtelee säädettyjen rajojen ulkopuolelle. Siirron täytyy tapahtua nopeasti, mistä syystä se hoidetaan tyristorikytkimillä. UPS-kytkin ohjaa sähkönsyötön ohitusyöttöön ylikuormitus- tai vikatilanteen ilmetessä. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Tehoiltaan line interactive UPS ja Delta Conversion UPS ovat täysin eri luokissa. Line interactive UPSit yltyvät noin 3 kVA:n suuruusluokkaan. Delta Conversion UPSit taas vaihtelevat 10–480 kVA:n välillä. (UPS-suunnittelu ja mitoitus UPS-laskentaohjelma 2010.)

3.2.5 Online UPS

Online UPS, toiselta nimetään Double Conversion UPS eli kahden muunnoksen UPS, luokitellaan standardilla SFS-EN 62040-4 koodilla VFI (output Voltage and Frequency Independent from mains supply). Online UPS on siis riippumaton siitä syöttävän verkon taajuuden sekä jännitteen vaihteluista. Online UPSin molemmat nimitykset kertovat sen toimintatavasta. Se on jatkuvasti aktiivisena, ja se sisältää sekä tasa- että vaihtosuuntaajan. Online UPSin kytkentää on hahmotettu kuviossa 7. (ST-Käsikirja 20 2005).



KUVIO 7: Online UPSin toimintaperiaate (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

Sähköverkon vaihtovirta muunnetaan tasavirraksi, jolla ladataan akustoa ja joka myös viedään vaihtosuuntaajan läpi vaihtokytkimen kautta kriittisille kuormille. Tämä toimintatapa takaa monta hyötyä. Syötettävä sähkö on täysin UPSin suodattamaa. Sähköverkon jännite- ja taajuushäiriöt korjaantuvat kaksoismuunnoksen aikana, koska UPS päättää itse, minkä laatuista sähköä se syöttää. Joissain tapauksissa akuston energia syötetään vaihtosuuntaajalle tasajännitemuuntajan kautta, jolloin jännite säilyy vakiona purkautumisen ajan. Tällöin vaihtosuuntaaja voidaan rakentaa ilman lähtömuuntajaa. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

Toisena hyötynä on UPSin nopeus. Siirtyminen verkkosyötöstä akkukäyttöön ei vaadi kytkentätoimintoja, koska akusto on kytketty tasasuuntaajan kanssa rinnan. Siirto ei aiheuta edes jännite- tai taajuusvaihteluja UPSin lähdessä. Akkukäyttöön siirtyminen jännitevaihteluiden aikana riippuu tasasuuntaajan ominaisuuksista. Sähköverkkosyöttöön palautuminen käy yhtä vaivattomasti kuin akkukäyttöön siirtyminen, eikä se aiheuta katkoksia tai vaihteluita kriittisten kuormien syötössä. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

Kuten muutkin esitellyt UPSit, myös Online UPS hyödyntää ohituskytkintä vika- ja ylikuormitustilanteiden sekä huollon aikana. Oikosulkutilanteessa kuorman tarvitsema oikosulkuvirta voidaan myös syöttää ohituskytkimen avulla sähköverkosta. Ohituskytkintä voidaan myös hyödyntää suurten käynnistysvirtojen syöttämiseen siinä tapauksessa, että UPS ei sietäisi tarvittavan suurien käynnistyskuormia. Ohituskäyttöön siirtyminen saattaa aiheuttaa katkoksen tai jännitteen notkahduksen kriittisten kuormien syötössä, jos syöttävässä sähköverkossa on ohitustilanteen aikana häiriöitä. Online UPSien ohituskytkin on usein elektroninen tyristorikytkin. (Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus 2013.)

Luotettavuutensa ja ominaisuuksiensa ansiosta Online UPS on Suomessa sekä muualla maailmassa yleisin ei-yksityiseen käyttöön valituista UPSeista. Online UPSin yleisimmät varmennettavat kohteet ovat yleensä herkäät elektronikkalaitteet. Teollisuusympäristössä Online UPS on varmin valinta verrattuna

muihin UPSeihin kuormien suuruuden takia. Suurin osa markkinoille valmistetuista UPSeista on yli 3kVA:n Online UPSeja ja suuritehoiset taas yleensä kolmivaiheisia Online UPSeja. Kaikista UPS-mahdollisuuksista Online UPS on paras valinta varavoimakoneen lisäturvaksi. (ST-Käsikirja 20 2005.)

3.3 Dynaaminen UPS

3.3.1 Yleisesti

Toisin kuin staattisissa UPSeissa, dynaamisissa UPSeissa sähkö saadaan tehoelektronikan sijaan sähkökoneen käämeistä. Dynaamisia UPSeja varten on useita eri menetelmiä, mutta perustana niille ovat akselille kytketyt moottori-generaattoriyhdistelmät, huimamassat, akustot sekä niiden kanssa yhdistetyt staattiset muuntajasilta-ratkaisut. Periaatteeltaan näiden kaikkien ratkaisujen toiminta on kuitenkin melko samanlainen. Sähköverkon ollessa toiminnassa energiaa varastoidaan joko akustoon tai huimamassaan eli vauhtipyörään. Sähkökatkoksen aikana varastoitu energia käytetään kriittisten kuormien syöttöön. Esimerkki dynaamisesta UPS-laitteesta, joka perustuu huimamassaan ja moottori-generaattori yhdistelmään on esitelty kuviossa 8.



KUVIO 8. Erään valmistajan dynaaminen UPS-laite (Rotary Diesel UPS 2011).

Suomessa dynaamiset UPSit eivät ole olleet kovinkaan yleisiä, mutta niitä on kasvavassa määrin alettu hyödyntää tietokonesalien varmennetussa sähkön-

syötössä. Tietyt dynaamiset UPS-ratkaisut eroavat staattisista UPSeista pienemmän ominaiskulutuksen ja tilantarpeen vaatimuksilla, komponenttien määrän pienuudella ja ongelmajätteen puuttumisella. Suomessa dynaamista UPSia on hyödynnetty mm. Veikkauksen päätoimipisteen tietokonesalin varmennetussa sähkönsyötössä, joka valmistui 2011 (Veikkauksen uusi virta takaa pelien pyörimisen N.d.).

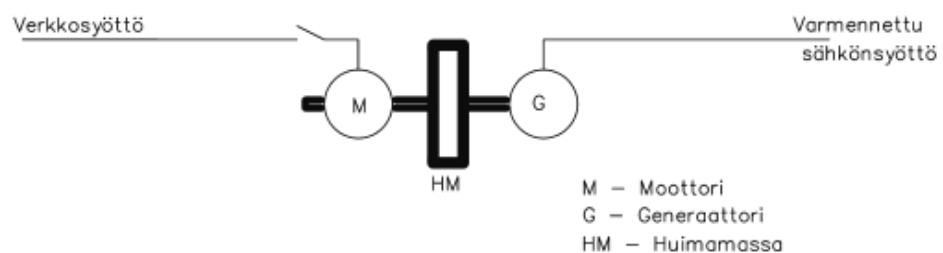
3.3.2 Huimamassan avulla toteutetut ratkaisut

Huimamassa-ratkaisussa moottori pyörittää normaalitilanteessa akselia, johon huimamassa on kytketty joko suorasti tai epäsuorasti. Huimamassa voi sijaita samalla akselilla moottorin ja generaattorin kanssa, tai se voidaan yhdistää kyseiseen akseliin vaihteiston kautta, jolloin UPSin syöttämät taajuusvaihtelut vähenevät. Huimamassa varastoi liike-energiaa moottorin pyöritäessä sitä. Varastoidun liike-energian määrä ja huimamassan maksimipyörimisnopeus riippuvat täysin huimamassan ominaisuuksista. Kun sähkönsyöttö katkeaa, vaihtokytkin siirtää kriittiset kuormat sähköverkolta varmennetun sähkönsyötön puolelle. Huimamassaan varastoitunut liike-energia pyörittää akselia, jonka kautta samalla akselilla oleva generaattori saa tuotettua energiaa heti kriittisille kuormille. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Huimamassa-moottori-generaattoriyhdistelmän käyntiaika nimellisteholla vaihtelee useista sekunneista muutamiin minuutteihin riippuen järjestelmästä. Tästä syystä se usein tarvitsee lisäksi varavoimakoneen. Tällaisessa tilanteessa huimamassan avulla turvataan katkoton syöttö sen ajan, mitä varavoimakoneelta kestää käynnistyä. Joissain tapauksissa akselilla sijaitseva generaattori saattaa olla dieselkäyttöinen. Tällöin eliminoidaan tarve erilliselle varavoimakoneelle ja varmennettu sähkönsyöttö on samalla galvaanisesti erotettu syöttävästä sähköverkosta. Toimintaperiaate säilyy periaatteessa täysin samana. (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d..)

Akselille kytketyn dieselgeneraattorin toimintaperiaatetta voidaan hyödyntää vieläkin paremmin, kun hyödynnetään samanaikaisesti eri teknologioita. Kokonaisuudesta saadaan erittäin hyvin toimiva varmennettu sähkönsyöttöjärjestelmä, jos kytkentä suoritetaan samalla tavalla kuin Online UPSissa ja akselille

lisätään vielä elektromagneettinen kuristin sähköverkon häiriöiden suodatusta varten. Näin saadaan luotua järjestelmä, joka syöttää kriittisiä kuormia häiriötömällä ja katkottomalla syötöllä kaikissa olosuhteissa. Kyseinen UPS-järjestelmä tunnetaan nimellä Diesel rotary uninterruptible power supply (DRUPS). Toimintaperiaate ratkaisulle on esitetty kuviossa 9. (Hitec Power Protection - Diesel Rotary UPS Systems - corporate video N.d.)



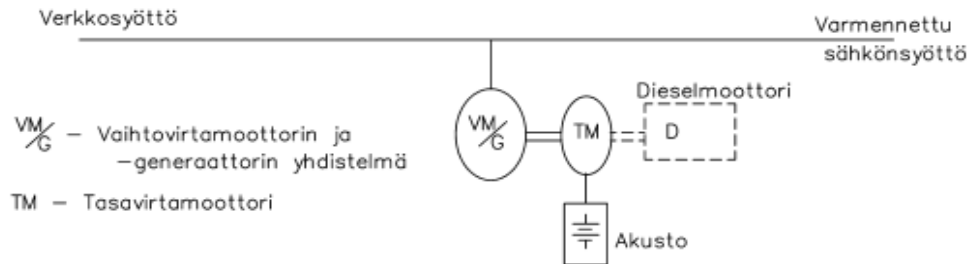
KUVIO 9. DRUPSin toimintaperiaate (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

3.3.3 Akustoratkaisut

Akuston avulla toteutetut dynaamiset UPSit ovat yhdistelmä staattista ja dynaamista UPSia. Kokonaisuudessa on yhä mukana vaihtovirtamoottori sekä generaattori, jotka on sijoitettu samalle akselille. Vaihtovirtamoottoria syöttää normaalitilanteessa sähköverkko ja katkoksen aikana akusto vaihtosuuntaajan kautta. Joissain tapauksissa samalla akselilla on vielä tasavirtamoottori, joka saa syöttönsä akustolta sen sijaan, että vaihtovirtamoottori saisi katkoksen aikana syötön akuilta. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Molemmat ratkaisut tarvitsevat lähes aina parikseen varavoimakoneen, jotta niiden toiminta olisi luotettavaa pidempien katkosten aikana. Kuten huimamassan kanssa, akustoratkaisulla pidetään kriittisten kuormien syöttö päällä niin kauan, että varavoimakone ehtii käynnistyä. Myös akustolla varustetut

dynaamiset UPSit voidaan yhdistää dieselgeneraattoriin, kuten DRUPSissa. Kuvio 10 hahmottaa akustoratkaisua yleisesti. (ST-Käsikirja 20 2005.)



KUVIO 10. Akustolla varustettu dynaaminen UPS (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät N.d.).

3.4 Varavoimakoneet

Varavoimakoneiden toimintaperiaate perustuu sähkön tuotannon yleisimmin käytettyyn tuotantotapaan. Generaattorin roottoria pyörittää roottorissa kiinni oleva akseli, joka on saanut alkuperäisen pyörimiseen tarvitsemansa energiansa jollakin keinolla ja tätä kautta saadaan sähköä. Varavoimakoneiden akselia pyörittävä voima saadaan tuotettua usein dieselmoottorilla. Generaattorin ja dieselmoottorin yhdistelmä on yleisesti nimitetty dieselgeneraattoriksi. Esimerkki varavoimakoneesta on esitelty kuviossa 11.(ST-Käsikirja 31 2013.)



KUVIO 11. Erään valmistajan 716–1250 kVA varavoimakone (Green Power Generators N.d.).

Varavoimakoneen kokonaisuus koostuu siis moottorista ja generaattorista, mutta niiden lisäksi myös automatiikkayksiköstä, jonka avulla hoidetaan syöttövaihto sähkökatkoksen aikana. Toisin kuin UPSeissa, varavoimakoneen vaihtuessa verkonsyöttäjäksi, tapahtuu syötössä katkos. Dieselgeneraattorien on saavutettava oikea pyörimisnopeus ennen kuin ne voivat alkaa syöttää kuormia, ja usein myös kuormien lisääminen generaattorille on tehtävä portaallisesti.

