

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietoliikennetekniikka / Tietoverkkotekniikka

Jaska Kauppila

UPS-VIRTALÄHTEET DATAKESKUS-YMPÄRISTÖSSÄ

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietoliikennetekniikka

KAUPPILA, JASKA
YMPÄRISTÖSSÄ

UPS-VIRTALÄHTEET DATAKESKUS-

Opinnäytetyö

35 sivua

Työn ohjaaja

Martti Kettunen

Toimeksiantaja

KYAMK Kyberturvallisuuslaboratorio

Huhtikuu 2014

Avainsanat

UPS, tietoverkkotekniikka, virranhallinta, datakeskus,
tietoliikennetekniikka, UPS-laite

Tämän opinnäytetyön aiheena on UPS-sähkösyöttölaitteiden (Uninterruptible Power Supply) tutkiminen ja niiden soveltaminen datakeskusympäristöön. Tämä työ toimii dokumenttipohjana osana ICT-laboratorion kyberturvallisuuslaboratorion datakeskushanketta. Teoriapainoitteisuuden vuoksi tämän työn käytännön osuus on vähäinen. Käytetyt tutkimusmenetelmät perustuivat suurilta osin eri tietolähteiden etsimiseen ja tutkimiseen. Netistä löytyneitä tietoja tuki UPS-teknologiaa käsittelevä kirja.

Datakeskusten sähkösyötön suojaus on hyvin tärkeää ja siksi varavirtalähteinä toimivat UPS-laitteet ovat suuri osa datakeskusten rakennetta. Tämä opinnäytetyö alkoi UPS-teknologian tutkimisella. Tutkimuskohteita olivat UPS-perusteet, eri UPS-topologiat, sähkötekniikka, UPS-akut ja UPS-tuotteet. Lisäksi tähän työhön kuului tutkia näiden teknologioiden soveltuvuutta kyberturvallisuuslaboratorioon. Tämä vaihe aloitettiin kartoittamalla kyberturvallisuuslaboratorion perusvaatimukset. Näihin vaatimuksiin kuului skaalautuvuus, redundanttisuus ja valinta kolmivaihevirran ja yksivaihevirran välillä.

Tämän tutkimuksen kautta voidaan todeta, että static UPS-laitteet ovat rotary UPS-laitteita parempi vaihtoehto pienempiin ja keskikokoisiin datakeskuksiin. Rotary UPS-laitteet soveltuvat suuriin datakeskuksiin. Suositeltava UPS-topologia datakeskuksiin on double-conversion eli kaksoismuunnos-topologia tai sitä tehokkaampi multi-mode järjestelmä. Lisäksi kävi ilmi, että suljetut lyijyakut, eli VRLA-akut, ovat yleisesti paras ratkaisu akkujen valinnassa, sillä ne ovat halpoja, pieniä ja helppo vaihtaa ja huoltaa. Virtatyypeistä kolmivaihevirta on kustannustehokkain ratkaisu. Tärkeimpiä ominaisuuksia UPS-laitteita valittaessa ovat lähtöteho ja hyötysuhde, joka vertaa lähtötehon suhdetta tulotehoon.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Information technology

KAUPPILA, JASKA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

April 2014

Keywords

UPS-DEVICES in DATACENTER ENVIRONMENT

35 pages

Martti Kettunen, Principal Lecturer

KYAMK Cyber security laboratory

Information technology, UPS, datacenter,
network technology, UPS-device

The objective of this study was to research UPS-devices (Uninterruptible Power Supply) and their functionality in datacenter environment. This study was part of ICT-laboratory's cyber security datacenter project. The methods used in research were limited to searching for sources of information from internet and books.

Protecting datacenters from power outages and other disturbances in supply of electricity is important, and because of that, UPS-devices are an integral part of Datacenter structure. This study began by examining UPS-technology. The targets of research in this thesis were UPS-basics, UPS topologies, electrical engineering, UPS-batteries and UPS-products. Another part of this study was to apply this gathered information for creating the cyber security datacenter. This phase began by surveying the basic needs of cyber security datacenter. Scalability, redundancy and choice between 3-phase currency and 1-phase currency, were parts of these needs.

As seen from this document, static UPS-devices are better option for smaller and mid-sized datacenters, while rotary UPS-devices are viable in very large datacenters. Recommended UPS-topology for datacenters is double-conversion topology or the more effective multi-mode topology. When choosing battery for UPS, valve-regulated lead-acid (VRLA) batteries were best solution, because of their cheap price, easy maintenance and small size. 3-phase currency is better solution for currency-type. Most important properties when choosing UPS-devices are throughput and efficiency.

LYHENTEET

- UPS Uninterrupted Power Supply
- MTBF Mean Time Between Failure
- MTTR Mean Time To Repair
- VRLA Valve Regulated Lead Acid
- IEC International Electrotechnical Commission
- NiCd Nickel-Cadmium
- VA Volttiampeeri
- ESS Energy Save System
- VMMS Variable Module Management System
- ABM Advanced Battery Management
- PDU Power Distribution Unit

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET

1	JOHDANTO	7
2	UPS-TEKNOLOGIA	8
	2.1 UPS perusteet	8
	2.2 Sähkönsyöttö	9
	2.2.1 Yksivaihevirta	9
	2.2.2 Kolmivaihevirta	9
	2.3 UPS-tyypit	10
	2.3.1 Static UPS	10
	2.3.2 Rotary UPS	13
	2.4 Rotary UPS -järjestelmien ja Static UPS -järjestelmien erot	16
	2.4.1 Huolto	17
	2.4.2 Ympäristövaikutukset	17
	2.4.3 Luotettavuus	18
	2.4.4 Turvallisuus	18
	2.4.5 Lämpö ja jäähdytys	18
	2.4.6 Palvelut ja tuki	19
	2.5 UPS-ohjelmistot	19
	2.6 Johtopäätökset	20
3	UPS-AKUT	20
	3.1 UPS-akkujen tyypit	20
	3.1.1 Lyijyakku	20
	3.1.2 Nikkeli-kadmiumakku	23
	3.2 Akkutyypien vertailu	24
4	DATAKESKUS UPS-TUOTTEET	24

4.1	UPS-tuotetyypit	24
4.1.1	Räkkiin asennettava UPS ja skaalautuva UPS	25
4.1.2	Suuret torni-UPS-laitteet ja datakeskus-UPS-laitteet	26
4.2	Kehittyneet UPS-teknologiat	28
4.2.1	Muuntajaton teknologia	28
4.2.2	Energy Save System (ESS)	28
4.2.3	Variable Module Management System (VMMS)	28
4.2.4	Hot Sync –teknologia	29
4.2.5	ABM-akunsäästöteknologia	29
4.3	Hajautettu UPS ja keskitetty UPS	29
4.3.1	Hajautetun UPS:n edut ja haitat	29
4.3.2	Keskitetyn UPS:n edut ja haitat	30
4.4	Oikean UPS-laitteen valinta	30
5	YHTEENVETO	32

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään UPS-teknologiaa ja niiden käyttöä datakeskuksissa. Opinnäytetyö on osa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun ICT-laboratorion kyberturvallisuuslaboratorion datakeskus-hanketta. Muita tutkimuksia UPS-laitteista on paljon saatavilla, ja monet niistä keskittyvät eri asioihin. Näihin aiheisiin kuuluvat UPS-laitteiden ohituskytkennät, Katkeamattoman sähkönsyöttöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus palvelimille, UPS-järjestelmän päivitys ja UPS-laskentaohjelma.

Kyberturvallisuusdatakeskushankkeen ideana on rakentaa pienimuotoinen datakeskus, jota voi käyttää opetuskäyttöön. Datakeskushankkeella pyritään myös luomaan datakeskustympäristö, joka houkuttelee ulkoisia hyökkäyksiä. Tällöin on mahdollista seurata hyökkäyksien tyyppiä ja samalla nähdä, kuinka tehokkaasti datakeskuksen tietoturva toimii. Tämän opinnäytetyön aiheen tarkoitus on selvittää datakeskusten UPS-laitteita ottaen samalla huomioon kyberturvallisuuslaboratorion tarpeet ja vaatimukset.

Yksi tärkeimpiä vaatimuksia kyberturvallisuuslaboratoriolle on skaalattavuus, sillä sen pitää pystyä tulevaisuudessa skaalautumaan suurempaan kokoon tarpeen mukaan. Myös luotettavuus on yksi tärkeä pohdinnan kohde datakeskusta suunniteltaessa ja täten varavirranlähteet, kuten UPS-laitteet, ovat tärkeä osa datakeskuksia. Tässä työssä käsitellään myös 1- ja 3-vaiheisen UPS-laitteen erot ja selvitetään kumpi UPS-tyyppi soveltuu parhaiten kyberturvallisuuslaboratorion tarpeisiin.

UPS-laitteet ovat varavirtalähteitä, joita käytetään yleisesti datakeskuksissa ja muissa ympäristöissä, joissa virransuojaus on tärkeää. Tässä opinnäytetyössä käsitellään myös eri UPS-topologioita, -teknologiaa ja -tyyppiä. Opinnäytetyössä käydään läpi static UPS ja rotary UPS -laitteet sekä niiden topologiat ja toiminnot. Muita käsiteltäviä asioita ovat yleistä tietoa UPS-laitteiden huollosta ja muista tarvittavista toimenpiteistä. Näihin toimenpiteisiin kuuluu muun muassa huolto, ympäristövaikutukset, luotettavuus, turvallisuus, lämpö/jäähdytys ja UPS-laitteisiin liittyvät ohjelmat. Lisäksi työssä käsitellään UPS-akut, niiden toiminta ja niiden huoltotoimenpiteet. Lopuksi työssä käydään läpi erilaisia UPS-tuotteita ja niiden eroja, hyötyjä, haittoja ja sekä yleisesti hinta-arvio kullekin eri tuotteelle. Tässä työssä

pohditaan tarkasteltujen UPS-laitteiden soveltuvuutta kyberturvallisuuslaboratorion datakeskukseen.

