



SAVONIA

VALITSE KOHDE. - VALITSE KOHDE.
VALITSE KOHDE.

UPS-LAITTEEN MÄÄRITYS

TEKIJÄ: Santeri Kedonperä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Santeri Kedonperä			
Työn nimi UPS-verkon määrittäminen			
Päiväys	22.5.2017	Sivumäärä/Liitteet	32+5
Ohjaajat lehtori Jari Ijäs, lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani SSAB Europe Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa UPS-järjestelmä SSAB Europe Oy:n Hämeenlinnan tehtaalle elvyttämö 2 -valvomon tietokoneille ja prosessia ohjaaville elimille.</p> <p>Tarkoituksena oli tutkia erilaisia UPS -laitteenvaihtoehtoja ja näiden avulla suunnitella kokonaan uusi UPS-verkko. Valvomon vaadittujen kriteerien perusteella pyydettiin UPS-laitteista tarjoukset, joista valittiin sopiva UPS-laite ja perehdyttiin laitteen toimintaperiaatteisiin. Valintaan vaikutti hinta, varakäyntiaika sekä sopivuus paikalliskäyttöön.</p> <p>Laitteen valinnan jälkeen täytyi valita sopivat suojalaitteet, joiden avulla mitoitettiin ryhmäkeskuksilta lähtevien kaapeleiden maksimipituudet sekä jännitehäviöt. Työhön kuului myös dokumentaation päivitys. Lopuksi kerrottiin kyseisen UPS-laitteen perustoiminnot sekä selvensin ohjauspaneelin käyttöä. Laitteelle sekä akustolle tehtiin huolto-ohjeet, jotka vähentävät odottamattomien korjausten ja varaosien tarvetta. Huolellinen huoltaminen alentaa myös elinkaarikustannuksia ja takaa laadukkaiden tietojen jatkuvan saatavuuden.</p>			
Avainsanat UPS, On-Line, UPS mitoitus, suunnittelu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Santeri Kedonperä			
Title of Thesis Defining an UPS Network			
Date	22 May 2017	Pages/Appendices	32+5
Supervisors Mr. Jari Ijäs, Lecturer, Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partner SSAB Europe Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to design and dimension a UPS system for the computers and process control bodies of Contol Room 2 at SSAB Europe Ltd's Hämeenlinna factory.</p> <p>The purpose was to study different options for the UPS equipment and with the help of the study, design a completely new UPS network. A call for bids for the UPS system was sent based on the requirements set by the control room. A suitable system was chosen and orientated with. The factors affecting the choice were price, backup time and suitability for local use.</p> <p>After choosing the UPS system, proper protecting equipment had to be chosen. With the help of the protecting equipment, the length of the cables and voltage losses coming from the group switchboard were measured. Part of this thesis was also to update the documentation. Finally, the basic functions of the UPS system were presented and the use of the control panel was clarified. A service manual was made for both the UPS device and the battery pack, which would lessen the need for unexpected repairs and the need for spare parts. Proper maintenance also lowers the lifecycle costs and ensures continuous access to high-quality information.</p>			
<p>Keywords</p> <p>UPS, On-Line, UPS-planning, designin</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	SSAB OY	7
2.1	SSAB EUROPE OY.....	8
2.2	SSAB Hämeenlinna	8
2.3	Elvyttämö 2	9
3	UPS-JÄRJESTELMÄ	10
3.1	Off-Line UPS.....	11
3.2	Line interactive Off-Line UPS	12
3.3	On-Line UPS.....	13
3.3.1	Tasasuuntaaja On-Line UPS -laitteella	14
3.3.2	Vaihtosuuntaaja On-Line UPS -laitteella	14
3.3.3	Reduntanttinen järjestelmä	15
4	UPS-LAITTEEN AKUSTO	16
4.1	Avoin lyijyakku.....	16
4.2	Suljettu lyijyakku.....	16
4.3	Nikkeli-kadmiumakku.....	16
4.4	Litiumakku	17
5	UPS-VERKON SUUNNITTELU JA PÄIVITYS	18
5.1	UPS-verkon alkuperäinen tilanne.....	18
5.2	Uuden UPS-laitteen valinta	20
5.3	Eaton 93PS:n ohjauspaneeli sekä sen käyttö	23
6	UUDEN UPS-JÄRJESTELMÄN MITOITUS.....	25
6.1	Järjestelmän suojaus	25
6.2	Kaapelien mitoitus.....	25
6.3	Jännittehäviön laskenta.....	27
7	JÄRJESTELMÄN HUOLTO.....	29
8	YHTEENVETO.....	31
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	32
	LIITE 1: EATON 93PS UPS:N OHJAUSPANEELIN VALIKKORAKENNE (EATON 93PS UPS 8-40 KW KÄYTTÖ- JA ASENNUSOPAS).....	33

LIITE 2: EATON UPS-LAITTEIDEN SÄHKÖARVOTAULUKKO	35
LIITE 3. PIENJÄNNITESÄHKÖLAITTEISTON MITOITUS KÄSIKIRJA: KAAPELEIDEN IMPEDANSSIT JOHDINLÄMPÖTILALLE 80	36
LIITE 4. PIENJÄNNITESÄHKÖLAITTEISTON MITOITUS KÄSIKIRJA: VAADITUT MITATUT OIKOSULKUVIRRAT KÄYTETTÄESSÄ B- JA C-TYYPIN JOHDONSUOJAKATKAISIJOITA.....	37

1 JOHDANTO

UPS-järjestelmällä mahdollistetaan katkeamaton sähkönsyöttö sitä tarvitseville laitteille. Lyhyet sähkönsyötön katkokset tai sähköverkon jännitehäiriöt estetään UPS-järjestelmällä. Eri järjestelmien sähkön tarve on lisääntynyt vuosien mittaan huomattavasti ja katkeamattoman sähkönsyötön merkitys siinä samalla.

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella ja mitoittaa UPS-järjestelmä SSAB Europe Oy:n Hämeenlinnan-tehtaalle elvyttämö 2 -valvomon tietokoneille ja prosessia ohjaaville elimille. Aikaisempi UPS-laitteisto on Eatonin Powerware PW9305-10I-N-14 10kVA, joka on asennettu elvyttämö 2:een vuonna 2000. Tarkempaa tietoa ei ole, mitä kyseisen UPS-laitteiston perästä löytyy, joten työn tarkoituksena on selvittää verkkoa kuormittavat laitteet ja poistaa mahdolliset laitteet, jotka eivät vaadi katkeamatonta jännitettä. Verkkoon asennettavat uudet pistorasiat tulisi merkitä selvästi UPS-verkkoon kuuluviksi rasioiksi, jotta vältyttäisiin sellaisten laitteiden kytkemistä katkeamattomaan syöttöön, jotka tätä verkkoa eivät tarvitse. Tämän myötä kuormituksen tarkkailu helpottuisi myös huomattavasti. Verkon perästä mahdollisesti löytyville laitteille, jotka eivät tarvitse katkeamatonta jännitettä, asennetaan omia pistorasioita valvomon pulpettiin. Nämä pistorasiat ovat tavallisen sähkönsyötön perässä.

Opinnäytetyössä on tarkoituksena tutkia erilaisia UPS-laitteenvaihtoehtoja ja tutkimuksien avulla suunnitella kokonaan uusi UPS-verkko. Verkon suojaus toteutetaan sulakeautomaattien avulla, jotta verkosta saadaan entistä turvallisempi, luotettavampi sekä käytettävämpi. Työssä käsitellään UPS-laitteiden teoriaa sekä eritellään erilaisia akkuvaihtoehtoja. Työhön kuuluu dokumentaation päivitys.

Tehtäviin kuuluu tarkastella verkon kokonaistehoa sekä arvioida tarvittavaa verkon varakäyntiaikaa. Työssä täytyy huomioida mahdolliset laajennustarpeet, esimerkiksi alueen logiikat yms.

2 SSAB OY

SSAB on vuonna 1918 perustettu ruotsalainen, pitkälle erikoistunut teräsyhtiö. SSAB:n organisaatio koostuu viidestä divisioonasta:

- SSAB Special Steels on maailmanlaajuinen terästoimittaja ja palvelukumppani nuorrutuste-
rästen ja erikoislujien terästen toimittaja.
- SSAB Europe on johtava pohjoismainen korkealaatuisten nauha-, kvarttolevy- ja putkituot-
teiden valmistaja.
- SSAB Americas on Pohjois-Amerikan johtava korkealaatuisten kvarttolevyjen ja – kelojen
valmistaja.
- Tibnor on Pohjoismaiden johtava teräksen ja metallien jakelija sekä esikäsittelypalveluiden
tarjoaja.
- Ruukki Construction tarjoaa kestävän kehityksen mukaisia rakentamisen tuotteita ja palve-
luita Euroopassa.

SSAB on maailmanlaajuinen yritys: sillä on noin 15 000 työntekijää yli 50 maassa. SSAB:n pääkont-
tori sijaitsee Tukholmassa ja yrityksen toimitusjohtajana toimii Martin Lindqvist. Liikevaihto oli vuon-
na 2016 noin 55 mrd Ruotsin kruunua.

SSAB on erikoistunut kehittämään erikoislujia teräksiä ja pyrkii tarjoamaan palveluja, joiden avulla
rakennetaan kestävämpiä ja suorituskykyisempiä tuotteita. SSAB:n teräsentuotantokapasiteetti on
vuodessa 8,8 miljoonaa tonnia. Masuuniprosessiin keskittynyt tuotanto sijaitsee Suomessa sekä
Ruotsissa. Erilaisten metallien takia Yhdysvalloissa tuotantoprosessi tapahtuu valokaariuuneilla.
(SSAB Oy, ei pvm)



Kuva 1. SSAB Oy tuotantolaitokset

2.1 SSAB EUROPE OY

SSAB Europe on yksi SSAB:n organisaatioon kuuluvasta viidestä divisioonasta. SSAB Europe -divisioona erottuu muista teräksen valmistajista siten, että asiakkaat voivat mahdollisuuksien mukaan muokata tuotteita. Tärkeänä tavoitteena on ymmärtää asiakkaiden tarpeet sekä luoda läheinen yhteistyö asiakkaan kanssa. (SSAB Oy, ei pvm)

SSAB Europan teräksentuotantokapasiteetti on 4,9 miljoonaa tonnia, ja se hallitsee Pohjoismaiden markkinoita. SSAB Europan liikevaihto oli vuonna 2016 noin 25 mrd Ruotsin kruunua, joten osuus konsernin kokonaisliikevaihdostakin on noin 39 %. SSAB Europella on noin 6 900 työntekijää ja toimitusjohtana toimii Olavi Huhtala. (SSAB Oy, ei pvm)

2.2 SSAB Hämeenlinna

SSAB Hämeenlinna kuuluu SSAB Europe -divisioonaan. Hämeenlinnan tehtaan päätuotteisiin kuuluu kylmävalssatut metalli- ja maalipinnoitetut teräskelat, -nauhat ja -rainat, ohutseinäputket ja rakenneputket. Hämeenlinnan tehdas valmistaa kaikki SSAB:n metallipinnoitetut tuotteet, joita hyödynnetään esimerkiksi autoteollisuudessa ja rakentamisessa. (SSAB Oy, ei pvm)

Hämeenlinnan tehdas on ollut toiminnassa vuodesta 1972, mutta 2014 Rautaruukki ja SSAB yhdistyivät ja tehdas liittyi SSAB -konserniin. Hämeenlinnan tehdas on turvallisimpia SSAB:n konsernissa ja hyvä esimerkkiyhtiö turvallisuudessa. Työntekijöitä tehtaassa on noin 900. (SSAB Oy, ei pvm)



Kuva 2. SSAB Hämeenlinnan tehdas (SSAB Oy, ei pvm)

2.3 Elvyttämö 2

UPS-laite suunnitellaan elvyttämö 2 -valvomoon ja sen toimilaitteille. Hämeenlinnan tehtaalla on kaksi elvyttämöä. Elvyttämöt valmistavat suolahapon, jota käytetään teräskelojen peittauksessa. Ilman suolahappoa peittauslinja ei voi peitata keloja ja linjasto pysähtyy. Peittaus käyttää suolahappoa noin 7 - 9 m³/h ja kummatkin elvyttämöt valmistavat happoa yhteensä noin 7 - 8m³/h. Peittauslinja ei kuitenkaan aina ole ajossa lyhyiden seisakkien vuoksi, joten tämä tuotantomäärä on laskettu riittäväksi.