Varavoimakoneiden etu UPSeihin nähden on kuitenkin käyntiaika. Siinä missä suurin osa UPSeista (pois lukien DRUPS) perustaa käyntiaikansa akuston kapasiteettiin, joka on monissa tapauksissa lyhyt, varavoimakoneen toiminta riippuu polttoaineen riittävydestä. Polttoaineen varastointi on huomattavasti helpompaa kuin suurten akkumäärien. Sen lisäksi polttoainevarastoja voidaan täydentää käynnin aikana. (ST-Käsikirja 31 2013.)

Varavoimakoneet voidaan yleisesti jakaa neljään eri luokkaan.

- **Luokka 1:** Varavoimakoneet, jotka toimivat erillään yleisestä jakeluverkosta.

- **Luokka 2:** Automaattisella verkonvaihtoautomatiikalla varustetut varavoimakoneet, jotka toimivat erillään yleisestä jakeluverkosta.
 - **2.a:** Erillinen verkonvaihtokeskus.
 - **2.b:** Verkonvaihdon kytkinlaite on integroitu kiinteistön keskukseseen.
- **Luokka 3:** Varavoimakoneet, jotka käyvät yleisen jakeluverkon kanssa rinnan. Koneiden tuotantoa ei kuitenkaan liitetä yleiseen verkkoon (paluutahdistuvat laitteet).
- **Luokka 4:** Varavoimakoneet, jotka käyvät yleisen jakeluverkon kanssa rinnan ja joiden tuotanto voidaan osittain tai kokonaan siirtää verkkoon. (ATK-konesalitekniikan perusparannussuunnitelma 2010.)

3.5 Suunnittelu

3.5.1 Varmennetun sähkönsyötön suunnittelu

Varmennetun sähkönsyötön suunnittelu alkaa tarvemäärittelystä. Aluksi on kartoitettava järjestelmäkokonaisuudet, joiden ei haluta missään olosuhteissa jäävän ilman sähköä, jos tavallinen sähkönsyöttö katkeaa tai siinä esiintyy häiriöitä. Yleinen tapa on tehdä eri toimintojen riskienkartoitus ja -analyysi, jossa uhkat ja niiden seuraamukset arvioidaan etenkin vaativimmissa kohteissa yksityiskohtaisesti. Tällaiseen analysointiin ja kartoitukseen tarvitaan laajaa ja kokonaisvaltaista näkemystä sekä suunnittelijoiden saumatonta yhteistyötä.

Kun tiedetään minkälaisia järjestelmiä ja/tai laitteita tulee suojata varmennetulla sähkönsyötöllä, saadaan määritettyä, minkä tyyppistä sähkönsyöttöä voidaan käyttää ja kohteet voidaan jakaa varmennusluokkiin. Järjestelmillä, joiden syötön halutaan olevan katkotonta ja häiriötöntä, on suositeltavaa aina käyttää UPSia, joka voi reagoida verkkosyötön ongelmiin millisekunneissa. Jos muutaman sekunnin kestävä katko sähkönsyötössä ei ole harmillista, voidaan turvautua varavoimaan eli generaattoreihin.

Joissain tapauksissa saatetaan päätyä ratkaisuun, jossa kohteeseen valitaan UPS-järjestelmä ja varavoimakone. Jos tämä toteutetaan yhdellä laitteella, niin yhdistelmää nimitetään CPS:ksi (Continuous Power System) eli jatkuvan tehon järjestelmäksi. CPS:llä hyödytään molempien järjestelmien ominaisuuksista. UPSin ominaisuudet tarjoavat nopeasti reagoivan, mutta lyhytaikaisen varmennetun syötön, kun taas varavoimakoneen ominaisuuksilla saadaan pitkään kestävä syöttö. (ST 52.35.02 UPS-laitteella varmennetun sähkönjake-lujjärjestelmän suunnittelu ja toteutus N.d..)

3.5.2 Staattisen UPS-järjestelmän suunnittelu

Staattisen UPS-järjestelmän mitoituksessa on tärkeintä huomioida, ettei laitteiden syöttötehoa alimitoiteta. UPSia kuormittavan tehon tulisi olla enintään 80 % UPS-laitteen syöttökapasiteetista. Tämän vuoksi suunnittelussa on huomioita myös tulevaisuuden tarpeet eli, että UPSin perään saattaa tulla lisäkuormaa. Tällöin ei jouduta hankkimaan kokonaan uutta UPS-laitetta pelkästään muutaman uuden syötön takia. (Katkeamattoman sähkönsyöttöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus palvelimille 2013.)

Tärkeiden kuormien kanssa UPS-järjestelmä voidaan kahdentaa, jolloin sitä kutsutaan redundanttiseksi. Kahta tai useampaa UPS-järjestelmää voidaan ajaa tällöin rinnan. Mitä enemmän osia UPS-järjestelmästä varmennetaan, sitä enemmän sen toimintavarmuus kasvaa. Jos akusto on kahdennettu, voidaan kuormaa yhä syöttää, vaikka toinen akusto hajoaisi. Tällöin tietysti akusto tyhjentyy puolella ajassa siitä, mihin se normaalisti on mitoitettu.

UPS-laitteiston kahdennus takaa sen, että laitteistorikon sattuessa yhden UPS-laitteen takana olisi kahden akuston verran energioresursseja, jos järjestelmä on kytketty oikein. Mitoitusvaatimus on tällöin, että yhden UPS-laitteen komponentit kestävät koko kuormituksen, joka normaalisti on jaettu kahden laitteen komponenttien kesken. Markkinoilla on tällaisia ratkaisuja varten modulaarisia UPS-järjestelmiä, joissa luotettavuutta voidaan lisätä asentamalla enemmän moduuleita, jolloin saavutetaan (N + 1)-redundanssi. (Katkeamattoman sähkönsyöttöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus palvelimille 2013.)

UPS-kokonaisuuden varmuutta voidaan lisätä myös sijoittamalla akustot ja UPS-laitteet eri huoneisiin. Tulipalon tai muun kriisitilanteen aikana on hyvin mahdollista, että kokonaisia huoneita saattaa tuhoutua tai niiden sähkökaapelointi irtoaa muusta kokonaisuudesta. Siinä tapauksessa, että kaikki UPSiin liittyvät laitteet on sijoitettu samaan huoneeseen, jäisi kohde kokonaan ilman varavoimaa, jos laitetilä tuhoutuu.

UPSin sijoitukseen liittyy myös ympäristövaatimuksia. UPSin akuston ja suuntaajien toiminta tuottaa runsaasti lämpöä. UPSin huoneessa on siis oltava hyvä ilmasto ja joissain tapauksissa sekin tulee varmentaa. Jos akkutila on erillään UPSista toisessa huoneessa, saattaa sekin tarvita oman jäähdytyksensä riippuen akuston suuruudesta ja tyypistä. (Katkeamattoman sähkönsyöttöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus palvelimille 2013.)

UPSin sähkötekniisessä suunnittelussa tulee taas huomioida muutama eri mitoituskriteeri: kuormituksen suuruus, laatu ja akuston varakäyntiaika, eli kauanko UPSin tulee katkoksen tai häiriön aikana olla toiminnassa. Kuormituksen suuruus saadaan selville yleensä kriittisten laitteiden tehokilvistä. Muissa tapauksissa se onnistuu mittaamalla. Saatujen kuormitusten summa antaa perustason UPSin mitoitusasteen. Summaan tulisi lisätä noin 30 %:n korotus, joka voisi olla UPSin suositeltu tehomitoitus. (UPS suunnittelu ja mitoitus UPS-laskentaohjelma 2010.)

Akuston varakäyntiajan mitoitus riippuu täysin syötettävistä kohteista. Konesalikäytössä mitoitus suunnitellaan yleensä niin, että palvelimet saadaan ajettua hallitusti alas. Kaikissa tapauksissa, esimerkiksi valvomokäytössä, tällainen ei ole mahdollista. Varakäyntiaika mitoitetaan tällöin viranomaisien tai laitoksen omien vaatimusten mukaisesti. Akkukäytön kesto voi olla joko varavoimakoneen käynnistysaika tai päätetty maksimiaika, jonka jälkeen järjestelmät saavat olla pois käytöstä. Varakäyntiajan pidentäminen lisää aina sekä investointi että käyttökustannuksia.

3.5.3 Varavoimakoneen suunnittelu

Varavoimakoneen suuri koko tulee huomioida jo rakennuksen esisuunnittelussa. Mitä isompi generaattori on käytössä, sitä enemmän se aiheuttaa meluhaittoja, lämpenemistä, magneettihäiriöitä ja päästöjä. Sen lisäksi polttoaineen varastointi aiheuttaa paloturvallisuuden kannalta omia vaatimuksia. Tilantarpeensa takia varavoimakoneita on nykyään alettu toimittaa myös erillisinä konttiratkaisuina, jolloin rakennuksen tekniset ratkaisut ovat edullisemmin toteutettavissa.

Syötönvaihtoautomaatiikkaa suunnitellessa täytyy taas olla tiedossa, miten varavoimakonetta halutaan ajaa. Lisäksi automatiikassa on otettava huomioon kuormat. Kuormien suuruudet vaikuttavat siihen, miten varavoimakone alkaa syöttää niitä katkostilanteen aikana. Tästä syystä kuormat usein ryhmitellään, minkä jälkeen ne on helpompi porrastaa generaattorille. Varavoimakoneen syöttämän sähkön tulee myös olla standardien mukaista. (ST-Käsikirja 31 2013.)

Siinä tapauksessa, että kohteeseen suunnitellaan järjestelmää, jossa on sekä UPS että varavoimakone, täytyy konetta suunnitellessa huomioida, minkälainen UPS kohteeseen on tulossa. Vakava tilanne voi syntyä, jos kriittiset kuormat ovat UPSin syötössä sen ollessa akkukäytössä ja kuormat halutaan siirtää varavoimakoneelle. Jos varavoimakoneen dieselgeneraattori pyörii ennen siirtoa lähes tyhjäkäynnillä, niin tehon siirtyessä sille sen koneikko kokee muutoksen pyörimisnopeudessa. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Siirretyn tehon ollessa tarpeeksi suuri saavuttaakseen generaattorin nimellistehon, alkaa taajuus vaihdella pyörimisnopeuden muutoksen takia. Lataukseen siirtynyt UPS aistii taajuuden muutoksen, ja automatiikka siirtää syötön taas takaisin UPSille. Varavoimakoneen tehon mitoitus on edellä kuvatun ilmiön takia hyvin tärkeä osa suunnittelua. Suunnittelu riippuu myös käytettävän UPSin toimintaperiaatteesta. (ST-Käsikirja 20 2005.)

Yksi varavoimakoneen suunnittelussa huomioitavista seikoista on myös UPSin tasasuuntaajan rakenne. Eri tekniikalla toteutetut tasasuuntaajat tuovat

virransärönsä ansiosta varavoimakoneen tehonmitoituksen kaavaan eri koro-
tuskertoimen. Mallin mukainen kerroin on nähtävissä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Eri tasasuuntaaja mallien aiheuttamat kertoimet

Tasasuuntaajan malli	THDi (%)	Kerroin
6-pulssinen	28	2,5
12-pulssinen	12	1,8
12-pulssinen+suodin	10	1,7
IGBT	< 3	1,5

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos varavoimakone syöttää 10 kVA:n UPSia, jonka tasasuuntaaja on toteutettu IGBT-tekniikalla, tulee varavoimakoneen näennäistehon olla vähintään $10 \text{ kVA} \cdot 1,5 = 15 \text{ kVA}$. Lopullisessa mitoituksessa on huomioitava myös muut lisäkuormat, jotka eivät ole kyseisen UPSin perässä. (Fingen Suunnittelu N.d..)

3.5.4 Dynaamisen UPS-järjestelmän suunnittelu

Koska dynaaminen UPS on käytännössä staattisen UPSin sekä varavoimakoneen yhdistelmä, voidaan sen suunnittelussa hyödyntää molempien aikaisemmin esiteltyjen suunnitteluohjeiden perusteita. Myös dynaamisia UPSeja on saatavilla valmiina konttiratkaisuuksina, mikä helpottaa niiden rakentamista erityisesti vanhoihin saneerattaviin tiloihin.

Kuten akustoa mitoittaessa, myös huimamassa- ratkaisuissa vauhtipyörä tulee mitoittaa oikein. Erilaisilla vauhtipyörillä voidaan saada pidempikestoisia energiavarastoja tai eri nopeuksia. Vauhtipyörän pyörimisnopeuden avulla voidaan säädellä sen momenttia, jolloin voidaan syöttää raskaampiakin kuormia hetkellisesti. (ST-Käsikirja 20 2005.)

3.6 ATK-laitteiston varmennettu sähkönsyöttö

Tietokoneet ja palvelimet ovat sähkönsyötön kannalta hyvin tarkkoja saamastaan virrasta. Riippuen virtalähteistään ne sietävät keskimäärin 10–20 ms:n jännitekatkoksia. Virtalähteen komponenttien ominaisuuksilla on suurin vaikutus siihen, kuinka pitkän jännitekatkoksen tietokone sietää. Etenkin energiaa varastoivien komponenttien, kuten kondensaattorien, ominaisuudet ovat iso tekijä. Taajuudenvaihtelut eivät kuitenkaan vaikuta tietokoneiden tai palvelimien toimintaan yhtä paljon kuin jännitekatkokset. (ST-Käsikirja 20 2005.)