2 UPS-TEKNOLOGIA

2.1 UPS perusteet

Uninterruptible Power Supply (UPS) on tärkeä komponentti kaikissa hyvin suunnitelluissa tehonsyötön suojaavissa arkkitehtuureissa. Tehonsyötön suojaus on välttämätöntä erilaisissa tietokannoissa ja isojen yritysten verkoissa ja palvelimissa. Jopa lyhyet katkokset voivat aiheuttaa ongelmia. Jotkut asiantuntijat uskovat että Yhdysvaltojen taloudessa tapahtuu 200 - 570 miljardin dollarin tappiot joka vuosi virrankatkosten vuoksi. (1,2)

Tämän lisäksi verkkojännite ei ole ”puhdasta”. Tämä jännite voi jäädä jopa 10 % alle tai yli luvatuista määristä. Esimerkiksi 230 voltia voi vaihdella 210 ja 250 voltin välillä. Myös generaattorit eivät ole yksistään tarpeeksi, sillä niillä kestää aikaa käynnistyä ja ne eivät suojaa virtapiikeiltä ja muilta sähköhäiriöiltä. Pienikin sähkökatkos voi saada aikaan useiden tietojen menetyksen ja nykypäivänä saatavuus (availability) on äärimmäisen tärkeää niin pienille kuin suurille yrityksille. (1,2)

UPS on yksinkertaisimmillaan laite, joka toimittaa virtaa laitteelle kun verkkovirta katkeaa. UPS:n ei tarvitse edes syöttää sähköä koko sähkökatkon ajan, vaan siihen asti kunnes joko generaattori pyörähtää käyntiin tai palvelinlaitteet ja vastaavat on saatu sammutettua ilman tietohäviöitä. Lisäksi UPS-laite pyrkii poistamaan jännitepiikit ja muut häiriöt, jotta laitteet eivät mene rikki. (1,2)

Loppujen lopuksi UPS-virtalähteiden tarpeellisuuden voi kiteyttää neljään pääkohtaan:

- Turvallisuus. Sähköjen katkeaminen voi aiheuttaa hengenvaaran, esimerkiksi lentokoneissa tai sairaalan laitteissa.
- Tietoturva vakoilu ja muita hyökkäyksiä vastaan. Armeijan laitteet pitää erityisesti suojata mahdollisten sähkökatkosten varalta, sillä vihollinen voi yrittää tuhota sähköjakelujärjestelmän.
- Tilanteet, joissa tietojen menetys voi johtaa tärkeän tutkimustiedon tai vastaavan menetykseen.

- Taloudellinen menetys. Pankit ja suuryritykset voivat menettää suuria rahasummia, jos tiedonsiirto katkeaa yllättäen. (2,1)

2.2 Sähkönsyöttö

Kolme yleisintä termiä sähköstä ja sähkölaitteista puhuttaessa ovat jännite (Voltti V), virta (Ampeeri A) ja taajuus (Hertsi Hz). Kaksi muuta yhtä tärkeää termiä sähkölaitteista puhuttaessa ovat pätöteho (Watti W) ja näennäisteho (Volttiampeeri VA). Näennäisteho saadaan kertomalla tehollisvirta tehollisjännitteellä. Pätötehon suhde näennäistehoon on nimeltään tehokerroin, jonka tyypilliset arvot liikkuvat välillä 0,7 -1,0. (3,3)

2.2.1 Yksivaihevirta

Yksivaihevirralla tarkoitetaan vaihtovirran jakelua järjestelmällä, jossa kaikki syöttöjännitteet vaihtelevat sopusoinnussa. Yksivaihevirtaa käytetään pääsääntöisesti kotitalouksissa. Sen jännite on usein 220 – 230 voltin vaihtovirtaa (AC eli Alternating Current). Vaihtovirransiijaan voidaan käyttää myös tasavirtaa (DC eli Direct Current). Tasavirta on samanlaista kuin paristojen tuottama virta. Vaihtovirralla on kuitenkin kolme etua tasavirtaan nähden:

1. Suuremmat sähkögeneraattorit kehittävät luonnostaan vaihtovirtaa, jonka muuttaminen tasavirraksi vaatii lisätoimenpiteitä.
2. Sähkömuuntajat tarvitsevat vaihtovirtaa toimiakseen.
3. Vaihtovirran voi helposti muuttaa tasavirraksi, mutta tasavirran muuntaminen vaihtovirraksi on kallista.

Näiden syiden vuoksi vaihtovirta on yleisesti käytännöllisempi ratkaisu. Tasavirralla on kuitenkin käyttöä myös UPS-teknologiassa. Tästä käsitellään enemmän tämän opinnäytetyön kappaleessa 2.3.2. (3,6)

2.2.2 Kolmivaihevirta

Kolmivaihevirta on tehokkain virranjakelutapa pitkillä johdotusmatkoilla, ja se on myös yksivaihevirtaa tehokkaampi. Kolmivaihevirrassa on kolme yksivaiheista aaltoa, joissa vaihekulmien ero on 120 astetta tai kolmasosa siniaallon jaksosta. Kolmivaihevirtaa käyttävät UPS-laitteet pystyvät suojaamaan laitteita paljon

suuremmilta häiriöiltä kuin perus yksivaiheinen UPS-laite. Esimerkiksi suurtaajuinen häiriö, taajuuden vaihtelut, äkillinen alijännite tai harmoninen särö, eli normaalin aaltomuodon vääristymä, ovat kaikki turvattavissa käyttämällä kolmivaiheisia UPS-laitteita, joskin osa yksivaiheisia UPS-laitteita kykenee myös suojaautumaan näiltä. (3,7)

2.3 UPS-tyypit

On olemassa useita eri UPS-malleja. UPS-virtalähteet voi kuitenkin jakaa kahteen pääryhmään: Static UPS ja Rotary UPS. Static UPS -virtalähteissä on kolme päätyyppiä, joita kutsutaan myös UPS-topologioiksi eli perusrakenteiksi. Nämä topologiat ovat: Single-conversion-järjestelmät, Double-conversion-järjestelmät ja Multi-mode-järjestelmät. Tässä kappaleessa käsitellään näiden UPS-topologioiden eroja ja ominaisuuksia. (1,2)

2.3.1 Static UPS

Static UPS -järjestelmien toiminta perustuu kiertokulkuun, jossa UPS käyttää akkua silloin kun tulee virtakatkoksia tai virtapiikkejä. Static UPS -järjestelmissä on usein käytössä vaihtosuuntaaja, jonka tehtävänä on säädellä laitteeseen menevää sähköä ja sen laatua. (2,141)

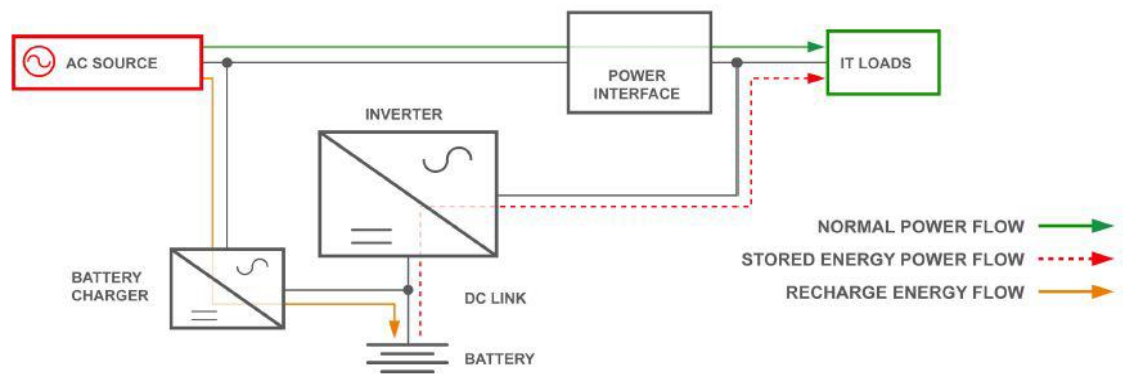
Kun kaikki toimii normaalisti, single-conversion UPS-järjestelmät syöttävät tavallista verkkovirtaa (tai muuta vaihtovirtaa) laitteille. Jos verkkovirta putoaa tietyn valmiiksi määritellyn pisteen alapuolelle, UPS ottaa käyttöönsä vaihtosuuntaajan, joka ottaa virtansa UPS-akusta ja samalla se estää verkkovirtaa pääsemästä laitteeseen. UPS käyttää akkuvirtaa niin kauan, kunnes verkkovirta palaa normaalilukemiin tai akusta loppuu virta. Kaksi suosituinta Single-conversion UPS-järjestelmää ovat standby ja line-interactive. (1,3)

Standby UPS-järjestelmät ovat kaikkein yleisimpiä pieniin laitteisiin ja esimerkiksi kotikoneisiin tarkoitettuina. Standby UPS-järjestelmät mahdollistavat laitteiden toimimisen verkkovirralla, kunnes UPS huomaa jonkin vian, jonka jälkeen se vaihtaa akkuvirtaan. Joissain standby UPS-laitteissa on muuntajia tai vastaavia, joiden avulla voidaan säädellä virrankulkua. (1,3)

Line-interactive UPS-järjestelmät säätelevät verkkovirtaa suuremmaksi tai pienemmäksi tarpeen mukaan, ennen kuin ne päästävät virran laitteeseen. Ne myös suojaavat laitteita mahdollisten sähkökatkosten ja vastaavien varalta, ja käyttävät akkua virranlähteenä, kuten standby UPS-järjestelmät. (1,3)

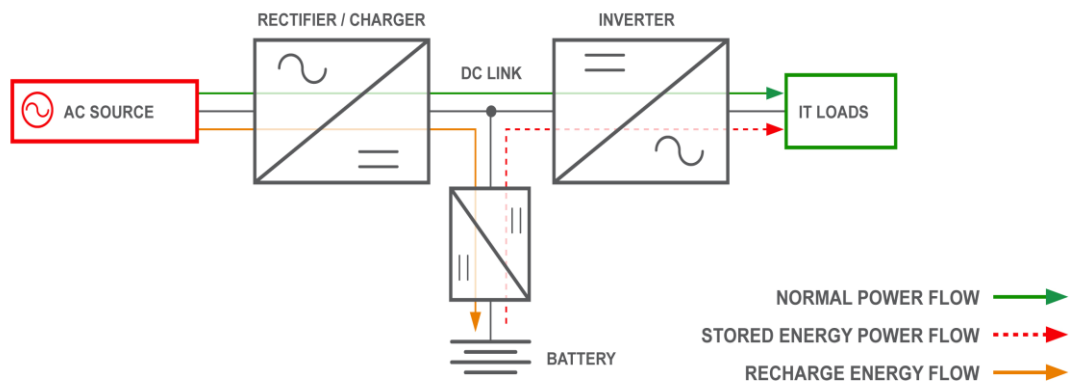
Line-interactive UPS-järjestelmät ovat suosituimpia pienyrityksissä ja erilaisissa palvelinverkoissa. Niillä on hyvä teho, luotettavuus ja halpa hinta. Ne ovat kaikkein yleisimmät UPS-laitteet 0.5-5 kVA tehoalueella. (4,3)

Kuten alla olevasta kuvasta näkyy (ks. kuva 1.), Verkkovirta (AC Source) menee normaalitilanteissa virranhallinta-järjestelmän läpi (normal power flow), joka määrittelee virran sopivuuden. Samalla se lataa UPS-järjestelmän akkuja (recharge energy flow). Kun vikatilanne tapahtuu, virranhallinta katkaisee verkkovirran ja akkuvirta alkaa toimia (stored energy power flow). (1,3)



