



UPS-JÄRJESTELMIEN KARTOITUS

Santeri Hirvonen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

HIRVONEN, SANTERI:
UPS-järjestelmien kartoitus

Opinnäytetyö 39 sivua
Huhtikuu 2015

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tilaajayrityksen varavoimalaitteiston kunnan ja tilanteen tarkastelu ja kartoittaminen. Tavoitteena oli antaa kattava ja kokonaisvaltainen kuva laitteistosta, joka on rakennettu vuosien varrella. Osana työtä laadittiin päivitetty sähködokumentit laitteistosta sekä tehtiin huolto-, kunnossapito- ja investointisuunnitelmat tulevaisuuden varalle. Näiden lisäksi työssä tarkasteltiin varavoiman tarpeellisuutta yleisesti. Avonainen ilmajohtoverkko aiheuttaa sähkökatkoja laajalti melkein koko Suomessa, joten niihin tulee kuluttajan varautua. Työssä kerrottiin sähkökatkoista yleisesti, minkä lisäksi esiteltiin niiden yleisimpiä aiheuttajia. Teoriaosuudessa perehdyttiin varavoiman tarpeellisuuteen niin teollisuudessa kuin kotitalouksissakin.

Varavoimajärjestelmien tarkastelussa kiinnitettiin huomioita muun muassa erilaisten järjestelmien ominaisuuksiin, asennettavuuteen ja luotettavuuteen eri käyttökohteissa. Järjestelmistä lukijalle avattiin yleisimmin käytetyt ratkaisut sähkönsyötön varmennuksessa. Energiavarastot ovat tärkeä osa varavoimaa. Osana työtä käsiteltiin akustojen tärkeimpiä ominaisuuksia ja huomioita varavoimakäytössä.

Tilaajayrityksen osalta työssä tarkasteltiin muun muassa laitteistojen kuntoa, ikääntymistä, akustoja, kuormituksia ja laitetilojen kuntoa. Laitteet olivat osaltaan käyttöikänsä päässä. Osa laitteista tarvitsi välittömiä toimenpiteitä sähkönsyötön varmennuksen takaamiseksi. Tarkastelun jälkeen yritykselle laadittiin kattava investointi- ja kehityssuunnitelma varavoimalaitteistolle. Kehityssuunnitelmassa varavoimaverkolle suunniteltiin toteutettavat muutokset, jotta varmennustasoa ja käytettävyyttä saadaan nostettua paremmalle tasolle. Osana tätä suunnitelmaa selvitettiin investointitarpeet suunnitelmiin ja laitteiston huollon osalta.

Asiasanat: varavoima, kunnossapito, investointi, tarkastelu, akusto, määräystenmukaisuus, vertailu, varmennus, luotettavuus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

HIRVONEN, SANTERI:
Inspection of UPS-systems

Bachelor's thesis 39 pages
April 2015

The purpose of this thesis was to inspect and survey the current condition and status of the backup power system in the client company. The aim was to provide a comprehensive picture of equipment currently used. Drawing new necessary documents from the systems was a part of the work. Service and maintenance plans were planned for all the components in the backup power systems individually. The overhead power lines cause blackouts in almost all around Finland, so consumers must prepare themselves. The most common causes and general theory of power failures were also explained. The need for backup power in industry as well in households was studied in theory.

In this thesis there is also theory-based information about the most common backup power -systems. The most important features of these systems were clarified. The systems were compared to each other by observing the main features and reliability. Energy storages are a critical part of emergency power. Different types of batteries are the most common way to storage power and they are used in almost every backup power system.

The client company's emergency power systems were examined to get e.g. a clear view of the hardware. The remaining lifespan of the batteries and devices were determined. After the inspection an investment and update plans were made for the emergency power systems.

Key words: backup power, service, maintenance, battery, secure, power supply, comparison, reliability

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KESKEYTYSKRIITTISYYS	8
	2.1 Keskeytykset sähkönjakelussa.....	8
	2.2 Tarve varavoimalle	10
	2.3 Keskeytyskriittiset kohteet.....	11
3	VARMENNETUT SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄT	12
	3.1 Turvasyöttöjärjestelmä.....	12
	3.2 Varvoimajärjestelmä	13
	3.3 Varvoimajärjestelmän valinta	13
	3.4 Tuotetun sähkön laatu	14
4	UPS-JÄRJESTELMÄT	15
	4.1 UPS-järjestelmien rakenteet	15
	4.1.1 Off-line.....	16
	4.1.2 Line interactive.....	17
	4.1.3 Kaksoismuunnostekniikan ON-line	17
	4.2 Sovellutukset.....	18
	4.3 UPS-kokoonpanojen luotettavuus.....	19
	4.4 UPS-järjestelmän mitoitus	20
	4.5 Rakentaminen ja ylläpito	21
5	VARAVOIMAKONEET	22
	5.1 Standardit ja vaatimukset varavoimakoneelle	23
	5.2 Varavoimakoneen varustus.....	23
6	ENERGIAVARASTOT	25
	6.1 Akustot.....	25
	6.2 Akkuhuoneet.....	26
7	TILAAJAYRITYKSEN LAITTEISTO	27
	7.1 Keskeytyskriittisyys.....	27
	7.2 Varvoimajärjestelyt.....	27
	7.3 UPS-järjestelmät	29
	7.4 Akustot.....	33
	7.4.1 Akkuhuoneet	34
	7.4.2 Ilmanvaihto	35
	7.5 Kehitystarpeet	35
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	38

ERITYISSANASTO

UPS	Keskeytymättömän sähkönsyötön mahdollistava laite (Uninterruptible Power Supply), jolla suojataan vikaherkät ja kriittiset laitteet sähköverkon katkoilta ja häiriöiltä.
Kriittinen kuorma	Kuormalaitteet, joille vaaditaan keskeytymätön ja häiriötön sähkönsyöttö. Esimerkiksi prosessien ohjaus, automaatiojärjestelmät, palvelimet ja serverit.
Redundantti	Redundanttisuus ilmaisee ”ylimääräisyydestä” järjestelmässä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi UPS-laitteistossa ylimääräisiä laitteita, joilla saadaan varmennustasoa nostettua. Tällöin järjestelmä on redundantti.
Ohitus ”bypass”	Ohituksella tarkoitetaan UPS-laitteen normaalin syötön ohitusta. Normaalitylanteessa syöttö kulkee UPS-laitteen tehoelektronikan kautta. Ohituksella laitteen sisäiset komponentit jäävät sähköttömiksi, mutta kuormalle sähkö kulkee ohituksen kautta.
Staattinen ohitus	Staattinen ohitus tarkoittaa puolijohdekytkimen avulla toteutettua siirtymistä normaalitylanteesta ohituskäytölle.
UPS-verkko	UPS-verkko tarkoittaa UPS-laitteen jälkeistä sähköverkkoa, jota itse UPS-laite syöttää.
Akkukäyttö	Akkukäytöllä UPS-laitteelta on normaali sähkönsyöttö estynyt, jolloin kuorman vaatiman tehon laite ottaa akustosta ja syöttää edelleen kuormalle.
Modulaarisuus	Modulaarisuudella tarkoitetaan UPS-laitetta, jossa varsinaisia tehotehoyksiköitä eli moduuleita on useita samassa laite-

rungossa. Moduulit muodostavat yhdessä laitteen kokonaistehon.

Toimintavarmuus Toimintavarmuus kuvaa kuinka todennäköistä sähköjen katkeaminen sähköverkossa on.

Varavoima Varavoimalla tarkoitetaan laitetta tai laitteistoa, jonka tehtävänä on tuottaa kiinteistölle/kohteelle sähkötehoa normaalin sähköjakelun keskeytyessä.

1 JOHDANTO

Sähkönsyötön toimintavarmuus on keskeinen osa nykyajan yhteiskuntaa. Lähes kaikilla erilaiset laitteet ja prosessit tarvitsevat sähköä toimiakseen. Sähkönsyötön keskeytyminen on sähköverkossa aina mahdollista, eikä niiltä voida täysin välttyä. Mikäli sähkönsyötön keskeytyminen ei kuluttajan kannalta ole sallittavaa, tulee hänen lähes poikkeuksetta itse varautua sähkökatkoon. Sähkökatkoihin varaudutaan erilaisilla varavoimajärjestelmillä. Näistä käytetyimpiä ovat polttomoottorikäyttöiset varavoimakoneet ja UPS-laitteistot. Työssä käsitellään yleisesti sähkönsyötön varmennusta ja siihen liittyviä tekijöitä ja laitteistoja. Lisäksi edellä mainituista varavoimajärjestelmistä käsitellään niiden oleellisia ominaisuuksia ja edellytyksiä.

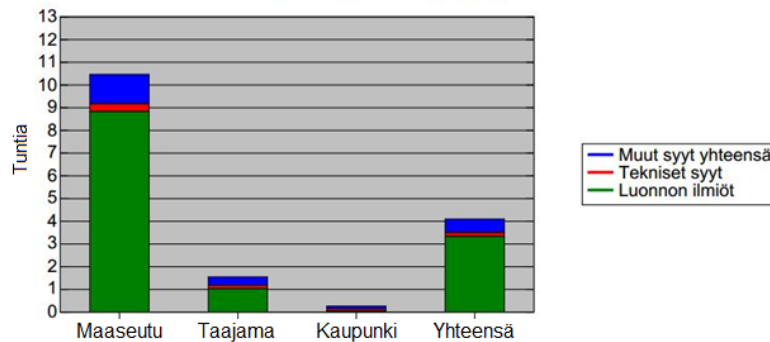
Tässä päättötyössä tarkastellaan tilaajayrityksen UPS-järjestelmiä, selvitetään niiden nykytila ja laaditaan suunnitelmat tulevaisuutta varten. UPS-järjestelmät on rakennettu kiinteistöön noin 10 vuoden aikana ja niistä ei ole ollut ajan tasalla olevia dokumentteja. Työssä käydään läpi yksityiskohtaisesti kaikki laitteistot, minkä yhteydessä sähkökuvat päivitettiin tai laadittiin kokonaan uudestaan. Laitteiston eri komponenttien ikää kuntoa tarkasteltiin ja arvioitiin, jolloin huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet määriteltiin. UPS-laitetilat tarkasteltiin sähkötilojen määräystenmukaisuuden varmistamiseksi ja järjestelmille laadittiin investointisuunnitelmat tulevaisuudelle.

