

Aleksi Halinen

UPSG-LAITTEISTON TUOTTAMAN SÄHKÖN LAATU

UPSG-LAITTEISTON TUOTTAMAN SÄHKÖN LAATU

Alexi Halinen
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Aleksi Halinen
Opinnäytetyön nimi: UPSG-laitteiston tuottaman sähkön laatu
Työn ohjaaja: Heikki Kurki
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021
Sivumäärä: 37

Tämän työn tarkoituksena oli tutustua Eatonin valmistamaan UPSG-varavoimalaitteistoon, joka liitetään osaksi Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratorion sähköjärjestelmää. Tavoitteena oli tutkia tarkemmin UPSG-laitteiston tuottaman sähkön laatua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Näiden lisäksi tarkasteltiin, miten UPSG eliminoi sähköverkossa ilmeneviä häiriöitä. Työtä varten aiheeseen tutustuttiin sähköalan kirjallisuuden, laitteiston valmistajien manuaalien sekä verkkodokumenttien avulla.

Opinnäytetyö oli tarkoitus jakaa teoriaosioon ja mittausosioon, jossa olisi konkreettisesti tutkittu, täytyvätkö valmistajan ilmoittamat vaatimukset sähkön laadun näkökulmasta. Valitettavasti UPSG-laitteiston toimitus viivästyi, eikä suunniteltua mittausosiota voitu toteuttaa. Tämän vuoksi tutkimustyö rajoittui teoriapainotteiseksi kokonaisuudeksi, jossa käsitellään sähkön laatuun vaikuttavia tekijöitä jakelu- ja saarekeverkkokäytössä.

UPSG-laitteistolla on kyky tuottaa laadukasta sähköä myös pitkäaikaisesti. Tämä ominaisuus tulee kiinnostamaan etenkin yrityksiä, joilla on tarve taata katkeamaton sähkönsyöttö myös pidempien sähkökatkojen aikana. Tekemäni tutkimustyön tuloksena voin todeta, että lähitulevaisuudessa UPSG-laitteisto tulee haastamaan nykyiset varavoimaratkaisut ja sille on varmasti kysyntää teollisuusmarkkinoilla.

Asiasanat: UPSG, generaattori, sähkön laatu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

Author: Aleksi Halinen
Title of thesis: Electric Power Quality by UPSG
Supervisor: Heikki Kurki
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Number of pages: 37

The purpose of this thesis was to get acquainted with the UPSG backup power plant manufactured by Eaton, which will be connected as part of the hybrid laboratory low voltage network at Oulu University of Applied Sciences. More specifically the aim was to study the quality of the electricity generated by the UPSG and which factors affecting it. In addition to this, it was investigated how UPSG eliminates network disturbances. For the thesis, the topic was introduced with the help of electrical literature, manufacturers manuals and online documents.

At first the thesis was meant to be divided into theory and measurement parts, in which it would have been concretely examined whether the requirements stated by the manufacturer are met from the point of view of power quality. Unfortunately, the delivery of the UPSG was delayed and the planned measurement part could not be performed. Therefore, the research work was limited to a theory-focused package that deals with the factors affecting electricity quality in distribution and island network use.

UPSG has the ability to generate high quality electric power for extended periods of time. This feature will be of particular interest to companies that need to guarantee an uninterruptible power supply even during longer power outages. As a result of the research it can be stated that in the future, UPSG will challenge current backup power solutions and there will certainly be a demand for it in the industrial market.

Keywords: UPSG, generator, electric power quality

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖENERGIAN TUOTANTO GENERAATTORILLA	8
3	ERILAISET UPS-GENERAATTORITYYPIT	10
3.1	Dieselgeneraattori	10
3.2	Tulevaisuuden ratkaisut.....	11
4	GENERAATTORIN SÄHKÖ- JA SÄÄTÖTEKNIikka	12
4.1	Oamkin laitteiston tekniset tiedot.....	12
4.2	Ohjaukset.....	13
4.3	Suojaukset.....	14
5	SÄHKÖN LAATU	15
5.1	Harmoniset yliaallot ja loisteho	16
5.2	Kytkeytyminen sähköverkkoon	18
5.2.1	Saarekekäyttö	18
5.2.2	Jakeluverkkokäyttö	19
5.3	Taajuusvaihtelut	19
5.4	Kuormitusvaihtelut ja suojaus.....	20
6	SÄHKÖN LAADUN PARANTAMINEN.....	24
6.1	Lyhyet katkot eli ”räpsyt”.....	24
6.2	Pidempiaikaiset katkot.....	24
6.3	Superkondensaattori	25
6.4	Aktiivisuodatin	28
6.5	Muuntimet.....	28
7	SÄHKÖTEKNISTEN SUUREIDEN MITTAAMINEN	29
8	SÄHKÖN LAADUN MITTAUS JA ANALYSOINTI.....	30
8.1	Sähkö laadun analysaattori	30
8.2	Mittauspisteiden määrittäminen	32
8.3	Mittaustulosten tallentaminen	33
8.4	Mittaustulosten analysointi	33
9	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET.....	35

Opinnäytetyössä käytetyt lyhenteet ja sanasto

AJK	aikajälleenkytkentä
generaattori	kone, jolla muutetaan mekaanista energiaa sähköenergiaksi
Hz	hertsi, taajuuden yksikkö
käämi	kelan ympärille johtimesta kerälle kierretty johdinkerä
PJK	pikajälleenkytkentä
rele	sähköisesti ohjattava kytkin
UPS	laite, joka toimii hetkellisenä virtalähteenä lyhyiden sähkökatkojen sekä jännitetason vaihteluiden aikana
UPSG	varavirtalähde generaattorilla, pystyy katkeamattomaan sähkönsyöttöön pidemmissä sähkökatkoissa

1 JOHDANTO

Nykypäivän maailma ja sen asettamat tarpeet luovat haasteita tekniikan ja teknologian näkökulmasta. Myös sähkötekniikan alalla vaatimukset ja standardit uusiutuvat. Näiden syiden vuoksi sähkön laatua pyritään jatkuvasti parantamaan eri toimenpitein. Ilmajohtoverkkoa korvataan maakaapeilla sekä älykkäitä releitä ja muuta tehoelektroniikkaa hyödynnetään yhä enemmän sähkökatkosten minimoimiseksi. Tämä ilmenee myös UPS-laitteistojen kehityksessä generaattorin tullessa osaksi perinteistä UPS-laitteistoa.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutustua Oulun ammattikorkeakoulun käyttöön tilatun uuden UPSG-laitteiston toimintaan, jossa UPS-laitteeseen on yhdistetty sähköenergiaa tuottava dieselgeneraattori. Lisäksi työssä perehdyttiin tarkemmin laitteiston tuottaman sähkön laatuun ja sen parantamiseen. Tavoitteena oli myös tutkia varavoimakoneen vaikutuksia häiriöiden muodostumiseen ja kompensointiin. Lisäksi lähdettiin hakemaan vertailuasetelmaa sille, kuinka laadukasta sähköä UPSG-laitteiston generaattori pystyy tuottamaan valtakunnan sähköverkkoon verrattuna. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun kanssa.

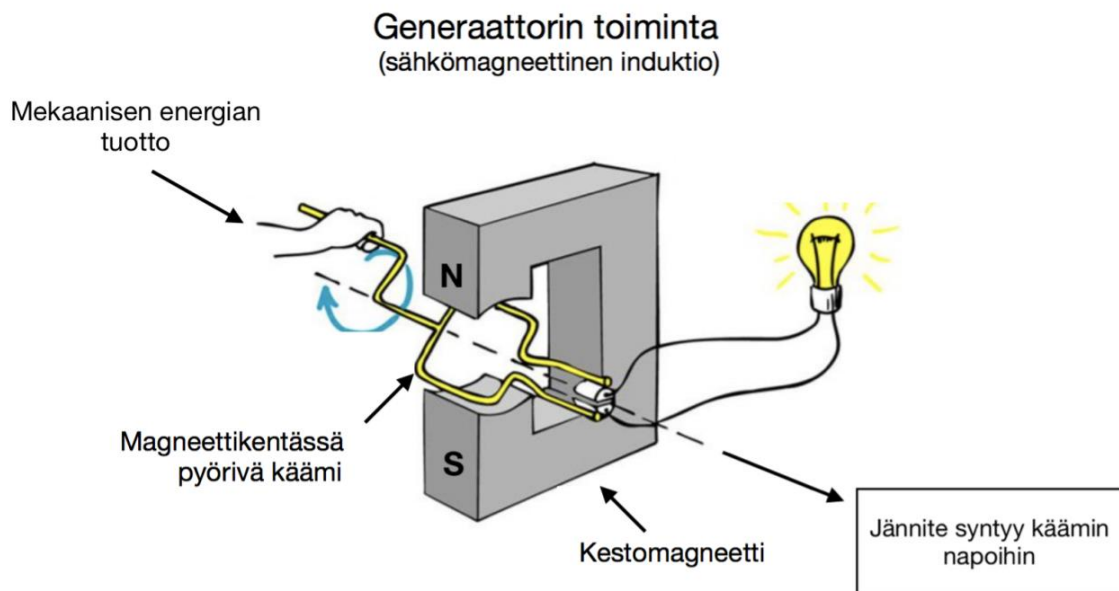
Täysin uudenlainen UPSG-laitteisto eroaa tavanomaisesta UPS-laitteistosta siten, että UPS-laitteiston yhteyteen on liitetty sähköä tuottava dieselgeneraattori. Tavallisella UPS-laitteistolla ei tätä ominaisuutta ole, vaan se toimii hetkellisenä virranlähteenä lyhyen sähkökatkon sattuessa. Generaattorin avulla sähköä voidaan tuottaa myös pidempiaikaisen sähkökatkon sattuessa, yhtäjaksoisesti jopa 10 tunnin ajan. (1.) Oamkin hybridilaboratorioiden käyttötärpeisiin UPSG-konttiratkaisun arvioidaan tuottavan sähköä jopa neljästä viiteen vuorokautta. (2).