Kuva 1. UPS Single-conversion line-interactive-järjestelmän toimintaperiaate (1,3)

Double-conversion-järjestelmä, eli kaksoismuunnos-topologia, konvertoi virran kahdesti. Verkkovirta muutetaan ensin tasavirraksi tasasuuntaajan (rectifier) avulla. Tämän jälkeen vaihtosuuntaaja (inverter) muuttaa virran taas vaihtovirraksi ennen kuin virta pääsee laitteelle. Double-conversion poistaa kaikki virtapiikit ja varmistaa, että laitteet saavat puhdasta ja luotettavaa sähköä (ks. kuva 2.). Double-conversion-järjestelmät toimivat suurten sähköpiikkien tai sähköjen katkeamisen aikana samalla tavalla kuin single-conversion-järjestelmät. (1,3)

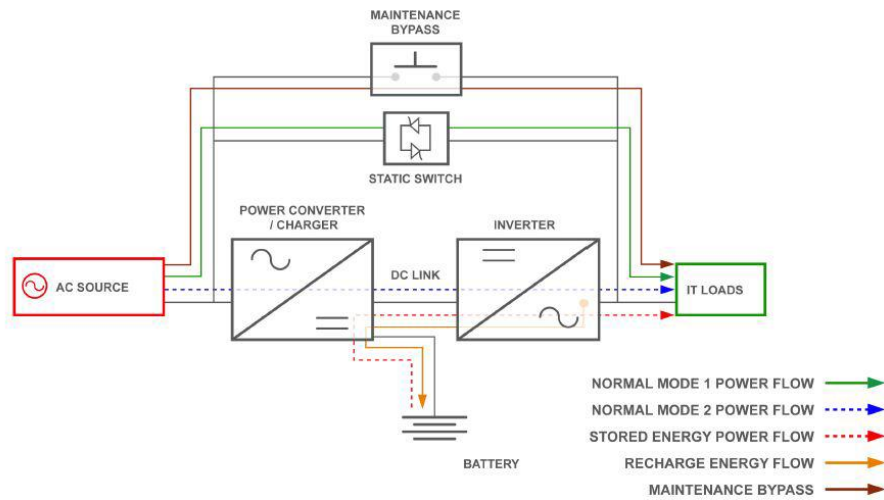


Kuva 2. Double-conversion-järjestelmien toimintaperiaate (1,4)

Double-conversion-järjestelmät ovat erittäin tehokkaita ja niiden ulostulo antaa lähes täydellistä virtaa. Ne ovat yleisin UPS-järjestelmä yli 10kVA -ympäristöissä. Johtuen kuitenkin suuresta tehonkäytöstä, double-conversion-järjestelmät kuluvat nopeiten eri UPS-järjestelmistä. (4,4)

Multi-mode-UPS-järjestelmät yhdistävät single-conversion ja double-conversion UPS-laitteiden ominaisuuksia. Ne omaavat hyvän luotettavuuden ja tehokkuuden. Normaaliolosuhteissa ne ovat kaikkein tehokkaimmillaan, mutta vikatilanteiden sattuessa ne hieman uhraavat tehokkuuttaan antaakseen paremman luotettavuuden. Tämän ansiosta datakeskukset voivat säästää kymmeniä tuhansia euroja sähköstä, ilman että ne luopuvat luotettavuudesta tai tehokkuudesta. (1,4)

Kun kaikki toimii normaalisti, multi-mode-UPS-laite käyttää line-interactive-järjestelmän menetelmää. Kun verkkovirta putoaa säädetyn arvon alapuolelle, vaihtaa laite double-conversion-järjestelmään. Tällöin se muuttaa tulevan verkkovirran ensin tasavirraksi ja sitten oikea-arvoiseksi vaihtovirraksi. UPS-laite alkaa käyttämään akkua, kun virta putoaa double-conversion-järjestelmän vaatimusten alapuolelle. Kun verkkovirta on normaalilukemissa, alkaa multi-mode-UPS-järjestelmä käyttämään taas line-interactive-järjestelmää. Kuvassa 3. näkyy multi-mode-UPS-järjestelmien toimintaperiaate. (1,4)



Kuva 3. UPS-multi-mode-järjestelmän toimintaperiaate (1,4)

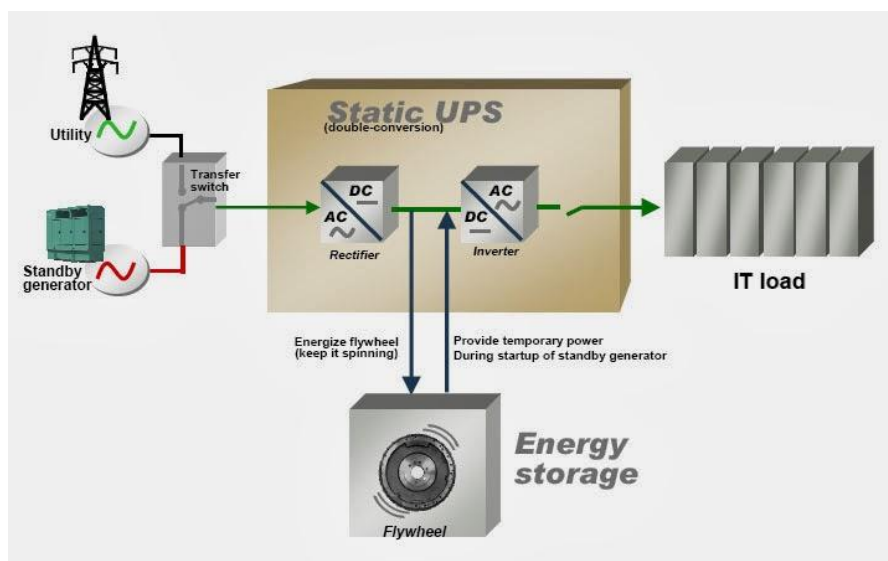
2.3.2 Rotary UPS

Rotary UPS-järjestelmät käyttävät usein vauhtipyöriä (flywheel), kytkimiä, moottoreita ja generaattoreita. Ne ovat static UPS-järjestelmiä paljon suurempia kooltaan ja vaativat paljon tilaa ja tehokkaat jäähdytysjärjestelmät (ks. kuva 4). Rotary UPS-järjestelmät ovat pääosin suuryritysten ja tehtaiden käytössä. Niiden osuus koko maailman markkinoista on vain vajaat 5 %. Rotary UPS-laitteet jaetaan kahteen päätyyppiin: moottori-generaattori akku rotary UPS ja moottori-kytketty rotary UPS. (2,169)



Kuva 4. Valokuva rotary UPS -järjestelmästä. (5,4)

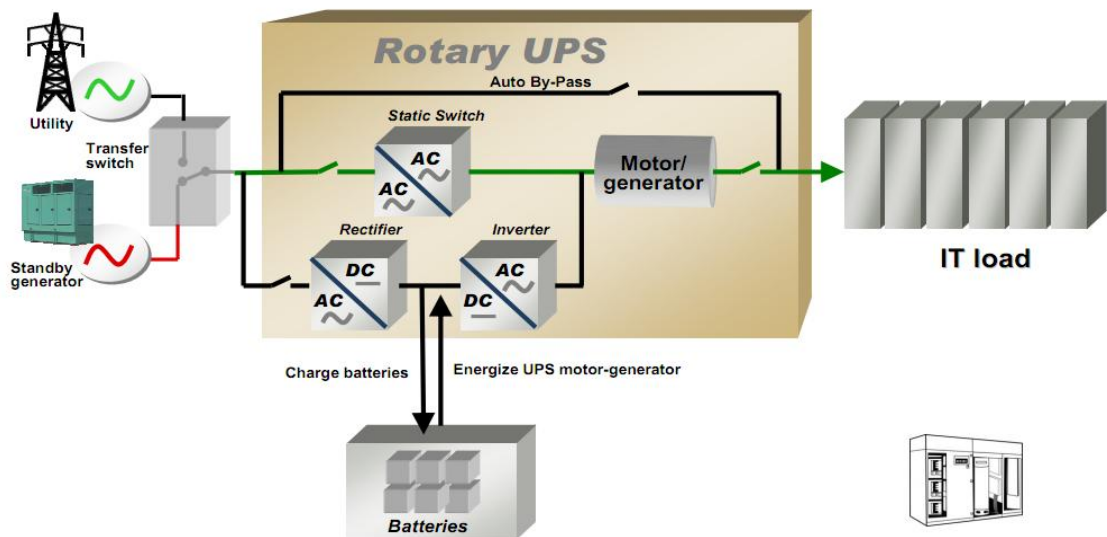
Rotary UPS -järjestelmien nimitys tulee niiden pyörimisliikettä käyttävistä komponenteista, kuten edellä mainituista vauhtipyöristä tai generaattoreista, joita ne käyttävät varavirranlähteenä. Modernit rotary UPS -järjestelmät ovat käytännössä identtisiä static UPS -järjestelmien kanssa, mutta ne käyttävät vauhtipyörää tai vastaavaa virtalähteenä akun sijaan sähkökatkosten aikana (ks. kuva 5.). Ne voivat myös vaihtoehtoisesti käyttää moottoria tai vastaavaa sähkövirran hallitsemiseen, jolloin akkua voi käyttää virtalähteenä sähkökatkosten aikana. (2,170)



Kuva 5. Rotary UPS -järjestelmien toimintaperiaate. (5,6)

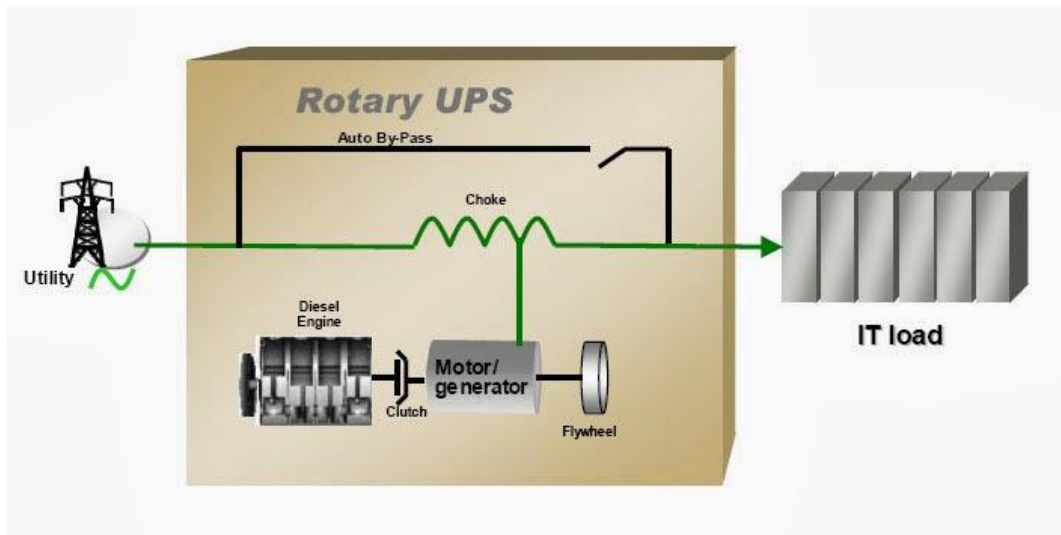
Kun verkkovirta on normaalilukemissa, moottori-generaattori akku rotary UPS lataa akkuja. Tällöin UPS-laitteen tasasuuntaaja - vaihtosuuntaaja -järjestelmät toimivat standby-tilassa. (5,6)