2000-luvun aikana ATK-laitteiden virtalähteiden tehokertoimet on saatu nousemaan alle $0,7 \cos \varphi$ -arvosta 0,98:aan. Virtalähteet aiheuttavat kuitenkin paljon 3. ja 5. yliaaltoa. Kolmannen yliaallon takia nollajohtimen pinta-ala täytyy joissain tapauksissa mitoittaa jopa vaihejohtimia suuremmaksi, sillä 3. yliaalto summautuu nollajohtimeen (SFS 6000-5-52, liite 52E N.d.). Kuviossa 12 on hahmotettu konesalin eri toimintojen vaatimuksia varmennettuun sähkönsyöttöön liittyen.

Toiminto Tila Prosessi Järjestelmä	Suojaustaso				Varmennusaika			Järjestelmä		
	Häiriö- suojaus- jännite	Häiriö- suojaus- taajuus	Katko- ton	Sallittu katko- aika	Auto- maat- tinen	Miehi- tetty	Jatkuva	Ei redun- dantti	Redun- dantti teho- lähde	Redun- dantti jakelu
Tietokone- sali –tietokoneet	X	X	X	–	4 h	7 vrk	–	–	X	X
Tietokone- sali –jäähdytys				2 min	4 h	7 vrk	–	–	–	X

KUVIO 12. Esimerkki tietokonesalin varmennettavien toimintojen vaatimuksista (ST-Käsikirja 20 2005).

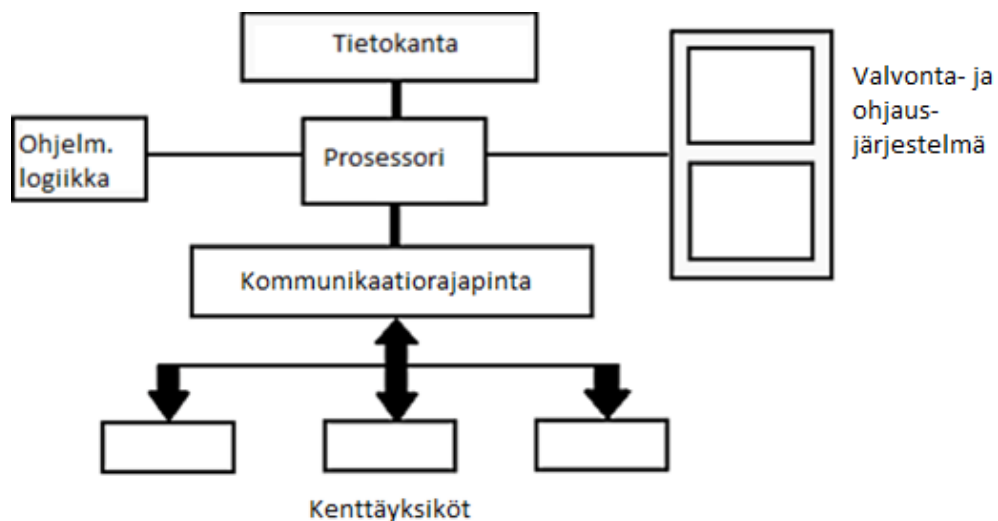
4 SÄHKÖ- JA KAUKOLÄMPÖVERKON VALVONTA

4.1 Käytönvalvontaohjelmat

4.1.1 SCADA

Useat prosessit ja järjestelmät vaativat nykypäivänä kellon ympäri kestäväää valvontaa jokaisena päivänä. Jatkuva valvonta on vaikea toteuttaa pelkästään ihmistyönä, koska valvontatietomäärä lisääntyy koko ajan. Tietojen suodattamiseen ja analysointiin tarvitaan automaatiojärjestelmiä. Valvonnan tietokoneistaminen lisää myös henkilöturvallisuutta.

SCADA eli Supervisory Control And Data Acquisition on tietokoneohjelmistotyyppi, jota käytetään käytönvalvontaohjelmistoissa. Ensimmäisiä SCADA-järjestelmiä oli käytössä jo 1960-luvulla, mutta niiden päämarkkinat avautuivat 1970-luvun alussa. Tietokoneella on graafinen käyttöliittymä, jota usein nimitetään valvomoksi. Valvomo on taas yhteydessä automaatiojärjestelmään, joka kerää tiedon kentällä olevilta sensoreilta tai lähettää ohjauksia kentän laitteille. Toimintaperiaatetta on hahmotettu kuviossa 13. (SCADA Systems N.d.)



KUVIO 13. SCADAN toimintaperiaate

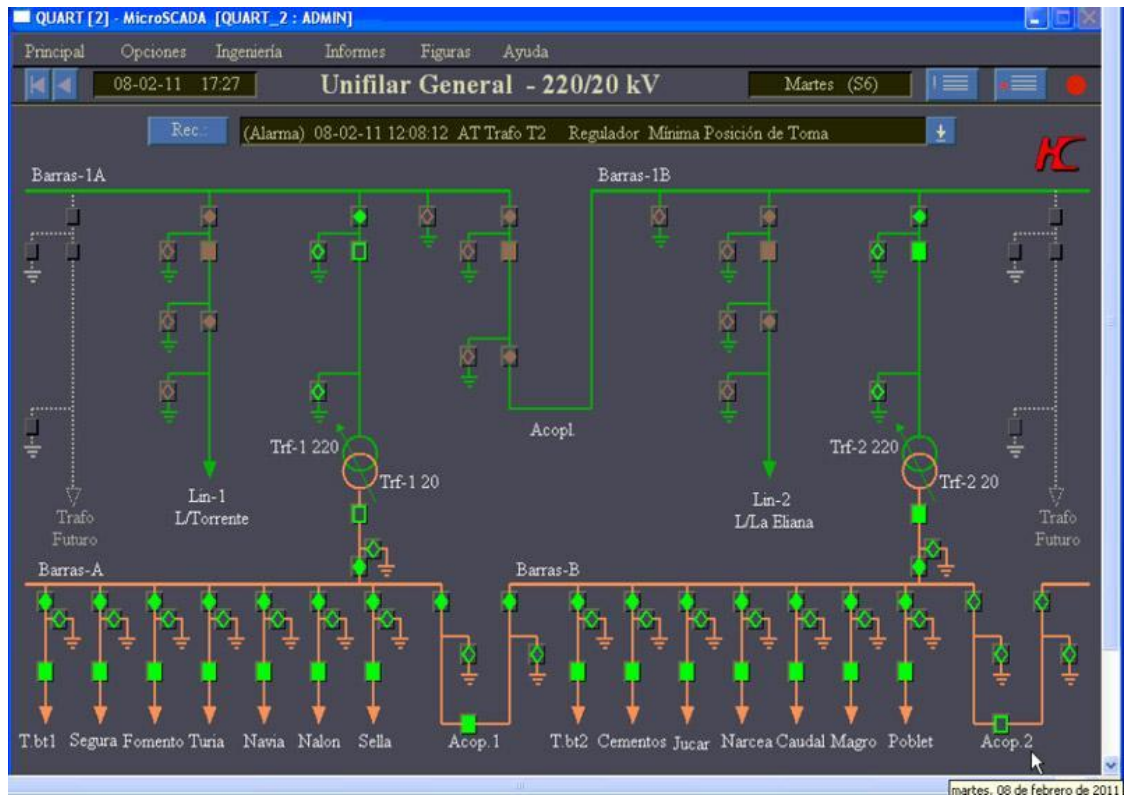
SCADA on käyttöominaisuuksiltaan monipuolinen. Teollisuustuotanto voi hyödyntää sitä prosessien ohjauksessa ja valvonnassa riippumatta siitä, mitä laitos tuottaa. Yleisen infrastruktuurin valvonnassa SCADAa käytetään yleisesti veden-, sähkön-, lämmön- tai kaasunjakelujärjestelmien automaatiojärjestelmissä. Kiinteistöissä SCADAa käytetään mm. ilmastoinnin ja lämmityksen valvontaan ja säätämiseen.

Informaation kulku SCADA kokonaisuuksissa voidaan nykypäivänä toteuttaa mm. LAN- ja WAN- verkkojen kautta, jolloin SCADAa varten ei tarvitse rakentaa omaa viestiliikennekaapelointia. Toisaalta juuri tästä syystä SCADAa on viime vuosien aikana kritisoitu heikosta tietoturvasta. SCADAn ollessa yhdistettynä koko maailmanlaajuiseen tietoliikenneverkkoon, kohtaa se useita uhkia monesta eri lähteestä.

Kesällä 2010 paljastunut Iranin uraanirikastusjärjestelmää sabotoinut verkko Stuxnet oli ohjelmoitu hyökkäämään juuri Siemensin kehittämään SCADAan. Tarkalleen ottaen Stuxnet muokkasi Siemensin Step 7-ohjelmistolla ohjelmoituja logiikoita toimimaan niin, että urania rikastaneet sentrifugit alkoivat ylikuumeta, jolloin rikastusprosessi epäonnistui. Kyseinen mato kulkeutui USB-muistitikojen välityksellä eikä tietoverkkoyhteyksien kautta. (Suomen automaatioverkkojen haavoittuvuus 2013.)

4.1.2 ABB MicroScada

Tampereen Sähkölaitos Oy käyttää sähkö- ja kaukolämpöverkkojensa valvomista varten ABB:n kehittämää MicroScada-ohjelmistoa. MicroScadan kehittäminen aloitettiin vuonna 1981 Strömbergillä Vaasassa. Vuonna 1987 ruotsalainen ASEA osti Strömbergin ja 1988 ASEA vaihtoi nimensä ABB:ksi. Strömbergin luoman MicroScadan kehittäminen jatkuu ABB:llä edelleen. Kuviossa 14 on esitetty esimerkki siitä, miltä sähköverkon valvonta MicroScadassa voi näyttää.



KUVIO 14. Esimerkki ABB:n MicroScada-valvomonäytöstä 220/20kV jakeluverkossa (Sicom Royal Smart Home N.d.).

Alkujaan MicroScadan oli tarkoitus toimia ainoastaan sähköasemien automaatiojärjestelmänä, mutta nykyään siitä on muodostunut valvonta- ja ohjausohjelmisto koko sähköjakelujärjestelmälle. MicroScada on myös kykenevä toimimaan mm. rautateiden, veden-, kaasun- ja öljynjakelun sekä lämmityksen valvomisessa ja ohjauksessa. (Predictive maintenance in MicroScada application 2013.)

4.1.3 MetsodNA

MetsoDNA on Metson kehittämä automaatiojärjestelmä kokonaisuus, jota Tampereen Energiatuotanto Oy käyttää voimalaitosten valvontaan ja ohjaamiseen. MetsoDNA on hajautettu automaatiojärjestelmä eli DCS (Distributed Control System). DCS:ssä tietokoneet kommunikoivat toistensa kanssa ohjaus-, säätö-, mittaus- ja asetusarvotiedoilla.

MetsoDNA:n tyylisten automaatiojärjestelmien kehitys alkoi Honeywellin TDC 200:sta (1976), jota seurasivat Valmet Automation sekä Metso Automation

Damatic Classic (1979), Damatic XD (1988), Damatic XDi (1996), MetsoDNA (2000), MetsoDNA CR (2006) ja nykyinen MetsoDNA (2011). Nykypäivän MetsoDNA:ta on mahdollista hyödyntää mm. sellu- ja paperiteollisuudessa, voimantuotannossa sekä kaivos- ja maarakennusalalla. (Automaatiojärjestelmän ohjelmiston elinkaaren hallinta 2013.)

Muita Suomessa yleisesti käytettyjä käytönvalvontaohjelmistoja ovat mm. Siemens Simatic Scada WinCC System, Netcon ja Wonderware InTouch.

4.2 Tampereen Sähkölaitos Oy:n verkonvalvonta

4.2.1 Sähköscada

Sähköscada on Tampereen Sähköverkko Oy:n nimitys kaupungin sähköverkkovalvontakokonaisuudelle. Sen avulla valvotaan ja ohjataan TSV:n sähköverkkoa ja -asemia. Sähköscadan tietoliikenneverkon topologiana on käytetty säteittäistä verkkoa, jonka keskipisteenä toimii Ratinan toimipiste. Verkon ensisijallinen kaapelointi on toteutettu valokuidulla, ja se on kahdennettu häiriöiden ja katkosten varalta käyttäen kupariyhteyksiä. Sähköscadan verkko ei käytä julkiseen käyttöön tarkoitettua valokuitu- tai kupariverkkoa, vaan sillä on oma julkisesta verkosta palomuurien avulla erotettu verkko.

Ratinan Lämpötalossa sijaitsee myös sähköscadan palvelin. Sähköverkon valvontaan käytetään jo aikaisemmin esiteltyä ABB:n MicroScada-ohjelmistoa. Kuten automaatioverkkoyhteydet myös palvelin on kahdennettu häiriöiden varalta. Sähköscadan palvelinkaapit on esitetty kuviossa 15.



KUVIO 15. Sähköscadan palvelinkaapit

4.2.2 Lämpöscada

Lämpöscada on Tampereen Energiatuotanto Oy:n kaukolämpöverkkovalvontakokonaisuus. Sitä käytetään kaukolämpökeskusten ja pumppaamoiden ohjaukseen ja valvontaan. Toisin kuin sähköscada, lämpöscadan verkkoa ei ole kahdennettu, ja se on kaapeloitu käyttäen kuparia. Verkkotopologiana käytetään säteittäistä verkkoa.

Palvelimen periaate on sama kuin sähköscadassa. Verkkoa valvotaan ja ohjataan MicroScadan avulla ja sen palvelin on kahdennettu. Myös kytkin, josta lämpöscadan tiedot kulkevat eteenpäin, on kahdennettu. Lämpöscadan palvelinkaapit on nähtävillä kuviossa 16.