Oulun ammattikorkeakoulun Linnanmaan kampuksen hybridilaboratoriossa UPSG-konttiratkaisu liitetään osaksi saarekeverkkoa, joten varavoimakoneella tuotettua sähköä voidaan käyttää suoraan hybridilaboratorion kulutuskohteissa. Tarkoituksena on käyttää UPSG-laitteistoa opetustarkoitukseen havainnollistamaan, kuinka varavoimakontti käytännössä toimii sähkökatkosten aikana. (2.)

UPSG on laitteistona uusi myös Oamkin henkilöstölle, mikä toi siltä osin mukavasti mielekkyyttä ja haasteita opinnäytetyön tekemiseen. Valitettavasti UPSG:n toimitus ja sen käyttöönotto viivästyi niin paljon, ettei varsinaisia mittauksia pystytty toteuttamaan ja työ jäi tältä osin teoriapainotteiseksi.

2 SÄHKÖENERGIAN TUOTANTO GENERAATTORILLA

Sähköenergiaa voidaan tuottaa monin eri tavoin kuten erilaisten paristojen tai poltto- ja aurinkokennojen avulla. Pääsääntöisesti sähköä tuotetaan kuitenkin generaattorilla, sillä se mahdollistaa jatkuvan sähkön tuotannon suurempia määriä sähköä tuottaessa (3). Generaattorin toiminta perustuu mekaanisen energian eli liike-energian tai lämpöenergian hyödyntämiseen polttoaineena. Polttoaineen avulla saadaan aikaan sähkömagneettinen induktio. Käämin napoihin syntyy jännite, jonka seurauksena generaattori alkaa pyöriä, ja se alkaa tuottamaan sähköenergiaa (kuva 1). (4.)



KUVA 1. Sähkömagneettinen induktio (5)

Tyypillisesti sähköä tuottaessa generaattoreina käytetään tahtigeneraattoreita, jollainen tässä työssä tutkittavan UPSG-laitteiston generaattori myös on. Rakenteeltaan tahtigeneraattoreita on olemassa kahdenlaisia: nopeasti pyöriviä umpinapageneraattoreita sekä hitaasti pyöriviä avonapageneraattoreita. Umpinapageneraattoreissa käämitys on staattorin urissa, kun taas avonapageneraattoreissa käämitys sijaitsee roottorin sakaroissa. Avonapageneraattoreita suositetaan ajettaessa hitaammilla kierrosnopeuksilla, kun taas umpinapageneraattoreita käytetään suuremmilla nopeuksilla ajettaessa. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä kohteista, joissa umpi- ja avonapageneraattoreita käytetään sekä niiden käyttämät pyörimisnopeudet. (6.)

TAULUKKO 1. Esimerkkejä avo- ja umpinapaisten generaattoreiden käyttökohteista (6)

	avo- eli varsinapakone		umpinapa- eli lieriöroottorikone		
voimalaitos	vesi	diesel	diesel	höyry ja kaasu	ydin
pyörimisnopeus [1/min]	75... 500	500... 1500	500... 1500	3000	1500

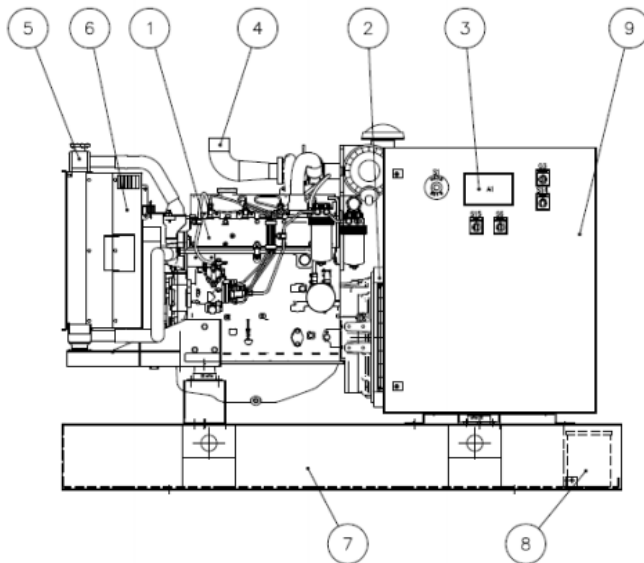
Teollisuuden voimalaitoksissa generaattorin yleisimpinä energianlähteinä käytetään ydin-, vesi-, aurinko- tai tuulivoimaa (4). Pienemmissä määrin generaattorin polttoaineena käytetään yleensä dieseliä. UPSG-laitteiston generaattorin polttoaineena voidaan käyttää dieselin lisäksi myös EN 15940 -standardin mukaista biodieseliä tai biodieselsekoitusta. Polttoaineen valinnan kanssa on syytä kuitenkin noudattaa äärimmäistä varovaisuutta, sillä generaattori voi vaurioitua käytettäessä sille sopimatonta polttoainetta. UPSG-laitteiston dieselgeneraattorille sopivista polttoaineista on kerrottu tarkemmin valmistajan käyttöoppaassa. (7.)

3 ERILAISET UPS-GENERAATTORITYYPIT

Tässä luvussa käsitellään erilaisia UPSG-laitteistossa käytettäviä generaattoryyppjeä. Koska UPSG on keksintönä uusi, on luku jaettu kahteen alalukuun: nykyiseen dieselgeneraattoriratkaisuun sekä tulevaisuuden ratkaisuihin.

3.1 Dieselgeneraattori

Tällä hetkellä ainoa käytössä oleva generaattoryyppi UPSG-laitteistoissa on dieselgeneraattori. Dieselgeneraattorin tarkoitus on pystyä turvaamaan UPS-laitteiston keskeytymätön sähkönsaanti sähkökatkon sattuessa. Sähkökatkotilanteessa UPS-laitteiston superkondensaattorit laukaisevat käskyn dieselgeneraattorille, joka alkaa tuottaa sähköä käyttäen dieseliä polttoaineena. Generaattoriin asennettujen antureiden avulla se tunnistaa sähkökatkon päättymisen ja palauttaa kuorman valtakunnan verkkoon automaattisesti. Alla on esitetty periaatekokoontapano UPSG-laitteistossa käytettävästä ACGO Power-dieselgeneraattorista (kuva 2).



1. Dieselmoottori AGCO POWER
2. Generaattori
3. Ohjausyksikkö
4. Pakokaasu, poisto
5. Kennojähdytin
6. Poistoilmapuhallin
7. Teräsalusta ja polttoainesäiliö (Vakiorakenne)
8. Akku (Vakiorakenne)
9. Sähkökojeisto (Vakiorakenne)

KUVA 2. UPSG-laitteiston dieselgeneraattorin periaatekokoontapano (8)

3.2 Tulevaisuuden ratkaisut

Dieselmootoreilla varustetuissa generaattoreissa käytetään polttoaineena pääsääntöisesti perinteistä dieseliä. Kestävän kehityksen edistämiseksi ja ympäristön saastuttamisen vähentämiseksi generaattoreissa pyritään kuitenkin tulevaisuudessa käyttämään ympäristöystävällisempiä polttoaineita kuten biodieseliä, maa- tai biokaasua. Ekologisten polttoaineiden käyttö polttomootoreissa onkin jo kovasti yleistymään päin esimerkiksi autoissa ja aggregaateissa. Kysynnän kasvu ilmenee muun muassa tankkausasemien laajentuneessa polttoainevalikoimassa sekä lisääntyneessä kaasutankkausasemien määrässä.