Elvytetyn hapon säiliöiden koko on yhteensä 200 m³ ja normaalisti säiliöissä on elvytettyä happoa vähintään noin 30 m³. Huonoimmassa tilanteessa peittaus ajaa normaalisti ja molempien elvyttämöiden prosessi kaatuu ja suolahapposäiliöt ovat 30 m³ alarajalla. Tämän johdosta peittauksen pysähtymiselle ei ole aikaa kuin muutama tunti. Rajan alittuessa valvomo saa kuitenkin ilmoituksen tapahtumasta ja prosessiin pyritään reagoimaan mahdollisimman nopeasti. Peittauslinjan pysähtyminen on erittäin kallista koko tehtaalle ja vaikuttaa koko tehtaan toimintaan. (Ryhänen, 2017)



Kuva 3. Elvyttämö (Ryhänen, 2017)

3 UPS-JÄRJESTELMÄ

UPS-järjestelmällä mahdollistetaan katkeamaton sähkönsyöttö sitä tarvitseville laitteille. Lyhyet sähkönsyötön katkokset tai sähköverkon jännitehäiriöt estetään UPS-järjestelmällä. UPS-järjestelmä pystyy syöttämään joko yksi- tai kolmivaiheverkkoa. Järjestelmä käyttää hyödyksi puolijohdesiltoja perustoimintojen mahdollistamiseksi, eli muuttamaan vaihtosähkön tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi. Perustoimintoihin kuuluu myös automaattinen UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuorma- ja vikatilanteita varten. UPS-järjestelmä rakentuu itse UPS-laitteesta tai suurempaa luotettavuutta vaativissa ratkaisuissa voidaan UPS-laitteita kytkeä rinnan sekä keskuksista ja varmennetun sähkön keskuksista. Suurempaa luotettavuutta vaativia tilanteita voi olla esimerkiksi konesalin tai sähkönsyötön varmentaminen. Järjestelmiä, joiden suojaamiseen UPS-laitteet soveltuvat ovat esimerkiksi:

- Tietokoneet
- Hälytys- ja turvajärjestelmät
- Tietoliikennejärjestelmät ja –laitteet
- Prosessi- ja mittausjärjestelmät
- Sairaalan järjestelmät

Elektroniset laitteet, jotka ovat herkkiä sähköverkon jännitehäiriöille vaativat aina suojausta. Sähköverkon jännitehäiriölähteitä voi olla niin rakennuksen sisäpuolella, kuin ulkopuolellakin. Rakennuksen sisäpuolisina häiriölähteinä voidaan pitää erilaisia ilmastointilaitteita, jääkaappia, automaatteja sekä hitsauslaitteita. Rakennuksen ulkopuolisina häiriölähteinä vastaavasti voidaan pitää ukkosta, sähkölaitosten käyttöhäiriöitä, pikajälleenkytkentöjä sekä suurtaajuisia häiriöitä. Rakennuksen sisäpuoliset sekä ulkopuoliset häiriölähteet voivat aiheuttaa suuria häiriöitä vaihtojännitteessä.

Edellä mainitut häiriölähteet voivat aiheuttaa erilaisia ongelmia:

- verkkojännitteen häviämistä
- verkkojännitteen heilahduksia
- yli- ja alijännitteitä
- hitaita verkkojännitteen muutoksia
- taajuusvaihteluita
- yliaaltoja
- häiriöjännitteitä
- kytkentä- ja vikatilanteiden aiheuttamia jännitepiikkejä

Huollon kannalta UPS-laite kannattaa varustella manuaalisella ohituskytkimellä, jolloin laitteen perässä olevaa kuormaa syötetään ainoastaan verkosta. Ohituskytkimen avulla virta ei katkea syötetäviltä laitteilta. UPS-laitetta valittaessa täytyy ottaa huomioon varakäynti aika, sekä mahdolliset tulevat tarpeet, jotka verkkoon mahdollisesti lisätään jälkikäteen.

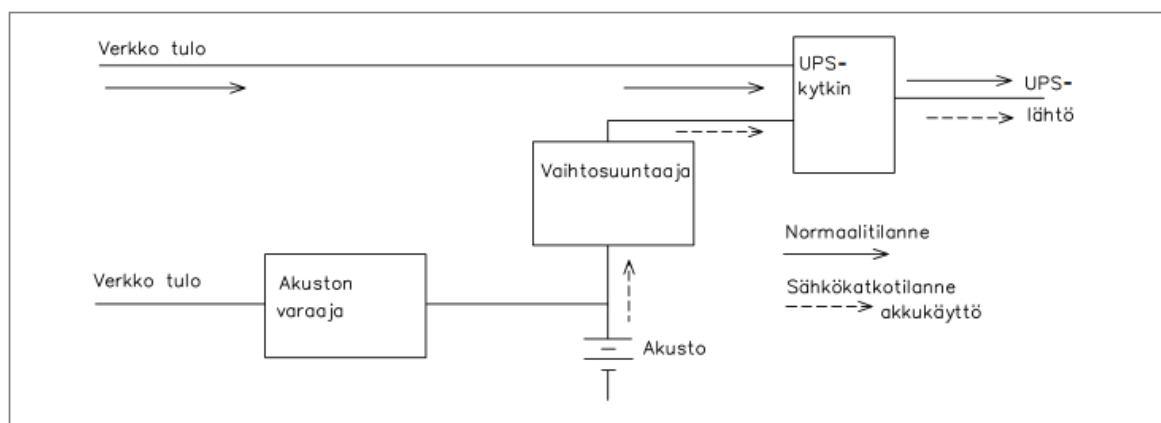
Standardin SFS-EN 62040-3 mukaan UPS-laitteet jaetaan kolmeen eri tyyppiluokkaan. (Sähkötietö ry, 2010) (Sokura, 2013)

- Off-Line UPS
- Line interactive Off-Line UPS
- On-Line UPS

3.1 Off-Line UPS

Virallinen nimi Off-Line UPS:ille on stand-by-UPS, jonka luokituskoodi standardin SFS-EN 62040-3 mukaan on VFD (output Voltage and Frequency Dependant from mains supply). VFD tarkoittaa, että Off-Line UPS-laitteen lähtö on riippuvainen verkon jännitteestä ja taajuudesta. Off-Line UPS muodostaa puolijohdesillan avulla vaihtosähköä vasta, kun verkkojännitte katkeaa tai arvot laskevat vaihteluarvojen alapuolelle. Verkköjännitteen palaututtua vaihtokytkin vaihtaa tilaa ja sähkönsyöttö siirtyy takaisin sähköverkkoon. Siirtyminen normaalitilanteesta akkukäyttöön tai akkukäytöstä normaalitilanteeseen aiheuttaa UPS-laitteen lähtöliittimiin n. 2-4 ms katkon. Vaihtokytkimen vaihdettua tilaa tasasuuntaaja aloittaa jälleen akuston lataamisen.

Järjestelmään kuuluu yksinkertaisimmillaan vain tasasuuntaaja, joka lataa akustoa ja vaihtosuuntaaja, joka sähkönsyötön katketessa kytkeytyy päälle ja syöttää vaihtovirtaa katkeamatonta syöttöä vaativilla laitteilla. Off-Line UPSia käytetään yleisimmin yksittäisissä tietokoneissa tai esimerkiksi kaupan kassapäätteissä eli vain pienissä alle 3kVA laitteissa. (Sähkötietö ry, 2010)

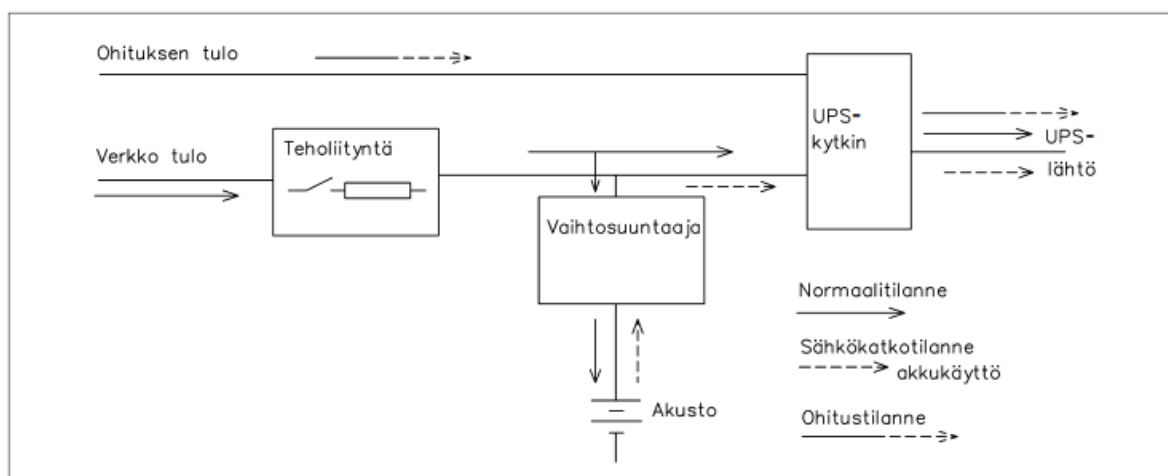


Kuva 4. Off-Line UPS-laitteen periaate (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät, 2010)

3.2 Line interactive Off-Line UPS

Line interactive Off-Line UPS:sta käytetään epävirallisemmin myös nimeä yhden muunnoksen UPS-laite. Standardin SFS-EN 62040-3 mukaan yhden muunnoksen UPS-laitteen luokituskoodi on VI (output Voltage Independant from mains supply). VI tarkoittaa, että UPS-laitteen lähtö on riippuvainen syöttävän verkon taajuudesta, mutta riippumaton syöttävän verkon jännitevaihteluista, kuten tavallinen Off-Line UPS. Muuten nämä kaksi tekniikkaa ovat rakenteeltaan hyvin samanlaisia. Yksinkertaisimmillaan toiminta perustuu vain yhteen muuttajasiltaan, joka toimii rinnakkaissäätimenä syöttävän sähköverkon rinnalla. Tämän toimintaperiaatteen takia Line interactive Off-Line UPS:sta käytetään myös nimeä yhden muunnoksen UPS-laite.