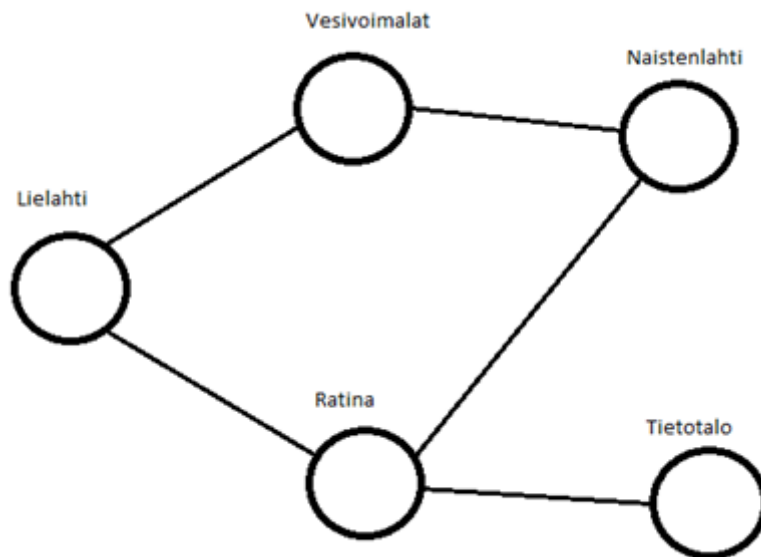
KUVIO 16. Lämpöscadan palvelinkaapit

4.2.3 Automaatiorengas

Automaatiorengas on nimitys kokonaisuudella, jonka avulla valvotaan ja ohjataan Tampereen voimalaitoksia. Koska automaatiorengas liittyy olennaisesti myös scadoihin, otettiin se myös mukaan opinnäytetyöhön. Automaatiorengas pitää sisällään käytönvalvontaan tarkoitetut palvelimet sekä niitä yhdistävät kytkimet. Ohjelmistona käytönvalvontaan hyödynnetään Metson MetsoD-NA:ta.

Verkkotopologiana käytetään rengasmaista verkkoa. Poikkeuksena ovat kuitenkin renkaaseen liitetyt kolme vesivoimalaa, jotka ovat renkaassa yhtenä kokonaisuutena, mutta muodostavat keskenään yhden renkaan. Automaatiorenkaan kaapelointi on toteutettu valokuidulla ja se on kahdennettu. Lämpötalon puolen automaatiorenkaan kytkin on myös kahdennettu. Toisin kuin scadoilla, automaatiorenkaalla ei ole palvelinta Lämpötalossa.

Automaatiorengas sallii voimalaitosten käytön ristiin. Poikkeustilanteessa esimerkiksi Naistenlahden voimalaitosta voidaan kauko-ohjata Lielahden voimalaitoksesta tai Ratinan varavalmomoasemalta. Tavallisissa toimistoverkoissa voidaan käyttää DNAClient-ohjelmaa laitosten valvomiseen, mutta ei ohjaamiseen. Kuviossa 17 on havainnollistettu automaatiorengaan pisteiden väliset yhteydet.



KUVIO 17. Automaatiorengaan yhteydet

4.2.4 Valvomot

TSV:lla ja TET:lla on erilliset valvomot sähkö- ja kaukolämpöverkkojen valvontaa varten. Valvomot koostuvat useasta näyttöpäätteestä ja tietokoneesta, jotka hakevat tietonsa SCADA-palvelimilta. Valvomot ovat jatkuvassa miehityksessä. Ratinan toimipisteessä sijaitsee sähköverkkovalvomo, kaukolämpöverkon varavalmomo sekä energiavalvomo. Sähköverkkovalvomo ja energiavalvomo ovat Sähkötalossa ja varavalmomo lämpötalossa.

Kaukolämpöverkonvalvonta on yhdistetty voimalaitosten valvomotoimintoihin. Kaukolämpöverkon valvontaa ei siis ole erikseen, vaan sen valvonta on toteutettu samassa yhteydessä voimalaitosten valvonnassa voimalaitosten valvomoissa. Ratinan varavalmomo varmistaa sen, että voimalaitoksia ja kaukolämpöverkkoa voidaan ohjata ja valvoa vaikka voimalaitosten valvomot olisivat

poissa käytöstä. Varavalvomossa ei ole jatkuvaa miehitystä. Energiavalvomo ohjeistaa lyhyellä aikavälillä (1 vrk), mitä voimalaitoksia on kannattavaa ajaa milloinkin ja energiapalvelut-yksikkö suunnittelee myös pidemmän aikavälin ajosuunnitelmat.

5 VARMENNETUN SÄHKÖNSYÖTÖN NYKYTILANNE LÄMPÖTALOSSA

5.1 SCADAt ja automaatiorengas

Tutkimalla varmennetun sähkönsyötön piirikaavioita ja haastatteleamalla TKS:n ja TSV:n henkilökuntaa selvisi, että nykytilanteessa sähkö- ja lämpöscadan varmennettu sähkönsyöttö tulee kahdelta eri UPSilta. Syöttö on jaettu niin, että 50 % sähköscadaan liittyvistä laitteista (palvelimet, kytkimet jne.) on yhden UPSin ja loput 50 % toisen UPSin kuormana. Lämpöscadan kanssa on tehty samainen jako. Tällä on turvattu se, että yhden UPSin mahdollisesti vikaantuessa ei kumpikaan scadoista mene alas.

Siinä tapauksessa, että esimerkiksi lämpöscadan palvelimet lakkaisivat toimimasta sähkökatkoksen tai -häiriön takia, ja niille ei olisi varmennettua sähkönsyöttöä, jäisi kaukolämpöverkko toimimaan niillä ohjausasetuksilla, jotka olivat ennen häiriötä. Tällöin ei myöskään saataisi mitään tietoa, mitä kaukolämpökeskuksilla ja pumppaamoilla tapahtuu. Yksinkertaistettuna lämpöscadassa kulkevat ohjaus- ja tilannetiedot ovat esimerkiksi seuraavanlaisia:

- Venttiilin ohjaus auki/kiinni + tilatieto.
- Pumppu käyntiin/seis + tilatieto.
- Lämpötilat, paineet ym. analogiatiedot

Lämpöscadassa kulkeva informaatio on siis elintärkeää kaukolämpökeskusten toimimiselle. Pahin uhkakuva tilanteessa, jossa yhteys lämpöscadan ja keskusten välillä katkeaisi, ovat pumppujen aiheuttamat paine-erot verkossa, jotka saattaisivat syntyä ohjaustietojen puuttuessa. Parhaimmassa tilanteessa kaukolämpöverkko toimisi niillä asetuksilla, jotka olivat voimassa ennen katkosta. Pahimmillaan paine-erot voisivat jopa rikkoa osan kaukolämpöputkistosta. Myös kaukolämpökeskusten tulviminen ohjaustietojen puuttuessa on mahdollinen uhkakuva.

Lämpöscadan yhteyden katkeaminen tarkoittaisi myös sitä, että kaikki kaukolämpökeskukset ja pumppaamot tulisi miehittää, jotta niitä voitaisiin vielä ajaa. TET:lla on suuri määrä kaukolämpökeskuksia ja pumppaamoja, jolloin jokaisen kohteen miehittäminen olisi vaativa tehtävä.

TSV:n sähköscadaan kuuluu tällä hetkellä 14 sähköasemaa, joiden avulla taataan turvallinen ja käyttövarma toiminta sähköverkkojärjestelmässä. Sen lisäksi, että sähköscadan kytkimet on jaettu eri UPSeille, on myös sähköasemat jaettu eri kytkimille. Toisella kytkimellä on 7 kpl Itä-Tampereen sähköasemia ja toisella 7 kpl Länsi-Tampereen asemia. Jos toinen kytkin lakkaa toimimasta häiriön takia, sen asemat vaihtuvat toimivalle kytkimelle.

Sähkönjakelu ei ole yhtä riippuvainen kaukokäytön toiminnasta kuin kaukolämpöverkko, koska jatkuvaa automaattisäätöä ei tarvitse tehdä sähköscadan välityksellä, jolloin järjestelmän vikaantuminen ei välttämättä ole yhtä vakava tilanne kuin lämpöscadan. Jos sähköscada ei saa tietoja sähköasemilta, esimerkiksi katkaisijan avautumisesta tai laiteviasta, kulkeutuu tieto reservihälytysjärjestelmän kautta valvomoon. Reservijärjestelmän välityksellä ei kuitenkaan voida tehdä ohjauksia, jolloin kaikki kytkentätoimenpiteet on tehtävä paikan päällä sähköasemilla.

Automaatiorengas on järjestelmän osana häiriöitä kestävin, koska siinä on suurin redundanttisuus. Lämpötilan automaatiorenkaan kaksi kytkintä saavat kumpikin varmennetun sähkönsyötön eri UPSilta. Automaatiorenkaan rengas-topologia varmistaa, että viestiliikenne ei häiriinny, vaikka molemmat Lämpötilan kytkimistä putoaisivat pois. Automaatiorenkaalla ei myöskään ole Lämpötilassa palvelimia, jotka voisivat vikaantua.

Lämpötilassa sijaitsevat automaatiorenkaan kytkimet ovat kuitenkin ainoa yhteys Tietotaloon, ja tätä kautta ainoa yhteys mm. energiahallinnan järjestelmiin. Tämä tarkoittaa sitä, että automaatiorenkaan kytkinten toiminnan häiriintyessä samalla pysähtyvät tiedonsiirrot energiavalvomon järjestelmiin, mikä vaikeuttaa tasehallintaa ja saattaa aiheuttaa taloudellisia menetyksiä.

5.2 Valvomot

Sähköverkkovalvomo ja energiakeskus saavat varmennetun sähkönsyöttönsä Sähkötalon omilta UPSeilta, mutta UPSin häiriötilanteessa niille saadaan myös syöttö Lämpötalon SCADA-UPSeilta. Sähköverkkovalvomon varmennetulla sähkönsyötöllä turvataan pääasiassa näyttöpäätteet ja tietokoneet, jotka hakevat sähköverkon tiedot palvelimelta. On erinomainen asia, että sähkösyöttö on katkotonta, jotta koneet eivät joudu käynnistymään uudelleen sähkökatkon tai generaattorin käynnistymisen jälkeen.

Sähköverkkovalvonnan varmentamista varten valvomossa on LED-taulu reservihälytysjärjestelmää varten. Tauluun saadaan äänellä varustetut hälytykset, jos jokin sähköscadan toiminnoista tai valvomon normaalit toiminnot olisivat poissa käytöstä. Reservihälytysjärjestelmä on myös turvattu UPSilla. Sähköverkon valvonta on siis kokonaisuudessaan varmennettu hyvälle tasolle.

5.3 UPSit

Lämpötalon nykyiset UPSit ovat online UPSeja tehoiltaan 20 kVA sekä 15 kVA. Yhden UPSin mahdollisesti vikaantuessa on myös mahdollista siirtää rikkoutuneen UPSin kuormat toimivalle UPSille. Lämpötalossa käytössä olevat scadojen ja automaatiorenkaan syöttöön tarkoitettut UPSit on esitelty kuviossa 18.



KUVIO 18. Vasemmalla Altram PowerValue UPS ja oikealla Merlin Gerin Comet UPS

UPSien energiavarastona toimivat suuret akustot erillisissä akkuhuoneissa. Yksi akkuhuoneista sisältää kaksi kertaa 15 sarjankytkettyä Valtran GLS Plus 12 VDC avointa lyijyakkua, eli yhteensä 180 VDC per akusto. Tämä akkuhuone toimii Altramin UPSin tehonlähteenä. Akkuhuone on esitetty kuviossa 19.

Toinen akkuhuone koostuu taas yhdestä 24:n Valtra GLS Plus 12 VDC -akun sarjankytkennästä, jolloin akuston kokonaisjännite on 288 VDC. Akustolla syötetään Merlin Gerinin Comet UPSia. Merlin Gerinin akkuhuone on valokuvattuna kuviossa 20. Molempien akkuhuoneiden akustot on mitoitettu syöttämään UPSien kuormia 10 tunnin ajan sähkökatkoksen sattuessa.