2 KESKEYTYSKRIITTISYYS

Sähkön käyttäjän kannalta sähkönjakelun toimitusvarmuus on avainasemassa. Sähkön tuotannon ja kulutuksen on vastattava toisiaan kaikilla hetkillä, koska sähköenergiaa ei voida varastoida suuria määriä tehokkaasti. Sähkökatkoja aiheuttavat tekniset viat ja luonnontapahtumat, kuten linjoille kaatuvat puut, salamet, lumi- ja jääkuormat, tulvat sekä kova pakkanen. Erityisesti luonnontapahtumat vaikuttavat katkojen pituuteen ja laajuuteen, koska teknisten vikojen seurauksena syntyneet vika-alueet voidaan yleensä eristää muusta verkosta. Isojen myrskyjen aikaan vikoja taas esiintyy paljon yhtä aikaa ja korjaustyöt ovat usein haastavia. Suomessa pisimmät sähkökatkot ovat pahimmillaan kestäneet jopa muutaman viikon. (Energiavirasto, raportti sähkön toimintavarmuudesta, 2013.)

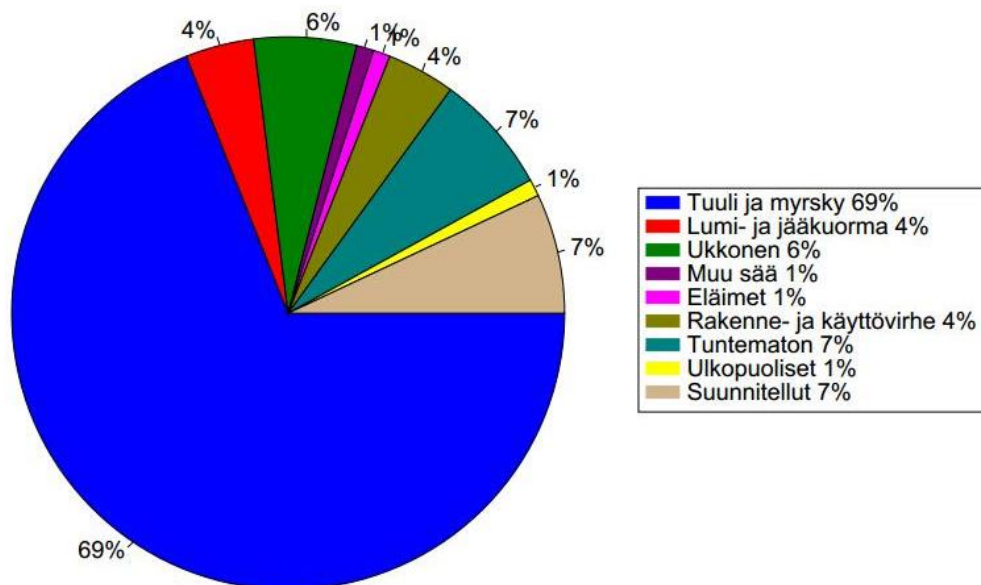
2.1 Keskeytykset sähkönjakelussa

Vuositasolla Suomessa keskimääräinen keskeytysaika on vuositasolla noin kolme tuntia maa-seudulla ja alle tunnin taajamissa. Maaseuduilla keskeytyksiä on enemmän, koska sähkönjakelu maaseuduille on toteutettu yleensä pitkiä keskijänniteilmajohtoja pitkin, jotka ovat alttiimpia erilaisille luonnontapahtumille. Vastaavasti kaupunkialueilla jakeluverkko on suurelta osalta maakaapeloitu ja täten säävarmempaa. Keskeytysaikojen ollessa alhaisia, näkyvät myrskyjen aiheuttamat katkot tilastoissa suurina piikkeinä. Viimeaikoina laajoja ja pitkiä sähkökatkoja ovat aiheuttaneet esimerkiksi vuoden 2011 Tapani-myrsky ja vuoden 2013 syysmyrskyt. Kuvassa 1 näkyy vuonna 2013 tapahtuneiden sähkökatkojen keskimääräiset keskeytysajat. (Energiateollisuus, Keskeytystilastot 2013 2014.)



KUVIO 1. Keskeytystilasto 2013 (Energiateollisuus, 2014)

Kuvassa 1 maaseudun keskeytysajan pituutta on nostanut vuoden 2013 syysmyrsky, normaalisti keskeytysajat ovat n. 3 tuntia. Kuvasta 2 näkyy tyypillisimpien sähkökatkojen aiheuttajien keskeytysten osuus kaikista keskeytyksistä. Myös tässä kuvassa vuoden 2013 syysmyrsky on nostanut tuulen ja myrskyjen aiheuttamien keskeytysten osuuden tavanomaista suuremmaksi.



KUVIO 2. Keskeytysten aiheuttajat 2013 (Energiateollisuus, 2014)

Valtaosa keskeytyksistä tapahtuu ilmajohdoissa, koska maakaapelit eivät ole alttiina lukuisille luonnontapahtumille tai pieneläimille. Ilmajohdoverkossa tapahtuvista sähkökatkoista suurin osa tapahtuu 20 kV verkossa. 110 kV ja suurempi jännite-tasoisten verkkojen johtoaukea on leveämpi ja ilmajohdot korkeammalla, jolloin esimerkiksi linjoille kaatuvat puut tai pieneläimet eivät ole ongelma. Maakaapelit ovat toimintavarmuuden kannalta siis parempi vaihtoehto lähinnä keskijännitelinjoille. Lakiuudistusten

myötä verkkoyhtiöitä painostetaan lyhentämään keskeytysaikoja ja pienentämään keskeytysten määrää. Tästä johtuen maakaapelointi lisääntyy entisestään, kun vanhoja jakeluverkkoja saneerataan ja rakennetaan uutta. (Energiateollisuus, 2014.)

2.2 Tarve varavoimalle

Tarve jatkuvalla sähkösyötölle ja sen varmennukselle muodostuu usein taloudellisista tekijöistä. Tuotannon ja toiminnan ohella on tärkeää turvata myös henkilöturvallisuus kaikissa tilanteissa. Sähkökatkoksesta voi aiheutua esimerkiksi toiminnan keskeytyminen, laitevaurioita, menetettyä tuotantoa ja hallitsemattomia vaaraa aiheuttavia tilanteita. (Sähkötieto ry, ST-käsikirja 20, 2005.)

Kun sähkökatko tapahtuu, on tärkeää olla riittävät varavoimajärjestelyt, mikäli toiminta on jatkettava. Varavoiman käyttö verkkoyhtiön toimesta vikatilanteiden hallinnassa ei ole tyyppillistä. Olemassa olevaa varavoimaa käytetään lähinnä työkeskeytysten aikana ja erityisiin kriittisiin kohteisiin pidemmissä sähkökatkoissa. Tästä syystä on kiinteistön/kohteen haltijan vastuulla huolehtia riittävän varavoimajärjestelmän hankkimisesta. Välittömimpiä seurauksia sähkökatkosta on niin teollisuudessa kuin omakotitaloissakin lämmityksen puuttuminen ja vedensaannin estyminen. Sähkökatkot aiheuttavat ongelmia myös esimerkiksi palvelimille ja tietokoneille, jotka ovat keskeisiä laitteistoja nykypäivänä lähes kaikkialla, teollisuudessa, yrityksissä ja kotitalouksissa. (ST-käsikirja 20.)

Sähkönsyötön varmentaminen aiheuttaa aina omat lisäkustannuksensa. Kustannukset riippuvat tarvittavasta tehosta ja varmennuksen tasosta. Kaikki syötön varmennukset aiheuttavat aina sekä rakennuskuluja, että ylläpitokuluja koko elinkaarensa ajalta. Joskus on järkevämpää varmentaa koko jakelumuuntajateho, vaikka välttämätön tarve olisi vain jossain sen osassa. Näin toimittaessa ei tarvita erillistä varavoimajakeluverkkoa. (ST-käsikirja 20.)

2.3 Keskeytyskriittiset kohteet

Tärkeimmät varavoimaa tarvitsevat kohteet ovat esimerkiksi erilaiset teollisuusprosessit, sairaalat, ydinvoimalat sekä tietokoneet ja serverit. Teollisuusprosesseissa esimerkiksi kemikaaliteollisuudessa on jatkuvan sähkön saaminen tärkeää, jotta kemialliset prosessit saadaan pidettyä vakaana. Ydinvoimaloissa sähkökatkojenkin aikana pitää reaktorin jäähtytyksen toimia. Lisäksi ydinvoimalan automaation ja tietojärjestelmän tulee olla jatkuvasti sähköistetty, jotta laitoksen hallinta ja valvominen on mahdollista.