Vaikka dieselgeneraattorit toimivat yleisesti pelkästään dieselin avulla, voidaan UPSG-laitteistossa käytettävää AGCO Powerin dieselgeneraattoria ajaa käyttäen pelkästään EN 15940 -standardin mukaista biodieseliä (7). Biodieselin hinta verrattuna fossiiliseen dieseliin on kuitenkin vielä hieman korkeampi, mikä vaikuttaa toistaiseksi ihmisten kulutuskäyttäytymiseen (9).

4 GENERAATTORIN SÄHKÖ- JA SÄÄTÖTEKNIikka

Luvussa 4 on käsitelty Oamkin UPSG-laitteistossa käytettävän dieselgeneraattorin teknisiä tietoja. Lisäksi alaluvuissa on perehdytty dieselgeneraattorin sähkö- ja säätötekniikkaan.

4.1 Oamkin laitteiston tekniset tiedot

Oulun ammattikorkeakoulun tilaamassa UPSG-varavoimakontissa generaattorina käytetään AGCO Powerin valmistamaa 60 kVA dieselgeneraattoria (kuva 3). Taulukossa 2 on esitetty tarkemmin valmistajalta saadut tekniset tiedot generaattorista. Oamkin UPSG-laitteistossa käytettävän generaattorin tekniset tiedot on rajattu taulukossa keltaisella värillä (taulukko 2).



KUVA 3. UPSG-laitteiston dieselgeneraattori

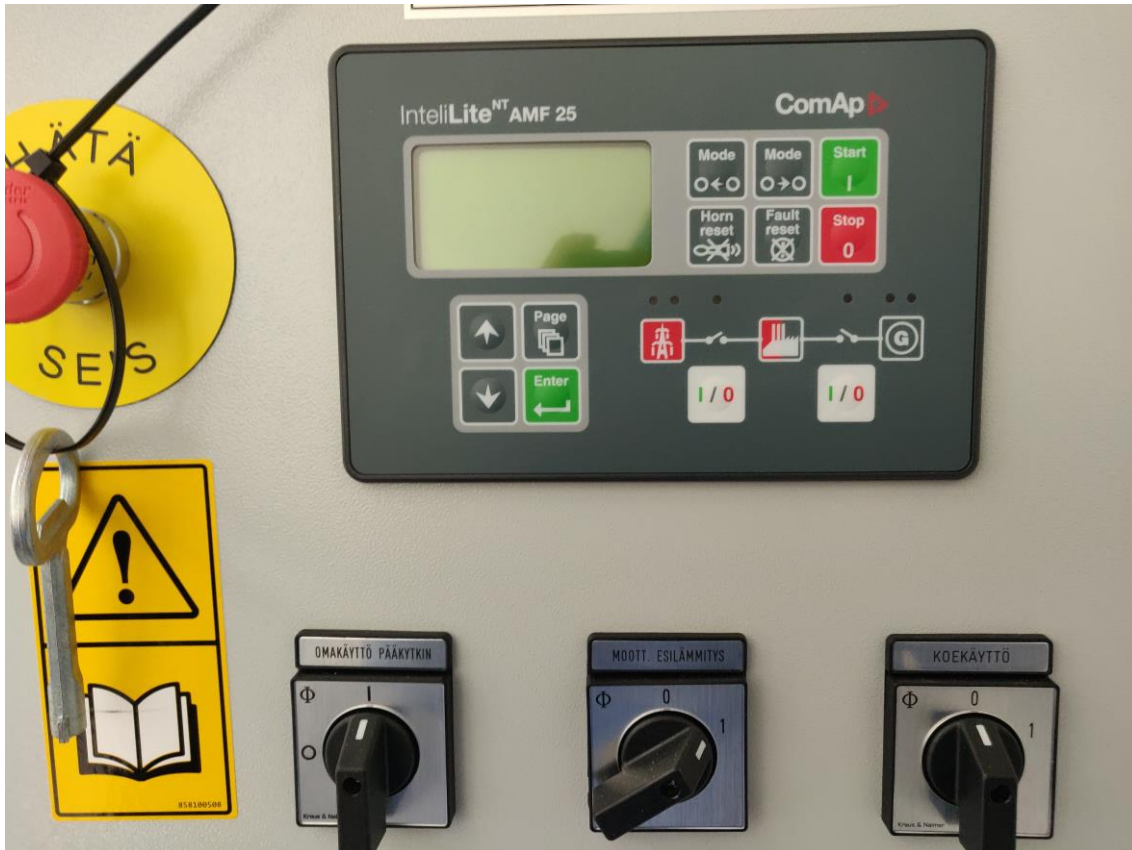
TAULUKKO 2. Oamkin UPSG-laitteiston dieselgeneraattorin teknisiä tietoja (8)

PÄÄARVOT						
Teho PRP ¹ , kVA / kW	60/48	90/72	110/88	150/120	205/164	250/200
Teho LTP ² , kVA / kW	66/53	99/79	121/97	165/132	225/180	275/220
Moottori	33DTG	49DTG	49DTAG	74DTG	74DTAG	84WIG
Sylinterien lukumäärä	3	4	4	6	6	6
Käyntinopeus, rpm	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Sähköjärjestelmä, V	12	12	12	12	12	12
Suojausluokka	IP23	IP23	IP23	IP23	IP23	IP23
Tehokerroin, cos φ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Taajuus@1500 rpm, Hz	50	50	50	50	50	50
Nimellisvirta, A (PRP)	87	130	159	217	296	361
Kulutus@100% PRP, l/h	14,7	21,1	25,8	33,8	44,6	49
Generaattori, Meccalte	ECP322M4C	ECP342S4C	ECP342M4C	ECP341L4C	ECO383S4A	ECO381L4A
Palamisilma, m ³ /min	5	7,5	10	12,6	17	15,5
Jäähdytysilma, m ³ /min	110	145	174	216	234	300
PÄÄMITAT						
PA -tankin tilavuus/l, runkotankki	200	200	350	350	350	350
PA -tankillisen kesto@100 % PRP, h, runkotankki	14	9,5	14	10,5	8	7
Jäähdytysnesteen tilavuus, l	11	20	24	31	35	37

UPSG-laitteistossa käytettävää AGCO:n dieselgeneraattoria pystytään käyttämään joko automaattilla tai käsikäytöllä. Käytön valinta tapahtuu generaattoriin liitetyn ComAp-ohjausyksikön avulla. (8.)

4.2 Ohjaukset

AGCO Powerin dieselgeneraattorin käyttö ja sen ohjaukset on tehty käyttäjälle helppoiksi. Dieselgeneraattori on varustettu kojeistokaapin etupaneeliin liitettyllä ohjausyksiköllä, josta käyttäjä voi itse valita generaattorille haluamansa käyttötavan (kuva 4). (8.)



KUVA 4. Dieselgeneraattorin ComAp-ohjausyksikkö

Dieselgeneraattorin ohjausyksikössä on neljä eri tapaa, joilla generaattoria voidaan ajaa: auto-
maattikäyttö, käsikäyttö sekä koekäytöt kuormittamattomana ja kuormitettuna. Käytön valinta ta-
pahtuu ohjausyksikön avulla. Ohjaus tapahtuu painamalla ensin MODE-näppäintä, jonka jälkeen
valitaan haluttu ajotapa. Lisäksi käyttäjä voi valita moottorin esilämmityksen ennen sen käyttöä.
(8.) Tarkemmat käyttöohjeet generaattorille ovat ACGO Powerin käyttöoppaassa.

4.3 Suojaukset

Dieselgeneraattorin suojaukset on toteutettu moottoriohjattujen generaattori- ja verkkokatkaisijoi-
den avulla. Lisäksi katkaisijoissa on omat suojareleet, jotka laukeavat ja katkaisevat kuorman yli-
kuormitustilanteissa. Generaattori- ja verkkokatkaisijoiden toimintaa voidaan hallita saman ohjaus-
yksikön avulla, jolla itse generaattorin ajo ja ohjaus tapahtuvat. (8.)

5 SÄHKÖN LAATU

Sähkön laatu ja sen ylläpito ovat monella tavalla tärkeitä asioita sähkön kuluttajille. Huonolaatuinen ja epätasainen sähkö voi saada aikaan sähkökatkoksia tai pahimmassa tapauksessa sähkölaitteiden rikkoutumisia. Tällaisissa tapauksissa yksittäiselle kuluttajalle harminä on lähinnä mielipahaa, mutta suurissa ja paljon sähköä käyttävissä yrityksissä kuten esimerkiksi tuotantolaitoksissa sähköhäiriöt voivat tulla erittäin kalliiksi prosessin keskeytyessä. Tämän vuoksi sähköä tuottavien ja sitä siirtävien yhtiöiden on pidettävä erityistä huolta kuluttajille siirrettävän sähkön laadusta.