Kun verkkovirta putoaa alle asetetun arvon, tasasuuntaaja - vaihtosuuntaaja -järjestelmät alkavat hallitsemaan laitteeseen tulevaa virtaa. Kun sähkövirta katkeaa kokonaan, ladatut akut alkavat toimimaan ja tuovat moottori-generaattorille sähköä, kunnes verkkovirta tai ulkoinen generaattori on taas toiminnassa. Kuvassa 6. näkyy moottori-generaattori akku rotary UPS -järjestelmien rakenne ja toimintaperiaate. Rotary UPS-laitteissa on myös usein sisäänrakennettu ohituskytkin, jonka avulla UPS-laitetta ei tarvitse siirtää pois huollon ajaksi, vaan virta kulkee toista reittiä. (5,7)



Kuva 6. Moottori-generaattori akku rotary UPS-järjestelmän toimintaperiaate. (5,7)

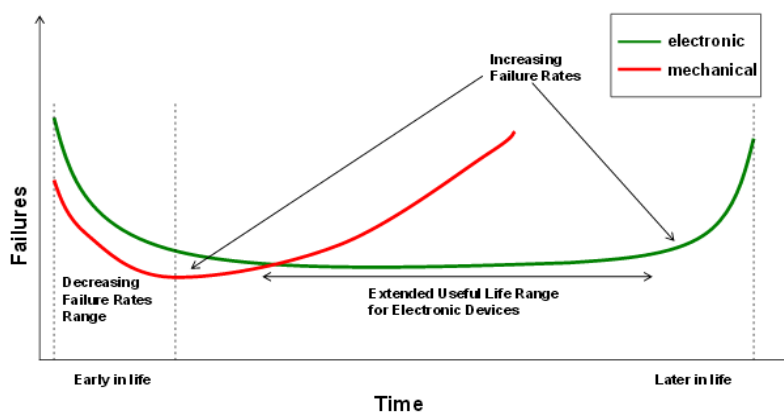
Moottori-kytketty rotary UPS käyttää seuraavia laitteita: moottori-generaattori, kuristusventtiili, vauhtipyörä, mekaaninen kytkin ja dieselmoottori. Kun verkkovirta on normaalilukemissa, virta kulkee filtlerin läpi, joka sisältää kuristusventtiilin ja moottorin. Samaan aikaan virta kulkee vauhtipyörän läpi, joka on varautunut käyttäen kineettistä energiaa. Kun vikatilanne tapahtuu, vauhtipyörä syöttää virtaa moottori-generaattorille, joka pitää UPS-laitteen tarpeeksi kauan toiminnassa, kunnes dieselmoottori lähtee käyntiin. Tämän jälkeen kytketään mekaaninen kytkin päälle, joka syöttää moottori-generaattorille lisävirtaa, jotta sen toiminta ei lakkaa. Kuvassa 7. näkee moottori-kytketyn rotary UPS:n toimintaperiaatteen ja rakenteen. (5,7)



Kuva 7. Moottori-kytketyn rotary UPS-laitteen toimintaperiaate. (5,7)

2.4 Rotary UPS -järjestelmien ja Static UPS -järjestelmien erot

Suurin ero static ja rotary -UPS -järjestelmien välillä on mekaanisten komponenttien määrä. Kuten kuvan 8. kaaviossa voi nähdä, mekaanisten osien ”failure over time” eli vikasietoisuus on selkeästi huonompi kuin elektronisissa laitteissa. Tämä johtuu siitä, että mekaaniset osat ovat jatkuvassa liikkeessä ja ne voivat kulua tai jäädä jumiin pitkän käytön jälkeen. Mekaaniset osat myös kuumenevat enemmän, mikä voi myös vioittaa laitteita. Kuumenemisen vuoksi rotary UPS -järjestelmät vaativat suuremmat ja tehokkaammat jäähdytysjärjestelmät. (5,9)

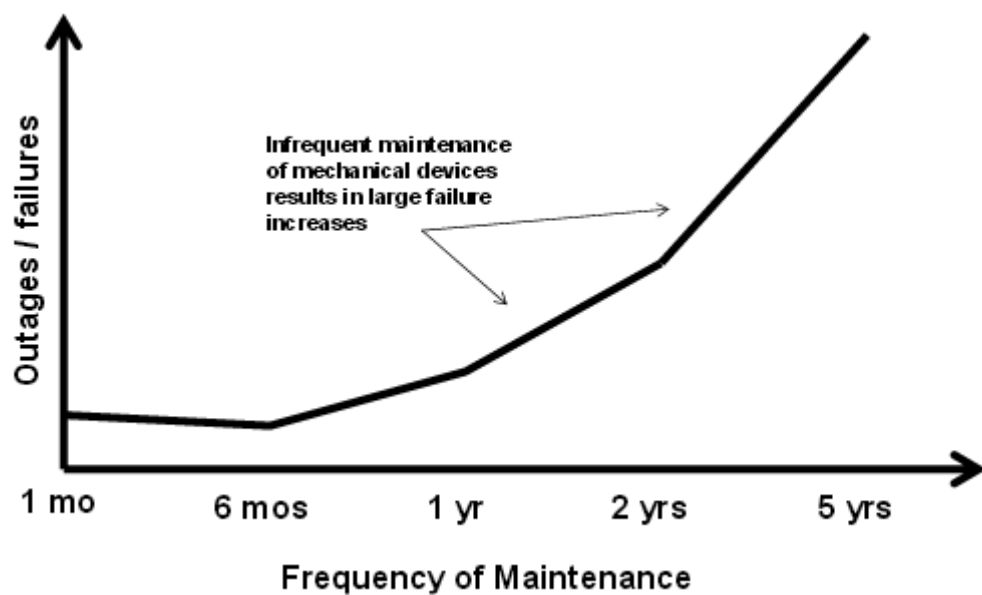


Kuva 8. Elektronisten ja mekaanisten laitteiden ”failure over time”-käyrä. (5,9)

2.4.1 Huolto

Mekaaniset laitteet, kuten rotary UPS -järjestelmät tarvitsevat viikoittaista huoltoa. Tähän huoltoon sisältyy öljyäminen, jäähdytysvesien vaihto ja moottorien tarkistus. Myös kuukausittainen järjestelmien testaaminen on tarpeen. Kerran vuodessa on syytä ottaa koko UPS-järjestelmä pois käytöstä ja puhdistaa laite osineen kokonaan ja vaihtaa koneen öljyt ja mahdollisesti vikaherkät osat. Static UPS -järjestelmät vaativat usein vain kerran vuodessa tehtävää huoltoa, joskin tämä riippuu ympäristöstä. Erityisesti Static UPS-laitteiden akut saattavat vaatia kuukausittaista huoltoa. (5,9)

Mekaanisilla laitteilla huollon yleisyys korreloi suoraan vikatilanteiden määrään. Mitä harvemmin laitetta huolletaan, sitä useammin laite joutuu vikatilanteisiin. Kuvassa 9. on käyrä, joka kertoo vikatilanteiden suhteen huollon yleisyyteen. (5,9)



Kuva 9. Huollon yleisyyden ja vikatilanteiden suhde. (5,10)

2.4.2 Ympäristövaikutukset

Staattiset UPS -järjestelmät asennetaan usein suoraan rakennusten sisälle, kun taas rotary UPS-järjestelmät asennetaan usein rakennuksen ulkopuolelle tai omaan eristettyyn tilaan. Tämä johtuu osittain rotary UPS-laitteiden suuresta melusta, etenkin silloin, kun niiden dieselmoottori käynnistetään. Johtuen erilaisista päästö-säädöksistä, dieselmoottorille saattaa olla asetettu rajoituksia käyttöön ja siksi käytetäänkin usein static UPS -järjestelmien akkuja rotaryn vauhtipyörän ja dieselmoottorin ohella. (5,10)

2.4.3 Luotettavuus

Static ja rotary UPS -järjestelmät ovat hyvin luotettavia. Luotettavuutta mitataan usein kahdella määreellä: MTBF (Mean time between failure) ja MTTR (Mean time to repair). MTBF ajalla mitataan aikaa vikatilanteiden välillä. Yleisesti, mitä suurempi MTBF-arvo, sitä suurempi luotettavuus laitteella on. MTTR ajalla mitataan taas laitteen korjaamiseen vaadittavaa aikaa. Mitä pienempi MTTR-aika on, sitä suurempi luotettavuus. (5,11)

Vaikka kummatkin UPS -järjestelmät käyttävät usein generaattoria pitkien sähkökatkosten aikana, rotary UPS -järjestelmät käyttävät generaattoria useammin. Tämä johtuu vauhtipyörään varastoituneesta energiasta, joka kestää vain muutamia sekunteja. Generaattori on myös vikaherkkä laite itsessään ja voi kestää 15 sekuntia ennen kuin se käynnistyy kokonaan. Tämän vuoksi rotary UPS -järjestelmät ovat jonkin verran vikaherkempiä kuin static UPS -järjestelmät. (5,11)

2.4.4 Turvallisuus

Static UPS -järjestelmissä suurin turvallisuusriski on niiden käyttämät akut. Akut saattavat alkaa vuotamaan ja tietyistä akuista pääsee ilmaan vetyä. Vety voi suurissa määrissä syttyä tuleen ja siten tekee ympäristöstä paloherkän. (5,11)

Rotary UPS -järjestelmien suurimmat turvallisuusriskit liittyvät sen melutasoon ja dieselmoottorin käyttöön. Dieselmoottorista voi vuotaa myrkyllisiä kaasuja ja polttoaine on itsessään paloherkkä. (5,11)

UPS -järjestelmät ovat usein erittäin painavia. Tämän vuoksi on tärkeää asentaa UPS -järjestelmät paikkaan, jossa on kestävät lattiat. UPS -järjestelmien paikka kannattaa miettiä myös vesi- ja tulvavahinkojen kannalta. (5,12)