Sairaalassa täytyy sähkönsyötön olla jatkuvaa, koska monien eri hoitolaitteiden täytyy pysyä toiminnassa potilaiden elintoimintojen turvaamiseksi. Lisäksi leikkaussaleissa tarvitaan myös elintoimintoja ylläpitäviä hoitolaitteita sekä valaistusta. Sairaalassa yleisvalaistus on myös tärkeä turvaamisen kohde. Muuta turvattavaa valaistusta on esimerkiksi turvavalaisuksen tarve niin teollisuuslaitoksissa kuin julkisissa kiinteistöissäkin. Edellä mainittujen kohteiden lisäksi täytyy varmistaa eri tietojärjestelmien toimiminen sähkökatkojen aikana, jotta esimerkiksi kommunikaatioyhteydet pysyvät toiminnassa. Tapani-myrskyn aikana viranomaisten Virve-järjestelmä kaatui, joka vaikeutti merkittävästi korjaus- ja pelastusoperaatioita. (Saari, 2014.)

Varavoimaa tarvitsevat monet eri teholuokkien kohteet. Kohteesta riippuu myös kuinka pitkään varavoimaa tarvitaan. Ylläpitotarve määritetään tapauskohtaisesti riskikartoituksen mukaan. Esimerkiksi suurien teollisuuslaitoksien ja sairaaloiden järjestelmät vaativat hyvinkin suuria tehoja mahdollisesti pitkiä aikoja. Toimistoissa taas riittävät pienemmänkin teholuokan varavoimajärjestelmät, koska esimerkiksi varmuuskopioiden tekeminen tai tietokoneiden ja servereiden ylläpitoon ei tarvita tehoa paljon. (Saari, 2014.)

3 VARMENNETUT SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄT

Varavoiman järjestämiseen on olemassa monia eri laitteita, kuten varavoimakoneet, UPS-laitteistot, luonnolliset generaattorit, huimamassat ja suprajohteet sekä superkondensaattorit. Näistä tällä hetkellä yleisimmin käytettyjä ovat varavoimakoneet ja UPS-laitteistot. Varavoimakoneilla tarkoitetaan yleisesti polttoaineilla käyviä diesel- tai bensiinigenaattoreita, kun taas UPS-laitteistoilla tarkoitetaan koko UPS-järjestelmää. UPS-järjestelmät varaavat sähköä akkuihin tai huimamassoihin, joista sitä puretaan sähkökatkon aikana kuormalle. (Emergency power system.)

Luonnollisia generaattoreita käytetään pienen teholuokan kohteissa ja niillä tarkoitetaan esimerkiksi tuuli- ja aurinkoenergiaa hyödyntäviä laitteita. Myös huimamassat ja superkondensaattorit sopivat pieniin kohteisiin, kuten toimistoihin tai ajoneuvokäyttöön. Supra-johteet ovat uudempi ehkä tulevaisuudessa yleistävä ratkaisu, joista voidaan saada suuriakin määriä sähköenergiaa laitteiston koosta riippuen. Varavoimajärjestelmät luetaan kahteen kategoriaan niiden tarpeellisuuden mukaan, turvasyöttöjärjestelmiin ja varavoimajärjestelmiin. (ST-käsikirja 20.)

3.1 Turvasyöttöjärjestelmä

Turvasyöttöjärjestelmällä tarkoitetaan syöttöjärjestelmää, jonka tarkoituksena on varmistaa ihmisen turvallisuudelle tärkeiden laitteiden toiminta. Turvasyöttöjärjestelmä sisältää jännitelähteen ja johdotuksen kulutuskojeelle saakka. Turvasyöttöjärjestelmän tarkempia vaatimuksia ja ominaisuuksia käsitellään standardissa SFS 6000. (ST-käsikirja 20.)

Turvasyöttöjärjestelmää käytetään muun muassa seuraavissa järjestelmissä:

- Turvavalaistus
- Automaattiset paloilmittimet ja -varoittimet
- Lääkintätilojen järjestelmät
- Hoitajakutsu-, poistumisvalvonta- ja päällekkäusjärjestelmä

3.2 Varavoimajärjestelmä

Varavoimajärjestelmä on syöttöjärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa sähkönsyöttö asennukselle tai sen osalle muista kuin henkilöturvallisuuteen liittyvistä syistä normaalin syötön keskeytyessä. Jos viranomainen tai sähkölaitteiston haltija esittää vaatimuksia varavoimajärjestelmän käytöstä, ovat järjestelmän ominaisuudet, kuten kuormitettavuus, luotettavuus ja käynnistysaika, määriteltävä erikseen tapauskohtaisesti. Varavoimajärjestelmän ominaisuuksia käsitellään tarkemmin standardissa SFS 6000. (ST-Käsikirja 20.)

3.3 Varavoimajärjestelmän valinta

Kun on tiedossa sähkökatkoksesta aiheutuvat haitat ja menetykset, sekä niiden mahdolliset taloudelliset menetykset, päätetään sähkönsyötön varmennuksesta eli varavoimasta. Uusia kiinteistöjä rakennettaessa ja suunniteltaessa tiedetään usein jo varavoiman tarve, joka otetaan suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon. Varavoimajärjestelmää suunniteltaessa ja hankittaessa tulee tietää ensin järjestelmän tarvittava kapasiteetti. Kapasiteetissa huomioidaan varmennettujen laitteistojen tarvitsema sähköteho ja tapauskohtaisesti määritelty ylläpitoaika. Usein varavoimalla varmennetaan toimintaa ylläpitävien laitteiden sähkönsyöttö, esimerkiksi automaatiojärjestelmät, serverit ja palvelimet. Varsinainen prosessien tarvitsema suurempi sähköteho tuotetaan varavoimakoneilla, tai vaihtoehtoisesti prosessit pysäytetään sähkökatkon ajaksi. (Sähkötieto ry, ST-kortti 52.35.02, 2010.)

Kun on päätetty riskienhallintaan liittyvistä toimenpiteistä, täytyy varmennettavat kohteet jakaa omiin luokkiinsa niiden ominaisuuksien perusteella. Luokan perusteella valitaan käytettävä varavoimajärjestelmä. Yleisimmin käytetyt varavoimajärjestelmät ovat polttoainekäyttöiset varavoimakoneet ja UPS-järjestelmät. Lähtökohtaisesti varavoimakoneella voidaan kuorman syöttöä jatkaa sähkökatkon aikana. Verkkosähkön katketessa varavoimakone käynnistyy tai se käynnistetään manuaalisesti, jonka jälkeen sillä syötetään kriittistä kuormaa. UPS-laitteistoilla lähtökohtaisesti aina saadaan kuormalle katkon varavoiman kytkeytyminen staattisen puolijohdekytkimen avulla. Monissa käyttökohteissa sovelletaan molempia järjestelmiä, jolloin saadaan pitkä ja luotettava toiminta-aika varvoimalle. (ST-kortti 52.35.02.)

3.4 Tuotetun sähkön laatu

Standardissa SFS–EN 50160 määritellyt sähkön laatuvaatimukset erillisverkolle ja pienjännitteisille jakeluverkoille ovat sovellettavissa myös UPS-laitteistojen ja varavoimakoneiden tuottamaan sähkön laatuun. Vaatimukset erillisverkoille sallivat häiriöitä hieman enemmän, jolloin aivan kaikki varavoimalaitteistot eivät välttämättä ole herkälle elektroniikalle sopivia. Sen kaltaisiin sovelluksiin käytetäänkin yleensä aggregaattiin liitettyä invertteriä, jolla saadaan parempilaatuista sähköä. Sähkön laadun kriteerit on esitettyinä taulukossa 1.

Standardin EN 50160 mukaiset laatukriteerit sähkön laadulle				
Suure	Standardilaatu			
	normaali tilanne		saareke/varavoima	
Taajuus	50 Hz ±1%	49,5-50,5 Hz	50 Hz ±2%	49,0-51,0 Hz
Jännitetaso	$U_n \pm 10\%$	207-253 V	$U_n +10\%-15\%$	196 - 253 V
Harmoniset U	THD ≤ 3 %		THD ≤ 3 %	
Jännitesymmetria	Unbal. [%] ≤ 2 % (mit.)		Unbal. [%] ≤ 2 % (mit.)	

TAULUKKO 1. Sähkön laatukriteerit (SFS-EN 50160)

4 UPS-JÄRJESTELMÄT

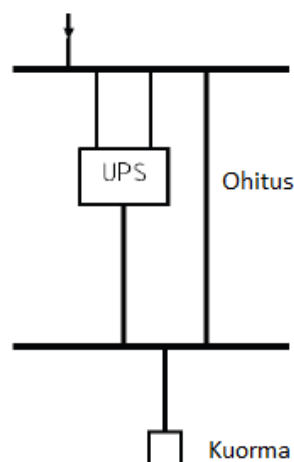
UPS-järjestelmällä (Uninterruptible Power System) tarkoitetaan järjestelmää tai laitetta, jonka tarkoituksena on syöttää sähkötehoa kuormille, suodattaa verkossa esiintyvät häiriöt ja taata tasainen jännitteenlaatu varmennetulle kuormalle normaalin sähkönsyötön keskeytyessä. UPS-laitteen energiavarastona tyypillisesti on akusto tai erityiskohteissa liike-energian varastointiin perustuva huimamassa. (ST-kortti 52.35.02.)