Häiriöt sähköverkossa johtuvat yleensä joko helpommin havaittavista galvaanisista häiriöistä tai enemmän selvitystä vaativista sähkömagneettisista häiriöistä. Galvaanisia häiriöitä voivat olla esimerkiksi verkon epäsymmetria, maadoitusviat, ylivirrat ja -jännitteet tai niiden vaihtelut. Sähkömagneettisiksi häiriöiksi voidaan lukea erilaiset sähkö- ja magneettikentistä tai radiotaajuuksista johtuvat häiriöt. Sähkön laadun parantamiseksi verkkoon voidaan liittää esimerkiksi aktiivisuodattimia, taajuusmuuttajia, UPS-laitteistoja tai superkondensaattoreita, joilla saadaan tasattua ja eliminoitua sähköverkossa tapahtuvia piikkejä ja häiriöitä. (10.)

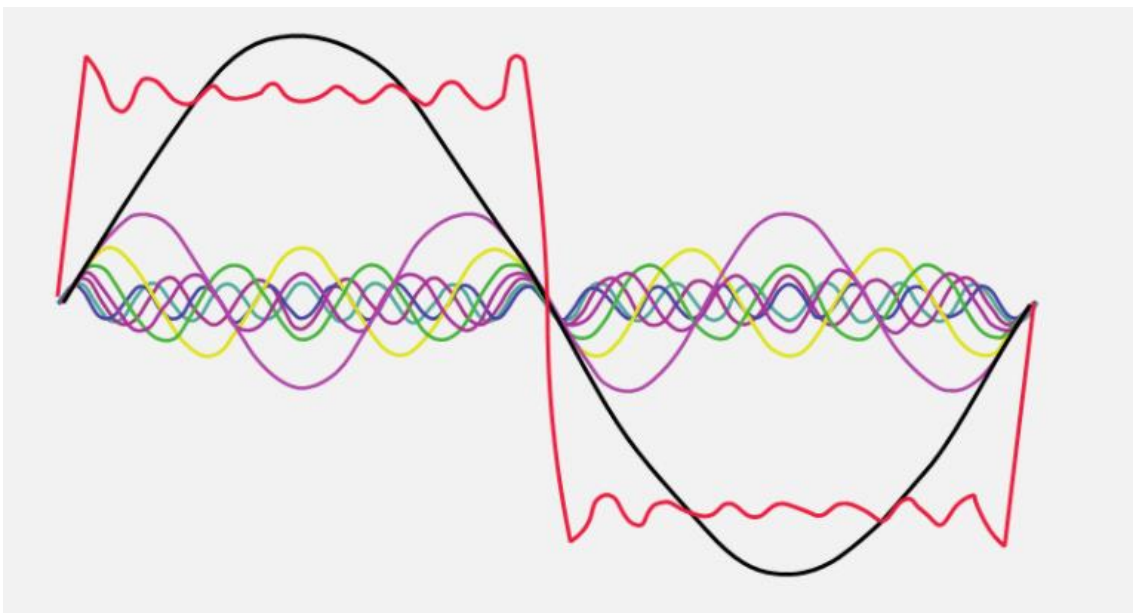
UPSG:n saarekekäytössä ilmeneviä tyypillisiä häiriöitä ovat muun muassa yliaallot, pienet sähkökatkot sekä jännitevaihtelut kuormitusvaihteluiden seurauksena. UPS:n ja superkondensaattoreiden avulla laitteisto pyrkii eliminoimaan verkkohäiriöt ja pitämään tuottamansa sähkön laadun tasaisena. (11.)

Suomessa sähkönjakelusta sekä sähkön laadun ylläpitämisestä vastaavat luvanvaraista toimintaa harjoittavat jakeluverkkoyhtiöt (12). Isommassa mittakaavassa itse kantaverkon ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid (13).

5.1 Harmoniset yliaallot ja loisteho

Yliaallot voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: epäharmonisiin sekä harmonisiin yliaaltoihin. Harmoniset yliaallot ovat sähkön syötössä ilmeneviä verkkotaajuuden monikertoja eli sinimuotoisia aaltoja, jotka ylittävät verkon nimellistaajuuden ja saavat aikaan häiriöitä sähköverkkoon. Tällaisia häiriöitä ovat muun muassa erilaiset verkkokomponenttien yli- ja alikuormitustilanteet, haitalliset magneettikentät johtimissa sekä taajuuden muutoksista johtuvat sähkölaitteiden rikkoutumiset.

Kuvassa 5 on esitetty, miten virheetön jännite tai virta sekä harmoniset yliaallot näyttäytyvät sähköverkossa. Mustalla piirretty siniaaltonen viiva kuvaa virheetöntä jännitettä tai virtaa, värilliset viivat lukuun ottamatta punaista kuvaavat sähköverkossa ilmeneviä yliaaltoja ja niiden kerrannaisia. Punainen viiva kuvaa värillisiä viivoja eli sitä, miten harmoniset yliaallot näyttäytyvät niiden summautessa yhteen muodostaen säröytynyttä siniaaltoa. (14.)



KUVA 5. Harmonisten yliaaltojen ilmeneminen sähköverkossa (14)

Yliaaltoja synnyttävät sähköverkkoon liitetyt erilaiset tehoelektronikkalaitteistot kuten tasasuuntaajat tai taajuusmuuttajat (15). Yliaaltojen pääsemistä sähköverkkoon pyritään estämään yliaalto-suodattimien avulla (16).

Loisteho on niin sanottua hukkatehoa, joka pyritään poistamaan lähellä kulutuspistettä. Yksittäiset sähkön kuluttajat eivät joudu maksamaan loistehosta, mutta yritykset maksavat pätötehon lisäksi myös loistehosta sähköä toimittavalle jakeluverkkoyhtiölle. Vaikka ilmajohtojen korvaaminen maakaapeleilla on laskenut pohjoisen haastavista sääolosuhteista johtuvien sähkökatkosten määrää, on se vastaavasti lisännyt loistehon määrää. Tämä näkyy kantaverkon kasvaneissa ylläpitokuluissa (17).

Jotta loistehosta maksavalle yritykselle aiheutuisi mahdollisimman vähän kustannuksia, pyritään sitä vähentämään tasoittamalla induktiivisen ja kapasitiivisen kuorman suhdetta. Tätä kutsutaan kompensoinniksi. Kompensoinnissa loistehon määrää pienennetään tilanteen mukaan joko lisäämällä virtapiiriin kondensaattoreita tuomaan kapasitiivista kuormaa tai vastaavasti lisäämällä kuristimia tai reaktoreita tuomaan induktiivista kuormaa. Kompensoinnilla siis pyritään siihen, että sähkönsiirrossa syntyisi häviötehoa mahdollisimman vähän. Tällä tavoin kuluttaja, tässä tapauksessa loistehosta maksava yritys, saa laskettua loistehon määrää. Näin kuluttaja pystyy myös mitoittamaan pienemmät ja halvemmat kaapelit sekä sulakkeet samaan kohteeseen mitoitusvirran ollessa pienempi kompensoinnin jälkeen. Kompensoinnin tarve pystytään laskemaan kaavalla, joka on esitetty kuvassa 6. (18.)

$$Q = \frac{P}{\eta}(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

jossa	Q	= loistehon tarve
	P	= kuormituksen pätöteho
	η	= kuormituksen hyötysuhde
	φ_1	= tehokulma ennen kompensointia
	φ_2	= tehokulma kompensoinnin jälkeen

KUVA 6. Kompensoinnin tarpeen laskeminen (18)

Monet sähkölaitteet tarvitsevat loistehoa toimiakseen. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi erilaiset moottorit ja muuntajat sekä tehoelektronikkalaitteet. Siirtohäviöiden minimoimiseksi loistehoa pyritään kompensoimaan mahdollisimman pieneksi. (19.)

5.2 Kytkeytyminen sähköverkkoon

Tässä luvussa käsitellään UPSG-laitteiston generaattorin kytkeytymistä sähköverkkoon kahdessa eri tilanteessa: saarekekäytössä sekä jakeluverkkokäytössä. Selvennykseksi molemmat kytkeytymistilanteet on jaettu omiin alalukuihinsa.

5.2.1 Saarekekäyttö

Saarekekäytöllä tarkoitetaan pientä omavaraista sähköverkkoa, joka on rakennettu yksityiskäyttöön. Saarekeverkkoon tuotettu sähkö tulee yleensä pääsääntöisesti saarekeverkkoon liitettyjen sähkölaitteiden käyttöön. Saarekeverkon sähkö ei liity valtakunnan verkkoon ja näin ollen aiheuta häiriöitä muille sähkön käyttäjille. Saarekeverkon sähköä voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkopaneelien tai tässä tapauksessa oman varavoimaratkaisun avulla. Saarekeverkkoon itse tuotettua sähköä voidaan halutessa myydä myös verkkoyhtiölle.