2.4.5 Lämpö ja jäähdytys

Rotary UPS -järjestelmät tuottavat paljon enemmän lämpöä kuin static UPS -järjestelmät. Ne myös toimivat paljon suuremmassa lämpötilaskaalassa (noin 5 - 40 celsiusastetta, kun laite on toiminnassa ja noin -20 - 80 celsiusastetta, kun laite ei ole

toiminnassa). Jos rotary UPS-järjestelmä käyttää akkuja, lämpötilan suositellaan olevan noin 20 celsiusastetta. (5,12)

Kullekin UPS-laitteelle on olemassa omat suosituslämpötilat. Näitä suosituslämpötiloja kannattaa seurata, sillä laitteen saatavuus ja tehokkuus laskee muulloin. Myös yleistä ympäristön lämpötilaa pitää huomioida UPS-laitetta valittaessa. (5,12)

2.4.6 Palvelut ja tuki

Static UPS -järjestelmillä on paljon suurempi tuotemäärä, ja sen myötä erilaiset tuki- ja muut palvelut ovat paljon parempia kuin rotary UPS -järjestelmissä. Static UPS -järjestelmät ovat myös suunniteltu nopeaan laitteiden osien vaihtoon, kun taas rotary UPS -järjestelmät vaativat monen tunnin korjauksen. (5,12)

2.5 UPS-ohjelmistot

Vaikka UPS-laitteet toimivat hyvin ilman erillistä valvontalaitetta, turvatut laitteet itsessään vaativat usein jonkinlaisen valvontaohjelman, joka suojaa niiden tietoturvaa. Sähkönhallintaohjelmiston tehtävänä on varmistaa, että kaikki käynnissä oleva työ tallentuu ja että käyttöjärjestelmien alasajo tapahtuu hallitusti, jos sähkökatko kestää UPSin akuston varakäyntiaikaa kauemmin. (3,16)

Useimmat sähkönhallintaohjelmat tulevat UPS-laitteiden mukana ja ne voi myös ladata valmistajien sivuilta ilmaiseksi. Monet näistä ohjelmista käyttävät äänihälytyksiä ja pop-up-ilmoituksia vikatilanteiden sattuessa. Ohjelmissa on myös mahdollisuus tehdä automaattinen ilmoitus esimerkiksi sähköpostilla ennalta määrätyille henkilöille. Ne pystyvät myös ilmoittamaan täydellisen UPS-raportin, jonka avulla sähköhäiriöiden lähteet ja muut tiedot on helppo selvittää. Osaa ohjelmista voi myös käyttää etähallintana, jolloin huoltomiehen ei välttämättä tarvitse lähteä paikan päälle katsomaan UPS-laitteen tilaa. Sähkönhallintaohjelmistot mahdollistavat myös niiden UPS-mallien kuormasegmentin ohjauksen, jotka tukevat tätä ominaisuutta. (3,16)

Johtuen virtuaalisoinnin yleistymisestä, nykyaikaiset UPS-ohjelmistot on suunniteltu varta vasten käytettäväksi virtuaalikoneympäristöissä ja virtuaalipalvelimissa. Monet

UPS-ohjelmat toimivat VMware ESX, VSphere ja microsoft Hyper-V virtuaalipalveluissa ja osa toimii myös monissa Linux-palvelimissa. (3,16)

2.6 Johtopäätökset

Static UPS -järjestelmät ovat yleisesti parempi ratkaisu UPS-laitteiden valinnassa, etenkin datakeskus ympäristössä. Rotary UPS -järjestelmät ovat kuitenkin erittäin tehokkaita suurissa monen megawatin datakeskusympäristöissä ja muissa suurissa tehtaissa tai vastaavissa. Rotary UPS -järjestelmät ovat tosin kalliita, vaativat viikoittaista huoltoa ja ovat mahdollisesti tulevaisuudessa poistumassa markkinoilta johtuen static UPS-laitteiden jatkuvasta kehityksestä. (5,14)

3 UPS-AKUT

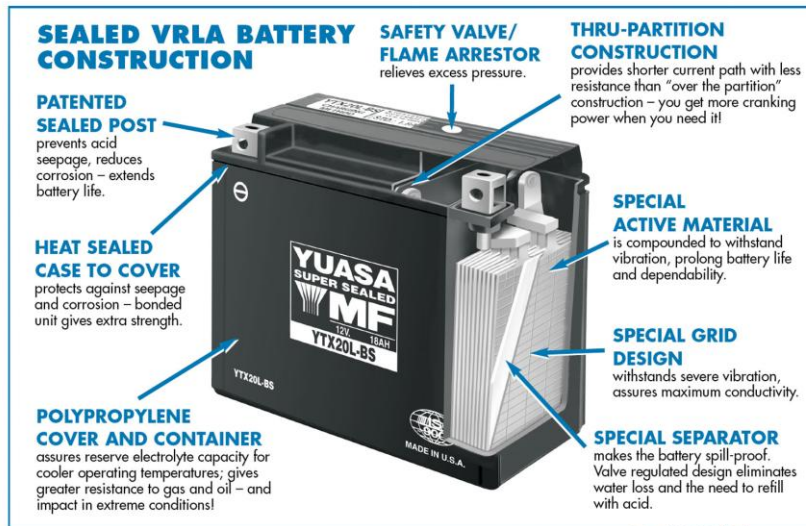
Suurin osa UPS-ongelmista johtuu usein akuista tai ihmisen tekemistä virheistä. Yleisin akkutyyppejä on ollut pitkään suljettu lyijyakku (valve regulated lead acid, VRLA), mutta sen luotettavuus oli melko alhainen. Akkujen teknologia on kuitenkin mennyt eteenpäin ja niiden luotettavuus on kasvanut. Tässä luvussa käsitellään hieman UPS akkujen teknologiaa ja teoriaa. (2,185)

3.1 UPS-akkujen tyypit

Vaikka erilaisia akkutyyppejä on lukuisia, UPS tarkoitukseen vain kaksi akkutyyppejä on saatavilla: lyijyakku ja nikkeli-kadmiumakku. Kumpaakin akkutyyppejä on saatavilla eri muodoissa ja niillä on omat ominaisuudet. (2,185)

3.1.1 Lyijyakku

Lyijyakku on akku, jonka elektrodina on kaksi lyijylevyä, ja elektrolyytinä rikkihappoa. Lyijyakuissa on erilaisia levytyyppejä, jotka jaetaan seuraaviin ryhmiin: Plante, pasted plate, tubular ja valve regulated lead acid (VRLA). Levyjen tiheys määrittää saatavuuden ja varauksen keston. Levyjen pinnalla on taas suuri merkitys virran määrään. Esimerkin VRLA-akun rakenteesta voi nähdä kuvassa 10. (2.185)



Kuva 10. Tässä kuvassa on suljetun akun (VRLA) rakenne. (6)

Plante-akku oli kaikkein suosituin akkutyyppeiksi UPS-laitteiden alkuaikoina, mutta sen hinta ja suunnittelu ovat vähentäneet sen arvoa markkinoilla. Plante-akun levyt piti tehdä käsin, ja kokonsa ja painonsa vuoksi se vaati oman erillisen akkutilan. Sen etuja olivat pitkä ikä, historiallisesti kilpailullisuus muita akkuja kohtaan sekä kyky nähdä akun sisältö ja kunto, sillä akun astia oli usein lasia tai muovia. (2,187)

Pasted plate-akut ovat helpompia valmistaa plante-akkuihin nähden. Ne ovat hieman pienempiä kuin plante-akut ja hinnaltaan alemmat. Niiden ikä on 14-15 vuotta plante-akkujen 20 vuoden ikään verrattuna. Kuten plante-akut, pasted plate-akut vaativat oman erillisen akkutilan. (2,187)

Tubular-akut sisältävät putkia, jotka konvertoivat lyijymonoksidia (PbO) lyijydioksidiksi (PbO₂). Tämä akkutyyppeiksi on kallis tuottaa ja omaa samat ongelmat kuin kahdella edellisellä akkutyypillä. Sen etuihin kuuluu mekaaninen kestävyys. Sen levyt ovat vahvemmat kuin edellisillä akuilla ja siksi se on suosittu alueilla, joissa on suuria lämpötilavaihteluita ja muita suurempia häiriöitä. (2,188)

VRLA-akut, eli suljetut akut, ovat selkeästi suosituin akkuvaihtoehto UPS-laitteisiin. Ne on suunniteltu toimimaan pienemmissä laitteissa ja niiden kaasupäästöjen ja vedenkäyttöä on pyritty vähentämään. Suljetut akut ovat nimensä mukaisesti täysin suljettuja akkuja. Niissä on venttiili, jolla hallitaan akun kaasujen painetta. Suljetut akut ovat todella suosittuja kokonsa vuoksi, sillä ne ovat jopa 50% pienempiä kuin plante-akut. Koska ne ovat suljettuja, ne eivät vaadi huoltoa yhtä paljon kuin muissa akkutyypeissä. Niiden elinikä on kuitenkin melko lyhyt, sillä ne kestävät 5, 10 tai 15

vuotta riippuen ympäristöoloista ja suunnittelusta. Ulkoisella lämpötilalla on suuri vaikutus suljettujen akkujen elinikään. 20 celsiusasteessa elinikä on n. 10 vuotta, kun taas 30 celsiusasteessa elinikä on n. 5 vuotta. (2,191)

VRLA-akkujen kanssa on riski ns. lämpökarkauksesta (thermal runaway). Tällöin akun lämpötila saattaa nousta yli suositun rajan, joka aiheuttaa elektrolyytin kuivumista ja pahimmassa tapauksessa akun muovirasian sulamista. Tämä luonnollisesti vähentää akun elinikää merkittävästi. Tämän vuoksi on syytä ottaa seuraavia asioita huomioon näiden ongelmien välttämiseksi:

1. Korkea latausvirta
2. Rajoittamaton tai liian suuri latausvirta
3. Kohonnut varausvirta
4. Korkea ulkoinen lämpötila
5. Akun rasia ei ole ilmastoitu tarpeeksi
6. Huonosti suunniteltu akun rasia
7. Akun tai järjestelmän hajoamiset edellä mainittujen syiden vuoksi
8. Epärealistinen eliniän odote

Koska lämpökarkausta ymmärretään paremmin nykyään, sitä ei tapahdu yhtä usein nykyisissä akuissa. (2,203)

Akkujen monitorointi on paljon vaikeampaa suljettujen akkujen kanssa, koska akkujen sisälle ei näe. Tämän vuoksi suljettuihin akkuihin on usein asennettu mikropiirejä, joiden avulla niiden kuntoa ja mahdollisia virheitä voidaan monitoroida. Tehokkain menetelmä on monitorointi-järjestelmä, joka tarkkailee pieniäkin yksityiskohtia akun kunnosta, lämpötilasta ja jännitemäärästä. Kyseisellä monitorointi-järjestelmällä voi jopa nähdä akun mahdolliset muutokset eri päivinä, ja siten nähdä onko akun kanssa jotain ongelmaa. IEC (International Electrotechnical Commission) on standardoinut UPS-akkujen monitorointi-järjestelmät IEC 62060 standardiin. (2,208)