4.1 UPS-järjestelmien rakenteet

Rakenteensa puolesta UPS-laitteet luokitellaan yleisesti kolmeen eri pääryhmään:

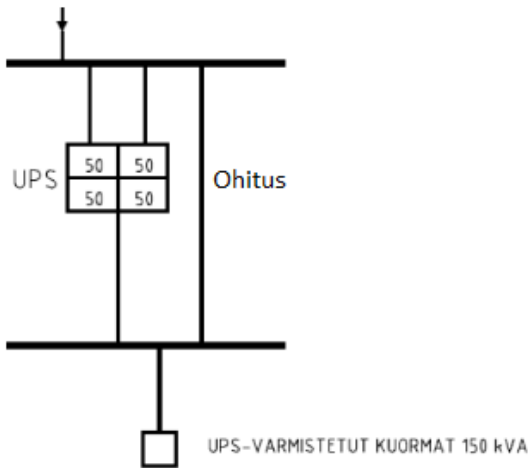
- OFF-line
- Line interactive
- Kaksoismuunnostekniikan ON-line

Topologian valinta UPS-laitteistolle riippuu lähtökohtaisesti halutusta varmennustasosta, verkkojännitteen suodatustarpeesta ja tarvittavasta sähkötehosta. UPS-laite koostuu yksittäisestä tasa-/vaihtosuuntaus -yksiköstä tai monesta rinnakkain olevasta yksiköstä, jolloin käytetään nimitystä modulaarinen UPS-laite. Kuvassa 1 on esitettyä yksittäisen UPS-laitteen periaatekuva



KUVA 1. Yksittäinen UPS-laite

Kuvassa 2 on esitettyä modulaarinen UPS-laite.

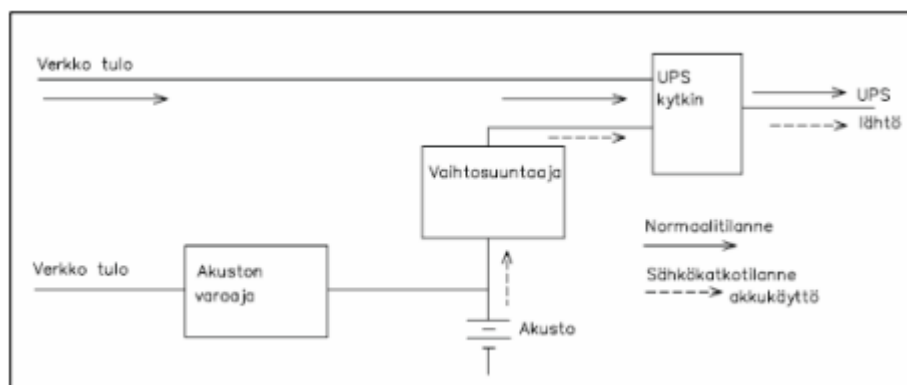


KUVA 2. Redundanttinen modulaarinen UPS-yksikkö

Laite koostuu esimerkkikuvassa neljästä erillisestä vaihtosuuntaajasta, joilla kuormaa syötetään tasaisesti. Yksiköt toimivat riippumatta toisistaan. Modulaarisen ratkaisun etuina on UPS-laiteteho muuttaminen. Laitteeseen voidaan lisätä tai siitä voidaan poistaa yksiköitä. Tarvittavan tehon lisääntyessä vain vähän, voidaan modulaariseen laitteeseen lisätä esimerkiksi yksittäinen yksikkö. Jos laitteet ovat yksittäisiä laitteita, tulee hankkia lisäyksenä kokonaan uusi samantehoinen laite, mikäli kapasiteettia halutaan kasvattaa. (ST-kortti 52.35.02.)

4.1.1 Off-line

Off-line UPS-järjestelmässä sähköteho syötetään normaalitilanteessa suoraan verkosta kuormalle kuvan 3 mukaisesti. Käyttö soveltuu yksinkertaisille ja pienille kuormille, esimerkiksi PC-laitteet ja työasemat. Off-line tekniikkaa käytetään yleisesti pienitehoisissa (alle 2 kVA) laitteissa, jolloin koko ja hinta on myös pieni.



KUVA 3. Off-line -tekniikka

Kuorma kytketään akustolle kun verkkojännite poikkeaa asetusarvoista riittävästi, esimerkiksi jännitekuopassa tai katkossa. Vaihtosuuntaaja ei aktiivisesti tee normaalitoiminnassa lähtöjännitettä. Vaihtosuuntaaja kytketään syöttämään kuormaa vain kun verkkojännite muuttuu riittävästi, tästä aiheutuu noin 2 - 10 ms pituinen kytkentäviive. Tämä viive ei haittaa yleisimpien koneiden toimintaa. Kuormalaitteilla toimiminen voi jatkua koko ajan normaalisti. Off-line tekniikan etuina on kevyt ja edullinen ratkaisu ja hyvä hyötysuhde. Puutteina on heikko verkkojännitteen suodatus ja katkottomasta kytkennästä aiheutuva mahdollinen häiriö. Akustona yleensä toimii laitteen sisäinen akusto. (ABB. Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja. 2000.)

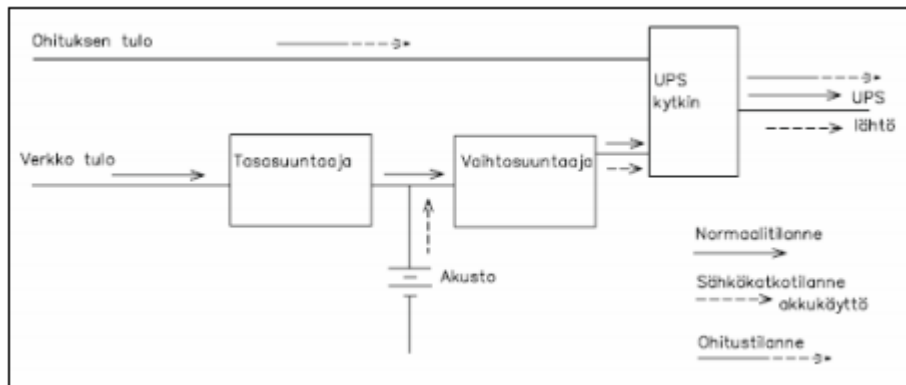
4.1.2 Line interactive

Line interactive -tekniikassa vaihtosuuntaaja on aina päällä ja normaalin verkkosyötön rinnalla. Vaihtosuuntaaja ei aktiivisesti ole päällä eli ei syötä tehoa kuormalle. Staattinen UPS-kytkin seuraa verkon jännitettä ja kytkentä vaihtosuuntaajalle ei aiheuta jännitekatkosta kuormalle. Tekniikan periaate on sama kuin OFF-line tekniikassa, joka on esitetty kuvassa 3. Line interactive -tekniikkaa käytetään myös pienille kuormille.

Edelleen etuina on edullinen hinta, kevyt ratkaisu ja katkoton siirtyminen akustolle. Hyötysuhde normaalitoiminnassa on hyvä, sillä ei-aktiivinen vaihtosuuntaaja ei aiheuta häviöitä. Verkkosähkön suodatusta ei ole. Akustoina voidaan käyttää ulkoista akustoa tai akkukaappia. (ABB.)

4.1.3 Kaksoismuunnostekniikan ON-line

Kaksoismuunnostekniikassa (double conversion) verkkosähkö kulkee aina tasa- ja vaihtosuuntauksen kautta. Lähtöjännite on siis aina kokonaan vaihtosuuntaajan muodostama. Akusto pidetään aina puskuvarauksessa ja se on heti valmis syöttämään vaihtosuuntaajaa, mikäli verkkosähkö katkeaa. Tekniikan periaate on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Kaksoismuunnostekniikan ON-line -tekniikka

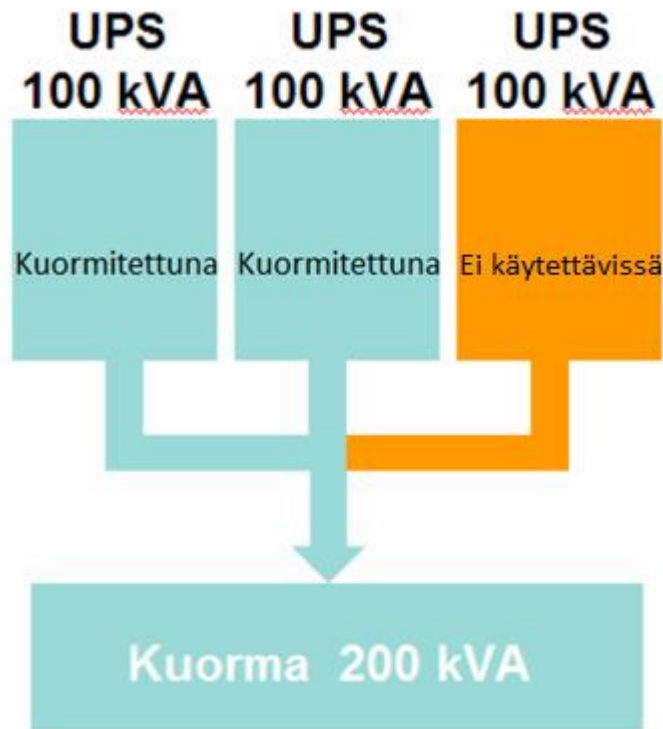
Etuna kaksoismuunnostekniikassa on lähtöjännitteen täydellinen ohjaus. Verkkosähkössä esiintyvien häiriöiden suodatus ja katkoton tehon siirtäminen akustolle. Haittoina tekniikassa on suuret häviöt, johtuen aktiivisista vaihto-/tasasuuntaajista ja harmonisten yliaaltojen muodostaminen tuloverkkoon. Yleisesti 6-pulssisen tasasuuntaajan virtasäro on noin 33 %. Haittana pidetään myös rajoittunutta kykyä syöttää hyvin säröytynyttä, epälineaarista kuormaa. (ABB.)