Normaalissa tilanteessa syöttö tulee kuormalle suoraan sähköverkosta, jolloin muuttajasilta lataa akkuja ja toimii tasasuuntaajana. Verkojännitteen katketessa tai arvojen laskiessa vaihteluarvojen alapuolelle syöttö kuormalle siirtyy akuista saatavaan energiaan ja muuttajasilta toimii vaihtosuuntaajana. Muuttajasillan avulla UPSin lähtöjännite säädetään nimelliseksi, mikä tapahtuu vaihekulmaa muuttamalla. Tulon tehokerroin $\cos \theta$ vaihtelee tulojännitteen vaihdella. Tämän säädön aiheuttama vaihesiirto vaikeuttaa siirtymistä ohitusyötölle. Syötön siirtyminen akkukäyttöön vaatii UPS-laitteen irrottautumista nopeasti syöttävästä sähköverkosta, mikä tapahtuu tavallisimmin tyristorikytkimellä. (UPS-LAITTEEN VALINTA JA ASENNUS, 2001); (Sähkötieto ry, 2010)

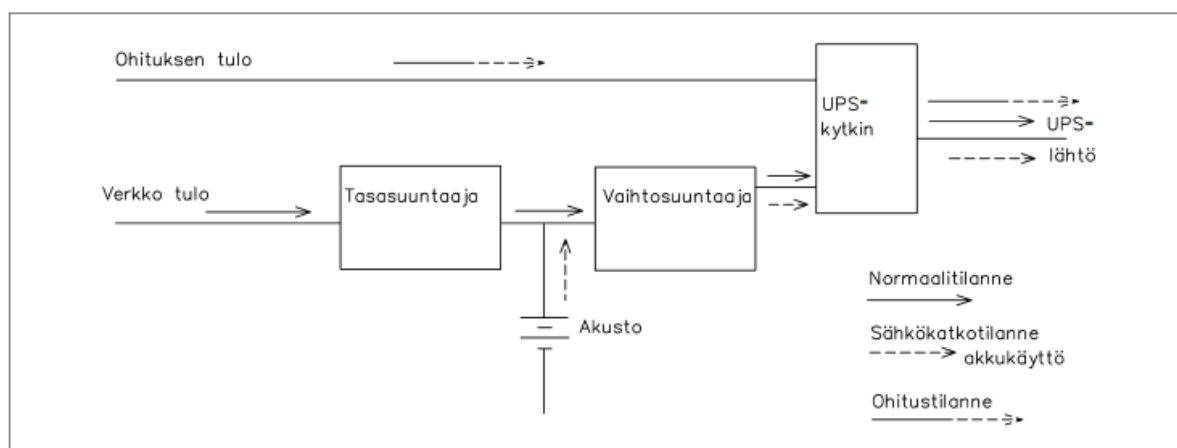


Kuva 5. Line interactive Off-Line UPS -laitteen periaate (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät, 2010)

3.3 On-Line UPS

On-Line UPS:n virallinen nimi on double conversion, jonka luokituskoodi standardin SFS-EN 62040-3 mukaan on VFI (output Voltage and Frequency Independent from mains supply). VFI tarkoittaa, että On-Line UPS -laitteen lähtö on riippumaton syöttävän sähköverkon jännitteen- ja taajuudenvaihteluista. Toiminta perustuu vaihtosuuntaajaan, joka syöttää jatkuvasti kuormaa riippumatta UPS:ia syöttävän sähköverkon tilasta. Tämän toimintaperiaatteen takia On-Line UPS:ia kutsutaan myös nimellä kahden muunnoksen UPS.

Normaalissa tilanteessa syöttö tapahtuu sähköverkosta UPS-laitteen kautta tasasuuntauksen ja vaihtosuuntauksen kautta kuormalle. Koska On-Line UPS-laite on riippumaton siitä syöttävän verkon jännitteen tai taajuuden vaihteluista, kuorma saa aina nimellisen jännitteen sekä taajuuden. Verkojännitteen katketessa On-Line UPS ei vaadi mitään kytkentätoimintoja siirryttäessä akkukäyttöön, vaan vaihtosuuntaaja saa syöttönsä rinnan kytketystä akusta. Laitteeseen saadaan määritettyä jännitevaihteluarvot, koska UPS-laite siirtyy akkukäyttöön. Tämä toiminto ei vaikuta ollenkaan lähdön jännite- tai taajuusvaihteluihin. Kuorma siirtyy ohitusyöttöön UPS:in oman ohituskytkimen kautta ylikuormitus- ja vikatilanteissa. Ohituskytkimenä toimii tavallisimmin elektroninen tyristorikytkin. Verkojännitteen palaututtua vaihtosuuntaaja syöttää edelleen kuormaa, mutta tasasuuntaaja syöttää sähköä vaihtosuuntaajalle ja aloittaa akuston lataamisen. (Sähkötieto ry, 2010)



Kuva 6. On-Line UPS -laitteen periaate (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät, 2010)

3.3.1 Tasasuuntaaja On-Line UPS -laitteella

Tasasuuntaajan tekninen toteutus määrittää verkkovirran käyrämuodon (virtasärön ja tehokertoimen). Tasasuuntaajan tekninen toteutus määrittää myös jännitteen ja taajuuden sallitun vaihteluvälin, koska vaihtosuuntaajan syöttö siirtyy akuilta saatavaan energiaan. Tavallisimmat toteutusratkaisut ovat 6- ja 12-pulssinen tyristorisuuntaaja sekä IGBT-transistoreilla toteutettu tasasuuntaaja.

Tavallinen verkkovirta ilman tasasuuntaajalle kytkettyjä suodattimia sisältää paljon erilaisia yliaaltoja, minkä seurauksena verkon virtasärö (THDi) on noin 28 - 30 %. 6-pulssinen tyristorisuuntaaja on toiminnaltaan erittäin varmatoiminen, ja se onkin peruskytkentä, jolla on hyvä hyötysuhde. 6-pulssisen tyristorisuuntaajan virtasärö suodatin kytkettynä onkin enään vain 8 - 15 %. Suodattimen kytkeminen tasasuuntaajaan pienentää virtasäröä huomattavasti, sillä esimerkiksi 12-pulssisen tasasuuntaajan virtasärö on ilman suodatinta 10 - 12 % ja suodatin kytkettynä vain 5 - 7 %. Uusin toteutusratkaisu on IGBT-transistoreilla toteutettu tasasuuntaaja. Tämä toteutusmalli on mahdollista hyödyntää kaikissa teholuokissa. IGBT-transistoreilla toteutetun tasasuuntaajan virtasäröön vaikuttaa syöttävän sähköverkon jännitteen särö, joten virtasärö on vain 2 - 6 %. (Sähkötieto ry, 2010)

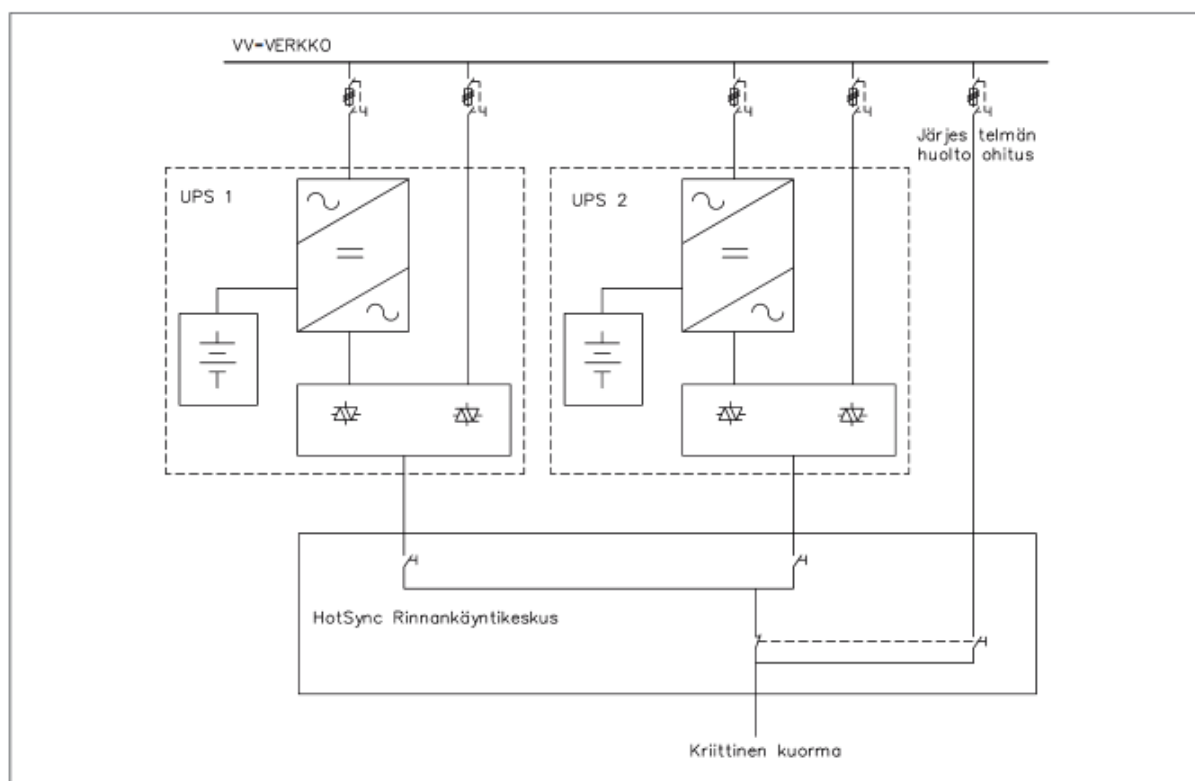
3.3.2 Vaihtosuuntaaja On-Line UPS -laitteella

Uudemmissa UPS-laitteissa vaihtosuuntaaja, kuten tasasuuntaajakin on toteutettu myös IGBT-transistoreilla. Kytkennältään nämä kaksi ovatkin täysin samanlaisia, mutta vaihtosuuntaaja eroaa siinä, että UPS-laitteen lähtöjännite pyritään pitämään mahdollisimman puhtaana sinijännitteenä myös epälineaaraisella kuormavirralla. UPS-laitteen etuna, jonka tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja on toteutettu IGBT-transistoreilla, on hyötysuhteen säilyminen korkeana hyvin pienilläkin kuormilla aina 20 % kuormitukseen saakka. (Sähkötieto ry, 2010)

3.3.3 Reduntanttinen järjestelmä

Kun UPS-laitteita voidaan kytkeä rinnan, kutsutaan tätä järjestelmää redundanttiseksi järjestelmäksi. Jatkuvasti varmennetun sähköverkon vaatimukset kasvavat, koska usein laitteiden, jotka vaativat katkemattoman jännitesyötön, kuormien alasajo on lähes mahdotonta. Kytettäessä UPS-laitteita rinnan moninkertaistetaan luotettavuus ja järjestelmän yhteiset osat vähenevät. Rikkoutuessaan voivat aiheuttaa jänniteverkon katkeamisen tai muita sähkönsyöttöön vaikuttavia häiriöitä.