Oamkin UPSG-laitteisto tullaan kytkemään omaan saarekeverkkoon, johon on kytketty myös hybridilaboratorion tilat. UPSG:llä voidaan tuottaa sähköä saarekeverkkoon ja hybridilaboratoriossa pystytään käyttämään sillä tuotettua sähköä. Dieselgeneraattori tuottaa sähköenergian, joka kulkee UPS:n läpi ennen sen siirtymistä laitteiden käytettäväksi. UPS tasaa mahdolliset häiriöt kuten yliaallot tuotetusta sähköenergiasta, jolloin sähkö on turvallista käytettäväksi eikä riko hybridilaboratorioiden sähkölaitteita.

Hybridilaboratorioissa saarekeverkkoa tullaan käyttämään simuloitaessa tilannetta, jossa yhteys valtakunnan verkkoon katkeaa. Normaalitylanteessa jakeluverkon kautta tulevaa sähköä käytetään kuitenkin ensisijaisena sähköenergian lähteenä.

5.2.2 Jakeluverkkokäyttö

Jakeluverkkokäytöllä tarkoitetaan niin sanottua normaalia sähkön käytön tilannetta, jossa jakeluverkkoyhtiö siirtää sähköntuottajalta ostettua sähköä kuluttajien käyttöön. Jakeluverkkokäyttö on tyypillisin sähkön käytön tilanne. Siinä missä saarekeverkolla tuotettua sähköä ei tarvitse ostaa, joutuu jakeluverkon sähköstä maksamaan. Yksittäinen kuluttaja maksaa jakeluverkkoyhtiölle käyttämästään sähköstä eli pätöenergiasta sekä sen siirrosta. Tehopohjaisen hinnoittelun piirissä olevat yritysasiakkaat maksavat näiden lisäksi myös loistehosta.

UPSG-laitteisto on liitetty saarekeverkon lisäksi myös jakeluverkkoon. UPSG tarvitsee liitynnän jakeluverkkoon, jotta se pystyy reagoimaan sähkökatkotilanteisiin. Sähkökatkotilanteessa piiriin kytketty automaattinen verkonvaihtokytkin vaihtaa verkon saarekekäyttöön ja aloittaa sähkön tuotannon (11). Normaalitilanteessa sähkö tulee hybridilaboratorioihin jakeluverkon kautta. Käytännössä ensisijainen sähkönkäyttö tapahtuu jakeluverkon kautta tulevalla sähköllä.

5.3 Taajuusvaihtelut

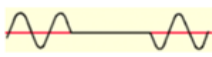
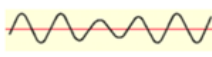
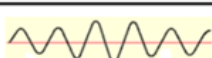
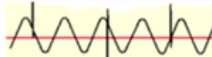
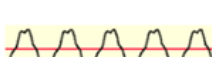
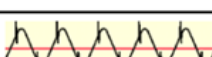
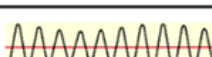
Sähköverkon taajuus kuvaa kulutuksen ja tuotannon hetkellistä tasapainoa. Taajuusvaihteluilla tarkoitetaan sähköverkon taajuuden muutoksia. Taajuus voi vaihdella hetkittäin 0,1 Hz:n verran. Taajuusvaihtelut johtuvat verkossa ilmenevistä epätasapainotilanteista eli sähkön tuotannon ja sen kulutuksen epätasapainosta. Verkon ollessa epätasapainossa sen taajuus tilanteen mukaan joko kasvaa tai laskee, mikä vaikuttaa suoraan verkkoon tahdistettujen koneiden pyörimisnopeuteen. Tahrattomat pyörimisnopeuden muutokset tarkoittavat käytännössä sitä, että sähkön laatu on epätasaista. Suomessa kantaverkon taajuus pyritään pitämään 50 Hz:ssä ja sen taajuuden ylläpidosta vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid. (13.)

Valtakunnan verkossa ei tapahdu yli 0,1 Hz:n taajuusvaihteluita, sillä epätasapainotilanteissa Fingridin reservit pitävät taajuuden sallituissa parametreissa (13). Oamkin saarekeverkossa UPSG-laitteiston automaatiojärjestelmä huolehtii taajuusvaihteluiden tasaamisesta (11).

5.4 Kuormitusvaihtelut ja suojaus

Kuormitusvaihtelulla tarkoitetaan nimensä mukaisesti sähköverkkoon liitettyjen laitteiden vaihtelevaa käyttöä eli sähköverkon eri kuormitusten ajallista vaihtelua. Tästä käytetään myös nimitystä risteily (20). Yleisesti ottaen sähköverkon kokonaiskuormitus on päivisin suurempaa kuin yöaikaan. Kuormitusvaihtelun seurauksena sähköverkossa tapahtuu hetkittäisiä jännitteen muutoksia. Kuormitusvaihtelut saavat aikaan erilaisia häiriöitä verkkoon kuten yli- ja alijännitetilanteita. Kuormitusvaihtelut on huomioitava kaapeleiden mitoitus tehdessä tapauskohtaisesti riippuen kuormitusvaihtelun suuruudesta. Kuormitusvaihteluiden ollessa suuria se luonnollisesti vaikeuttaa mitoituksen suunnittelua. Taulukossa 3 on kuvattu kuormitustilanteista johtuvia erilaisia häiriöitä.

TAULUKKO 3. Kuormitusvaihteluista johtuvia häiriöitä sähköverkossa (21)

Häiriötyyppi	Kuvaus	Mahdolliset syyt
Sähkön jakelun katkos (> 1min)		Huoltotoimet, linjaviat, onnettomuudet, sää, tuuli, salamet, jää
Pitkäaikainen ylijännite		Pieni kuormitus, huono säätö
Pitkäaikainen alijännite		Raskas kuorma, voimakkaat kuormitushuiput, ei loistehonsäätöä, huono tehokerroin
Hetkelliset katkokset		Katkasijoiden laukeaminen, vian selvitystilanne, syötön vaihto
Jännitekuopat		Suurien kuormien kytkentä, hetkelliset viat, katkaisijoiden toiminta, induktiiviset kuormat
Hetkelliset ylijännitteet		Piirin kapasitanssi, suurten kuormien poiskytkentä, vaihevika
Transienttijännitteet		Valaistus, kapasitiivien kytkentä, virtasuojan laukeaminen, epälineaariset kuormat, häiriöt
Harmoniset virran yliaallot		Epälineaariset komponentit, korkeataajuiset kytkennät, TV, tietokoneet, valaistus, huono tehokerroin, laitteiden aiheuttama signaalihäiriö
Jaksolliset häiriöt (t < 0,5 sykliä)		Tehoelektroniikkalaitteet
Välkyntä		Eritaajuinen jännitteen vaihtelu, valaistus, loistehon vaihtelu
Jännite-epätasapaino		Epätasainen kuormitus, kompensointikondensaattorit, moottorit

Kuormitusvaihteluista ja muista vikatilanteista johtuvien häiriöiden minimoimiseksi verkko on varusteltu erilaisin suojausmekanismein. Sähköverkkoon on liitetty suojarkeitä, jotka tunnistavat erilaisia verkossa tapahtuvia vika- ja häiriötilanteita. Tällaisia ovat esimerkiksi verkossa tapahtuvat ylijännitetilanteet sekä maa- ja oikosulkutilanteet. Vikatilanteessa releiden on tarkoitus antaa käsky katkaisijalle ja katkaista sähkönsyöttö joko hetkellisesti tai pidemmäksi aikaa tilanteesta riippuen. Relesuojauksen tavoite on suojata sähköverkkoa. (22.)

Vaikka vikatilanteita pyritään minimoimaan, ei niitä pystytä kuitenkaan täysin eliminoimaan verkosta. Tämä johtuu siitä, ettemme pysty vaikuttamaan esimerkiksi sääolosuhteisiin ja niistä johtuviin sähköverkon häiriöihin. Sähköverkossa tapahtuvat häiriöt heijastuvat myös verkkoon liitettyihin laitteisiin. Verkon suojauksen lisäksi on tärkeää suojata myös sähkölaitteet vikatilanteiden varalta. Taulukossa 4 on selitetty taulukossa 5 käytetyt lyhenteet. Taulukkoon 5 on koottu sähkölaitteistoissa käytettäviä suojalaitteita ja häiriötilanteita, joita suojalaitteilla voidaan ehkäistä verkossa.