4.2 Sovellutukset

UPS-järjestelmä rakennetaan yleisimmin yksittäin tai redundantisesti. Yksittäin kuormaa tai varmennettua verkkoa syöttää yksi UPS-laite ja sen energiavarasto, tätä kutsutaan 1+0 -järjestelmäksi. Redundantisessa eli kahdennetussa järjestelmässä UPS-laitteita on enemmän kuin kuormituksen edellyttämä määrä. Redundantisella järjestelmällä saadaan sähkönsyötön varmennukselle parempi luotettavuus ja sitä kutsutaan myös N+1 -järjestelmäksi. N tarkoittaa kuorman vaatimien laitteiden määrää ja luku kertoo ”ylimääräisten” yksiköiden määrän. (ABB.)

Kun sähkönsyöttö on toteutettu yhdellä UPS-laitteella, ei syöttö ole enää varmennettu laitteen hajotessa tai esimerkiksi huollon aikana. Mikäli laitteen jokin osa vikaantuu siten, että normaali toiminta ei ole käytettävissä, siirtyy laite automaattisesti ohituskäytölle. Tällöin laite ohittaa tasa-/vaihtosuuntaajan ja syöttää kuormaa suoraan verkosta, jolloin sähkönsyöttö ei ole varmennettu, vaikka energiavarasto olisi valmiudessa. Varmennus saadaan palautettua vasta kun laite on vaihdettu tai korjattu. (ABB.)

Redundanttisessa järjestelmässä varalla on aina yksi tai useampi laite. Kuvassa 5 on esitettyä kuva redundanttisesta 200 kVA järjestelmästä.



KUVA 5. Esimerkki redundanttisesta järjestelmästä jossa yksi laite on vikaantuneena

Esimerkissä kuorman vaatima teho on 200 kVA. Normaalitilanteessa sitä syötetään tasaisesti kaikilla kolmella UPS-laitteella. Redundanttinen järjestelmä sallii yhden tai useamman laitteen vikaantumisen sähkön syötön varmennuksen pysyessä. Redundanttista järjestelmää voidaan soveltaa jakamalla kuorma halutulle määrälle laitteita. (ABB.)

4.3 UPS-kokoonpanojen luotettavuus

Sähkönsyötön vaadittu varmennustaso on olennainen osa varavoimajärjestelmää. Varmennustaso määrittää kuinka luotettavasti sähkönsyöttö on taattu kuormalle normaalin sähkönsyötön keskeytyessä. Taulukossa 1 on esitettyä ST-kortissa 52.35.02 annetut yleiset luotettavuusvertailut UPS-laitoskokoonpanoille. Taulukko ei ota kantaa syöttävän verkon luotettavuuteen. Taulukossa vasemman puoleisessa sarakkeessa ensimmäinen luku ilmaisee vähintään tarvittavat laitteet ja toinen luku varmennuksen lisälaitteet.

TAULUKKO 1. UPS-kokoonpanojen luotettavuusvertailu

Järjestelmätyyppi	Luotettavuus
1+0	83
1+1	100
2+1	93
3+1	85
4+1	77
5+1	68
5+2	89

Varmennustasoa saadaan edelleen parannettua muodostamalla redundanti järjestelmä jo jakelutasolla. Tämä voidaan toteuttaa tekemällä kaksinkertaiset syöttö-yhteydet keskuk-sille ennen UPS-laitteistoja.

4.4 UPS-järjestelmän mitoitus

UPS-järjestelmän mitoituksessa ensisijaisena tekijänä on varmennustason lisäksi kuor-man suuruus. Järjestelmä tulee mitoittaa siten, että missään tilanteessa laitetta tai laittei-ta ei jouduttaisi kuormittamaan 100 %:lla kapasiteetilla. Toisaalta taas muutaman kym-menien prosentin käyttö on hyötysuhteeltaan niin heikko, että siihenkään ei kannata pyr-kiä. UPS-laitteet suositellaan mitoittamaan siten, että niitä ei jouduta normaalisti kuor-mittamaan enempää kuin 80 % nimellistehosta.

Mikäli UPS-laitteella joudutaan ajamaan teollisia prosesseja ja esimerkiksi käynnistä-mään moottoreita, tulee ottaa huomioon laitteiden rajoitettu virran syöttö. Normaalikäy-tössä se ei tuota ongelmaa, koska laite ottaa virran ohitusverkosta. Akkukäytöllä virran-syöttökyky ei välttämättä riitä.

Oikosulkuvirran syöttökyvyssä on laitekohtaisia eroja. Joillakin valmistajilla joudutaan valitsemaan astetta suuremman teholuokan laite, jotta saadaan riittävästi oikosulkutehoa akkukäytölle. Usein säästömielessä vaatimuksista saatetaan tinkiä ja oikosulkuvirran ja selektiivisyyden tarkastelua ei tehdä tarkemmin. On kuitenkin tärkeää, että ylivir-tasuojaus toimii niin normaalitilanteessa kuin akkukäytölläkin vaatimusten mukaisesti. (ST-kortti 52.35.02.)

4.5 Rakentaminen ja ylläpito

UPS-järjestelmällä toteutetun sähkönsyötön varmennuksen rakentaminen koostuu useasta eri vaiheesta. UPS-jakelujärjestelmä voidaan toteuttaa niin uudisrakennukseen tai olemassa olevaan kiinteistöön. Mikäli laitteisto rakennetaan jo olemassa olevaan kiinteistöön, tulee ottaa huomioon UPS-laitteiden ja akustojen mahdollinen erikseen vaaditut erilliset sähkötilat. ST-kortissa 52.35.02 ohjeistetaan jakamaan toteutus sähkötekniisten töiden osalta seuraaviin urakoihin.

UPS-laiteurakka:

- UPS-laitteiden hankinta, haalaus ja asennus
- UPS-akkujen, -keskusten ja akkuelineiden hankinta, haalaus sekä asennus
- Akustojen ja UPS-laitteiden tasasähkökaapelointi hankintoihin ja asennuksiin
- UPS-järjestelmän käyttöönotto mittauksineen ja keinokuormineen

Sähköurakka:

- Sähkökeskusten hankinta, haalaus, asennus ja käyttöönotto
- UPS-laitteiden tehokaapeleiden (syöttö- ja kuormakaapeloinnit) hankinta ja asennus
- mahdollinen hälytys- ja etäkäyttökaapeloinnit kiinteistön valvontajärjestelmään

Toteutuksen kokonaisuudessa on usein monta eri urakoitsijaa. Urakoiden jakaminen eri osa-alueisiin helpottaa työn kulun seuraamista ja kustannusten arviointia jo laitteiston suunnitteluvaiheessa. Laitteiston käyttöönotossa ja testauksessa tulee testata koko järjestelmän suoritusarvot sekä kaikki normaalit ja epänormaalit toiminta- ja käyttötilanteet. Myös vikatilanteiden simulointi on tärkeää. Käyttöönotossa varmistetaan laitteen toimivuus kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Koestukset ja testaukset on dokumentoitava ja toimitettava tilaajalle. (ST-kortti 52.35.02.)

5 VARAVOIMAKONEET

Varavoimakone (aggregaatti) on yleisimmin polttomoottorigeneraattori tai muu sähkövoimakone, jolla tuotetaan sähköä. Varavoimakoneiden tyypillisiä käyttökohteita ovat alueet, joille sähköverkkoa ei ole rakennettu tai kohde missä tarvitaan sähkösyötön varmennusta.

Varavoimakoneita on pienestä kotitalouskäyttöön tarkoitettua aggregaatista lähtien teollisuuden monin kerroin varmistettuun massiiviseen varavoimalaitokseen. Varavoimakoneet ovat generaattoreita, joiden tehonlähteenä toimii yleensä polttomoottori. Koneiden teholuokat vaihtelevat käyttösovelluksesta riippuen pienistä alle kilowatin invertteriaggregaateista aina suuriin, megawattiluokan dieselvaravoimakoneisiin asti. Maatiloilla suositaan varavoimakonetyyppinä myös traktorikäyttöistä generaattoria (kuva 6), jossa käytetään traktorin voimanottoakselia generaattorin roottorin pyörittämiseen. (Sähkötieto ry, ST-kortti 52.40, 2012.)



KUVA 6. Traktorikäyttöinen generaattori

Aggregaatit voidaan ST-kortin 52.40 mukaisesti jakaa eri luokkiin monenlaisten ominaisuuksien perusteella:

- käytössä oleva vaiheluku
- synkroniset (tahti-) ja asynkroniset (epätahti) generaattorit

- moottori- tai traktorikäyttöiset
- pienikokoiset helposti siirrettävät tai konttiin rakennetut
- bensiini- tai dieselmoottorikäyttöiset
- oikosulkuvirtaa syöttävät tai syöttämättömät generaattorit
- käytössä olevat suojalaitteet ja -järjestelmät
- sisä- tai ulkokäyttöön tarkoitettut
- kuormituksen mukaan (resistiivinen, reaktiivinen tai elektroninen kuorma).

Yhteistä aggregaateille on kuitenkin niille asetetut vaatimukset niin suojauksessa, kuin tuotetun jännitteen laadussa. (ST-kortti 52.40.)

5.1 Standardit ja vaatimukset varavoimakoneelle

Standardin SFS 6000-5-55 kappaleessa 551: Pienjännitteiset generaattorilaitteistot on käsitelty jakeluverkon yhteyteen asennetun generaattorilaitteiston asennukseen liittyviä lisävaatimuksia. Vaatimukset ovat suurimmalta osin yhteneviä kiinteiden sähköasennusten kanssa, mutta suojauksessa joudutaan käyttämään tavanomaisten sähköasennusten suojaustavoista poikkeavia toimenpiteitä. ST-kortissa 52.40 annetaan tarkemmin käytännön ohjeita moottorigeneraattorilla syötettyjen asennusten suojaukseen.