Kuvassa 7 esitetään rinnan käyvän redundanttisen UPS-järjestelmän periaate. Tässä järjestelmä on rakennettu kahdella samantehoisella UPS-laitteella. Redundanttisen järjestelmän periaatteena toimii, että kummatkin UPS-laitteet jakavat kuormituksen tasapuolisesti eikä järjestelmällä ole yhteisiä osia, joten molemmat toimivat itsenäisesti. Kumpikin laite käyttää 50 % tehostaan. Huolto- tai vikatilanteessa toinen UPS-laite korvaa väliaikaisesti toisen ja toimii tällöin täydellä teholla. Järjestelmään voidaan kytkeä rinnan kolmaskin UPS-laite, jos huoltotilanteissa vaaditaan redundanttisen järjestelmän pysymistä. Redundanttinen järjestelmä voidaan mahdollistaa myös modulaarisesti, jolloin laitteeseen asennetaan useampi USP-tehoduuli syöttämään tarvittava teho. Rinnakkain käyvällä UPS-järjestelmällä saadaan kaksinkertaistettua oikosulkuvirta vaihetta kohden sähkökatkon aikana. Kustannukset tosin kasvavat huomattavasti, joten redundanttisen järjestelmän hankkimista kannattaa harkita huolellisesti tapauksittain. (Sähkötieto ry, 2010)



Kuva 7. Rinnankäyvä redundanttinen UPS-järjestelmä (ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät, 2010)

4 UPS-LAITTEEN AKUSTO

Akustoilla varmistetaan katkeamaton sähkönsyöttö kriittiselle kuormalle, kun verkkosähkö on katkenut eikä sitä ole saatavilla. Akusto on toimivalle UPS-järjestelmälle tärkein, mutta samalla järjestelmän heikoin osa. Yleisimmin akuston elinikä on lyhyempi kuin järjestelmän muiden osien. Akustoja on monenlaisia, mutta jokaisen periaatteena on toimia sähkökemiallisena energiavarastona. Akkuun voidaan toistuvasti varastoida sähköenergiaa kemiallisessa muodossa, ja se onkin sähkökemiallinen energiavarasto. (Sähkötieto ry, 2016)

4.1 Avoin lyijyakku

Lyijyakutyyppejä on sekä avoimia että suljettuja. Perinteisempi paikallisakkuratkaisu näistä on avoin lyijyakku. Luotettavuus, käyttöikä sekä helppo kunnonvalvonta ovat avoimen lyijyakun suurimpia etuja. Avoimen lyijyakun käyttöikä voi olla jopa yli 15 vuotta. Avoin lyijyakku vaatii kuitenkin erillisen akkuhuoneen, jonka voi laskea akkutyypin huonoksi puoleksi. Tilantarpeen lisäksi avoimen lyijyakun huonoja puolia ovat huollontarve sekä suhteellisen huonot purkausominaisuudet suurella virralla kuormitettaessa. (Sähkötieto ry, 2016)

4.2 Suljettu lyijyakku

Paikallisakkukäytössä suljettu lyijyakku on selvästi yleisempi kuin avoin lyijyakku. Suljetun akun yleistymiseen on vaikuttanut pieni tilantarve. Suljetut lyijyakut eivät vaadi erillistä akkuhuonetta. Tilantarpeen lisäksi suljetun lyijyakun hyvinä puolina voidaan pitää vähäistä huollon tarvetta sekä purkausominaisuudet käyttökohteissa, joissa varmistusaika on lyhyt. Suljettujen lyijyakkujen käyttöikä on lyhyempi kuin avointen lyijyakkujen, mutta parhaat suljetut lyijyakut voivat kuitenkin hyvän huollon ansiosta olla käytössä yli 10 vuotta. Käyttöään lisäksi suljetun lyijyakun huono puoli on vaikeampi kunnonvalvonta. (Sähkötieto ry, 2016)

4.3 Nikkeli-kadmiumakku

Nikkeli-kadmiumakkuja (NiCd) hyödynnetään yleensä vain erikoissovelluksissa. Nikkeli-kadmiumakut kestävät hyvin ääriämpötiloja ja niiden kapasiteetti on hyvä vielä lämpötilan ollessa alle 0 °C. Korkeissa lämpötiloissakaan nikkeli - kadmiumakkujen käyttöikä ei lyhene yhtä nopeasti kuin lyijyakkujen. NiCd -akkujen huonoina puolina voidaan pitää kallista hintaa, alhaista kennojännitettä, huollontarvetta sekä vaikeaa sijoitettavuutta. Akkujen romutus on myös kallista akkujen sisältämän kadmiumin takia. (Sähkötieto ry, 2016)

4.4 Litiumakku

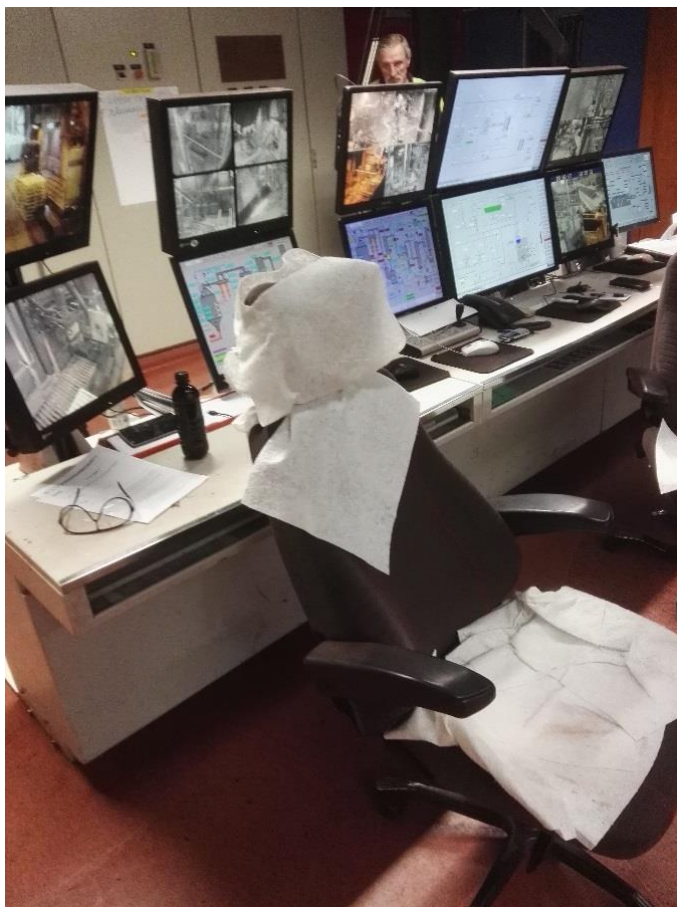
Litiumakkumalleja on vielä rajallisesti, jotka sopisivat paikallisakkukäyttöön. Litiumakut ovat yleistymässä ja niiden oletetaan kasvattavan osuuttaan suurempina energiavarastoina. Käyttökohteina ovat vielä vara- ja ajovoimaneuvojen akut pienillä tehoalueilla. Ajovoima-akkuja käytetään yleisimmin sähkökäyttöisissä trukeissa ja lavansiirtovaunuissa. Litiumakkujen hyviä puolia ovat kohtuullisen suuri energiantiheys sekä keveys muihin akkuihin verrattuna. Litiumakut varautuvat erittäin nopeasti, eikä varauksen aikana synny kaasuja. Litiumakkujen huonoja puolia taas ovat korkea hinta, akuston turvallisuuteen liittyvät tekijät sekä hallinnointijärjestelmän moninaisuus. (Sähkötieto ry, 2016)

5 UPS-VERKON SUUNNITTELU JA PÄIVITYS

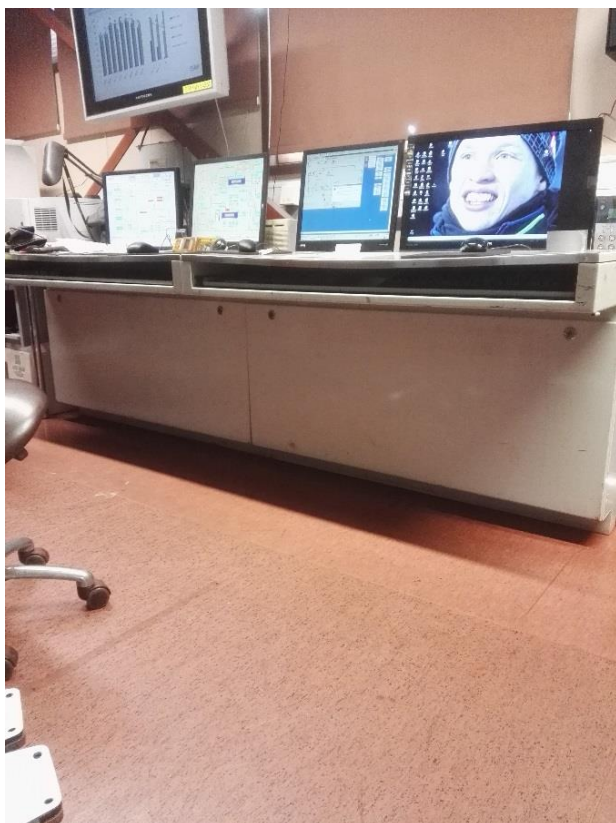
Työssä on tarkoituksena valita teoriassa kerrottujen perusteluiden perusteella järjestelmälle sopiva UPS-laite sekä akusto. Verkon suojaus toteutetaan sulakeautomaattilähdöillä, jotta verkosta saadaan huomattavasti turvallisempi ja suojauksesta varmempi. Valintoja tehtäessä on tarkasteltava verkon kokonaistehoa sekä arvioitava tarvittavaa verkon varakäyntiaikaa. Kokonaistehossa täytyy huomioida mahdolliset verkkoon lisättävät laitteet. Työhön kuuluu verkon dokumentaation päivitys.

5.1 UPS-verkon alkuperäinen tilanne

UPS-järjestelmä varmentaa Hämeenlinnan tehtaan elvyttämö 2 -valvomon laitteita ja näiden kuormaa. Kuormana pääasiassa ovat valvomon tietokoneet, näytöt sekä prosessia ohjaavat elimet. Aikaisempi UPS-laitteisto on Eatonin Powerware PW9305-10I-N-10kVA, joka on asennettu valvomoon vuonna 2000. Laitteesta loppui huoltotuki ja samalla laite hajosi, joten on aika tilata uusi UPS-laite ja päivittää järjestelmä nykyaikaiseksi. Järjestelmän kuormasta ei ollut tarkempaa tietoa, joten jakelun selvitys ja ryhmittelyn päivitys oli ajankohtaista.