3.1.2 Nikkeli-kadmiumakku

Nikkeli-kadmiumakut (NiCd) tunnetaan myös lipeäakkuina. Se on vanhimpia vielä käytössä olevia akkutyyppejä. NiCd-akun positiivinen elektrodi on valmistettu nikkelihydroksidista ja negatiivinen kadmiumista. Niiden elektrolyytinä on kaliumhydroksidiliuos. NiCd-akkuja löytyy sekä avoimissa että suljetuissa versioissa. Kuvassa 11. näkyy nikkeli-kadmiumakku UPS-laitteisiin. (2,209)



Kuva 11. Nikkeli-kadmium UPS-akku. (7)

NiCd-akuilla on hyvä ulkoisen lämpötilankestävyys. Ne kestävät jopa -40 celsiusasteen ja +60 celsiusasteen lämpötilaa. Ne myös kestävät lyijyakkuja paremmin räsityksestä ja jatkuvaa akun kiertokulkua. Niiden huonoina puolina on etenkin VRLA-akkuihin nähden suuri koko, korkea hinta ja avoimilla NiCd-akuilla pitää olla erillinen akkutila. Avoimien NiCd-akkujen etuihin kuuluu pitkä elinikä, joka voi olla jopa 20 vuotta normaalioloissa. Ne myös kestävät huonoa kohtelua paremmin. Yli- tai alilataukset eivät tee akulle juuri mitään. Ne kestävät myös oikosulkuja. (2,214)

Lämpökarkaus ei ole ongelma NiCd-akuissa, sillä suurin osa latausenergiasta varastoituu akun sisälle ja akun kemiallinen reaktio on endoterminen eli se jäädyttää akkua. Kun akun varaus on 80%, NiCd-akut alkavat erittää kaasua, joka alentaa lataustehoa, kohottaa lämpötilaa ja haihduttaa vettä. Korkeissa lämpötiloissa (yli 40

celsiusastetta) ne myös saattavat muodostaa kaliumhydroksidikristallia, joka alentaa akun tehoa. Tällöin akkujen elektrolyytti täytyy vaihtaa kokonaan. (2,217)

3.2 Akkutyypin vertailu

Suurimmat erot akkujen välillä on koossa, hinnassa ja kestossa. Jos plante-akun hinta katsotaan olevan 100 %, silloin VRLA-akun hinta on usein n. 23-27 % riippuen VRLA-akun tyypistä. Avoimet nikkeli-kadmiumakut ovat 319 % ja suljetut nikkeli-kadmiumakut ovat jopa 348 % plante-akkuun nähden. Tästä voi nähdä että NiCd-akut on selkeästi kalliimpia kuin lyijyakut. Akkujen elinikä vaikuttaa vahvasti akun hintaan. Esimerkiksi plante-akku omaa 20 vuoden eliniän, kun taas VRLA-akku omaa 5-10 vuoden eliniän. Nikkeli-kadmiumakut omaavat myös 20 vuoden eliniän, mutta niiden hyvä kestävyys nostaa niiden hintatasoa. (2,220)

Kuten edellisissä kappaleissa kuitenkin mainittiin, VRLA-akut ovat suosituin vaihtoehto juuri niiden pienen koon, halvan hinnan ja tilavaatimustensa vuoksi. VRLA-akkujen kanssa on kuitenkin hyvä muistaa, että lyhyt elinikä tarkoittaa myös useita akkujen vaihtoja, mikä puolestaan tarkoittaa akunvaihdon suorittaville työmiehille maksettavaa lisäsummaa. (2,221)

Monet UPS-valmistajat ja muut yhtiöt haluavat siirtyä pois lyijyä ja kadmiumia käyttävistä akuista, johtuen näiden ongelmajäteasemasta. Tämän vuoksi monet akkuvälmistajat ovat myös siirtyneet käyttämään yhä vähemmän näitä aineita akuissaan. Mahdollisesti tulevaisuudessa UPS-laitteet saattavat käyttää litiumioniakkuja virranlähteenä. (2,221)

4 DATAKESKUS UPS-TUOTTEET

4.1 UPS-tuotetyypit

UPS-laitteita on olemassa monessa eri muodossa, eri tarkoituksiin sovellettuna. Näitä tuotetyyppejä ovat: Työpöytä- ja torni-UPS; Seinäasennettava UPS; Räkkiin asennettava UPS; ”Two in one” räkki- sekä työpöytä-UPS; Skaalautuva UPS; Suuri torni-UPS / Kolmivaihe-UPS. Kullakin UPS-tuotteella on omat edut ja ominaisuudet. Suurimmat erot ovat kuitenkin hinnassa ja toimintatehossa. (3,11)

Koska työpöytä-, seinäänasennettavat ja torni-UPS-laitteet ovat pääosin koti ja pienyrityskäyttöön, niitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

4.1.1 Räkkiin asennettava UPS ja skaalautuva UPS

Räkkiin asennettavat UPS-laitteet ovat hieman kehittyneempiä ratkaisuja työpöytä- ja seinäänasennettaviin-UPS-laitteisiin verrattuna. Ne asennetaan yleensä muiden verkkolaitteiden kanssa samaan räkkiin, jossa ne ovat kytköksissä muihin laitteisiin. Osan räkkiin asennettavista UPS-laitteista voi myös käyttää työpöytämallina. Ne ovat suunniteltu suojaamaan erilaisia verkkolaitteita, palvelimia ja muita tärkeitä tietokonelaitteita. Niitä voi myös käyttää pienten datakeskusten virransuojaukseen. Skaalautuvat UPS -laitteet ovat taas hyvä ratkaisu, kun ei tiedetä, kuinka suureksi datakeskus ja sen laitteet skaalautuvat. (3,11)

Tässä kappaleessa verrataan kolmea eri Eaton UPS -laitetta. Nämä laitteet ovat Eaton 5PX, Eaton 9130 RM ja Eaton 9170+. Kuten työpöytä-, torni- ja seinäänasennettavissa UPS-laitteissa, suurimmat erot laitteiden välillä on niiden lähtötehossa. Eaton 5PX (ks. kuva 12) on räkki-/torni-UPS-laite, jossa on 1-3 kVA lähtöteho. Se käyttää line-interactive topologiaa. Eaton 9130 RM on vain räkkiin asennettava UPS, jossa on lähtöteho 0.7-3 kVA. Se käyttää double-conversion topologiaa, eli se on virranhallinnaltaan paljon varmempi kuin line-interactive. Eaton 9170+ on skaalautuva UPS-laite, joka toimii niin räkissä kuin työpöytä-UPS-laitteena. Siinä on 3-18 kVA lähtöteho ja se käyttää double-conversion topologiaa. Skaalautuviin UPS-laitteisiin voi tarpeen mukaan ostaa uusia moduuleita ja lisäosia, joilla sen sallimaa lähtötehoa saa kasvatettua. (9)



Kuva 12. Eaton 5PX räkki-/torni-UPS-laite. (9)

Räkki-UPS-laitteet ovat selkeästi kalliimpia kuin torni-/seinä-UPS-laitteet. Tämä johtuu luonnollisesti niiden suuremmasta sallimasta lähtötehosta. Hintaan vaikuttaa myös osassa räkki-UPS-laitteissa oleva double-conversion topologia. Eaton 5PX maksaa 725-2100 euroa riippuen sallitusta voltiampeerimäärästä. Eaton 9130M maksaa 750-2160 euroa. Eaton 9130M on selkeästi kalliimpi kuin Eaton5PX, sillä se käyttää double-conversion topologiaa. Esimerkiksi 0.7 kVA Eaton 9130M on kalliimpi kuin 1kVA Eaton 5PX. Eaton 9170+ laitteiden hinta on vaikeampi laskea, sillä skaalautuvuudesta johtuen sen hinta riippuu täysin hankittujen laitteiden ja lisäosien määrästä. Ne voivat kuitenkin skaalautuvuutensa vuoksi olla edullinen ratkaisu, jos verkon laitemäärää kasvatetaan myöhemmin. (9)

4.1.2 Suuret torni-UPS-laitteet ja datakeskus-UPS-laitteet

Suuret torni-UPS-laitteet ja kolmivaiheiset UPS-laitteet ovat tehokkaimpia static-UPS malleja. Ne on suunniteltu varta vasten datakeskuksia, suuria palvelimia ja vastaavia varten. Vaikka ne eivät tehoiltaan pärjää aivan tehokkaimmille rotary-UPS-laitteille, ne ovat halvempia, helpompi huoltaa, eivät vaadi yhtä paljon tilaa ja niitä voi ostaa useita kappaleita. Kuvassa 13. on esimerkki tyypillisestä suuri torni-UPS-laitteesta. (3.11)



Kuva 13. Eaton 9355 suuri torni-UPS. (10)

Hyvin monissa kolmivaihe UPS-laitteissa oli double-conversion tai ”double-conversion on demand” topologia käytössä. ”Double-conversion on demand” on sama

kuin multi-mode UPS topologia, eli se toimii kuin line-interactive UPS normaalisti mutta suurempien vikatilanteiden sattuessa se vaihtaa double-conversion topologiaan. Datakeskus-tarkoitukseen vaadituissa UPS-laitteissa pitää olla täysin turvattu virrankulku. (10)

Kolmivaihe UPS-laitteiden lähtöteho voi olla useita satoja ja jopa tuhansia kilovolttiampeereita. Luonnollisesti johtuen niiden suuresta koosta ja niiden lähtötehosta, datakeskus-UPS-laitteet ovat merkittävästi kalliimpia kuin räkkiin-asennettavat UPS-laitteet ja vaativat omat tilansa ja jäähdytysjärjestelmänsä. Niiden hinnat vaihtelevat kymmenistä satoihin tuhansiin euroihin ja ylöspäin. Ne ovat kuitenkin tehokkain ratkaisu paljon virtaa vaativiin datakeskuksiin. Suuret torni-UPS-laitteet ovat helposti muokattavissa ja sisältävät osia joita pystyy hot-swappaamaan ja niihin voi liittää esimerkiksi erillisiä VRLA-akku-kaappeja, jolloin niiden akkukeston saa paljon pidemmäksi ja siten laitetoiminta voi säilyä pitkienkin katkosten aikana. (10)