5.2 Varavoimakoneen varustus

Aggregaatit on varustettava suojalaitteilla, jotka sekä takaavat henkilöturvallisuuden että estävät generaattorin aiheuttamasta vaurioita muille laitteille. Aggregaatissa on oltava tarpeelliset arvokilvet ja laitteiston asennusta, käyttöä ja hoitoa varten on oltava kirjalliset ohjeet. (ST-kortti 52.40.)

Arvokilvessä ilmoitetaan laitestandardin mukaisesti

- nimellisteho kVA
- nimellispätehevo kW
- nimellisjännite
- nimellisvirta
- nimellisyörimisnopeus 1/min

- nimellistaajuus Hz
- kotelointiluokka
- kiertosuunta
- valmistaja
- tyyppi.

Käytönvalvontaa varten tulisi laitteisto varustaa sekä jännite- että taajuusmittauksella lukuun ottamatta pieniä moottorigeneraattoreita. Yleensä laitteistossa on lisäksi myös vaihekohtaiset virtamittarit ja tehomittari. Suurista aggregaateista löytyy myös sähköinen käynnistysmoottori ja akku. (SFS 6000-5-55, 2012)

Aggregaatin kiinteinä suojalaitteina saattaa yli- ja vikavirtasuojan lisäksi löytyä myös alijännitelaukaisu ja erilaisia maasulun valvonta- ja laukaisulaitteita, sillä jakeluverkon puuttuessa taustalta ei niitä kiinteistön tavanomaisella suojauksella havaittaisi. Lisäksi aggregaattiin voi liittyä erilaisia automaatiotoimintoja, kuten automaattinen kytkeytyminen ja jakeluverkosta erottaminen sähkökatkon sattuessa tai jäähdytys- / lämmitys-toimintoja teholuokan kasvaessa. (SFS 6000-5-55, 2012)

6 ENERGIAVARASTOT

Energiaa voi esiintyä ja sitä voidaan varastoida moneen eri muotoon kuten sähköenergia, mekaaninen energia ja kemiallinen energia. Missään prosessissa energiaa ei koskaan häviä. Energia vain muuttaa muotoaan toiseksi. Esimerkiksi laakereissa mekaaninen energia muuttuu kitkan vuoksi lämpöenergiaksi. Energian talteenotto perustuu yleensä sen muodon muuttamista toiseen. Yksinkertaisimmillaan energiavaraston tarkoituksena on ottaa energiaa talteen ja käyttää sitä myöhemmin. (Energiateollisuus ry, Mistä joustoa sähköjärjestelmään?, 2012.)

Energian varastoinnissa on lähes poikkeuksetta kalliita prosesseja, joissa osa energiasta kuluu häviöinä. Varastointiteknologioiden keskeisimpiä ominaisuuksia ovat:

- varastointikapasiteetti (kWh)
- lataus- ja purkuteho (kW)
- vasteaika (aika joka vaaditaan ennen kuin sähköenergia saadaan varastosta ulos)
- tehokkuus ja hyötysuhde (%)
- käyttöikä ja latauskerrat
- energiatiheys (kWh/kg) ja tehotiheys (kW/kg) (Energiateollisuus ry, 2012.)

Varavoiman yhteydessä hyödynnetään pääsääntöisesti aina energiavarastoja. Niitä käytetään yleisimmin joko varavoimakoneen käynnistämiseen tai varsinaisen kuorman sähkötehon lähteenä. Energiavarastoina käytetään yleisimmin akkuja. Muita käytettyjä energiavarastoja ovat muun muassa liike-energiaan perustuvat huimamassat, paineilmarastot, kondensaattorit ja suprajohteet. Suurissa teholuokissa esimerkiksi jakeluverkoissa käytetään myös potentiaalienergiaan perustuvia pumpattuja vesivarastoja ja suuria maanalaisia paineilmarastoja.

6.1 Akustot

Akku on sähkökemiallinen energiavarasto, joka voidaan uudelleenladata. Akut nimetään niissä käytettävien materiaalien mukaan. Tunnetuimpia ja käytetyimpiä tyyppisiä ovat nikkeli-kadmium- ja lyijyakut. Uusia akkutyyppejä kehitetään jatkuvasti ja niihin investoidaan paljon. Erilaiset akut ovat nykypäivänä lähes jokaisessa kannettavassa sähköi-

sessä laitteessa pääasiallisena energianlähteenä. Varavoimajärjestelmien akkuja kutsutaan paikallisakuiksi. Ne eivät siis ole siirrettävissä vaan ovat kiinteästi asennettuna telineeseen tai kaappiin. Akkuina käytetään suljettuja ja avoimia akkuja, riippuen käyttökohteesta ja kapasiteetista.

6.2 Akkuhuoneet

Pienitehoisissa laitteistoissa voidaan akkuja säilyttää yleisissä tiloissa omissa kaapeissa, telineissä tai laitteiden sisällä. Erillinen akkuhuone tarvitaan kun akuston jännite on yli 125 V tai se on energialtaan yli 15 kWh (nimelliskapasiteetin ja nimellisjännitteen tulo). (Sähkötieto ry, ST-kortti 52.30.01, 2003.)

Standardissa SFS-EN 50272-2 annetaan määräykset akkuhuoneille ja niiden turvallisuusvaatimuksille. Akkuhuoneissa tulee huomioida muun muassa akuston kosketussuojaus, riittävä ilmanvaihto ja sähkötilojen mukainen hätäpoistumistie. Varaamisen ja purkamisen aikana kaikissa akuissa ilmenee kaasuuntumista. Osa kaasuista on aina räjähdysvaarallisia. Ilmanvaihto määritetään akkujen ominaisuuksien perusteella, jotta räjähdysvaara saadaan minimoitua. Tähän vaikuttaa kennojen lukumäärä, akkujen tyyppi ja ominaisuudet. Standardissa käsitellään myös akkuhuoneen tarvittavat järjestelyt ja varoituskyltit. (Suomen Standardisoimisliitto, SFS-EN 50272-2, 2001.)

7 TILAAJAYRITYKSEN LAITTEISTO

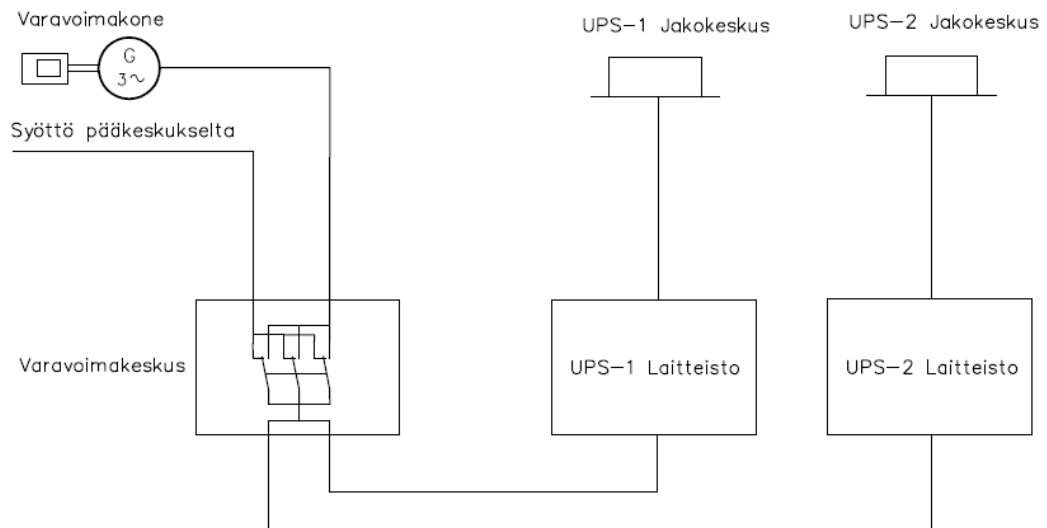
Insinööritö tehtiin Tampereella toimivalle yritykselle, jonka kiinteistössä on kaksi erillistä UPS-laitteistoa. Lisäksi kiinteistössä on dieselkäyttöinen varavoimakone takaamaan sähkönsyöttöä mahdollisessa pidemmässä sähkökatkossa. Kiinteistön omistaja hallinnoi paikalla olevaa kiinteää varavoimakonetta. UPS-laitteistot sen sijaan ovat tilaajayrityksen hallinnassa ja vastuulla.

7.1 Keskeytyskriittisyys

Tilaajayrityksellä on kiinteistössä keskeytymätöntä sähkönsyöttöä vaativia tietokonejärjestelmiä. Tampereen Sähköverkko O:n maakaapeloidussa jakeluverkossa sähkökatkot ovat suhteellisen harvinaisia, mutta sähköjen katkeaminen on aina mahdollista. Tietokoneet ja palvelinlaitteistot tarvitsevat jatkuvaa sähkönsyöttöä. Erittäin lyhyenkin (alle yksi sekunti) sähkökatkon aikana tietokoneet ja palvelimet sammuvat. Ongelmana on järjestelmien ja palvelimien hallitsematon sammuminen. Mikäli tämän kaltainen tilanne toteutuisi, vie kaikkien järjestelmien ylösajo merkittävästi aikaa. Palvelimien ja tietokonelaitteistojen sammuminen ei missään tilanteessa ole sallittua. Järjestelmää tulee pysyä käyttämään ja hallinnoimaan jatkuvasti tilanteesta riippumatta.