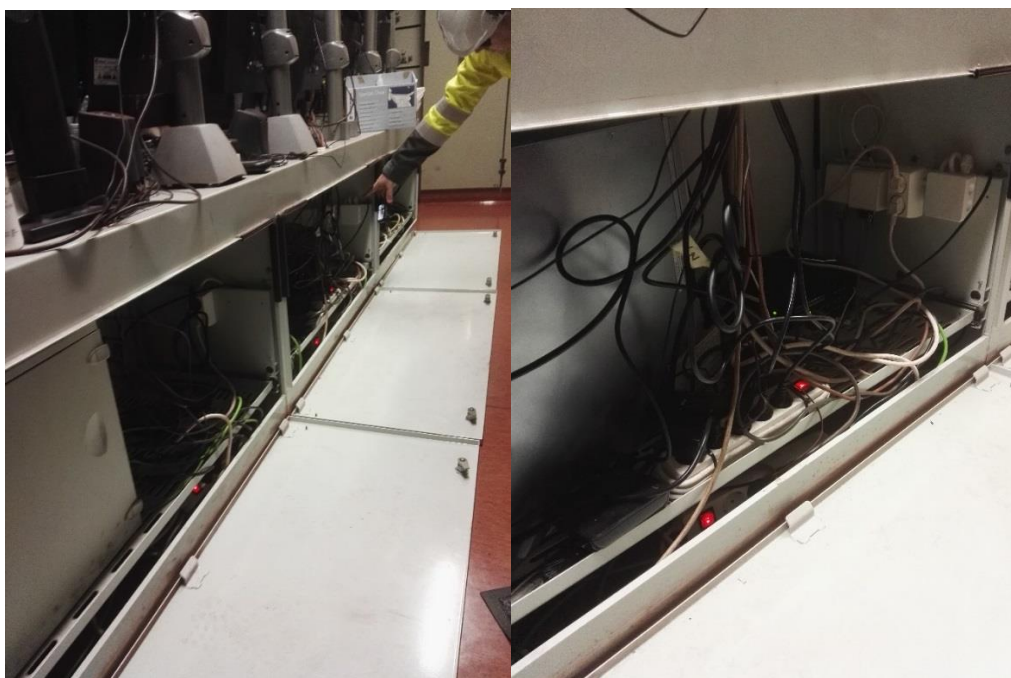


Kuva 8. Elvyttämö 2 valvomo PV1,PV2,PV3 (Santeri Kedonperä, 2017)



Kuva 9. Elvyttämö 2 valvomo PV4, PV5 (Santeri Kedonperä, 2017)

UPS-järjestelmä kuului vain kuusi pistorasiaa, joista jokaisesta lähti kytkimellisiä 5-osaista jatkojohtoja. Kytkimelliset jatkojohdot täytyy välittömästi ottaa pois käytöstä ja lisätä pulpetteihin tarvittava määrä pistorasioita. Kytkimelliset pistorasiat mahdollistavat järjestelmän kaatumisen, jos vahingossa kytkintä painaisi ja tätä riskiä emme halua ottaa. Pulpetit sisältävät valmiiksi ns. ”johtoviidakon” josten riskien vähentäminen tulee tarpeeseen.



Kuva 10 & 11. Valvomon pulpettien ja kytkimellisten 5-osaisten jatkojohtojen havainnollistaminen (Santeri Kedonperä, 2017)

Varmennetusta verkosta löytyi 5 tietokonetta, 15 tietokoneen näyttöä, langattoman puhelimen vastaanotin, kaijuttimet, 3 kappaletta Black Box näyttöjen jakajia, Ernitec ohjauspaneeli sekä 3 kappaletta Invensys wonderware InTouch jakajia. Järjestelmästä poistetaan sinne kuulumattomat laitteet, kuten kaijuttimet ja näille lisätään pulpetin päälle omat pistorasiat, jotka eivät kuulu varmennettuun verkkoon.

UPS-laitteen valintaan vaikuttaa syötettävien laitteiden sähkötehon tarve. Tehon tarve mitattiin jokaisesta kolmesta vaiheesta pihtimittarilla, ja näiden avulla pystyttiin laskemaan laitteiden vaatima näennäisteho. Tehontarve voidaan laskea myös laitteiden kilpiarvoista. Kilpiarvoista laskettuna tietokoneiden tehokerroin on tyypillisesti noin 0,7. Esimerkiksi 70 W tietokoneen näennäistehon tarve saadaan laskemalla $70 \text{ W} / 0,7 = 100\text{VA}$. Edellä mainittu tehokerroin täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa UPS-järjestelmää tietokoneille. Kohteissa joissa järjestelmään on kytketty tietokoneita, voidaan olettaa että tietokoneiden todellinen tehonkulutus on kuitenkin ilmoitettua pienempi.

(Sokura, 2013)

5.2 Uuden UPS-laitteen valinta

Tehtaalla on noin 20 UPS-laitetta ja tehdas on pyrkinyt keskittämään kaikki laitteet saman yrityksen alaisuuteen. UPS-laitteiden keskittäminen helpottaa huoltotoimenpiteitä, sekä laitteisiin tutustuminen toimii helpommin vaikka mallit vähän uudistuisivatkin. Tehdas on keskittänyt UPS-laitteet Suomessa laitteita valmistavalle Eaton Corporationille. Laitteet on suunniteltu ja valmistettu Suomessa Eatonin Euroopan UPS-tehtaalla Espoossa. Eaton on valmistanut UPSeja Suomessa jo vuodesta 1962 alkaen. Eatonin tuotteet ovat innovatiivisia ja edustavatkin seuraavan sukupolven huipputeknologiaa. (Eaton)

UPS-laitteen valintaan vaikuttaa varakäyntiaika, hinta sekä sen sopivuus kyseiseen paikalliskäyttöön. Vanha UPS-laite oli myös toimintaperiaatteeltaan kahden muunnoksen On-Line UPS. On-Line UPS sopii täydellisesti kohteeseen, sillä laite pystyy syöttämään kuormaa riippumatta UPS:ia syöttävän sähköverkon tilasta. On-Line UPS ei ole riippuvainen syöttävän verkon jännitteen tai taajuuden vaihteluista vaan kuorma saa aina nimellisen jännitteen sekä taajuuden. Tilan puute valvomossa sekä sähkötilassa rajoittaa akkutyyppejä huomattavasti, sillä erilliselle akkuhuoneelle ei ole tilaa. Järjestelmän akusto ei myöskään tarvitse niin paljoa kapasiteettia, jotta akkuhuoneelle olisi edes tarvetta. Pyysimme Eatonilta tarjoukset UPS-laitteesta näillä tiedoilla ja vastaukseksi saimmekin kaksi vaihtoehtoa.

Tarjous A:

Elvyttämö 2, sähkötila SK 19, korvaa UPSin s/n 245169

- Pos. 4.1) 1 kpl Eaton 93PS, 10kVA/10kW (pieni kaappi)
- BA01A2306A01000000 93PS-10(20)-20-2x7Ah-LL-MBS-6
- Varakäyntiaika 15 minuuttia 10kW:n kuormalla
- Ohjelmallisesti laajennettavissa 20kW:n tehoon
- Oikosulkuvirta invertteriltä 72A/vaihe, 300ms:n ajan
- Maksimi akustonvarausvirta 25 A
- UPSin mitat 335 * 750 *1300 mm, 257 kg

Tarjous B:

Kahdella UPS-moduulilla (kaksinkertainen oikosulkuvirta invertteriltä katkon aikana)

- Pos. 4.2) 1kpl Eaton 93PS, 10+10kVA/kW (iso 93PS-kaappi UPSin sisäisillä akuilla)
- BE01A330BA01000000 93PS-10+10(40)-40-3x7Ah-LL-MBS-B
- Varakäyntiaika 30 minuuttia 10kW:n kuormalla
- Ohjelmallisesti laajennettavissa 40kW:n tehoon
- Oikosulkuvirta invertteriltä 144A/vaihe, 300ms:n ajan
- Maksimi akustonvarausvirta 50A
- UPSin mitat 480 * 750 * 1750, 451 kg

Tarjouksiin kuuluu mukaan laitteen, käyttöönoton ja huoltosopimuksen hinta.

UPSien pääosat:

- Tasasuuntaaja
- Vaihtosuuntaaja
- Sisäinen, suljettu, huoltovapaa long-life – lyijyakusto (LL)
- ABM-akustohallintajärjestelmä
- Sisäinen mekaaninen huolto-ohituskytkin (MBS)
- Staattinen ohituskytkin
- WEB-kortti
- RS-232-liityntä
- Industrial-relekortti
- Kosketusnäyttö

Laitteet toimitetaan standardina On-Line UPS-tilaan kytkettyinä, jolloin hyötysuhde Eaton 93PS-mallilla on parhaimmillaan 96.5 %. Käytetyn energiaa säästävän teknologian hyöty korostuu vajaa-kuormilla toimittaessa. Hyötysuhde säilyy korkeana hyvin pienilläkin kuormilla. Eaton 93PS:n tuotanto alkoi vuonna 2015 eikä tuotannon päättymisen ole näköpiirissä. Eaton antaa valmistamilleen, kiinteästi asennettaville UPSeille 10 vuoden takuun varaosien saannille valmistuksen loppumisesta.

Käyttöönnotossa suoritetaan asennusten oikeellisuuden tarkastus, niiltä osin kuin ne liittyvät suoraan käyttöönotettavaan laitteeseen, sekä todetaan toiminnallisilla kokeilla, että laite toimii oikein. Käynnistetään laite ja käyttöönotto raportoidaan ja asiakkaalle annetaan käyttöönottoraportti. Käyttöönopastus annetaan käyttöönoton yhteydessä asiakkaalle tai asiakkaan edustajalle.

Huoltosopimukseen kuuluu:

- Vuosittainen ennakkohuolto
- Tekninen tarkastus
- Akustontestaus
- Säädot
- Havaittujen vikojen korjaus
- Tarvittavien osien vaihtotyö
- Hälytysten tarkistus
- Sisäpuolinen puhdistus
- Testiraportti
- Tekniset päivitykset ennakkohuollon yhteydessä

Eaton tarjoaa ympärivuorokautisen teknisen puhelintuen sekä lupauksen, että korjaustyö aloitetaan kahdeksan työtunnin sisällä. Eatonilla on myös mahdollisuus huollon kaukovalvontapalveluun, joka on erikseen tilattava laitteelle.

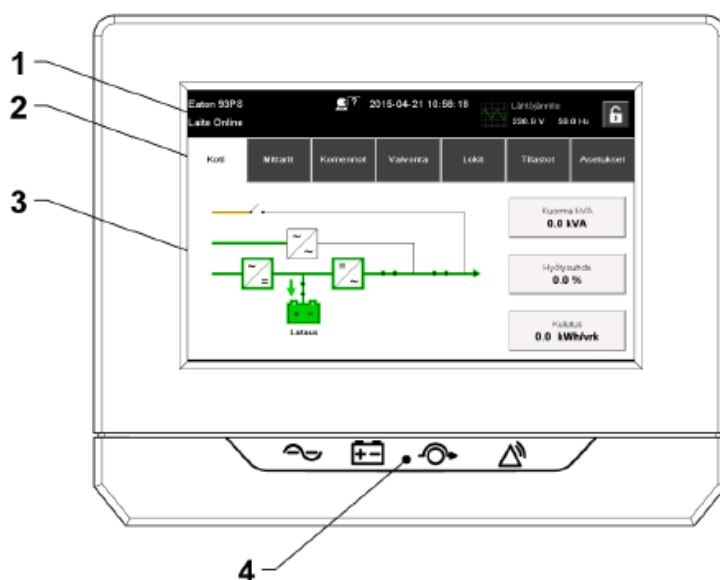
Tarjotuissa UPS-laitteissa käytetyt akut ovat ns. Long Life – tyyppisiä, joiden suunnittelun lähtökohdiana on pidempi käyttöikä. Eatonilla on hyödynnetty jo pitkään akkujen eliniän pidentämiseksi laitteessa akuston varauksen hallinta- ja valvontajärjestelmää. Tätä järjestelmää kutsutaan Advanced Battery Management (ABM)- toiminnoksi, joka jakaa akuston varaussyklin varaus-, testaus- ja lepovaiheeseen. Varausvaiheessa akusto varataan täyteen. Testausvaiheessa UPS-laite siirtyy ottamaan osan normaalisti verkosta ottamastaan tehosta akusta. Ensin akustoa puretaan pienemmällä virralla 300 sekunnin ajan, jonka jälkeen 45 sekunnin ajan isommalla virralla. Akuston käyttäytymistä testipurkausten aikana verrataan toisiinsa, jolloin vikaantuva akusto löydetään hyvissä ajoin ja löydöksestä annetaan hälytys. Noin 28 vuorokauden pituisen lepovaiheen ajaksi akuston varaus keskeytetään, jolloin akuston elinikää lyhentävä, akun napoja kuluttava korroosiovaikutus poistuu. Eaton arvioi tämän pidentävän akuston elinikää 30 – 50 %. (Eaton, 2017)

Valvomo vaatii järjestelmältään vähintään 15 minuutin varakäyntiaikaa. 93PS 10 kVA UPS-laite lupaa varakäyntiajaksi 15 minuuttia täydellä 10 kW:n kuormalla. UPS-järjestelmää kuormittava kuorma ei nouse kuitenkaan 10kW:iin, joten varakäyntiaika nousee vaaditusta 15 minuutista vielä huomattavasti. Tarjous B:n hyvä puoli on oikosulkuvirran kasvaminen kaksinkertaiseksi vaihetta kohden, mutta laitteen hinta nousee tarjous A:han nähden melkein kaksinkertaisesti. Hinnan ja vaadittavien tehojen takia valinta kohdistuu ensimmäiseen tarjoukseen. Kyseisestä 93PS-mallista löytyy astetta pienempi 8 kVA järjestelmä, mutta tästä ei saatu tarjousta ja muualta hintoja tarkkailemalla kustannukset eivät laskisi kuin noin 5 % 10 kVA:n laitteeseen nähden, joten tämä vaihtoehto hylättiin. 10

kVA UPS-järjestelmässä löytyy jatkon kannalta nähden enemmän kasvunvaraa ja sitä on mahdollista muokata jälkikäteen isommaksi 20 kVA:n järjestelmäksi.