Useissa kolmivaiheisissa UPS-laitteissa on sisäänrakennettu ilmastointijärjestelmä, redundanttinen rakenne, hyvä saatavuus ja skaalautuvuus. Redundanttisuutta UPS-laitteissa kutsutaan usein N+1 termillä. Termin N tarkoittaa moduulien määrää ja +1 viittaa taas että moduuleja on vähintään kaksi. Kun yksi laitteista hajoaa, toinen laite ottaa sen roolin virranhallinnassa. Niitä löytyy lukuisia eri malleja, jotka on suunniteltu eri asiakkaiden tarpeiden mukaan. Tässä kappaleessa verrataan kolmea kolmivaihe UPS-laitetta: MGE Galaxy 3500 3:3, MGE Galaxy 4000 3:3 ja MGE ESP 8000 3:3. MGE Galaxy 3500 3:3 on pääosin yritysten käyttöön ja prosessien suojaukseen tarkoitettu pienempi kolmivaihe UPS. Sen lähtöteho vaihtelee 10 - 40 kVA välillä. Siinä on hot-swapattavat akut ja käyttäjä voi itse vaihtaa ilmasuodattimet. MGE Galaxy 4000 3:3 on tarkoitettu enemmän keskikokoisiin datakeskuksiin ja siinä on sallittu lähtöteho 30 - 80 kVA. Se käyttää on-line double conversion -topologiaa ja siinä on suojatut virtapiirit. MGE ESP 8000 3:3 on taas tarkoitettu merkittävästi suurempiin datakeskuksiin. Sen sallima lähtöteho on 555 - 1100 kVA. Siinä on useita mahdollisia akkuvaihtoehtoja, kuten suljettu lyijyakku tai NiCd-akku, ja siinä on myös sisäänrakennettu akku-monitorointi. MGE ESP 8000 3:3 käyttää myös on-line double conversion -topologiaa. (11)

4.2 Kehittyneet UPS-teknologiat

UPS-valmistajia on monia, jonka vuoksi myös UPS-tuotteita ja teknologioita on hyvin erilaisia. UPS-teknologiaa pyritään kehittämään koko aika ja monet eri UPS-valmistajat kilpailevatkin UPS-laitteiden teknologioiden avulla. Tässä kappaleessa käsitellään Eaton-valmistajan tekemiä UPS-teknologioita.

4.2.1 Muuntajaton teknologia

Muuntajaton teknologia parantaa UPS-laitteiden suorituskykyä ja tärkeitä UPS-arvoja. Muuntajattomuus saavutetaan käyttämällä pieniä ja kevyitä suodatinkeloja, suurtehoisia vaihto- ja tasasuuntaajia ja pitkälle kehitettyjä ohjausalgoritmeja. Muuntajattomat UPS:t painavat yleensä noin 50 % vähemmän kuin perinteiset mallit, ja niiden hiilijalanjälki on vain 60 % vanhempiin malleihin verrattuna. (3,21)

4.2.2 Energy Save System (ESS)

Energy Save System (ESS) sallii UPS-laitteen syöttää verkkovirtaa suoraan kuormalle silloin, kun virran tulo on hyväksyttävissä jännite- ja taajuusrajoissa. Jos määrätyt rajat ylittyvät ja sähkön laatu on huonoa, UPS alkaa välittömästi käyttämään double-conversion topologiaa tai akustonvarmistusta ilman häiriötä. Tämän teknologian ansiosta UPS-laitteiden hyötysuhde kohoaa jopa 99 prosenttiin. ESS toimii sekä yksittäisissä että rinnankäyvissä Eaton 9395 ja 9390 UPS -kokoontuloissa. (3,21)

4.2.3 Variable Module Management System (VMMS)

Kun UPS-järjestelmän kuorma on alle 40 % täydestä kuormasta, järjestelmän hyötysuhde laskee, mikä puolestaan lisää kokonaisenergiankulutusta. Eatonin Variable Module Management System (VMMS) mahdollistaa paremman hyötysuhteen kevyemmille kuormilla. VMMS-teknologian avulla UPS päättää mitkä moduulit ovat valmiustilassa, jonka vuoksi toimintatilassa olevat moduulit syöttävät kuormaa korkeammalla hyötysuhteella. VMMS toimii Eaton 9395 UPS-laitteessa. (3,21)

4.2.4 Hot Sync –teknologia

Kuorman jakava Hot Sync -rinnankäyntitekniikka varmistaa UPS-järjestelmän suurimman mahdollisen käytettävyyden eliminoimalla yksittäisen pisteen vikaantumisriskin. Hot Sync perustuu rinnankytkentään, jossa yksi tai kaksi yksikköä jakavat saman kuorman. Kun yksi yksikkö ei toimi, toinen yksikkö hoitaa sen tehtävät, eristää viallisen yksikön ja jatkaa virran syöttämistä ilman keskeytystä. Tämä tekniikka on saatavilla kaikissa kolmivaihe UPS-laitteissa. (3,22)

4.2.5 ABM-akunsäästöteknologia

ABM (Advance Battery Management) on Eatonin kehittämä tekniikka suljettujen lyijyakkujen eliniän pidentämiseen. Perinteisessä kestovarausmenetelmässä akut joutuvat alttiiksi elektrodien korroosiolle ja elektrolyytin kuivumiselle. ABM estää tarpeettoman varauksen, mikä vähentää kulumista huomattavasti. ABM tekniikkaa on käytetty jo yli 15 vuotta UPS-laitteissa, joiden tehoalue on 1 – 160 kVA. Nykyään tekniikkaa löytyy UPS-laitteissa 1100 kVA saakka. (3,22)

4.3 Hajautettu UPS ja keskitetty UPS

UPS-laitteita on monenlaisia ja sen myötä myös erilaisia laitekokoja on monenlaisia. Hajautetussa UPS-kokoonpanossa useat UPSit tukevat muutamaa laitetta tai mahdollisesti vain yhtä laitteiston osaa. Keskitetyssä UPS-kokoonpanossa on yksi iso UPS, joka tukee useita laitteita. (3,26)

On kuitenkin mahdollista yhdistää kummatkin UPS-kokoonpanot ja täten kasvattaa tärkeiden laitteiden UPS-tehoa ja redundanttisuutta. Tämä myös mahdollistaa pidemmän varakäyntiajan laitteelle. (3,27)

4.3.1 Hajautetun UPS:n edut ja haitat

Hajautettu UPS-kokoonpano ei vaadi uudelleenkäbelointiä. Olemassa olevia seinäpistorasioita voidaan käyttää. Hajautettu UPS-kokoonpano on myös hyvin skaalautuva, joten sitä voi helposti kasvattaa tarpeen mukaan. Tämä UPS-kokoonpano on myös hyvin joustava ja mahdollistaa eritasoisten UPS-laitteiden ja akkumoduulien asentamisen sinne missä niitä tarvitsee. (3,26)

Haittapuoloina hajautetussa kokoonpanossa on UPS-laitteiden valvonnan kasvu, huollon määrän kasvu ja redundanssin puute. Valvontaa ja huoltoa pitää kasvattaa luonnollisesti suuremman laitemäärän vuoksi, sillä hajautetussa kokoonpanossa ei ole yhtä yksinäistä laitetta, joka hoitaa koko kuorman yksin. Redundanttisuutta ei ole myös samalla tavalla tarjolla kuin suurissa kolmivaihe UPS-laitteissa. Jos yksi UPS-laite hajoaa, mikään muu UPS-laite ei automaattisesti tule sitä korvaamaan. (3,26)

4.3.2 Keskitetyn UPS:n edut ja haitat

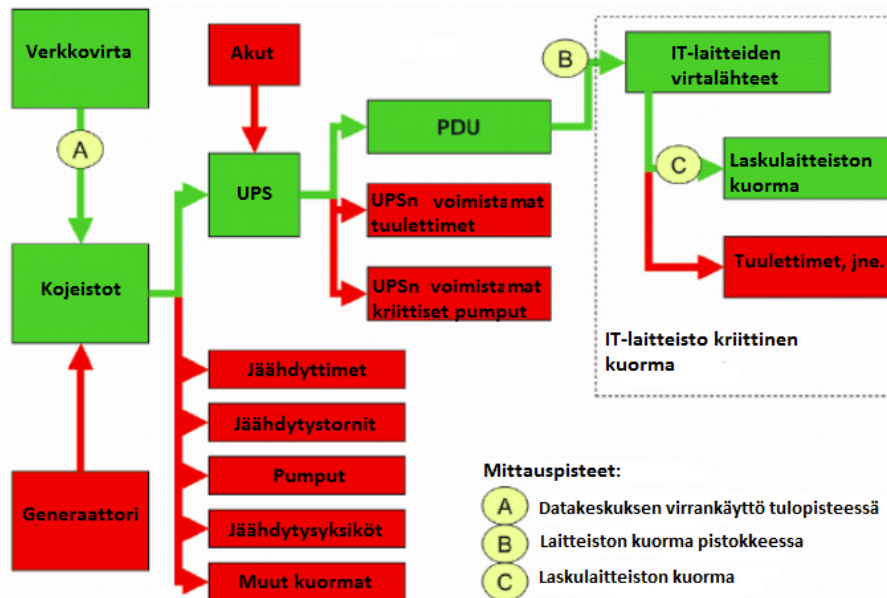
Keskitetty UPS-kokoonpano omaa yleensä pidemmän myynti- ja käyttöikänsä. Siinä on myös merkittävästi helpompi huolto, akkujen vaihto, jäähdytys, valvonta ja hoito kuin hajautetuissa järjestelmissä. Suuremmissa UPS-laitteissa on käytössä kolmivaihevirta, mikä merkitsee tehokkaampaa toimintaa ja pienempiä kustannuksia. Keskitetty UPS-kokoonpano on myös usein sijoitettu pois kaikkein kiireisimmiltä alueilta ja ei sen vuoksi joudu yhtä alttiiksi häiriöille tai vaurioitua onnettomuuksissa. (3,27)

Keskitettyjen UPS-kokoonpanojen haittana on ylimääräisen kaapelointitarve. Keskitetty UPS voi olla kaukana laitteesta, johon se on kytketty, jolloin kaapelointikustannukset voivat kasvaa merkittävästi. Lisäksi keskitetty UPS on yksittäinen UPS-laite, mikä tarkoittaa myös yksittäistä vikapistettä. Jos onnettomuuden tai muun ongelman vuoksi UPS katkeaa tai hajoaa, se vaikuttaa kaikkiin laitteisiin, joihin se on kytketty. Keskitetyt UPS-laitteet vaativat myös koulutetun huoltomekaanikon tai sähkömekaanikon asennusta varten, mikä lisää entisestään kustannuksia. (3,27)