TAULUKKO 4. Suojalaitteiden lyhenteiden selitykset (21)

Lyhenne	Engl. nimitys	Nimitys
SA	Surge arrester	Ylijännitesuoja
BESS	Battery	Akut
STATCOM	Static synchronous compensator	Staattinen tahtikom-pensaattori
DSC	Dynamic Synchro-nous Condenser	Dynaaminen tahti-kompensaattori
DSC	Distribution Series Capacitor	Sarjakondensaattori
DVR	Dynamic voltage restorer	Dynaaminen jännit-teen säätäjä
PFCC	Power factor correc-tion capacitor	Tehokerrointa kor-jaava kondensaattori
SMES	Superconducting magnetic energy storage	Suprajohtava mag-neettinen energia-varasto
SETC	Static electronic tap changer	Staattinen sähköi-nen käämikytkin
SSTS	Solid-state transfer switch	Elektroninen vaihto-kytkin
SSCB	Solid-state circuit-breaker	Elektroninen katkai-sija
SVC	Static var compen-sator	Staattinen loistehon kompensaattori
TSC	Thyristor switched capacitor	Tyristorikytketty kondensaattori
UPS	Uninterruptible power supply	Keskeytymättömän sähkön syöttölaite
APF(TF)	Active power filter or tuned filter	Aktiivisuodin

TAULUKKO 5. Vika- ja häiriötilanteiden ehkäisyyn käytettäviä suojalaitteita (21)

Laite	SA	BESS	STATCOM	DSC	DVR	PFCC	SMES	SETC	SSTS	SSCB	SVC	TSC	UPS	APF(TF)
Kuopat		X			X		X	X	X		X		X	
Keskeytykset		X					X		X	X			X	
Hetkellinen ylijännite		X			X		X	X	X		X		X	
Transientit	X	X	X		X		X					X		X
Ylijännite		X	X			X	X	X			X		X	
Alijännite		X	X	X		X	X	X			X	X	X	
Harmoniset yliaallot			X								X			X
Toistuvat häiriötransien-														X
Jännitteen vaihtelu/ välkyntä/flickeri		X	X	X	X		X				X			

6 SÄHKÖN LAADUN PARANTAMINEN

Tässä luvussa käsitellään komponentteja ja ratkaisuja, joilla pyritään parantamaan sähkön laatua. Luvun keskitytään siihen, miten sähkön laadun parantaminen tapahtuu UPSG-laitteiston osalta.

6.1 Lyhyet katkot eli ”räpsyt”

Lyhyet katkot eli ”räpsyt” ovat nimensä mukaisesti lyhyitä sähkökatkoja, jotka ilmenevät asiakkaalle lyhyinä pieninä valon räpsäyksinä. Lyhyet katkot ovat automaattisen suojausjärjestelmän tuottamia pieniä katkoja sähkön syötössä mahdollisen vian rajaamiseksi tai nollaamiseksi. Sähköverkon suojausjärjestelmä pyrkii releiden avulla tunnistamaan ja rajaamaan vioittuneen osan verkosta pois niin, ettei se aiheuta haittaa toimiville haaroille ja näin ollen tuo ongelmia muille sähkön käyttäjille. Räpsyt ovat rajaustoimenpiteen aikana tapahtuva sivutuote, jolla on kuitenkin pidempää sähkökatkoa ehkäisevä tarkoitus. (23.)

Lyhytaikaisia vikoja voivat olla esimerkiksi ulkopuolisen tekijän kuten eläimen tai haastavien sääolosuhteiden aiheuttamat sähkökatkot. Lyhyillä sähkökatkoilla pyritään estämään pitempiä sähkökatkoja, jotka ovat ikäviä niin asiakkaan kuin jakeluverkkoyhtiönkin näkökulmasta. Lyhyiksi katkoiksi lasketaan sähkön syötön keskeytykset, jotka kestävät alle 3 minuuttia. (24.)

6.2 Pidempiaikaiset katkot

Pidempiaikaisilla katkoilla tarkoitetaan tilannetta, jossa sähkön syöttö asiakkaalle keskeytyy yli kolmen minuutin ajaksi. Pidempiaikaiset sähkökatkot ovat yleisesti joko huoltotoimenpiteiden ajaksi tehdyn sähkökatkon tai haastavien sääolosuhteiden vuoksi (esimerkiksi sähkölinjan päälle kaatunut puu) aiheutuneita sähkökatkoja. Pidempiaikainen sähkökatko on seurausta siitä, ettei häiriötä tai vikaa ole saatu eliminoidua pikajälleenkytkennän (PJK) tai aikajälleenkytkennän (AJK) aikana. (23.)

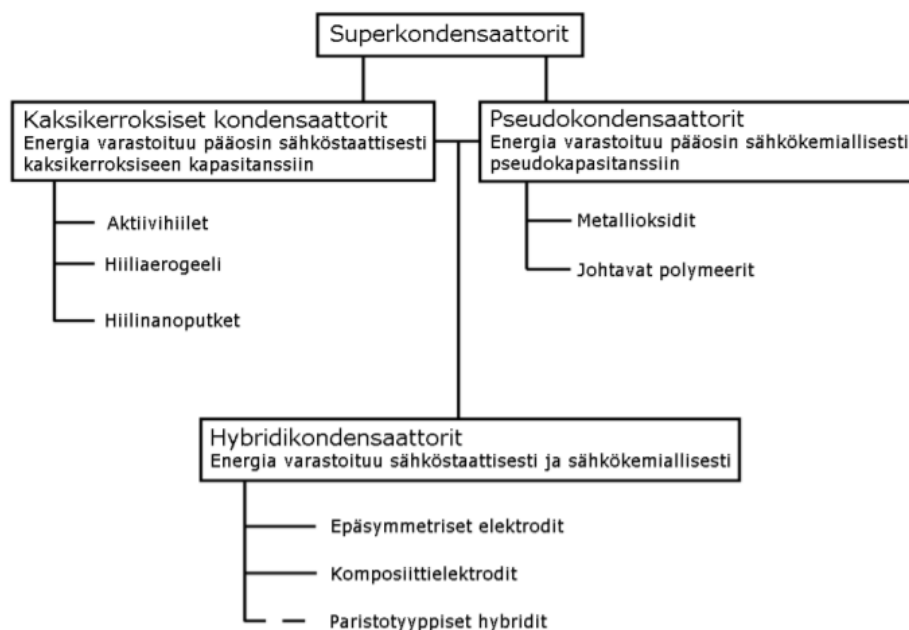
6.3 Superkondensaattori

Superkondensaattori on komponentti, jonka avulla voidaan varastoida sähköenergiaa. Tavallisesta kondensaattorista se eroaa siten, että se pystyy varastoimaan enemmän energiaa kuin tavallinen kondensaattori. Akuista ja paristoista superkondensaattori eroaa taas siten, että se varastoi energian sähköenergiana sähkökenttään eikä kemiallisessa muodossa kuten paristot ja akut. Suuriksi hyödyiksi voidaan laskea myös sen kyky latautua nopeasti sekä käynnistyä välittömästi käskyn saatuaan. Superkondensaattoreiden käyttökohteita ovat muun muassa erilaiset akku- ja varavoimaratkaisut, älypuhelimet sekä erilaiset hybridilaitteet ja -koneistot kuten hybridi-autot. Tulevaisuudessa superkondensaattoreiden käytön odotetaan edelleen yleistyvän niiden hyvien ominaisuuksien, kuten helppouden, huoltovapauden sekä kestävyys, ansiosta. (25.)

Superkondensaattorit voidaan jakaa rakenteeltaan kolmeen eri kategoriaan:

- pseudokondensaattorit
- kaksikerroksiset kondensaattorit
- hybridikondensaattorit.

Nämä eroavat toisistaan sekä ominaisuuksiltaan että energian varastoimistavaltaan. Kuvassa 7 on kuvattu eri superkondensaattorityypit sekä niiden ominaisuudet (kuva 7). (26.)