5.3 Eaton 93PS:n ohjauspaneeli sekä sen käyttö

Eaton 93PS-mallien ohjauspaneelit ovat muihin malleihin verrattuna aikaansa edellä. Selkeys ja helppo muokattavuus näytön avulla oli tärkeä kriteeri valinnassamme. UPS:n etuovessa oleva LCD-kosketusnäyttö näyttää selkeästi UPS-laitteen tilatiedot ja mittausarvot samalta ruudulta. Ohjauspaneelin avulla on helppo ohjata UPS-laitteen toimintaa. Järjestelmä valvoo jatkuvasti itseään ja laitteeseen tulevaa verkkovirtaa. Hälytysten avulla tiedetään tarkalleen, mikä on aiheuttanut muutoksen kaksoismuunnostilassa ja mikä on johtanut mahdolliseen hälytykseen. UPS-järjestelmään voidaan valita erilaisia hälytysmahdollisuuksia. Hälytykset voidaan ilmoittaa laitteen ulkopuolelta näkyvin valoin, laitteesta lähteviin äänimerkkeihin tai viesteillä suoraan automaatiojärjestelmään. (Eaton)



Kuva 11. Ohjauspaneelin osat (Eaton 93PS UPS 8-40 kW Käyttö- ja asennusopas)

1	Tilarivi	Tilarivillä näkyvät UPS-laitteen nimi, tila, nykyinen päiväys ja kellonaika, mittaritiedot ja sisään- ja uloskirjautumispainike. Se näyttää myös aktiiviset hälytykset ja varoitukset.
2	Pääsiirtymisikkuna	Valitse ikkuna koskettamalla sen nimeä.
3	Sisältöalue	Tämä on pääalue, jossa näytetään tietoja UPS:n tilasta ja toiminnoista.
4	Tilamerkkivalot	

Kuva 12. Näytössä olevat osat



Näytöstä on mahdollisuus ottaa käyttöön LED-tehonäyttö, joka värien perusteella osoittaa UPS-laitteen tilan. Tehonäyttö muodostuu kahdesta LED-valorivistä, jotka sijaitsevat UPS-kaapin oven vasemmalla ja oikealla puolelle. Värejä näytetään vain yksi kerrallaan, mikä helpottaa UPS:n tilan tarkkailua. Vihreä väri tarkoittaa normaalia tilaa, keltainen ohitustilaa ja punainen hälytystä. (Eaton)

Kuva 13. Eaton 93PS 10kVA. Kuvasta erottuvat LCD-näyttö sekä käytössä oleva LED-tehonäyttö (Santeri Kedonperä, 2017)

Liitteessä 2 esitellään tarkemmin ohjauspaneelin valikkorakennetta sekä valikossa olevat toiminnot.

6 UUDEN UPS-JÄRJESTELMÄN MITOITUS

6.1 Järjestelmän suojaus

Uuden UPS-laitteen valinnan jälkeen täytyy järjestelmä varustaa toimivilla suojuuksilla. Eaton on antanut käyttöoppaassa suositukset UPS-laitteen tuloverkon kaapelille, tasasuuntaajan ja ohituksen sulakkeille sekä PE-kaapelille.

UPS-teholuokitus (kW)	8	10	15	20	30	40
Kaapeli [mm ²]	4*2,5	4*4	4*10	4*10	4*16	4*25
Tasasuuntaajan sulake [A]	20	20	32	40	63	80
Ohituksen sulake [A]	20	20	32	40	63	80
PE-kaapeli [mm ²]	1*6	1*6	1*10	1*10	1*16	1*16

Kuva 14. Suositellut moniydinkaapelien ja sulakkeiden vähimmäiskoot tasasuuntaaja- ja ohitustulolle sekä UPS-lähtökaapeleille. (Eaton)

Tulopuolella syöttö on kolmivaiheinen. Suosituksessa ollut 4 * 4 mm² vaihetaan huomomman saataavuuden vuoksi 6 mm² kaapeliksi. Vaihejohtimet suojataan C20-typin johdonsuojakatkaisimilla, jotka toimivat ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. 93PS-mallin ohituspuolen syöttö on myös kolmivaiheinen ja sen kaapeliksi on suositeltu 6 mm² kuparikaapelia, jossa on 20 A sulake. Suojaukseksi valitaan näin C20-typin johdonsuojakatkaisija. Tulopuolelle valitsin C-typin johdonsuojakatkaisimen, koska ne soveltuvat lievästi induktiivisille sekä kapasitiiville kuormille, joita järjestelmän tasasuuntaaja aiheuttaa jakeluverkon puolelle.

Liitteessä 2 Eaton on antanut suuntaa antavaksi lähtöverkon suurimmaksi lähdön suojuukseksi 0,4 sekunnin toiminnalla B10- tai C6-typin johdonsuojakatkaisimet. Liitteestä 2 näkee myös, että vaihtosuuntaaja kykenee syöttämään 72 A oikosulkuvirtaa jokaista vaihetta kohden. Pienjännitesähkölaitteiston mitoituskäsikirjan taulukosta 6.3 nähdään, että B10 johdonsuojakatkaisija vaatii 50 A oikosulkuvirran toimiakseen ja C6-typin johdonsuojakatkaisija vastaavasti 60 A. Nämä arvot sopivat siis mitoitukseen. UPS-laitteelle asennetaan oma ryhmäkeskus laitteen läheisyyteen, johon suojalaitteetkin sijoitetaan. Valvomon varmennetun verkon vaativien laitteiden syöttö tapahtuu myös tästä ryhmäkeskuksesta. (Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2015)

6.2 Kaapelien mitoitus

Johdonsuojakatkaisimien koot kun on saatu selville, täytyy määrittää suurin sallittu johtopituus, kun suojalaitetta edeltävän verkon impedanssi Z_v tai oikosulkuvirta on tunnettu. Liitteestä 2 nähdään valmistajan antama oikosulkuvirta laitteelle yhtä vaihetta kohden sekä vikavirtapiirin suurimman sallitun impedanssin arvon, jolla saavutetaan invertterin oikosulkuvirran suuruus.

Sallittu johtopituus voidaan laskea käyttäen kaavaa:

$$l = \left(\frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} - Z_v \right) / (2 * z)$$

l = johtopituus (km)

c = kerroin 0,95

U = pääjännite (V)

I_k = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

Z_v = impedanssi ennen suojausta

z = suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)

Pääjännite on 400 V ja liitteestä saamme impedanssiksi ennen suojausta $3,047\Omega$. Laskelmat tehdään B10 – ja C6-tyyppin sulakkeelle sekä $2,5 \text{ mm}^2$ ja 6 mm^2 kaapelille.

Ensimmäiseen laskuun valitaan B10-tyyppin johdonsuojakatkaisija sekä $2,5 \text{ mm}^2$ kaapeli. Suojattavan johtimen impedanssi saadaan taulukosta 6.2, joka löytyy käsikirjasta pienjännitesähkölaitteiston mitoitus. Taulukosta näemme $2,5 \text{ mm}^2$ kuparikaapelin impedanssin (z), jonka arvo on $8,770 \Omega/\text{km}$. Taulukosta 6.3 saamme myös johdonsuojakatkaisimelle vaadittavan oikosulkuvirran, joka on 50A.

$$l = \left(\frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 50A} - 3,047\Omega \right) / (2 * 8,77\Omega/\text{km}) = 0,07\text{km} = 70\text{m}$$

Seuraavaksi pidetään johdonsuojakatkaisija samana, mutta vaihdetaan kaapelin kooksi 6 mm^2 . 6 mm^2 kuparikaapelin impedanssin arvo on $3,660\Omega/\text{km}$.

$$l = \left(\frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 50A} - 3,047\Omega \right) / (2 * 3,66\Omega/\text{km}) = 0,183\text{km} = 183\text{m}$$

Seuraavaksi vaihdetaan C6-tyyppin johdonsuojakatkaisimeen, jonka vaadittu oikosulkuvirta on 60A. Ensimmäinen lasku lasketaan $2,5 \text{ mm}^2$ kaapelille.

$$l = \left(\frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 60A} - 3,047\Omega \right) / (2 * 8,77\Omega/\text{km}) = 0,034\text{km} = 34\text{m}$$

Viimeiseen laskuun pidetään johdonsuojakatkaisija samana, mutta vaihdetaan kaapelin kooksi 6 mm^2 .

$$l = \left(\frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 60A} - 3,047\Omega \right) / (2 * 3,66\Omega/\text{km}) = 0,083\text{km} = 83\text{m}$$

(Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2015) (Seppänen, 2015)

6.3 Jännittehävien laskenta

Lopuksi kaapeleille täytyy laskea jännittehävöt. SFS 6000 sisältää suosituksia jännitteenalenemasta liittymän sähköverkossa. Ellei erikseen ole sovittu, suositukset eivät ole velvoittavia. Normaalisti pienjännitejakeluverkosta syötetylle laitteelle jännitteenalenema saisi olla enintään 5 %. Valaistuskormalle vastaava suositus on 3 %. Mikäli sähkölaitetta syötetään yksityisestä teholahteesta, sähkölaitteelle suositeltava jännitteenalenema on 8 % ja valaistukselle vastaava suositus on 6 %. (Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2015)

Kun asennuksen pääjohdot ovat pidempiä kuin 100m, edellä mainittuja jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohden. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %. (Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2015)

Jännitteenalenema 3-vaiheiselle virtapiirille voidaan laskea kaavalla:

$$\Delta u = 100 * \frac{p * P * s}{A * U_v^2}$$

Δu = alenemaprocentti (%)

p = johdinaineen resistiivisyys

⇒ kuparikaapelin resistiivisyys on 0,022Ωmm²/m, +70 °C

P = kuormituksen teho (kW)

s = kuormituksen etäisyys (km)

A = johtimen poikkipinta mm²

U_v = vaihejännite (kV)

Seuraavaksi lasketaan esimerkki jännitehäviön syötölle. Kuparikaapelin poikkipinnaksi valitaan 6mm^2 ja B10-johdonsuojakatkaisin. Aikaisemmista laskuista kaapelin maksimipituudeksi saadaan 183 metriä. Kolmivaiheteho P saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