7.2 Varavoimajärjestelyt

Kiinteistössä on dieselkäyttöinen varavoimakone, joka on varustettu verkonvalvonta-automatiikalla. Varavoimakone käynnistyy ja alkaa syöttää osaa kiinteistön sähköistä automaattisesti verkkosähkön katketessa. Varavoimaverkon kytkentäkuva on esitettyinä kuvassa 1.



Kuva 1: Varavoimaverkon pääkaavio

Pääkeskuksessa on varavoimakoneelle oma varavoimakeskus jonka takaa UPS-järjestelmien syötöt on kaapeloitu. Varavoimakeskus saa sähkönsä normaalitilanteessa pääkeskukselta, mutta verkkosähkön katketessa kääntyy syöttö automaattisesti varavoimakoneelle verkkonvaihtokytkimellä. UPS-laitteistojen akustojen päätarkoitus on ylläpitää järjestelmien sähkösyöttö sen ajan, että varavoimakone käynnistyy ja alkaa syöttää kiinteistön varavoimakeskusta. Varavoimakoneen käynnistyksen viivästyessä tulee UPS-akustojen kapasiteetin riittää vaaditulle kuormalle. UPS-laitteistot syöttävät omia erillisiä 3-vaiheisia verkkojansa.

7.3 UPS-järjestelmät

UPS-laitteistoihin kuuluu varsinainen UPS-laite, sen akusto ja mahdollinen UPS-keskus. Laitteistot ovat asennettuna omiin laitetiloihinsa erillisiin lukittaviin tiloihin. Laitteelta on kaapeloitu syöttö edelleen jakokeskukselle ja tästä edelleen kulutuspisteille. Molemmat laitteistot ovat teholtaan useita kymmeniä kilovolttiampeereja. Tämän takia laitteet eli vaihto-/tasasuuntausyksiköt ovat kaappimallisia ja raskaita laitteita. Kuvassa 1 on esimerkkinä APC-valmistajan kaappimallinen UPS-laite, jossa teholuokka 100 kVA.



Kuva 2: Kaappimallinen UPS vaihto-/tasasuuntausyksikkö

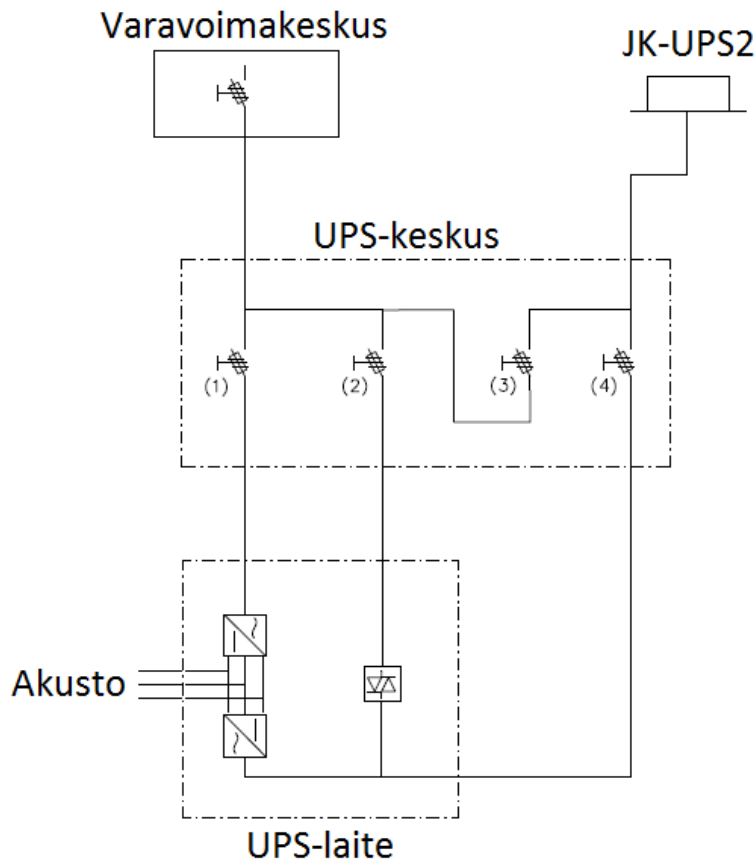
Raskaammissa laitteistoissa tulee huomioida laitteen vaatima tila asennukselle. Riittävä ilmanvaihto varten tulee laite asentaa valmistajan mukaisten ohjeiden mukaisesti riittävän etäälle seinästä ja päällä tulee olla tuuletustilaa.

Kuvassa 2 on esitetty toisen laitteiston UPS-keskus. Keskus sijaitsee samassa laitetilassa muiden laitteiden kanssa, jotta syöttöjen hallinta on helppoa ja voidaan toimia laitteen välittömässä läheisyydessä.



Kuva 3: UPS2-keskus, jossa syöttö- ja ohituskytkimet

Kuvassa olevassa keskuksessa on laitteen normaali-, staattisen bypass-käytön-, outputin ja ohituskäytön syöttö. Kun laitteelle on asennettu oma keskus, vältetään kaksinkertaiselta syöttökaapeloinnilta. Laitteen oma staattinen ohituskäyttö eli ”bypass” tarvitsee aina oman erillisen syötön verkosta. Kuvassa 4 on esitettyä toisen UPS-laitteen pääkaavio.



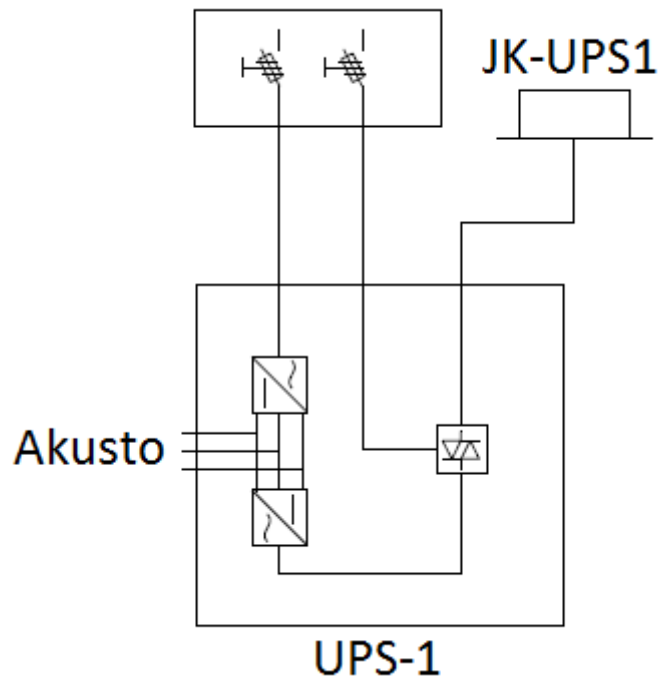
Kuva 4: UPS2-laitteiston pääkaavio

Erillisessä UPS-keskuksessa on neljä erillistä käyttökytkintä seuraavasti:

- (1) normaalisyöttö
- (2) ”bypass” eli ohitus-syöttö
- (3) ohituskäyttö
- (4) ulostulon kytkin

Kuvan mukainen järjestely on erittäin suositeltava UPS-laitteelle. Tällä ratkaisulla voidaan laitteisto erottaa sähkösyötöstä esimerkiksi huollon ajaksi. Jos laite vikaantuu siten, että sen sisäinen ohitus-syöttökään ei toimi, voidaan ohitus ottaa pääkeskukselta mekaanisesti ja kytkeä esimerkiksi erillisellä varavoimakoneella korjaustoimenpiteiden ajaksi.

Toisessa UPS-laitteistossa ei erillistä laitekeskusta ole, joten sille on kaapeloitu 2 syöttökaapelia varavoimakeskuksesta asti kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5: UPS1-laitteiston pääkaavio

Vanhemmassa UPS-laitteistossa sähkön syötöt ovat toteutettu kahdella erillisellä kaapelilla. UPS-laitteen vikaantuessa tai kun se joudutaan ottamaan fyysisesti irti verkosta, ei sähkösyöttöä voida jakokeskukselle toteuttaa ilman erillisiä väliaikaisia toimenpiteitä.

7.4 Akustot

Molemmilla UPS-laitteistoilla on omat erilliset akustonsa. Vähän varakäyntiaikaa vaativissa kohteissa voi olla laitteen sisäänrakennettu, tai erillisessä kaapissa, laitteen vieressä oleva pienempi akusto. Tilaajayrityksellä molemmilla laitteilla on omat, suuremmat akustot. Suurempi akusto tuo varmuutta varakäynnille, jos esimerkiksi varavoimakone ei jostain syystä käynnisty sähkökatkon sattuessa. Akustot ovat rakennettu erillisiin telineisiin UPS-laitteen läheisyyteen. Kuvassa 3 on esitettynä UPS-laitteen akusto.



Kuva 6: UPS-laitteen akusto, jännitetaso 408 VDC, kapasiteetti 290 kWh

Isommat akustot vaativat asennusympäristöltä paljon. Jännitetason ollessa korkea, tarvitaan erillinen sähkötila ja paljon fyysistä tilaa. Myös akuston paino tulee merkittäväksi osaksi tämän kokoluokan akustoissa, joka tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Kuvassa esitetyn akuston paino on luokkaa 10 000 kg, jossa on huomioituna hyllyrakenteet ja johtimet.

Akustossa on 4 erillistä haaraa, jotta saadaan kapasiteettia kasvatettua. Jokaisessa haarassa olevat akut ovat sarjakytkenässä, jolloin saadaan jännitetaso nostettua halutuksi.