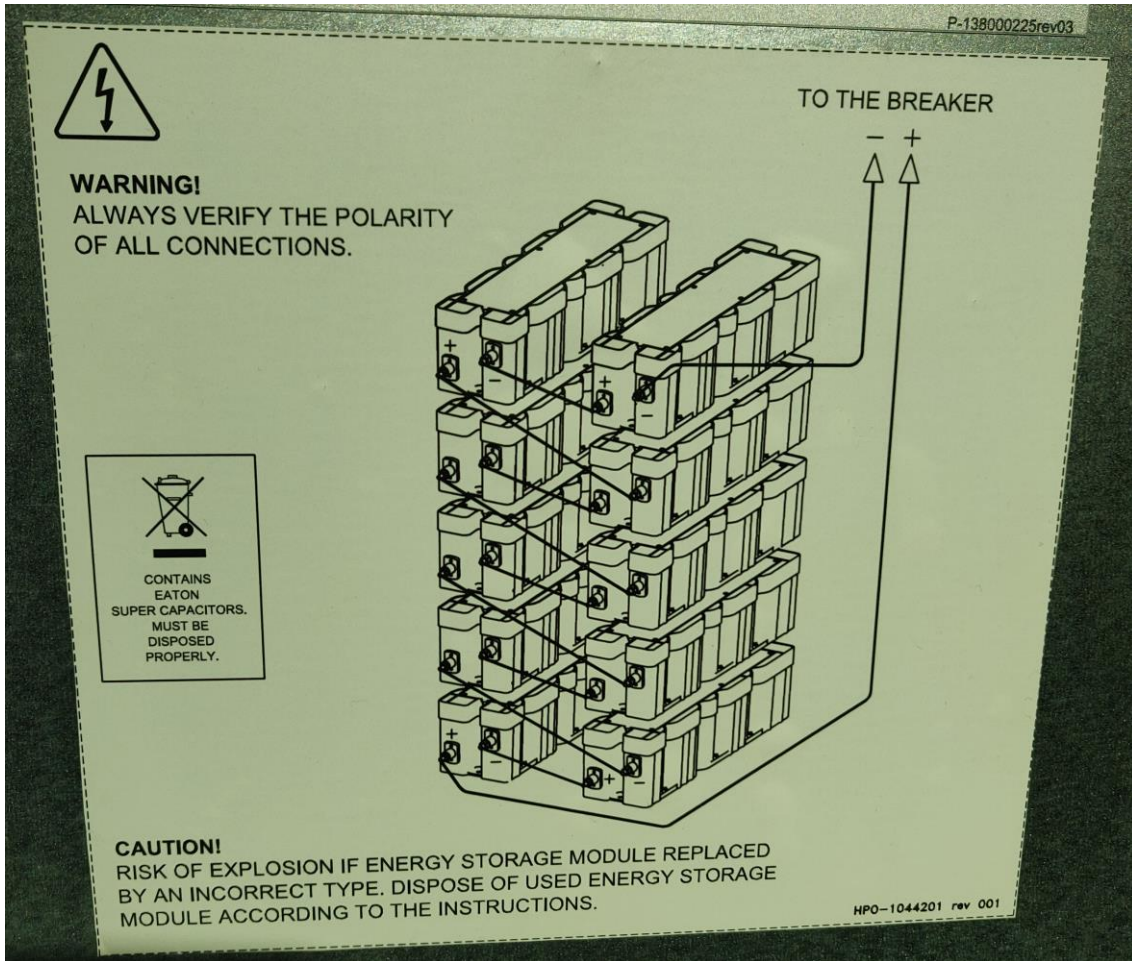


KUVA 7. Superkondensaattorityypit (26)

Oulun ammattikorkeakoulun UPSG-laitteistossa käytetään Eatonin valmistamaa 93PM UPS-laitetta superkondensaattorikennostolla varustettuna (kuva 8). Kennoston kondensaattorit koostuvat kaksikerroksisista superkondensaattoreista (27). Kuvassa 9 on hahmotelma metallikuorien sisällä sijaitsevasta superkondensaattorikennostosta. Kuvassa 10 näkyy, miltä kennostossa olevat superkondensaattorimoduulit käytännössä näyttävät.



KUVA 8. Oamkin UPS-laitte superkondensaattorikennostolla



KUVA 9. Hahmotelma superkondensaattorikennnostosta



KUVA 10. XLM-62 superkondensaattorimoduuli (27)

6.4 Aktiivisuodatin

Erilaiset tehoelektronikalla varustetut sähkölaitteet tuovat sähköverkkoon haitallisia yliaaltoja. Yliaaltojen poistamiseen eli niin sanottuun sähkön suodattamiseen voidaan käyttää aktiivisuodattimia, jotka kytketään sähköverkkoon kuorman rinnalle. Aktiivisuodattimet ovat tehopuolijohteista rakennettuja sähkökomponentteja, joita käytetään tasaamaan sähköverkossa tapahtuvia piikkejä eli yliaaltoja. Yliaaltojen suodatus on tärkeää, sillä piikkeinä verkkoon tuleva sähkö aiheuttaa häiriöitä verkossa ja verkkoon kytketyissä sähkölaitteissa. Pahimmassa tapauksessa haitalliset yliaallot voivat rikkoa sähkölaitteita. (28.)

6.5 Muuntimet

Muuntimet ovat laitteita, joilla nimensä mukaisesti muunnetaan energiaa olomuodosta toiseen. Muunnettavia suureita ovat esimerkiksi virta tai jännite. Muuntimet voivat olla joko ulkoisesti sähköjohdossa kiinni olevia tai laitteen sisällä olevia komponentteja. Monille ihmisille tutuimpia muuntimia ovat kotitalouksissa käytettävien sähkölaitteiden AC/DC-muuntimet, joilla muutetaan verkkovirrasta saatu vaihtovirta laitteen toiminnan edellyttämäksi tasavirraksi. Myös erilaiset anturit luokitellaan muuntimiksi. Teollisuudessa ja isommissa laitteistoissa käytetään tyypillisesti DC/DC-muuntimia, joilla pyritään pitämään jännitetaso tasaisena tai muuttamaan sitä halutulle tasolle.

UPSG-laitteistossa ei ole varsinaista muuntajaa, vaan DC/DC-muunnin on korvattu puolijohdekomponenteilla (29). Tämä johtuu siitä, että DC/DC-muuntimet tarvitsevat jatkuvasti tietyn minimikuorman toimiakseen halutulla tavalla. UPSG-laitteiston toiminta normaalikäytössä on passiivista ja tämä aiheuttaisi DC/DC-muuntajan sekoamisen, joka ilmenee hallitsemattomana lähtöjännitteen nousuna. UPSG:n muuntimina käytettyjen IGB-transistorien sekä vaihto- ja tasasuuntaajien toiminta ei edellytä jatkuvaa minimikuormaa, joten puolijohdekomponentit ovat hyvä valinta UPSG-laitteistoon luotettavan toiminnan takaamiseksi. (30.)

7 SÄHKÖTEKNISTEN SUUREIDEN MITTAAMINEN

Sähköteknisillä suureilla tarkoitetaan sähköverkosta mitattavia suureita kuten esimerkiksi sähkön potentiaaliero (jännite, U), sähkön määrää (virta, I) tai piirin komponentin kykyä vastustaa sähkövirran kulkua (resistanssi, Ω). Näiden mittaus onnistuu esimerkiksi Fluken valmistamien yleismitareiden avulla. Mittausta tehdessä on hyvä tietää, onko mitattava suure vaihto- vai tasasähköä ja valita oikea asetus mittarista sen mukaisesti. UPSG-laitteiston osalta sähkötekniisten suureiden mittaaminen onnistuu myös UPSG:tä edeltävään pääkeskukseen asennetun sähkön laadun analysaattorin avulla.

Sähkötekniisten suureiden mittaaminen antaa tietoa sähköverkossa tai -laitteistoissa kulkevasta sähköstä. Jännitteen tai virran määrän perusteella voidaan päätellä esimerkiksi, miten sähkölaite toimii tai onko se käyttäjälle turvallisessa toimintakunnossa.

8 SÄHKÖN LAADUN MITTAUS JA ANALYSOINTI

Tässä luvussa keskitytään UPSG:n sähkön laadun mittaukseen ja sen analysointiin teoriassa. Eri-tyisesti tarkastellaan mittausten tärkeimpiä pääpiirteitä: mittalaitteeseen tutustumista, mittauspisteiden määrittämistä, mittaustulosten tallennusta sekä analysointia. Jokaista näitä käsitellään omassa alaluvussaan.

8.1 Sähkön laadun analysaattori

Sähkön laadun analysaattori on laite, jolla voidaan helposti ja monipuolisesti tutkia sähkön laatua. Analysaattorin avulla voidaan tarkastella verkon pätö-, lois- ja näennäistehoja, virtoja ja tehokertoimia sekä verkossa ilmeneviä häiriöitä kuten epälineaarisia kuormia, yliaaltoja, yli- ja alijännitetilanteita ja verkkotaajuuden muutoksia. Analysaattori auttaa löytämään verkossa ilmenevät ongelmat, joten kriittiset verkkohäiriöt pystytään eliminoimaan pois verkosta. Vaikka analysaattorit ovat kalliita laitteita, voidaan niiden avulla löytää vakavia sähkön laatua heikentäviä tekijöitä ja säästyä huomattavasti isommilta ongelmilta kuten sähkökatkoilta tai sähkölaitteiden rikkoutumisilta.

Markkinoiden tunnetuimpia analysaattoreiden valmistajia ovat Fluke, Bender, HT ja Schneider Electric. Tällä hetkellä Oamkin opetuskäytössä käytetään Fluken valmistamaa sähkön laadun analysaattoria. UPSG-laitteiston tuottamaa sähkön laatua tullaan tarkkailemaan Schneiderin ION9000 sähkön laadun analysaattorilla, jota pidetään tällä hetkellä maailman tarkimpana sähkön laadun analysaattorina (kuva 11) (31).