KUVIO 19. Altram UPSin 2x 180 VDC-akustot oikealla seinällä



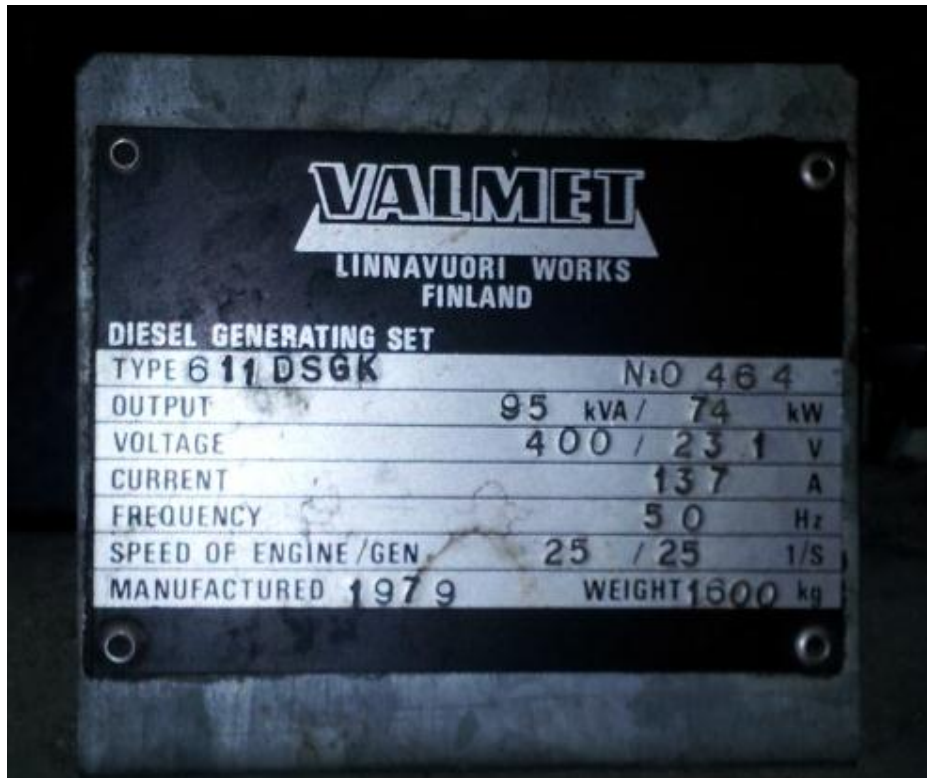
KUVIO 20. Merlin Gerin Cometin 288 VDC-akusto vasemmalla

5.4 Varavoimakone

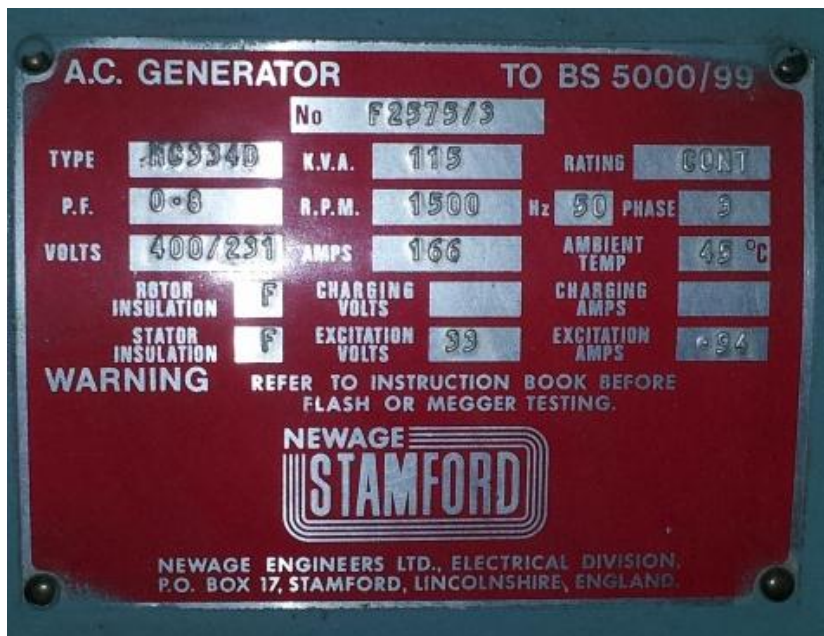
Lämpötilassa sijaitseva varavoimakone on Valmet Linnavuori Worksin vuonna 1979 valmistama 611 DSGK, jonka näennäisteho on 95 kVA. Kone käy dieselillä ja sen generaattorina toimii Stamfordin 115 kVA:n MC334D- vaihtovirtageneraattori. Kuvioissa 21, 22, 23 ja 24 on esitetty varavoimakone, konekokonaisuuden ja generaattorin arvokilvet sekä varavoimakonekeskus.



KUVIO 21. Valmetin varavoimakone



KUVIO 22. Varavoimakonekokonaisuuden arvokilpi



KUVIO 23. Vaihtovirtageneraattorin arvokilpi



KUVIO 24. Varavoimakoneen keskus

Varavoimakoneen kuormina ovat samat syötöt kuin Ratinan toimipisteen UPSien. Näiden lisäksi koneella on myös syötetty häiriötilanteissa toimistotilojen valaistusta. Aikoinaan sen perässä oli myös puhelinkeskuksen toimintoja, jotka ovat nykyään poistettu.

6 UUSI JÄRJESTELMÄ JA KEHITYSTARPEET

6.1 Uusi varmennetun sähkönsyötön järjestelmä

Tämän osion tarkoituksena on esitellä suunnitteluteknisiä ratkaisuja, jotka liittyvät uuteen varmennettuun sähkönsyöttöjärjestelyyn Lämpöalossa. Osiossa 6.2 esitetään suunnitelmien analysointia ja suosituksia kehittämistoimenpiteiksi.

6.1.1 UPS

Lämpöalon 20 sekä 15 kVA:n UPSit on päätetty uusiksi. UPSiksi on suunniteltu kahta 20 kVA:n UPSia. Poiketen aikaisemmista laitteista UPSien haluttiin olevan mahdollisimman samankaltaisia, jotta niiden huolto sekä muut asetellut olisi helpompi toteuttaa.

UPS-valmistaja Eaton tarjosi ratkaisuksi 20 kVA:n UPSia. Kyseisen UPSin esite on liitteessä 1. Yhteenveto tekniseksi ratkaisuksi on seuraava:

EATON 9155-20kVA-N

- OnLine, kaksoismuunnos toimintaperiaate
- Suojausluokka VFI korjaa sähköverkossa esiintyvät taajuus- ja jännitevaihtelut
- Teho 20 kVA / 18 kW. Päivitettävissä 30 kVA:ksi
- Verkkoliityntä 3 x 230/400 V, 50 Hz
- Lähtöliityntä 230V, 50 Hz
- Tulon tehokerroin 0,99, <5 % THD
- Oikosulkuvirta 300 A / 300ms
- IGBT-tasasuuntaajat ja vaihtosuuntaajat

- Staattinen, automaattinen vaihtokytkin
- Mekaaninen huolto-ohituskytkin
- Graafinen LCD-näyttö (mittaukset, tilatiedot yms.)
- RS 232 liityntä
- Relelähtö (yleishälytys vaihtokoskettimilla)
- 1684x494x762 mm (KxLxS), 185 kg

Akustoksi voidaan valita kolme erilaista vaihtoehtoa. Lisäksi akkukaapit voidaan haluttaessa asentaa UPSin laitetilaan.

Vaihtoehto A:

- n. 160 min varakäyntiaika (kuorma 7 kW)
- 2x36 kpl 110 W akkuja
- 1 akkukaappi. 1684x494x758 mm (KxLxS), 890 kg

Vaihtoehto B

- n. 360 min varakäyntiaika (kuorma 7 kW)
- 4x36 kpl 110 W akkuja
- 2 akkukaappia. 1684x494x758 mm (KxLxS), 890 kg per kaappi

Vaihtoehto C

- n. 550 min varakäyntiaika (kuorma 7 kW)
- 6x36 kpl 110 W akkuja
- 3 akkukaappia. 1684x494x758 mm (KxLxS), 890 kg per kaappi

Mitoitusperusteena voidaan käyttää vaihtoehtoa B, tai haluttaessa säilyttää pidempi varakäyntiaika, vaihtoehtoa C. Uusien UPSien kanssa säilytettäisiin edelleenkin sama 50 % jako kuormien kanssa. UPSien kuormat säilyisivät myös muuttumattomina, jotta varmennustaso ei heikentyisi.

6.1.2 Varavoimakone

Suurimpana muutoksena varmennetun sähkönsyötön kannalta on päätös poistaa varavoimakone ja käyttää sen huonetta muuhun tarkoitukseen. Varavoimakone ei enää testissä tahdistunut verkkoon, ja koska kone on jo yli 40 vuotta vanha, todettiin sen olevan elinkaarensa päässä.

Varavoimakoneen tilalle on suunniteltu liitospistettä, joka sijoitettaisiin uutta pääkeskusta syöttävään jakokaappiin. Tampereen Vera Oy voisi sähkökatkoksen tapahtuessa liittää siirrettävän varavoimakoneen liitospisteeseen. Paikalle tuotava varavoimakone turvaisi Lämpötilan kuormia, joita UPSit eivät syötä. Selvityksen perusteella Veralla on käytössään seuraavanlaiset siirrettävät varavoimakoneet:

- "Voimalaite" 200 kVA. Polttoainetankin tilavuus 200 l.
- "Asea" 350 kVA. Polttoainetankin tilavuus 500 l.
- "Rolssi" 450 kVA. Polttoainetankin tilavuus 950 l.
- "Voimalaite" 900 kVA. Polttoainetankin tilavuus 950 l.

Koneiden käyntiajat riippuvat täysin tietysti niiden syöttämän kuorman suuruudesta. Esimerkkinä voidaan kuitenkin mainita, että 900 kVA:n Voimalaite käy täydessä kuormassa noin 8 tuntia. Varavoimakoneissa ei ole omaa vikavirtasuojauksia, mikä helpottaa asioita suojauksen kannalta, sillä sähkösuunnittelijan mukaan verkossa tulee esiintymään vuotovirtoja.

6.2 Muutoksen huomioitavat asiat, kehitystarpeet ja -kohteet

Tämän osion tarkoituksena on esitellä huomioita ja kehitysehdotuksia käynnissä olevaan Lämpötilan varmennetun sähköverkon muutosprojektiin. Osiossa tuodaan esille asioita, jotka tulisi huomioida projektin etenemisen aikana sekä myös mahdollisia uhkakuvia uuden järjestelmän käytöstä.

Analyytit ja huomiot on muodostettu työpaikan sisällä tehdyistä haastatteluista eri henkilöiden kanssa. Toisena perustana ovat olleet projektin palaverit sekä aiheeseen liittyvät opinnäytetyöt, joissa on etsitty ratkaisua samankaltaisiin ongelmiin.

6.2.1 UPS, akustot ja scadat

Perustuen UPSin ominaisuuksiin, Eatonin UPSit vaikuttavat käyttötarkoitukseen sopivilta. VFI-luokka takaa sen, että UPS on sopiva ATK-laitteistolle. Myös UPSin teholuokka on samaa, kuin vanhojen UPSien, ja jos niiden perään ei lisätä muutoksessa lisäkuormaa, ei tehon korotukselle ole edes tarvetta.

Osion 3.2 UPS-tyyppien perusteella on selvää, että UPSien tulisi olla Online UPSeja kuten edeltäjänsäkin. Off-Line ja Line Interactive UPSit ovat vanhenevaa teknologiaa, ja vain harvat UPS-valmistajat tarjoavat edelleen niitä. (UPS-suunnittelu ja mitoitus UPS-laskentaohjelma 2010). Kaiken kaikkiaan uusien UPSien ei tarvitse erota vanhoista liikaa, koska tällöin riskeerattaisiin toimintavarmuus.

Jos akustopäätöksissä päädytään vaihtoehtoon B, niin aikaisemmin mitoitettu 10 tunnin kesto säilyy. Karkeasti arvioituna vaihtoehto B saavuttaa 10 tunnin akkujen käyntiajan, jos kuorman suuruus on 4,2 kW. Yhden UPSin nimelliskuorma on karkeasti noin 2,5 kW. Siinä tapauksessa, että UPSin kuormat kasvavat, voi 10 tunnin akkukäyttöaika olla kriittinen. Jos UPSin nimelliskuorma ylittää 4,2 kW:n, niin toimintavarmuus on huonompi kuin vanhan järjestelmän.

Toinen huomioitava asia on UPSien ja niiden akustojen sijoitus. Alustavasti suunniteltu sijoitus on kuvattu liitteessä 2. Sijoitusta tarkasteltaessa on erityisesti huomioitava tilan jäähdytys. Tilassa tulee sijaitsemaan TSV:n UPSin lisäksi UPSin kaksi isoa akkukaappia, scada-palvelin sekä muita tietoteknisiä laitteita. Suunnitteluprosessin aikana selvisi, että huoneisiin on tarjolla jäähdytystä varten rakennuksen ilmastointijärjestelmä ja kaukokylmä. Koska kaukokylmän toimintavarmuutta ei poikkeustilanteissa pystytä täysin turvaamaan, niin rakennuksen oma jäähdytys varmennetaan siirrettävällä varavoimakoneen syötöllä eikä sitä siten kannata kytkeä UPSien kuormaksi.

Scadoihin liittyvien laitteiden sijoittelua on tarkasteltava jäähdytyksen kannalta. On hyvin todennäköistä, että laitehuoneessa sijaitseva jäähdytyskone voi rikkoutua. Jos kaukokylmä ei toimi ilman varmennusta, jää laitehuone ilman jäähdytystä. Tästä syystä scadojen palvelimia ja kytkimiä tulisi jakaa eri tiloihin. Siinä tapauksessa, että esimerkiksi molemmat sähköscadan palvelimet ja kytkimet sijaitsevat samassa huoneessa, kasvaa riskin todennäköisyys. Laitteiden hajauttaminen vähentää myös tuhojen määrää esimerkiksi mahdollisen tulipalon sattuessa.

Yksi laitteiden sijoitteluun liittyvä asia on rakennustekniset tekijät. UPSien ja akkukaappien yhteispaino on noin 2000 kg. Tämän lisäksi massa keskittyy suhteellisen pienelle lattiapinta-alalle, kun UPSin ja akkukaappien pohjien alat ovat noin 50x80 cm. Suunnittelussa olisi siis hyvä varmistaa, että laitehuoneen lattia kestää suuren jatkuvan rasituksen.