Akusto tiivis rakenne hankaloittaa huoltomittausten tekemistä ja esimerkiksi yksittäisen akun vaihtoa. Monesti akuissa voi esiintyä liitosvikoja, jolloin sen sisällä oleva elektrolyytti pyrkii ulos akun navasta tai akku voi vaurioitua mekaanisesti. Kuvan mukaisessa akustossa yksittäisen akun vaihto ei onnistu ilman, että suurempi osa akkuja puretaan pois. Suljetut lyijyakut ovat niin sanottuja huoltovapaita, mutta akun rikkoutuminen tai vikaantuminen on aina mahdollista. Laajemmissa akustojen mittauksissa mitataan myös akkujen välisten liitosten kunto konduktanssimittauksilla. Kyseisessä akustossa seinän vieressä olevien akkujen liitosten mittaus tulisi olemaan erittäin hankalaa.

7.4.1 Akkuhuoneet

UPS-laitteistojen akustojen laskennalliset kapasiteetit ovat 99 ja 299 kWh, joten niille vaaditaan ST-kortin 52.30.01 mukaisesti erillinen akkuhuone tai sähkötila. Tilan tulee olla lukittavissa ja eristetty ulkopuolisilta henkilöiltä. Poistumistien tulee olla ulospäin aukeava ovi, joka voidaan hätätilanteessa avata hätäsalvalla. Tilan ulkopuolella tulee olla riittävät varoitukset ja kieltomerkit.

Akustot ja laitteistot ovat sijoitettuna tavallisiin varastohuoneisiin, jossa laitteiden lisäksi on muun muassa huonekaluja ja kaappeja. Ovet ovat sisäänpäin aukeavia puuvia ja tilojen ulkopuolella ei ole varoituskylttejä akuista tai sähkölaitteista. Kuvassa 6 on esitettyä toinen laitetila. Tilassa on sinne kuulumatonta tavaraa.



KUVA 6. UPS-laitetila, jossa ylimääräistä tavaraa

Myös toiseen akkuhuoneeseen on ylimääräistä tavaraa sijoitettuna. Tilassa vapaa kulku ja laitteiden käytettävyys estyy. Sähkötiloissa mahdollinen palokuorma tulee sijoittaa etäälle syttymislähteistä eli sähkölaitteista ja akuista. Tavarat tulee myös sijoittaa siten, että ne eivät voi aiheuttaa häiriötä tilassa toimimiselle tai kululle. Järjestelmää suunniteltaessa olisi tullut huomioida myös laitteiston sijainti. Nykyisin UPS-laite on vastakkaisella seinällä akustoon nähden. Kapeassa sähkötilassa tämä aiheuttaa haasteita esteettömälle kulkuväylälle.

7.4.2 Ilmanvaihto

Laitteistoissa käytetään suljettuja lyijyakkuja, joten ilmanvaihdon vaatimukset ovat hyvin pienet. Standardin SFS-EN 50272-2 mukaisella vaaditun ilmanvaihdon kaavalla laskettiin akustoille vaaditut ilmanvaihdon määrät. Ilmanvaihdon tarkastelu tehtiin sulkemalla akkuhuoneet ovi ja mittaamalla ilmavirtauksen tilavuusvirta tiloissa olevista poistoilman aukoista. Mittaukset suoritettiin Fluke 922 -ilmavirtausmittarilla. Vaaditut ja mitatut arvot on koottuna taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Akkuhuoneiden ilmanvaihdon tarkastelu

Tila	Vaadittu ilmanvaihto / m ³ /h	Mitattu ilmanvaihto / m ³ /h
Akkuhuone 1	2	300
Akkuhuone 2	12	180

Arvoista nähdään, että ilmanvaihto vaatimukset ylitetään runsaasti. Normaalitilanteissa suljettujen lyijyakkujen vaatimukset eivät aiheuta ongelmia. Avoimilla ja pitkäikäisemmällä akustoilla on kaasuntuotto huomattavasti suurempi. Myös vaadittu ilmavaihto on vastaavasti suurempi.

7.5 Kehitystarpeet

Tilajanyrityksen laitteistossa havaittiin puutteita niin turvallisuuteen kuin laitteiston käytettävyteen ja sähkönsyötön varmennustasoon liittyen. Sähkötilojen osalta puutteita ilmeni akkuhuoneiden turvallisuusvaatimuksissa seuraavasti:

- Ylimääräinen tavara siirrettävä etäälle sähkölaitteistosta
- Varoituskyltit lisättävä oveen ja huoneeseen sisälle akustoon
- Sisälle tilaan sijoitettava ensiapuohjeet
- Hätäpoistumistien järjestäminen, oven auettava ulospäin ja hätäsalpa
- Akustoon tehtävä asianmukaiset merkinnät
- Käyttöohjeet ja opasteet laitteelle huoneeseen
- Laitteiston sähkökuvat huoneeseen saataville

Toiseen akustoon tulee lisätä erillinen sulakekotelo. Sulakekoteloon asennetaan kaikille akuston haaroille omat sulakkeet. Tällä saadaan akuston toimintavarmuutta lisättyä ja rajattua mahdollinen akkuvika vain yhteen akuston haaraan. Akustoille määritettiin kuormitusmittaukset, joilla määritetään niiden jäljellä oleva käyttöikä. Akut ovat valmistajan mukaan 10 vuoden akkuja. Nyt akut ovat olleet käytössä noin viisi vuotta, joten eliniän tarkastelu mittauksilla on hyvä suorittaa.

UPS-verkkojen kehityssuunnitelmana tehtiin varavoimaverkkojen yhdistäminen yhdeksi verkoksi ja kahdentamalla verkon syöttö. Verkon syöttö kahdennetaan kahdella nimellisteholtaan samankokoisella UPS-laitteella. Laitteet kytketään rinnankäyntiin, jolloin ne syöttävät normaalitilanteessa molemmat kriittistä kuormaa. Laitteet tulee ylimitoittaa siten, että kumpi tahansa laite voi toisen laitteen vikaantuessa ottaa koko kuorman itselensä. Tällöin järjestelmästä saadaan redundanti ja varmennustasoksi 100.

Toiselle UPS-laitteelle määritettiin huoltotarve, koska laitteen viime huollosta on kulu-
nut noin vuosi. Huolto tulee tilata valmistajalta tai valtuutetulta huoltoliikkeeltä. Toinen laite on käyttöikänsä päässä, joten se tulee uusiksi. Laitteen sijoitus ja nimellisteho tulee miettiä tarkemmin verkkojen uudistussuunnitelmaa toteutettaessa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työstä lukija saa kattavan kokonaiskuvan sähkönsyötön varmennuksesta UPS-järjestelmillä. Varmennuksessa tulee ottaa huomioon monta tekijää, riippuen paikasta ja varmennettavasta kuormasta. Sähkönsyötön varmennuksen suunnittelun toteuttaa usein ulkopuolinen taho. Järjestelmää suunniteltaessa tulee tilaajan kanssa huomioida muun muassa kuorman teho ja tyyppi, laitteistolta vaaditut tilavaraukset (sähkötilat ja akkuhuoneet) ja investointibudjetti.

Työssä käsitellyt osa-alueet osoittautuivat erittäin aiheellisiksi tilaajayritykselle. Sähkönsyötön luotettava varmennus on erittäin tärkeää yrityksen toiminnalle. Tutkimusten ja kartoituksen pohjalta laitteistoille tulee tehdä isoja muutoksia, jotta vaadittu varmennustaso saavutetaan. Laitteiden ja akustojen käyttöään varmistamiseksi laitteet tulee huollattaa erikseen sovituin määrä ajoin. UPS-laitteille tulee aina laatia huoltosopimus tai vastaavasti tulee nimetä henkilö, joka vastaa laitteiden huollosta ja kunnossapidosta. Väärin huollatettu tai huoltamaton laite heikentää varmennuksen toimintavarmuutta. Osana työtä yritykselle laadittiin raportti laitteiston nykytilasta. Raportin ja investointisuunnitelman perusteella laitteiston muutoksille voidaan päätökset.

LÄHTEET

Energiavirasto. 2013. Kertomus sähkön toimitusvarmuudesta 2013. Luettu 5.3.2015
<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Kertomus+sähkön+toimitusvarmuudesta+2013.pdf>

SFS-EN 50160 – Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet,
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Energiateollisuus ry ET. 2014. Keskeytystilastot 2013. Luettu 1.2.2015
http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto_2013.pdf

Hakanen, P. 2005. Varmennetut sähköjakelujärjestelmät. ST-käsikirja 20. Espoo:
Sähkötieto ry

Saari, J. 2014. Varmennetun sähkönsyötön nykytilanne ja kehitystarpeet.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70428/Saari_Juhani.pdf?sequence=1

Varavoima. Emergency power system. Nettisivu. N.d. Luettu 27.3.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_power_system

Sähkötieto ry. 2010. UPS-laitteella varmennetun sähköjakelujärjestelmän suunnittelu
ja toteutus. ST-kortti 52.35.02. Espoo . Sähköinfo Oy

ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja luku 3.5. PDF.

SFS 6000-5-55 - Pienjännitteiset generaattorilaitteistot, Suomen Standardisoimisliitto
SFS ry, 2012

Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj. 2012. Mistä joustoa sähköjärjestelmään?
http://energia.fi/sites/default/files/mista_lisajoustoa_sahkojarjestelmaan_loppuraportti_28_11_2012.pdf

Sähkötieto ry. 2003. Akkuhuoneet ja varaamotilat. ST-kortti 52.30.01. Espoo . Sähköin-
fo Oy

SFS-EN 50272-2 – Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: paik-
lisakut, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2001