Laskennassa halutaan saada selville suurin mahdollinen teho. Tämän takia valitaan virran suuruudeksi korkein mahdollinen virta, jonka B10-johdonsuojakatkaisijan arvot sallivat. Kolmivaihetehon laskennassa pääjännite on 400V. Eaton antaa käyttöoppaassa $\cos \varphi$ arvoksi 0,96.

$$P = \sqrt{3} * 400V * 10A * \cos(0,96) = 3\,973W = 4kW$$

Jännitteenalenemäksi Δu saadaan:

$$\Delta u = 100 * \frac{0,022\Omega\text{mm}^2}{m} * 4kW * 0,183km}{6\text{mm}^2 * 0,4kV^2} = 1,7 \%$$

Tulos on alle vaaditun arvon, joten suojalaitetta tai kaapelin kokoa ei tarvitse muuttaa. (Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2015) (Seppänen, 2015)

7 JÄRJESTELMÄN HUOLTO

UPS-laite on suunniteltu niin, että korjattavissa olevat osat ovat sijoitettu helposti irroitettaviksi. Huoltohenkilökunta voi nopeasti ja turvallisesti suorittaa rutiininomaiset päivittäiset sekä kuukausittaiset huollot. Säännöllisillä tarkastuksilla ja huoltotoimenpiteillä varmistetaan, että järjestelmä voi toimia tehokkaasti ja ongelmitta monia vuosia. (Seppänen, 2015) (Eaton)

UPS-järjestelmä on suunniteltu tuottamaan voimaa myös silloin, kun sitä ei ole kytketty verkkosyöttöön. Ennen kuin yritetään päästä sisäisesti UPS-moduuliin, on huoltohenkilöstön kytkettävä verkkosyöttö ja tasavirtalähde irti. Huoltohenkilöstön täytyy myös varmistaa kondensaattoreiden purkautuminen. Kondensaattoreiden purkautuminen voi kestää jopa 5 minuuttia, joten huoltohenkilökunnan on odotettava vähintään tämä aika, ennen kuin yritetään päästä sisäisesti UPS-moduuliin. (Eaton)

UPS-laitteen huoltoihin kuuluu ennaltaehkäisevä huolto, jolla pyritään tekemään tarkastukset, huollot sekä testaukset ennen kuin tiedetään vikaa edes olevan. Ennaltaehkäisevä huolto vähentää odotamattomien korjausten ja varaosien tarvetta, alentaa elinkaarikustannuksia ja takaa laadukkaiden tietojen jatkuvan saatavuuden. UPS-laitteen ennaltaehkäiseviin huoltoihin kuuluu päivittäinen-, kuukausittainen-, määräaikais- sekä vuosihuolto. (Vaisala, ei pvm)

Seuraavat toiminnot täytyy suorittaa päivittäin:

- Tarkista UPS-järjestelmää ympäröivä alue. Varmista, ettei alue ole sotkuinen ja että yksikköön pääsee hyvin käsiksi.
- Varmista, että ilmanottoaukot (tuuletusaukot ja etuovet) sekä -poistoaukot (UPS-kaappiosan taustapuoli) ovat vapaina.
- Varmista, että käyttöympäristö vastaa asenuksessa noudatettavia määräyksiä, kuten lämpötilan, kosteuden ja sähköä johtavien epäpuhtauksien kannalta.
- Tarkista, että UPS-järjestelmä on normaalissa toimintatilassa (vihreä normaalin toiminnan tilamerkkivalo palaa). Jos punainen hälytystilan merkkivalo palaa tai vihreä normaalin toiminnan merkkivalo ei pala, ota yhteys huoltoedustajaasi.

Kuukausittainen huolto

- Tarkista järjestelmän parametrit ohjauspaneelissa.
- Jos lisävarusteena saatavat ilmansuodattimet on asennettu, tarkista ne ja pese tai vaihda ne tarpeen mukaan. Suodattimien vaihtaminen:
 - Avaa UPS:n etuovi.
 - Vaihda suodattimet
 - Sulje UPS:n etuovi
- Tallenna tarkastustulokset ja kaikki korjaavat toimet huoltolokiin.

Määräaikaishuolto

- Tarkastetaan onko komponenteissa, johdoissa ja liitännöissä merkkejä ylikuumentumisesta.
- Tarkastetaan pulttiliitännät ja kiristetään säännöllisesti uudelleen.

Vuosihuolto kuuluu Eatonin tarjoamaan huoltosopimukseen johon kuuluu 6.2 kohdassa esitetyt asiat. Vuosihuoltoa saa tehdä vain ylläpidon ja huollon tunteva valtuutettu henkilöstö. Akkujen vaihdon ja ylläpidonkin saa suorittaa vain valtuutettu henkilöstö, mutta akuston testaus kuuluu myös tarjouksessa tulleeseen huoltosopimukseen. (Eaton)

Akusto on huoltovapaa suljettu lyijyakku. Huoltovapaalla akulla tarkoitetaan käytännössä, että akun nesteitä ei tarvitse vaihtaa. Akun kuntoon vaikuttaa kuitenkin ympäristön lämpötila ja ulkopuolinen siisteys, jota voidaan valvoa. UPS-käytössä akut tulisi sijoittaa kuivaan riittävästi tuuletettuun tilaan, jonka lämpötila pitäisi olla 20 – 25 °C. Yli 25 °C käyttö-lämpötila vaikuttaa haitallisesti akun keskeiseen. Akuston jännitettä täytyy mitata ja tilastoida määräajoin, jolloin mahdolliset ongelmat havaitaan riittävän ajoissa. (OEM AUTOMATIC, ei pvm) (Seppänen, 2015)

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa UPS-järjestelmä SSAB Europe Oy:n Hämeenlinnan tehtaalle elvyttämö 2 – valvomon tietokoneille ja prosessia ohjaaville elimille. Tarkoituksena oli tutkia erilaisia vaihtoehtoja UPS-laitteelle ja tutkimusten avulla suunnitella kokonaan uusi UPS-verkko. Teoriaosuudessa kerroin erilaisista UPS-vaihtoehtoista sekä toimintaperiaatteista. Teoriassa on esitetty myös erilaisia akkutyyppejä, joiden avulla pystyttiin valitsemaan meidän tarkoitukseen parhaimmat vaihtoehdot. Näiden kriteereiden avulla pyysimme UPS-laitteesta tarjoukset, joista valitsimme sopivimman laitteen. Laittevalinnan jälkeen järjestelmä täytyi varustaa toimivilla suojauksilla sekä niiden avulla mitoittaa kaapelointi ja jännitehäviöt. Eaton antaa UPS-laitteen käyttöoppaassa suositukset UPS-laitteen tuloverkon kaapelille, tasasuuntaajan ja ohituksen sulakkeille sekä PE-kaapelille.

UPS-laitteen suunnittelun ja mitoituksen jälkeen kerroin laitteen sekä akuston huollosta, joiden avulla vähennetään odottamattomien korjausten ja varaosien tarvetta. UPS-laitteen huoltoihin kuuluu ennaltaehkäisevä huolto, jolla pyritään tekemään tarkastukset, huollot sekä testaukset ennen kuin tiedetään vikaa edes olevan. Huolellinen huoltaminen alentaa myös elinkaarikustannuksia ja takaa laadukkaiden tietojen jatkuvan saatavuuden.

Työn alkuvaiheessa kävimme yrityksen kanssa läpi vaadittavia tuloksia, jotka toteutuivat työn kuluessa. Opinnäytetyö pysyi vaaditussa aikataulussa. Itse pidin opinnäytetyön aihetta kiinnostavana, joka helpotti työn eteenpäin viemistä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Eaton. (2017). Eaton Power Quality Oy. *Tarjous*.

Eaton. (ei pvm). *Eaton*. Noudettu osoitteesta Eaton: <http://powerquality.eaton.com/Suomi/Default.asp?CX=79>

Eaton. (ei pvm). *Eaton*. Noudettu osoitteesta Käyttö- ja asennusopas Eaton 93PS UPS 8-40kW:
<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/93PS.aspx?cx=79&GUID=9942CFBB-AA65-4ECB-8DB2-F74A5FD59B9D>

OEM AUTOMATIC. (ei pvm). *Suljetut huoltovapaat akut*. Noudettu osoitteesta
http://www.oem.fi/Tuotteet/Akku/Yleista/Suljetut_huoltovapaat_AGM-akut/825193-311183.html

Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus. (2015). *Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus*. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

Ryhänen, T. (28. 3 2017). Process service engineer. (S. Kedonperä, Haastattelija)

Seppänen, S. (3. 5 2015). *UPS-järjestelmän suunnittelu tehovälillä 3-15kVA*. Noudettu osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90465/Seppanen_Simo.pdf?sequence=1,%205.2015

Sokura, M. (4 2013). *Theseus*. Noudettu osoitteesta Automaatiolaitteiden UPS-järjestelmän suunnittelu ja mitoitus:
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56064/Marko_Sokura_Opinnaytetyo_Julkinen.pdf?sequence=1,](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56064/Marko_Sokura_Opinnaytetyo_Julkinen.pdf?sequence=1)

SSAB Oy. (ei pvm). *SSAB Europe*. Noudettu osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>

SSAB Oy. (ei pvm). *SSAB Hämeenlinna*. Noudettu osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/production-sites-in-finland/hameenlinna>

SSAB Oy. (ei pvm). *SSAB lyhyesti*. Noudettu osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

Sähkötieto ry. (15. 5 2010). *St kortisto*. Noudettu osoitteesta ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät:
<http://severi.sahkoinfo.fi/item/3973?search=ST%2052.35>

Sähkötieto ry. (15. 5 2010). *St kortisto*. Noudettu osoitteesta ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät:
<http://severi.sahkoinfo.fi/item/3973?search=ST%2052.35>

Sähkötieto ry. (15. 5 2010). *St kortisto*. Noudettu osoitteesta ST 52.35.01 UPS-laitteet ja -järjestelmät:
<http://severi.sahkoinfo.fi/item/3973?search=ST%2052.35>

Sähkötieto ry. (11. 5 2016). *St kortisto*. Noudettu osoitteesta ST 52.30.02 Akustot ja varaajat. Valinta ja mitoittaminen: <http://severi.sahkoinfo.fi/item/479?search=ST%2052.30.02>

UPS-LAITTEEN VALINTA JA ASENNUS. (26. 11 2001). Noudettu osoitteesta UPS-LAITTEEN VALINTA JA ASENNUS:
lit.powerware.com/ll_download.asp?file=ups_kasikirja705.pdf

Vaisala. (ei pvm). *Ennaltaehkäisevä huolto*. Noudettu osoitteesta
<http://www.vaisala.fi/fi/defense/services/onrequestservices/Pages/preventivemaintenance.aspx>

LIITE 1: EATON 93PS UPS:N OHJAUSPANEELIN VALIKKORAKENNE (EATON 93PS UPS 8-40 KW KÄYTTÖ- JA ASENNUSOPAS)