Huolto- ja toimintavarmuutta saataisiin lisättyä sillä, että sähkö- ja lämpöscadan UPSit olisivat samat, eli TSV ja TET päättäisivät yhdessä UPSien valinnasta. Identtiset UPSit helpottaisivat myös sähkösuunnittelua ja mitoitusta. Kun molemmilla UPSeilla on yhtä suuret maksimioikosulkuvirrat ja nimellistehot, standardoituu mm. kaapeleiden pituuksien ja poikkipinta-alojen mitoitus. Toisaalta taas identtisten UPSien tulisi olla eri tuotantoeristä, jotta vähennettäisiin riskiä tyyppivialle, joka pahimmassa tapauksessa vaikuttaisi molempiin UPSeihin samaan aikaan.

Samankaltaisilla järjestelmillä saavutettaisiin kuitenkin synergia myös muiden varmennetun sähkönsyötön laitteiden kesken, jolloin akustotkin voisi olla mitoitettu samoilla kriteereillä yhtä suuriksi. Järjestelmien samankaltaisuus helpottaisi edelleen huoltamista ja ylläpitoa. Jos TSV ja TET päätyisivät samaan akkukaappiratkaisuun käyttäen suljettuja lyijyakkuja, niin myös akkuvesipisteen rakentamistarve poistuisi.

Vanhat akustot olivat erisuuruisia kokonaisjännitteeltään, jolloin toinen UPS ei voinut hyödyntää toisen akustoa. Yksi UPS on tietysti pystynyt syöttämään molempien UPSien kuormia siinä tilanteessa, että toinen UPS vikaantuisi, mutta tällöin akkukäytön maksimikesto on puolittunut arviolta noin viiteen tuntiin. Identtiset akustot uudessa järjestelmässä varmentaisivat toisiaan ristiinkäytön mahdollisuudella ja lisäisivät näin varakäyntiaikaa eri vikatilanteissa. Oikosulkuvirrat saattavat rajoittaa rinnankytkentämahdollisuutta kuten myös UPSien lataus- ja varaustekniikat, mitkä on varmistettava ennen mahdollista riistiinkäyttöä.

Sähköverkkovalvomon sekä energiakeskuksen laitteiden lisääminen samoihin UPSeihin sähkö- ja lämpöscadojen palvelimien ja muiden laitteiden kanssa tulee myös aiheuttamaan ongelmia. Valvomotila on riskialttiimpi inhimillisille virheille kuin palvelinten laitehuoneet. Esimerkiksi oikosulun aiheutuminen valvomotilan laitteissa on todennäköisempää. Oikosulku voi tapahtua vaikka vain viallisesta kännykänlaturista, joka on liitetty valvomon pistorasiaan. Kytettäessä UPSiin lisäkuormia tulee aina tarkastella koko järjestelmän toimintavarmuutta.

Edellä kuvatuista uhkakuvista johtuen voidaan esittää seuraavia suosituksia:

- Valvomon pistorasiat merkitään riippuen siitä, ovatko ne varmennettu UPSilla vai eivät. Kyseisiin pistorasioihin ei saa missään nimessä kytkeä mitään muuta kuin sähköverkon valvontaan liittyviä tietokoneita, näyttöjä ym..
- Toisena vaihtoehtona on liittää valvomon laitteet erilliseen UPSiin. Lämpötilassa olemassa olevaa 15 kVA:n UPS voitaisiin hyödyntää

valvomolaitteiden varmennettuna sähkönsyöttönä. Myös Sähkötalosta vapautuva 2,7 kW:n UPS 33 tulisi hyödyntää esimerkiksi reservijärjestelmien varmennettuna erillissyöttönä.

6.2.2 Varavoimakone

Päätös Valtran vanhan varavoimakoneen poistamisesta tehtiin kustannussyistä. Varavoimakoneen korvaajaan, siirrettävään varavoimakoneen käyttöön liittyy monta tekijää, joihin on kiinnitettävä jatkossa erityistä huomiota. Siirrettävän varavoimakoneen kytkentä sovittuun liitännäspisteeseen on tapahduttava nopeasti, mikä tulee varmistaa ja kuvata palvelusopimuksessa, jossa on myös toiminta poikkeusoloissa määritelty yksityiskohtaisesti. Lisäksi sopimuksessa tulee todeta, kuinka usein ja miten siirrettävää varavoimakonetta huolletaan sekä kuka huollon hoitaa.

Rakennuksien omilla varavoimakoneilla on yleensä huoltosuunnitelmat ja niitä koekäytetään usein, jolloin taataan laitteiden toimivuus myös poikkeustilanteissa. Näin ollen vaikka varavoimakonepalvelu olisikin ulkoistettu luotettavalle toimijalle, niin se voi silti heikentää varmennetun sähkönsyöttöjärjestelmän toimintavarmuutta.

Muita varavoimakoneen käyttöön liittyviä lisäselvityksiä ovat mm. tehomitoitus, polttoainehuolto ja koneen käyntiaika. Koneen liityntäpisteen mitoitus tulee määräämään sen, kuinka suuri kone siihen voidaan liittää. Tällöin myös paikalle tuotavan koneen on oltava aina sopivan suuruinen.

Koneiden polttoaineen lisäämisestä käynnin aikana tulisi myös tehdä lisäselvityksiä kuten aiheuttaako se paloturvallisuuden kannalta riskiä. Pidempien sähkökatkosten aikana varavoimakoneen oma polttoainetankki ei tule riittämään, vaan se tarvitsee täydennystä. Koneen ominaisuuksiin tulee siis kuulua, että sen tankkia voidaan täyttää kesken käynnin. Koneen maksimikäyttöaika, joka saattaa vaihdella lämpötilasta riippuen, pitää myös varmistaa. Kaikkia varavoimakoneita ei ole suunniteltu todella pitkäaikaiseen käyntiin. Osio 7.4 käsittelee siirrettävää varavoimakonetta määräyksen 54 perusteella.

Siirrettävän varavoimakoneen käytössä on tietysti positiivisena asiana pienet investointikustannukset. Vanhan varavoimakoneen tilat saadaan saneerattua muuta käyttötarkoitusta varten kun taas uuden varavoimakoneen hankinta ja sitä varten tehtävien tilamuutosten tekeminen tulisi erittäin kalliiksi.

6.2.3 Dynaaminen UPS

Toisena vaihtoehtona varavoimakoneelle voisi olla huimamassalla ja dieselgeneraattorilla varustettu dynaaminen UPS. Dynaamisen UPSin ja DRUPSin toimintatapa on esitelty osiossa 4.3.

Suomessa dynaamisia UPSeja toimittavat mm. kW-set Oy sekä Polar Diesel Oy. kW-setin toimittamista Eurodiesel DRUPSien teknisiä ominaisuuksia on kerätty ominaisuustaulukkoon kuviossa 25.

KS@5 sarja 50 Hz

Teho (prime), jatkuva varavoimateho	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)	Paino (kg)
200 kVA	4300	1700	2163	6560
250 kVA	4600	1700	2163	7256
300 kVA	4600	1700	2163	7256
400 kVA	5000	1700	2147	10227
500 kVA	5000	1700	2147	10227
630 kVA	5500	1700	2087	13966
700 kVA	5500	1700	2087	13966
800 kVA	6000	1700	2124	14181
900 kVA	6000	1700	2124	14181
1000 kVA	6000	1700	2124	15200
1125 kVA	6700	1950	1989	17942
1250 kVA	6750	1950	2390	22638
1500 kVA	7100	1900	2390	22678
1700 kVA	7100	1900	2235	22678
1750 kVA	7500	1950	2377	23188
2000 kVA	7500	1950	2377	26068

KUVIO 25. kW-set Oy:n Eurodiesel DRUPSin vaihtoehdot (kW-set Oy Eurodiesel DRUPS-laitteistot N.d.).

Vanhan varavoimakoneen huone riittäisi myös sijoituspaikaksi keskikokoiselle DRUPSille. Huoneessa on jo valmiiksi pakokaasunpoistokanavat vanhaa dieselgeneraattoria varten. Suurimpien mallien kokonaispituus on kuitenkin liian suuri, jotta ne mahtuisivat vanhoihin tiloihin ilman suuria muutoksia.

Minkä takia sitten valita DRUPS? Tässä työssä esiteltyjen teorioiden perusteella se vaikuttaa paljon luotettavammalta ratkaisulta kuin siirrettävä varavoimakone. Tämä valinta poistaisi myös tarpeen UPSeille, koska DRUPS on CPS-laite. Samalla moottori-generaattori-yhdistelmänsä ansiosta DRUPS poistaisi kaikki häiriöt, joita ulkopuolisessa verkossa voi syntyä.

Kuten osiossa 3.3.1:ssä todettiin, DRUPSia on Suomessa käytössä muutamissa sovellutuksissa. Veikkauksen päätoimipisteen varmennettu sähkönsyötö on toteutettu DRUPSilla. DRUPSin kokonaistoimituksen toteutti helsinkiläinen HT-Sähköpalvelu (Veikkauksen uusi virta takaa pelien pyörimisen).

DRUPS ratkaisusta voidaan todeta, että se olisi selvästi kalliimpi vaihtoehto kuin valittu ratkaisu. Toisaalta se olisi ainoa laite, joka takaisi varmennetun sähkönsyötön scada-laitteistolle. DRUPSin vikaantuessa kaikki sähkö tulisi varmentamattomana ohituskytkimen kautta. Sama koskisi myös tilanteita, kun DRUPS olisi määräaikaishuollossa poissa käytöstä.

6.2.4 Yhteenveto

Varmennetun sähkönsyötön valinnassa tärkein kysymys on, mikä asetetaan varmennuksen tavoitetasoksi. Kuinka toimintavarma järjestelmäkokonaisuus suunnitellaan ja kuinka pitkä sen varakäyntiajaksi asetetaan. Erityisesti näihin kahteen asiaan tulee aina paneutua perusteellisesti ennen lopullisia päätöksiä. Varmentamista ei kannata kuitenkaan myöskään ylimitoittaa, sillä silloin järjestelmästä voi tulla tarpeettoman monimutkainen ja vaikea käyttää sekä huoltaa.

Suunnittelun lähtöarvoksi tässä työssä on varakäyntiajalle valittu 10 tunnin akkukapasiteetti. Varavoimakoneen avulla varmennusta taas voidaan jatkaa niin pitkään, kun polttoainetta on saatavilla. Toisaalta kokemukset viime aikojen myrskyjen aiheuttamista sähkökatkoksista kaupunkialueilla eivät ole kestäneet pitkään, mikä tukee valittuja suunnitteluratkaisuja.

Varmentamisen kannalta suurin riski on kuitenkin siirrettävä varavoimakone. Vaikka koneesta tehtäisiin tarkka ja hyvin määritelty palvelusopimus, on todettava, että varmempiakin vaihtoehtoja olisi saatavilla. Siirrettävästä varavoima-

koneesta tulisi myös tehdä kattava riskienhallinta-analyysi. Analyysissä olisi hyvä huomioida tässä työssä esiteltyjä koneeseen liittyviä riskejä. Hyvin kar-
toitettu riskianalyysi takaa jatkossa paremman toimintavarmuuden koko var-
mennetun sähkönsyötönkokonaisuudelle.

Vaihtoehtoisena toteutusratkaisuna voidaan mainita DRUPS-hankinta tai van-
han varavoimakoneen kunnostaminen tai sen vaihtaminen uuteen.

7 SÄHKÖVERKON VALVONTA LAKIEN, SÄÄDÖSTEN JA SUOSITUSTEN KANNALTA

7.1 Yleistä

Sähköverkkoyhtiönä Tampereen Sähköverkko Oy:n on noudatettava monia eri lakeja ja säädöksiä. Osa näistä koskee myös sähköverkon valvontaa ja valvonnan ylläpitoa. Lakien ja säädöksien tarkoituksena on taata häiriötön sähkönjakelu normaali- ja poikkeustiloissa.

Osana tätä opinnäytetyötä tutkitaan, miten lakipykälät ja muut säädökset tai suositukset ohjaavat sähköverkon valvontaa. Käsitteet huolto-, käyttö- ja toimintavarmuus ovat termejä, jotka nousevat esille sähkön jakelua ja tuotantoa säätelevissä lakiteksteissä ja määräyksissä. Tässä osiossa rajaudutaan käsittelemään sähkömarkkinalakia ja Huoltovarmuuskeskuksen ohjeistusta.

Huoltovarmuuskeskus (HVK) on työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan laitos. HVK:n tehtävä on maan huoltovarmuuden ylläpitämisen ja kehittämisen suunnittelu ja operatiivinen toiminta. Huoltovarmuuden turvaaminen on määritetty Suomen laissa, johon HVK:n toiminta perustuu. HVK:n toiminnan tarkoituksena on normaali- ja poikkeusolojen turvaaminen vakavien häiriöiden varalta maan väestön toimeentulon, talouselämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämättömät taloudelliset toiminnot mukaan lukien energihuoltosektori. Nykyään HVK:n toiminnan painopisteenä on eri teknisten järjestelmien toiminnan varmistaminen.

Koska sähköverkon valvonta Sähkölaitoksella sisältää myös tietoverkkotekniikan laitteita, on tähän osioon otettu mukaan sähköyhtiöitä koskevien asioiden lisäksi teleyhtiöitä käsittelevää lainsäädäntöä, määräyksiä ja suosituksia. Toimiva sähköverkko vaatii saumatonta yhteistyötä sähkönjakelulta ja tietoverkolta.