4.4 Oikean UPS-laitteen valinta

UPS-laitetta valittaessa pitää ottaa huomioon useita seikkoja. Yksi tärkeimpiä valintoja on yksivaiheisen ja kolmivaiheisen UPS-laitteen välinen valinta. Tämä valinta perustuu osittain sähköympäristöön. Kolmivaihevirta on tehokkaampaa, turvallisempaa ja myös halvempaa. Kolmivaihe UPS-laitteet ovat tosin kalliimpia ja yleensä myös suurempia kuin yksivaihevirtaa käyttävät UPS-laitteet. Tämän vuoksi myös asennusympäristöllä on suuri merkitys valittaviin laitteisiin. (3,23)

Ennen UPS-laitteen hankintaa on kuitenkin syytä selvittää koko datakeskuksen infrastruktuuri. Tätä varten on olemassa erilaisia malleja. Kuvassa 14. näkyvässä kaaviossa on kuvattuna UPS-laitteiden sijainti datakeskuksen rakenteessa ja kyseiseen kuvaan on myös merkitty mittauspisteet, joissa tulevan virran ja kuorman määrä voidaan mitata. Ennen itse UPS-laitetta, pääkojeistoon on kytketty generaattori, joka toimii pääasiallisena varavirranlähteenä, ainakin pitkien katkojen aikana. Monet jäähdytyslaitteista eivät välttämättä ole edes UPS-laitteen takana, vaan niiden varavirta toimii generaattorin kautta. UPS suojaa virranjakoyksikköä (PDU) ja se voi suojata osaa jäähdytyslaitteista myös. Virranjakoyksikön takana on varsinaiset IT-laitteet. (12,16)



Kuva 14. Datakeskuksen virrankulku. (12)

Lähtöteho ja hyötysuhde ovat myös tärkeitä arvoja mietittäväksi. Lähtötehossa on erityisesti syytä ottaa huomioon lähtötehon eroavaisuus tulotehosta. Hyötysuhde lasketaan UPS lähdön pätöteho (W) jaettuna tulon pätötehoilla (W). Hyötysuhteen avulla nähdään, kuinka suuri osa UPS-laitteeseen menevästä tehosta voidaan hyödyntää laitteen alkuperäistä tarkoitusta varten. Laitteet, joissa on korkea hyötysuhde, pystyvät hyödyntämään suuremman määrän tulotehosta ja siten UPS-laite on tehokkaampi. Tällöin myös sähkökustannukset laskevat merkittävästi. Jo yhden prosentin ero hyötysuhteessa voi merkitä useiden vuosien ajalla tuhansien eurojen säästöä. Lisäksi on hyvä tietää UPS-laitteen tehokerroin. Tehokerroin lasketaan erikseen sekä tulosta että lähdöstä. Tulopuolella tehokerroin saadaan laskemalla tulon

pätötehon (W) suhde tulon näennäistehoon (VA) ja lähtöpuolella tehokerroin saadaan laskemalla lähdön pätötehon (W) suhde lähdön näennäistehoon (VA). (3,23)

Kun datakeskuksen koko on määritetty, on tärkeää mitoittaa UPS-laite myös oikean kokoiseksi. Tätä varten pitää tietää konesalin kapasiteetti, laitteiden oikea kuorma ja näiden avulla asennettava kapasiteetti. Liian tehokkaan UPS-laitteen hankkiminen on rahan pois heittämistä. Liian vähätehoinen UPS-laite ei taas kykene turvaamaan kaikkia laitteita. On myös tärkeää ottaa huomioon skaalautuvuus, sillä datakeskukset kehittyvät ja kasvavat ja UPS-laitteen pitää kasvaa sen mukana. Tämän vuoksi laitteen modulaarisuus on syytä selvittää. (12,14)

Luonnollisesti, budjetti on yksi tärkeimpiä mietintäkohteita UPS-laitteen valinnassa datakeskuksiin. Mitä tehokkaampi, redundanttisempi ja modulaarisempi laite on, sitä kalliimpi se on. Datakeskuksia suunniteltaessa on otettava huomioon kokonaisbudjetti, ja UPS-laite on myös harkittava tämän budjetin mukaiseksi. Tähän kuuluu myös UPS-laitteiden jäähdytys ja muut lisälaitteet, kuten ylimääräiset akkukaapit. Tärkeintä on kuitenkin varmistaa, että UPS-laitteen lähtöteho ei ole liian alhainen datakeskuksen virransuojaukseen. (3,25)

Eräs mahdollinen hankittava UPS-järjestelmä kyberturvallisuuslaboratorioon on Rittalin UPS-järjestelmä. Tässä järjestelmässä on double-conversion topologia, suuri 95 % hyötysuhde ja kyky vaihtaa moduulit lennossa hot swap-tekniikan avulla. Tässä järjestelmässä on yksi kaappi, johon mahtuu 5 moduulia. Tähän kaappiin on tarkoitus hankkia kaksi 20kW moduulia, jotka käyttävät n+1 redundanttisuutta. Kaapin akuston varakäyntiaika on n. 25 minuuttia täydellä kuormalla. Koska kaapissa on tilaa 5 moduulille, joista vain kaksi on käytössä, tässä UPS-järjestelmässä on hyvä skaalautuvuus ja datakeskuksen laitemäärän kasvaessa, voidaan tarpeen mukaan hankkia lisää moduuleita ja ylimääräisiä akkukaappeja.

5 YHTEENVETO

Ensimmäinen tärkeä valinta UPS-laitteissa on rotary ja static UPS-laitteiden välillä. Rotary UPS on tehokkain ratkaisu suurikokoisissa datakeskuksissa ja tehtaissa, joissa kulkee monen megawatin edestä tehoa. Perinteisemmissä ja pienemmissä datakeskuksissa static UPS on kuitenkin selkeästi kustannustehokkaampiratkaisu ja ei sisällä samanlaisia huoltotoimenpiteitä ja laitteen sijoitusongelmia kuin rotary UPS.

Lisäksi pitää ottaa huomioon UPS-laitteen käyttämä virtatyyppi, eli valinta kolmivaihe- ja yksivaihevirran välillä. Suuremmissa datakeskuksissa kolmivaihevirta on kustannustehokkain.

Datakeskusten UPS-laitteita valittaessa on tärkeää myös ottaa huomioon käytettävä topologia. UPS-laitteiden topologioista parhaiten datakeskuksiin soveltuu double-conversion-järjestelmä tai multi-mode-järjestelmä, sillä nämä takaavat parhaimman saatavuuden ja tehokkuuden.

Akkutyypit ovat usein valmiiksi määriteltä kuhunkin UPS-laitteeseen, mutta niiden vaihtamista toisenlaiseen tyyppiin on syytä harkita, jos datakeskus sijaitsee alueessa, jossa on suurempia lämpötilavaihteluita ja muita häiriöitä. Yleisesti hyödyllisin ja suosituin akkutyypit on kuitenkin suljettu lyijyakku, eli VRLA-akku, sillä se on pienikokoisin, helppo vaihtaa ja se on halvin akkutyypit.

UPS-tuotteista on tärkeää tietää laitteen hyötysuhde ja lähtöteho. Lähtötehon pitää olla mitoitettu datakeskuksen kokoon nähden sopivaksi, ja siihen on hyvä jättää myös kasvuvaraa, sillä skaalattavuus on tärkeä osa datakeskusten rakennetta. Myös redundanttisuudella on suuri merkitys datakeskusten UPS-laitteissa, sillä se parantaa laitteiden saatavuutta.

Yksi kyberturvallisuuslaboratoriota varten harkittu UPS-laite on Rittalin UPS-järjestelmä. Siinä on double-conversion-topologia käytössä, hyötysuhde on 95 % ja sen moduulit voi vaihtaa käytön aikana. Järjestelmässä on yksi kaappi, johon on tarkoitus ottaa 2 moduulia, joiden teho on 20 kW. Kyseinen järjestelmä käyttää n+1 redundanttisuutta. Sen käyttämä akusto antaa jopa 25 minuutin varakäyntiajan. Koska kaapissa on tilaa 5 moduulille, siinä on hyvin skaalausvara ja se toimii sen vuoksi hyvänä vaihtoehtona kyberturvallisuuslaboratorion tarpeisiin.

Loppujen lopuksi, tärkeintä datakeskusten UPS-laitteiden valinnassa on datakeskus itse ja sen koko. Pienitehoinen UPS-laite ei suojaa suurta datakeskusta ja suuritehoinen UPS-laite on turha hankinta pienelle datakeskukselle.

LÄHTEET

- (1) Loeffler, C & Spears, E. Eaton UPS Basics pdf:
<http://powerquality.eaton.com/EMEA/About-Us/News-Events/whitepapers/default.asp> [Viitattu: 15.01.2014]
- (2) Kirjalähde: King, A & Knight, W. 2009 Uninterruptible Power Supplies and Standby Power Systems. Julkaisija: McGraw-Hill
- (3) 2012 Eaton UPS Käsikirja (Suomenkielinen)
<http://pulsar.eaton.com/EMEA/Products-services/Backup-Power-UPS/9390-UPS/9390-info.asp?CX=79> [Viitattu: 26.01.2014]
- (4) Rasmussen, N. Schneider electric. 2011 The different types of UPS systems
http://www.apcmedia.com/salestools/SADE-5TNM3Y/SADE-5TNM3Y_R7_EN.pdf [Viitattu: 19.01.2014]
- (5) Cottuli, C. Schneider electric. 2011 Comparison of Standby and Rotary UPS
http://www.apcmedia.com/salestools/DBOY-78KRZE/DBOY-78KRZE_R2_EN.pdf [Viitattu: 26.01.2014]
- (6) Solarpanelgeek kotisivu (kuvalähde) <http://solarpanelgeek.com/3-type-of-deep-cycle-battery-for-pv-system/> [Viitattu: 20.02.2014]
- (7) Global sources kotisivu (kuvalähde)
<http://www.globalsources.com/gsol/I/Alkaline-battery/p/sm/1051403105.htm#1051403105> [Viitattu: 20.02.2014]
- (8) Eaton kauppasivu, kotikäyttöiset UPS-laitteet
<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/PC-Workstation-Home-AV/default.aspx> [Viitattu: 13.03.2014]
- (9) Eaton kauppasivu, verkko UPS-laitteet <http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/Network-Server.asp> [Viitattu: 13.03.2014]

- (10) Eaton kauppasivu, suuret torni-UPS-laitteet ja datakeskus UPS-laitteet
<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/Data-Center-Facility/default.aspx> [Viitattu: 14.03.2014]
- (11) Schneider Electric. 2012 Secure Power Solution -pdf
http://www.apcmedia.com/salestools/LARD-96KB3X/LARD-96KB3X_R0_EN.pdf [Viitattu 07.04.2014]
- (12) Friedhelm group. 2008 Rittal – Turvallinen ja energiatehokas konesali -pdf
<http://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/downloads/Downloads.jsp> [Viitattu 13.04.2014]