Päävalikko	Alivalikko	Toiminnot
Koti	-	UPS:n käytön yhteenveto, jossa ovat mm. kuormitus- ta, hyötysuhdetta ja virrankulutusta koskevat tiedot.
Mittarit	Mittarien yht.ve- to	UPS:n tai järjestelmän mittarien yhteenveto.
	Tulo, mittarit	Yksityiskohtaisia tietoja UPS:n tai järjestelmän tulo- jen mittareista.
	Ohitus, mittarit	Yksityiskohtaisia tietoja UPS:n tai järjestelmän ohi- tuksen mittareista.
	Lähtö, mittarit	Yksityiskohtaisia tietoja UPS:n tai järjestelmän läh- dön mittareista. UPM-teho
	Akkumittarit	Yksityiskohtaisia tietoja UPS:n tai järjestelmän akku- mittareista.
Päävalikko	Alivalikko	Toiminnot
Ohjaimet	Järjestelmän ohjaus	Siirry online-tilaan Siirry ohitustilaan Sammuta laturi Sammuta kuorma
	UPS-ohjaus	Suorita akkutesti Sammuta UPS
	Moduulin oh- jaus	Käynnistä laturi Suorita akkutesti Sammuta moduuli / Käynnistä moduuli UPM 1: <ul style="list-style-type: none"> • Laturi • Akkutesti • UPM-tila UPM 2: <ul style="list-style-type: none"> • Laturi • Akkutesti • UPM-tila
	EAA-ohjaimet	ESS: <ul style="list-style-type: none"> • Ota käyttöön • Poista käytöstä • Määritä VMMS: <ul style="list-style-type: none"> • Ota käyttöön • Poista käytöstä • Määritä Tilapäinen ESS esto Nollaa tila ABM: <ul style="list-style-type: none"> • Ota käyttöön • Poista käytöstä • Määritä Nollaa hälyt. Tyhjennä lokit

Päävalikko	Alivalikko	Toiminnot
Valvonta	UPS-valvonta	UPS:n käytön yhteenveto, jossa ovat mm. kuormitus- ta, hyötysuhdetta ja virrankulutusta koskevat tiedot. Virheen ilmetessä kyseessä olevan osan viereen tulee virheilmaisin. Aktiivisten tapahtumien lokin voi avata koskemalla virheilmaisinta.
	UPS-moduuli- kartta	Moduulikartta näyttää kunkin UPM:n tilan.
	Järjestelmän yleiskatsaus	Järjestelmän yleiskatsauksessa näkyvät kunkin UPS:n tila ja mittarien yhteenveto.
	ESS	ESS-valvontanäytössä näkyvät energiansäästö (ESS) -tilan likimääräinen kulutus ja energiansäästöt.
Lokit	Aktiiviset tapah- tumat	Tässä näkyvät kaikki aktiiviset tapahtumat.
	Järjestelmäloki	Tämä on kaikkien järjestelmän tapahtumien loki.
	Huoltoloki	Yksityiskohtainen UPS:n toimenpiteiden loki.
	Muutosloki	Kaikkien muutettujen asetusten ja niiden arvojen loki.
Tilastot: UPS, akku	Tilastojen yh- teenveto	UPS:n tilastojen yhteenveto.
	Tilastotiedot	Tiedot saa esiin painamalla eri tilastoja.
Asetukset	Käyttäjäkonfigu- raation huolto	Konfiguroitavat käyttäjäasetukset.

LIITE 2: EATON UPS-LAITTEIDEN SÄHKÖÄRVOTAULUKKO

2016/Rev11

EATON UPS-LAITTEIDEN SÄHKÖÄRVOTAULUKKO

EATON UPS	JARJESTELMA ARVOT				AKUSTO			TUULOVERKKO		OHITUSVERKKO		LAHTOVERKKO				
	Nimellisteho [kVA / kW]	Un [V] Input/Output	F _n [Hz]	EFF [%] Normal ESS	Un VDC	In	Vaihe- Luku	Tulovirta In[A]	Tulosulake Fn [A]	Vaihe- Luku	Ohitus- sulake [A]	Vaihe- Luku	Lähtövirta In [A]	Invertterin Isc[A]	Invertterin Oikosulku-aika [ms]	*Vikavirtapiirin impedanssi max [Ω]
9155	8	7,2	230/230	50/60	81%	384	21	1	34	40	1	35	100	300	2,194	B16/C6
9155	8	7,2	230/230	50/60	81%	384	21	3	11	16	1	40	100	300	2,194	B16/C6
9155	10	9	230/230	50/60	81%	384	26	1	43	50	1	50	100	300	2,194	B16/C6
9155	10	9	230/230	50/60	81%	384	26	3	14	25	1	43	100	300	2,194	B16/C6
9155	12	10,8	230/230	50/60	81%	384	31	3	17	25	1	63	144	300	1,524	B16/C10
9155	15	13,5	230/230	50/60	81%	384	39	3	22	25	1	80	144	300	1,524	B16/C10
9155	20	18	230/230	50/60	83%	384	50	3	28	40	1	100	300	300	0,731	B50/C25
9155	30	27	230/230	50/60	83%	384	76	3	42	50	1	160	300	300	0,731	B50/C25
93PS-8 [15]	8	8	230/400	50/60	95%	384	22	3	12	16	3	16	54	300	4,063	B10/C6
93PS-8 [20]	8	8	230/400	50/60	95%	384	22	3	12	16	3	16	72	300	3,047	B10/C6
93PS-10 [15]	10	10	230/400	50/60	96%	384	27	3	15	20	3	20	54	300	4,063	B10/C6
93PS-10 [20]	10	10	230/400	50/60	96%	384	27	3	15	20	3	20	72	300	3,047	B10/C6
93PS-15 [15]	15	15	230/400	50/60	96%	384	41	3	23	32	3	32	54	300	4,063	B10/C6
93PS-15 [20]	15	15	230/400	50/60	96%	384	41	3	23	32	3	32	72	300	3,047	B10/C6
93PS-20 [20]	20	20	230/400	50/60	96%	384	54	3	30	50	3	50	72	300	3,047	B10/C6
93PS-8 [15+15]	8	8	230/400	50/60	95%	384	22	3	12	16	3	16	108	300	2,031	B16/C10
93PS-8 [20+20]	8	8	230/400	50/60	95%	384	22	3	12	16	3	16	144	300	1,524	B25/C10
93PS-10 [15+15]	10	10	230/400	50/60	96%	384	27	3	15	20	3	20	108	300	2,031	B16/C10
93PS-10 [20+20]	10	10	230/400	50/60	96%	384	27	3	15	20	3	20	144	300	1,524	B25/C10
93PS-15 [15+15]	15	15	230/400	50/60	96%	384	41	3	23	32	3	32	108	300	2,031	B16/C10
93PS-15 [20+20]	15	15	230/400	50/60	96%	384	41	3	23	32	3	32	144	300	1,524	B25/C10
93PS-20 [15+15]	20	20	230/400	50/60	96%	384	54	3	30	50	3	50	108	300	2,031	B16/C10
93PS-20 [20+20]	20	20	230/400	50/60	96%	384	54	3	30	50	3	50	144	300	1,524	B25/C10
93PS-30 [15+15]	30	30	230/400	50/60	96%	384	81	3	45	63	3	63	108	300	2,031	B16/C10
93PS-30 [20+20]	30	30	230/400	50/60	96%	384	81	3	45	63	3	63	144	300	1,524	B25/C10
93PS-40 [20+20]	40	40	230/400	50/60	96%	384	109	3	60	80	3	80	144	300	1,524	B25/C10
936P-250	250	250	230/400	50/60	95%	480	548	3	381	500	3	500	760	300	0,289	kits **
936P-300	300	275	230/400	50/60	96%	480	597	3	415	500	3	500	760	300	0,289	kits **
936P-500	500	500	230/400	50/60	96%	480	1085	3	755	1000	3	1000	1520	300	0,144	kits **
936P-600	600	550	230/400	50/60	96%	480	1194	3	830	1000	3	1000	1520	300	0,144	kits **
936P-750	750	750	230/400	50/60	96%	480	1628	3	1132	1250	3	1250	2280	300	0,086	kits **
936P-900	900	825	230/400	50/60	96%	480	1790	3	1245	1400	3	1400	2280	300	0,086	kits **
936P-1000	1000	1000	230/400	50/60	96%	480	2170	3	1510	1600	3	1600	3040	300	0,072	kits **
936P-1200	1200	1100	230/400	50/60	96%	480	2387	3	1661	2000	3	2000	3040	300	0,072	kits **
93PM-30	30	30	230/400	50/60	96%	432-450	73/85	3	46	63	3	63	170	400	1,281	B32/C16
93PM-40	40	40	230/400	50/60	96%	432-450	97/87	3	61	80	3	80	170	400	1,281	B32/C16
93PM-50	50	50	230/400	50/60	96%	432-450	121/109	3	76	100	3	100	170	400	1,281	B32/C16
93PM-60	60	54	230/400	50/60	96%	432-450	130/117	3	81	100	3	100	170	400	1,281	B32/C16
93PM-80	80	80	230/400	50/60	96%	432-450	193/173	3	121	150	3	150	345	400	0,636	B63/C32
93PM-100	100	100	230/400	50/60	96%	432-450	241/217	3	151	200	3	200	345	400	0,636	B63/C32
93PM-120	120	120	230/400	50/60	96%	432-450	290/260	3	181	200	3	200	510	400	0,430	g563
93PM-150	150	150	230/400	50/60	96%	432-450	362/326	3	228	315	3	315	510	400	0,430	g563
93PM-160	160	160	230/400	50/60	96%	432-450	388/347	3	241	315	3	315	670	400	0,327	g563
93PM-200	200	200	230/400	50/60	96%	432-450	463/434	3	301	400	3	400	670	400	0,327	g563

* Vikavirtapiirin suurin sallittu impedanssin arvo mΩ, jolla saavutetaan invertterin oikosulkuvirran suuruus

** Tämä sulakkeen arvo on suuntaa antava, sähkösuunnittelijan pitää tarkastella tämä aina tapauskohtaisesti

LIITE 3. PIENJÄNNITESÄHKÖLAITTEISTON MITOITUS KÄSIKIRJA: KAAPELEIDEN IMPEDANSSIT JOHDINLÄMPÖTILALLE 80

Taulukko 6.2. Kaapeleiden impedanssit (Ω/km) johdinlämpötilalle 80 °C.

Johtimien poikkipinta A/mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Usein käytännössä täytyy määrittää suurin sallittu johtopituus, kun suojalaitetta edeltävän verkon impedanssi Z_v tai oikosulkuvirta on tunnettu.

Sallittu johtopituus voidaan laskea käyttäen kaavaa

$$l = \frac{c \times U}{\sqrt{3} \times I_k} - Z_v \quad (6.2)$$

jossa

l = johtopituus (km)

c = kerroin 0,95

U = pääjännite (V)

I_k = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

Z_v = impedanssi ennen suojalaitetta

z = suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)

Sallittujen ryhmäjohtopituuksien määrittämiseen on olemassa taulukoita, joiden avulla voi suhteellisen nopeasti arvioida suojauksen toimivuutta (taulukot 6.6–6.9).

LIITE 4. PIENJÄNNITESÄHKÖLAITTEISTON MITOITUS KÄSIKIRJA: VAADITUT MITATUT OIKOSULKUVIRRAT KÄYTETTÄESSÄ B- JA C-TYYPIN JOHDONSUOJAKATKAISIJOITA

Suojausehtojen toteutuminen voidaan tarkastaa mittaamalla oikosulkuvirrat. Mittaamalla saatujen oikosulkuvirtojen tulee olla 25 % suurempia kuin suojalaitteiden toimintarajavirrat. Suojalaitteiden toimintarajavirrat ja vaadittavat mitatut oikosulkuvirrat käyvät ilmi taulukoista 6.3, 6.4 ja 6.5.

Taulukko 6.3. Vaaditut mitatut oikosulkuvirrat käytettäessä B- ja C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoita.

Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5