7.2 Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista pyrkii varatoimenpiteiden avulla turvaamaan yhteiskunnan toimivuuden kannalta välttämättömän infrastruktuurin ja kriittisen tuotannon jatkumisen kaikissa tilanteissa. Sähkönjakelu on osana tätä päätöstä. Päätöksen kohdilla 1 ja 2 voidaan perustella varmennetun sähkönsyötön tarpeellisuutta sähköverkon valvonnassa:

1

Muita keskeisiä yhteiskunnan taloudellista toimintakykyä vaarantavia uhkia ovat sähköisten tieto- ja viestintäjärjestelmien häiriintyminen, energiansaannin keskeytyminen, väestön terveyden ja toimintakyvyn vakava häiriintyminen sekä luonnononnettomuudet ja ympäristökatastrofit.

Huoltovarmuuden taso mitoitetaan niin, että väestön elinmahdollisuudet ja toimintakyky sekä yhteiskunnan toimivuus voidaan pitää yllä normaaliolojen vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa mukaan luettuna puolustustila.

2

Sähkön, maakaasun ja kaukolämmön siirto- ja jakeluverkot varaudutaan ylläpitämään nykyisellä toimitusvarmuustasolla pitkittyvänkin kriisin aikana.

Kriittisimmät ja keskeisimmät tietotekniikan varassa olevat yhteiskunnan toiminnot tulee tunnistaa ja niihin liittyvät tietojärjestelmäratkaisut ja -palvelut tulee varmistaa erilaisia vakavia häiriöitä ja poikkeusoloja kestävillä järjestelyillä. (539/2008 Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista.)

Päätöksestä on eritelty sähkönjakelua olennaisesti koskevat osat. Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä selviytyä poikkeustilanteista mahdollisimman vähillä erityisjärjestelyillä tai haitoilla.

Sähköverkon valvonnassa huoltovarmuutta on lisätty juuri kahdentamalla laitteita ja varmentamalla sähkönsyöttöä. Huoltovarmuuden on myös säilyttävä ennallaan muutoksen jälkeen. UPSit takaavat lyhytaikaisen suojauksen sähköhäiriöitä kohtaan ja varavoimaratkaisu tulee määrittelemään, kuinka pitkäaikaiseen kriisiin sähköverkon valvonta on varautunut.

7.3 Sähkömarkkinalaki

19 §

Verkon kehittämisvelvollisuus

2) sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat luotettavasti ja varmasti silloin, kun niihin kohdistuu normaaleja odotettavissa olevia ilmastollisia, mekaanisia ja muita ulkoisia häiriöitä;

3) sähköverkko ja sähköverkkopalvelut toimivat mahdollisimman luotettavasti normaaliolojen häiriötilanteissa ja valmiuslaissa (1552/2011) tarkoitetuissa poikkeusoloissa;

29 §

Verkonhaltijan yhteistoimintavelvollisuus häiriötilanteissa

Verkonhaltijan on osallistuttava häiriötilanteissa toiminta-alueeseensa liittyvän tilannekuvan muodostamiseen ja toimitettava tilannekuvan muodostamisesta vastaavalle viranomaiselle sitä varten tarvittavat tiedot.

51 §

Jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset

Jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että:

2) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestävää sähkönjakelun keskeytystä;

3) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitettulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestävää sähkönjakelun keskeytystä. (588/2013 Sähkömarkkinalaki.)

Sähkömarkkinalaki käsittelee paljon myrskyjen aiheuttamia sähkökatkoja, jotka ovat etenkin vuoden 2013 aikana olleet yleisiä. Sähkökatkostilanteessa ei tule olettaa, että katkos vie sähköt vain tietyltä asuinalueelta, jolloin tieto siitä saadaan suoraan valvomoon ja paikalle lähetetään korjaajat. Pahimmassa tapauksessa ja lähes yhtä suurella todennäköisyydellä, sähkökatko voi häiritä myös sähkövalvomon ja energiakeskuksen toimipistettä.

Lain perusteella voidaan perustella varmennetun sähkönsyötön toimintavarmuuden tärkeyttä sähkönjakelujärjestelmän kriittisissä solmukohtissa. Sähkönjakelunvalvonnan toimipisteeseen vaikuttavat sähkökatkot saavat tietysti korkeimman prioriteetin korjausjärjestyksessä. Sähkömarkkinalain 29 § määrittää, että valvomon on oltava toiminnassa kaikissa häiriötilanteissa, jotta tilannekuva ja muut tarvittavat tiedot pystytään toimittamaan viranomaisille. Tämä määräys on siis erityisesti huomioitava, kun valvomon toimintavarmuuden kriteereitä asetetaan.

7.4 Määräyksen 54 perustelut ja soveltaminen viestintäverkkojen ja -palveluiden varmistamisesta

Siirrettävän varavoimalaitoksen käyttö voi kuitenkin olla mahdotonta tai se sisältää merkittäviä riskejä seuraavissa tapauksissa (joita esiintyy lähinnä taajama- ja kaupunkiolosuhteissa):

- *Varavoimalaitosta ei voi sijoittaa riittävän lähelle kohdetta vaarantamatta samalla kiinteistön paloturvallisuutta polttoaineen käsittelystä tai varalaitoksen lämmöntuotosta johtuvista syistä (esimerkiksi tavaratalot, liikerakennukset, koulut ja päiväkodit)*
- *Varavoimalaitosta ei voi sijoittaa kohteeseen siten, että ulkopuoliset eivät pääse siihen käsiksi, tai varavoimalaitoksen toimintaa ei pystytä valvomaan riittävän tehokkaasti (paikat, joissa liikkuu yleisöä, erityisesti lapset ovat riski)*
- *Varavoimalaitoksen siirtäminen riittävän lähelle käyttöpaikkaa on mahdotonta (esimerkiksi korkeiden rakennusten ullakot ja jossakin tapauksissa kellaritilat)*
- *Varavoimalaitoksen melu- ja pakokaasuhaitat estävät sen käyttämisen.*

(Määräyksen 54 perustelut ja soveltaminen viestintäverkkojen ja -palveluiden varmistamisesta 14.2.2008.)

Vaikkakin määräys 54 käsittelee tieto- ja viestintäverkkoja, ovat sen käsittelemät aiheet myös oleellisia sähköverkon valvonnassa, koska siinä hyödynnetään tiedonsiirrossa tietoverkkoja. Nämä määräykset on huomioitava, kun Lämpötilan vanha varavoimakone puretaan ja tilalle suunnitellaan siirrettävää varavoimakonetta.

Suurimmat riskit ja haitat syntyvät siitä, jos siirrettävää varavoimakonetta joudutaan käyttämään pitkiä aikoja. Määräyksen mukaan kone on sijoitettava niin, että siihen ei ole ulkopuolisilla pääsyn mahdollisuutta. Jos koneen lähelle pääsyä ei voida estää tai rajata, se tarvitsee jatkuvaa vartiointia koko käyntinsä ajan. Toisena ongelmana on koneen melu. Ylittäessä 200 kVA teholuokka voivat meluhaitat olla haitallisia Lämpötilan lähistöllä olevissa asuinrakennuksissa. Tätä melua voidaan kuitenkin rajoittaa käyttämällä äänenvaimentimilla varustettu varavoimakonetta.

7.5 Yhteenveto

Olenneimpia tämän opinnäytetyön tausta-aineiston kannalta olivat määräyskokoelmat, jotka löytyivät Finlexin sivuilta. Toteutussuunnittelussa on varmistettava, että valitut suunnitteluratkaisut täyttävät voimassa olevat lakipykälät, päätökset ja erityismääräykset. Erityisesti on huomioitava varavoimakone, jota osaltaan tieto- ja viestintäverkkoja koskeva määräys 54 käsittelee.

8 POHDINTA

Opinnäytetyötä aloittaessa ei riittävästi kiinnitetty huomiota tutkimusaiheen rajaukseen. Opinnäytetyön toimeksiantajan organisaatiosta tuli jatkuvasti eri ihmisiltä lisäideoita aiheista, joita opinnäytetyössä voisi selvittää. Rajat opinnäytetyön sisällölle saatiin kuitenkin lopulta asetettua, jolloin myös työn tavoite selkeni.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyön käytännön tulokset voidaan kuitenkin arvioida vasta, kun rakennusprojekti on toteutettu vuoden 2014 loppuun mennessä ja valitusta toteutusratkaisusta saadaan käytännön kokemuksia. Osa työssä esitetyistä suosituksista on kuitenkin sellaisia, joita voidaan hyödyntää vielä projektin päättymisen jälkeenkin. Perustin kehitysideani yleiseen teoriaan, tehtyihin tutkimuksiin ja opinnäytetöihin sekä etenkin laajoihin haastatteluihin opinnäytetyöpaikan henkilökunnan kanssa.

Uskon kuitenkin, että työ tulee hyödyttämään eniten projektin sähkösuunnittelijaa sekä loppupeleissä henkilöitä, jotka vastaavat UPSeista ja niiden toimimisesta. Erinäisten ideoiden antaminen helpottanee suunnittelua ja antaa parhaimmillaan uusia näkökulmia joihinkin aiheisiin, joita ei aikaisemmin olisi edes pohdittu.

Vaikeimmaksi opinnäytetyössä osoittautui aiheen vaatimien teknisten taustatietojen hallinnan laaja-alaisuus. Työn tekeminen opetti, että sähköinsinööritä odotetaan nykyaikana paljon. Pitäisi osata sähkötekniikan ohella myös laaja-alaisesti tietotekniikkaa, tietoliikennettä ja automaatiota. Erityisesti opinnäytetyön tutkimus- ja selvitysvaiheessa tämä asia korostui. Vaikka opintoni olivat valmistaneet minut näiden teknisten tietojen hallintaan, pääsin silti opettelemaan paljon uutta.

Opinnäytetyön teorian hahmottaminen tuntui helpommalta vasta, kun olin päässyt konkreettisesti tutkimaan Lämpötilan tiloja sekä haastattelemaan henkilökuntaa aiheesta.

Koko työn ajan tunsin kuitenkin, että opin uutta. Aihevalintani tulee tukemaan minua myös valmistumiseni jälkeen, koska viime vuosien myrskykokemusten myötä varmennetusta sähkönsyötöstä tulee olemaan sähkökäyttäjien keskuudessa varmasti jatkossakin yhä lisääntyvä tarve.

Oma vapaus työn kanssa antoi mahdollisuuksia mutta toi myös haasteista. Toimeksiantajan suunnitteluajataulun kiristyminen antoi motivaatiota saada työ valmiiksi ennen kuin purkutyöt selvityksen kohteessa alkoivat. Toisaalta vapaus käsitellä aihetta laajojen rajojen sisällä teki työstäni mielenkiintoista ja varmisti hyvän lopputuloksen.

LÄHTEET

539/2008 Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista. Lakiteksti. Viitattu 12.12.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080539>

588/2013 Sähkömarkkinalaki. Lakiteksti. Viitattu 12.12.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Anttila, O. 1993. Valoa, voimaa, vaurautta. Julkaisija & kustantaja Tampereen Kaupunki. Painettu Hämeenlinnassa Karisto Oy:n Kirjapaino.

Back-USP Pro. Kuvio. N.d. APC. Viitattu 14.12.2013. <http://www.apc.com/products/family/index.cfm?id=27>

Dynamic UPS. Kuvio. N.d. Hitzinger. Viitattu 16.11.2013. <http://www.hitzinger.co.uk/rotarydieselups.html>

Emergency power system. Nettisivu. N.d. Viitattu 18.11.2013. http://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_power_system

FinGen Suunnittelu. Nettisivu. N.d. FinGen. Viitattu 14.11.2013. <http://fingen.fi/suunnittelu>

Forstén, J. 2002. Sähkön toimitusvarmuuden parantaminen. Selvitysmiehen raportti. Viitattu 16.12.2013. <http://www2.energia.fi/myrsky/pdf/toimitusvarmuus.pdf>

Green Power Generators. Kuvio. N.d. HSA Oy. Viitattu 16.11.2013. <http://www.hsaoy.com/aggregaatit/greenpower/>

Hakanen, P. 2005. ST-Käsikirja 20 Varmennetut Sähkönjakelujärjestelmät. Espoo. Julkaisija: Sähkötieto ry. Kustantaja: Sähköinfo. Painettu Forssassa Forssan Kirjapaino Oy. Viitattu 14.11.2013. www.nelliportaali.fi/jamk , Sähköinfon Severi (ent. ST-kortisto).

Hakanen, P. 2013. ST-Käsikirja 31 Varavoimalaitokset. 3. p., uud. p. Espoo. Julkaisija: Sähkötieto ry. Kustantaja: Sähköinfo. Painettu Tampereella Tam-

merprint Oy. Viitattu 14.11.2013. www.nelliportaali.fi/jamk , Sähköinfon Severi (ent. ST-kortisto).

Hitec Power Protection - Diesel Rotary UPS Systems - corporate video. 2009. Video. N.d. Viitattu 18.11.2013.

<http://www.youtube.com/watch?v=jZjgx4BADf8>

Kaukonen, T. 2009. Suurhäiriö on aina mahdollinen. Diaesitys 26.11.2009. Viitattu 11.11.2013.

http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/asiakasliitteet/Seminaarit/K%C3%A4ytt%C3%B6varmuusp%C3%A4iv%C3%A4/2009/kayttovarmuuspaiva_2009_timo_kaukonen.pdf

kW-set Oy Eurodiesel DRUPS-laitteistot, Kuvio. N.d. kW-set Oy. Viitattu 13.12.2013. http://www.kwset.fi/pages/DRUPS_laitteet.html

Kykkänen, V. 2013. Uusi laki suitsii sähkökatkon enimmäiskestoja. Uutisartikkeli. Yle Kymenlaakso. Viitattu 17.11.2013.

http://yle.fi/uutiset/uusi_laki_suitsii_sahkokatkon_enimmaiskestoa/6810328

Laitinen, J. & Vainio, S. 2009. Pitkä sähkökatko ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen. Lehti. Puolustusministeriö. Viitattu 1.12.2013.

http://energia.fi/sites/default/files/pitka_sahkokatko_ja_yhteiskunnan_elintarkeiden_toimintojen_turvaaminen_2009.pdf

Laitonen, V. 2013. Katkeamattoman sähkönsyötönjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus palvelimille. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma, internet-tekniikka. Viitattu 7.12.2013.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63520/Laitonen_Ville.pdf?sequence=1

Manner, J. & Tiilikainen, S. 2013. Suomen automaatioverkkojen haavoittuvuus. Raportti. Aalto-yliopisto, sähkötekniikan korkeakoulu. Viitattu 14.11.2013.

<https://research.comnet.aalto.fi/public/Aalto-Shodan-Raportti-julkinen.pdf>

Määräyksen 54 perustelut ja soveltaminen viestintäverkkojen ja -palveluiden varmistamisesta 14.2.2008. Asiakirja. Viitattu 13.12.2013.

<http://www.finlex.fi/data/normit/32677-MPS54.pdf>

Nurminen, M. 2013. Automaatiojärjestelmän ohjelmiston elinkaaren hallinta. Opinnäytetyö. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 1.12.2013.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63973/Nurminen.Markku.pdf?sequence=1>

Poikonen, V-M. 2010. ATK-konesalitekniikan perusparannussuunnitelma. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma, sähkötekniikka. Viitattu 15.11.2013.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21325/Poikonen_Veli-Matti.pdf?sequence=1

Rotary Diesel UPS. 2011. Kuvio. Viitattu 24.11.2013. <http://photographimata.blogspot.fi/2011/08/flywheel-driven-rotary-ups.html>

SCADA Systems. Nettisivu. N.d. Engineer's Garage. Viitattu 20.11.2013.

<http://www.engineersgarage.com/articles/scada-systems>

SFS 6000-5-52, liite 52E. Pienjännitesähköasennukset. N.d. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. 4. painos Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 28.11.2013. www.nelliportaali.fi/jamk , SFS Online.

Sicom Royal Smart Home. Kuvio. N.d. Viitattu 19.11.2013.

http://www.sicom.vn/?id_lang=2

Sillanpää, T. 2013. Predictive maintenance in MicroScada application. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu, technology and communication. Viitattu 3.12.2013.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56002/Sillanpaa_Taneli.pdf?sequence=1

Sokura, M. 2013. Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus. Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 28.11.2013.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56064/Marko_Sokura_Opinnaytetyo_Julkinen.pdf?sequence=1

ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät. 2010. N.d. Sähkötieto ry. Viitattu 26.11.2013. www.nelliportaali.fi/jamk , Sähköinfon Severi (ent. ST-kortisto).

ST 52.35.02 UPS-laitteella varmennetun sähkönjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. 2010. N.d. Sähkötieto ry. Viitattu 26.11.2013.

www.nelliportaali.fi/jamk , Sähköinfon Severi (ent. ST-kortisto).

Suomen sähköverkko. Nettisivu. N.d. Viitattu 15.11.2013.

http://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_s%C3%A4hk%C3%B6verkko

Sähkökatkot ja jakelun keskeytykset. N.d. Energiateollisuus. Artikkel. Viitattu

4.12.2013. <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset>

Sähkölaitos Intra. Nettisivu. N.d. Viitattu 17.11.2013.

Veikkauksen uusi virta takaa pelien pyörimisen. Artikkel. N.d. HT-

Sähköpalvelu. Viitattu 17.11.2013. [http://www.ht-](http://www.ht-sahkopalvelu.fi/SP_2011/veikkaus.htm)

[sahkopalvelu.fi/SP_2011/veikkaus.htm](http://www.ht-sahkopalvelu.fi/SP_2011/veikkaus.htm)

Ylinen, M. 2010. UPS suunnittelu ja mitoitus UPS-laskentaohjelma. Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 17.11.2013.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24770/Ylinen_Marko.pdf?sequence=1

LIITTEET

LIITE 1: 1(2) Eaton UPS Esite

Powerware-mallisto

Eaton 9355 UPS

20 - 40 kVA



- Mahdollisuus Hot Sync -rinnankäyntiin, 3+1
- ABM™ -akustonvalvonnalla 50 % pitempi akuston käyttöikä
- Aktiivinen tulon tehokertoimen korjaus, harmoninen särö <5% THD(i)
- Korkea lähdön tehokerroin 0,9 p.f. nykyaikaisille palvelin- ja tietokonekuormille
- Käyttäjystävällinen LCD-näyttö, paikalliset kieliversiot mahdollisia



Kotimainen double conversion online UPS

Erinomainen suorituskyky

- Double conversion online -teknologia suojaa kaikkein parhaiten kriittisiä järjestelmiä syöttämällä tulovirran sähkönlaadusta riippumattonta puhdasta sähköä.
- Eaton 9155/9355 UPS hyödyntää kehittyntä IGBT-tasasuuntaajateknologiaa ja sen hyötysuhde on jopa 93%.
- Aktiivinen tulon tehokertoimen korjaus mahdollistaa 0,99 tehokertoimen ja tulovirran harmonisen särön <5% THD(i).
- Korkea lähdön tehokerroin 0,9 mahdollistaa tehokkaan sähkönsuojauksen nykyajan korkean tehokertoimen omaaville tietokoneille, palvelimille ja muille kriittisille kuormille.
- Eaton 9355:n tekniikka on sama 1-vaihelähtöisissä Eaton 9155 20-30kVA teholuokan UPSseissa.

Luotettava ja toimintavarma

- Hot Sync® -teknologia mahdollistaa sekä rinnankäynnin että kapasiteetin kasvattamisen, jotta voidaan varmistaa täydellinen sähkönsuojaus. Teknologian ansiosta kuorma jaetaan ilman erillistä kommunikaatioväylää, jolloin yhden pisteen vikaantumiseriskit ei ole.
- ABM® -akustonvalvontateknologian ansiosta akuston käyttöikä on jopa 50 prosenttia pitempi verrattuna perinteiseen latausmenetelmään.
- Luotettavuutta lisäävät automaattinen staattinen ja manuaalinen ohituskytkin.

Monipuoliset käyttömahdollisuudet

- Varakäyntiaika on pidennettävissä ulkoisilla akustoilla.
- 9155/9355 voidaan liittää verkkohallintaan, automaatiojärjestelmään tai kiinteistöhallintajärjestelmään.
- Eaton Software Suite -ohjelmistolla hallittu vaiheittainen alasajo sähkökatkon pitkittyessä.

Kustannustehokas ja ympäristöystävällinen

- Korkealla hyötysuhteella (92%) pienemmät sähkökustannukset, pidemmät varakäyntiajat ja viileämmät toimintaolosuhteet.
- Kompakti UPS, joka sisältää sisäiset akustot ja tehomodulit.
- Eatonin 3-vaiheisissa UPSseissa hyödyntämä yhtenäinen teknologia nopeuttaa laitteen päivitystä ja huoltoa, mikä alentaa laitteen käyttökuluja.
- Eaton käyttää ympäristöä säästäviä materiaaleja ja erittäin tehokasta tuotantoteknologiaa UPSien valmistuksessa.

EATON

Powering Business Worldwide

LIITE 1: 2(2) Eaton UPS Esite

Eaton 9355 UPS 20 - 40 kVA

TEKNISET TIEDOT

UPSin lähtötehot/ tehokerroin (0,9 p.f.)	
kVA	20 30 40
kW	18 27 36
Ominaisuudet	
Hyötysuhde online moodissa (täysi kuorma)	93%
Hyötysuhde online moodissa (puoli kuorma)	91%
Hyötysuhde energiansäästö-moodissa (täysi kuorma)	jopa 98%
Rinnankäyvä järjestelmä Hot Sync -teknologiaalla	4
Laajennettavuus kentällä	Kyllä
Topologia	Muuntajaton IGBT-teknikka ja PWM
Äänitaso	<50 dB
Korkeus maanpinnasta	1000 m (max 2000 m)
Tulo	
Johdotus	1-vaihe tai 3-vaihe + N + PE
Nimellinen jännite	220/380, 230/400, 240/415 V 50/60 Hz
Tulojännitealue	±20% nimellisestä 100% kuormalla, -50%/ +20% nimellisestä 50% kuormalla
Taajuusalue	45-65 Hz
Tehokerroin	0,99
Särö ITHD	vähemmän kuin 5%
Pehmeä startti optiona	Kyllä
Sisäisen takaisinsyötönsuoja	Kyllä
Lähtö	
Johdotus	1-vaihe/9155 tai 3-vaihe/9355 + N + PE
Nimellinen jännite (säädettävissä)	220/380, 230/400, 240/415 V 50/60 Hz

Lähdön UTHD	<3% (100% lineaarinen kuorma); <5% (vakio ei-lineaarinen kuorma)
Tehokerroin	0,9 (esim. 27 kW / 30 kVA)
Sallittu kuorman tehokerroin	0,7 induktiivinen - 0,8 kapasitiivinen
Ylikuormitus	10 min 100...110%; 1 min 110...125%; 5 s 125...150%; 300 ms >150%
Ylikuormitus kun ohitus on saatavissa	60 min 100...110%, 10 min 110...125%; 1 min 125...150%
Akusto	
Tyyppi	Lyijy VRLA , NICD
Varaustekniikka	ABM-teknologia tai jatkuva kestovaraus
Lämpökompensointi	Optiona
Nimellisjännite (lyijyhappo)	432 V (36x12 V, 216 kennoa)
Varausjännite / malli	Vakio 3 A *Max 60 A
*Rajoitettu suurimman UPS-tulovirran mukaan	
Lisävarusteet	

XSlot -yhteensopivuus (Web/SNMP, ModBus/ JBus, rele, Hot Sync), erotusmuuntajakaapit (erinäköiset kuin UPS), lisäakkukaapit, EMP-ympäristönvalvontayksikkö, UPS-keskus, ulkoinen ohituskytkin ja räkit .

Liitettävyyss ja kommunikaatio	
X-Slot	2 kommunikaatioväylää
Sarjaportti	1
Reletulot/lähdöt	2/1 ohjelmitavissa
Standardit	
Turvallisuus (CB-merkitty)	IEC 62040-1, IEC 60950-1
EMC	IEC 62040-2
Suorituskyky	IEC 62040-3

9355 3-vaihe UPS

Tuotenumero	UPS-järjestelmä	Teho	Varakäyntiaika pf 0,7	Mitat (KxLxS)	Paino
1025061/1026598	9355/9155-20-N-5-1x9Ah-MBS	20 kVA / 18 kW	5 min	1684x494x762 mm	300 kg
1025062/1026599	9355/9155-20-N-13-2x9Ah-MBS	20 kVA / 18 kW	13 min	1684x494x762 mm	400 kg
1025063/1026600	9355/9155-20-N-22-3x9Ah-MBS	20 kVA / 18 kW	22 min	1684x494x762 mm	500 kg
1025064/1026601	9355/9155-20-N-31-4x9Ah-MBS	20 kVA / 18 kW	31 min	1684x494x762 mm	600 kg
1025065/1026602	9355/9155-30-N-7-2x9Ah-MBS	30 kVA / 27 kW	7 min	1684x494x762 mm	400 kg
1025066/1026603	9355/9155-30-N-13-3x9Ah-MBS	30 kVA / 27 kW	12 min	1684x494x762 mm	500 kg
1025067/1026604	9355/9155-30-N-20-4x9Ah-MBS	30 kVA / 27 kW	20 min	1684x494x762 mm	600 kg
1025795	9355-40-N-8-3x9Ah-MBS	40 kVA / 36 kW	8 min	1684x494x762 mm	517 kg
1025796	9355-40-N-12-4x9Ah-MBS	40 kVA / 36 kW	12 min	1684x494x762 mm	617 kg

Lisäakkukaapit 9355

Tuotenumero	Lisäakkukaappi	Teho	Varakäyntiaika	Mitat (KxLxS)	Paino
1025169	9355-BAT-1x24Ah (30 kVA)	1x36x24 Ah	See page 31	1684x494x758 mm	510 kg
1025170	9355-BAT-2x24Ah (30 kVA)	2x36x24 Ah	See page 31	1684x494x758 mm	870 kg

9355 20-40 kVA varakäyntiajat

UPSien varakäynti sisäisellä akustolla p.f. 0,7 (tyypillinen IT-palvelin-/tietokonekuorma)

Akusto	Määrä	5	10	15	20	25	30	35	40	kVA
7 Ah 12 V	1 x 36	24	8	5	-	-	-	-	-	min
9 Ah 12 V	1 x 36	30	12	7	5	-	-	-	-	min
7 Ah 12 V	2 x 36	60	24	14	10	6	-	-	-	min
9 Ah 12 V	2 x 36	70	28	18	13	10	7	5	-	min
7 Ah 12 V	3 x 36	103	41	26	17	12	10	7	5	min
9 Ah 12 V	3 x 36	115	46	31	22	16	13	10	8	min
7 Ah 12 V	4 x 36	152	55	40	26	18	15	11	9	min
9 Ah 12 V	4 x 36	158	63	42	31	23	20	15	12	min

LIITE 2: 1(1) Sijoittelupiirustus