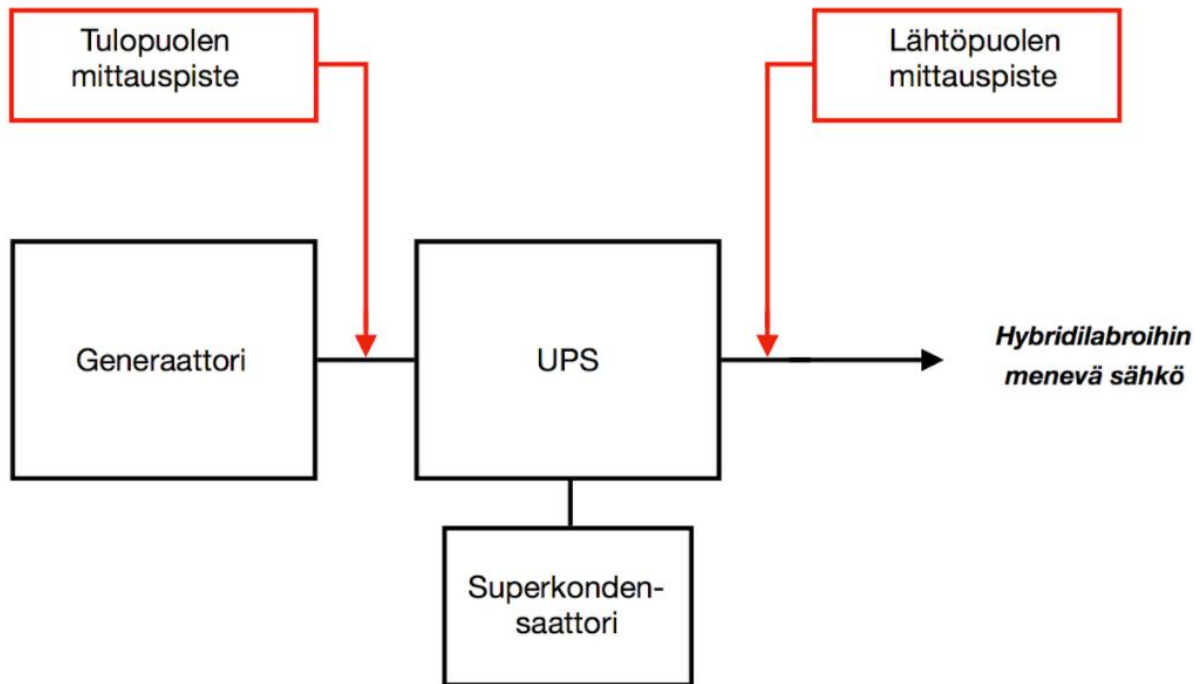
KUVA 11. Schneider Electric ION9000 Sähkön laadun analysointilaitte (32)

Schneider Electric ION9000 -analysointilaitteen avulla sähköverkosta saadaan irti datan lisäksi myös konkreettisia järjestelmätason tietoja ja syitä, joista sähköverkossa ilmenevät häiriöt johtuvat. Näitä tietoja voidaan tarkastella ja tallentaa tietokoneen avulla Schneiderin EcoStruxure-alustan kautta, johon voidaan liittää myös muita Schneiderin valmistamia järjestelmiä. Näiden lisäksi ION 9000 -analysointilaitteen 0,1 sekunnin tarkkuus, häiriön suunnan tunnistus, käyttöönoton sekä käytön helpous ja selkeys yhdistettynä joustavaan kyberturvallisuuteen tekevät laitteesta markkinoiden parhaimman sähkön laadun analysointilaitteen. (32.)

ION9000 ei ole vielä Oamkin opetuskäytössä, vaan se tullaan asentamaan UPSG:tä edeltävään pääkeskukseen. Pääkeskukseen asennetusta analysointilaitteesta UPSG:n sähkön laatua on helppo tarkastella reaaliaikaisesti.

8.2 Mittauspisteiden määrittäminen

Mittauspisteitä määrittäessä mittaukset on syytä jakaa kahteen osa-alueeseen: tulo- ja lähtöpuolen mittauksiin. Kuvassa 12 on hahmoteltu tulo- ja lähtöpuolen mittausten mittauspisteet.



KUVA 12. Mittauspisteet

Tulopuolelta mitataan generaattorin tuottamaa sähköenergiaa ennen UPS:ia ja superkondensaattoripakettia. Tulopuolen mittaukset keskittyvät sähkön perussuureiden mittauksiin ja generaattorin kuormanottokyky mittauksiin. Lisäksi sähkön laadun analysointia varten voidaan mitata mahdolliset häiriöt sekä vaiheiden väliset tulojännitteet eli mahdolliset epäsymmetriatilanteet.

Lähtöpuolelta mitataan UPS:n kautta hybridilaboratorioiden käyttöön menevää, superkondensaattoriyksikön suodattamaa sähköä. Lähtöpuolelle tehdään samat mittaukset ja verrataan niitä tulo puolen mittauksiin. Näin voidaan nähdä, miten UPS ja superkondensaattorit pystyvät todellisuudessa eliminoimaan verkossa ilmeneviä jännitevaihteluita sekä mahdollisia häiriöitä kuten yliaaltoja tai transienttijännitteitä.

8.3 Mittaustulosten tallentaminen

Mittaustulosten tallentaminen ION9000-analysaattorilla on tehty käyttäjälle helpoksi. Käyttöönoton yhteydessä analysaattori kytketään Schneiderin EcoStruxure-järjestelmään, jolla voidaan lukea analysaattorilla mitattua dataa. Sähkön laadun mittausten dataa voidaan tallentaa järjestelmään. Tallennettua mittausdataa voidaan myöhemmin verrata uusiin mittauksiin esimerkiksi testatessa, ilmenevätkö vanhat häiriöt verkossa vielä korjaustoimenpiteiden jälkeen. (32.)

8.4 Mittaustulosten analysointi

Mittaustulosten analysointi tapahtuu myös tietokoneen avulla EcoStruxure-alustan kautta. Järjestelmä itsessään osaa luoda erilaisia visuaalisia diagrammeja mitatusta sähköstä. Lisäksi se osaa eritellä halutut sähkötekniset suuret sekä verkossa ilmenevät häiriötilanteet ja niiden syyt. Tämä helpottaa ja nopeuttaa mittausdatan analysointia huomattavasti. (32.)

9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Eatonin valmistamaa UPSG-varavoimalaitteistoa, jossa UPS:n rinnalle on kytketty sähköä tuottava dieselgeneraattori sekä sähköenergiaa varastoiva superkondensaattoripaketti. Tutkimustyö keskittyi etenkin UPSG-laitteiston sähkön laatua koskeviin asioihin ja siihen, miten laitteiston tuottaman sähkön parantamiseen on paneuduttu sen suunnittelussa. Lisäksi työssä kuvataan sähkön laadun mittausta teoriassa.

Opinnäytetyön ongelmiksi koituivat UPSG:n toimituksen viivästyminen sekä sen ainutlaatuisuudesta johtuva materiaalien niukkuus. Alkuperäisen suunnitelman mukaan laitteiston olisi pitänyt tulla alkuvuodesta 2021 hyvissä ajoin, jolloin laitteistoa olisi päästy kokeilemaan käytännössä. Laitteiston materiaaleihin käsiksi pääseminen vaati myös oman aikansa logistisista syistä. Tämän vuoksi myös alkuperäisen suunnitelman mukainen mittausosio jäi tältä osin työssä suorittamatta.

Olosuhteisiin nähden tuloksena saatiin kuitenkin oikein hyvä ja kattava teoriapainotteinen kuvaus laitteiston komponenteista, toiminnasta sekä sähkön laatuun vaikuttavista tekijöistä. UPSG-laitteiston ainutlaatuisuus toi opinnäytetyön työstämiseen mielekkyyttä, sekä pääsin perehtymään sähkön laadullisiin asioihin aikaisemmin opittua syvemmin. Tekemäni tutkimustyön tuloksena voin todeta, että UPSG-varavoimalaitteistolle on tulevaisuudessa varmasti kysyntää pitkäaikaista ja häiriötöntä varavoimaa tarvitsevien yritysten keskuudessa.

LÄHTEET

1. Eaton. New Releases 17.8.2018. Eaton UPSG-konttiratkaisu. Hakupäivä 13.1.2021. <http://taa-ups.eaton.com/suomi/about-us/news-events/2018/fi-pr170818.asp>.
2. Tiedotekanava. Digitaaliset ratkaisut. Energia. Tiedote 28.10.2020. Hakupäivä 14.1.2021. <https://tiedotekanava.fi/oulun-insinööriopiskelijat-tutustuvat-jakeluverkkohairioihin-eatonin-ratkaisu-auttaa-simuloimaan-vikatilanteita/>.
3. STEK. Perustietoa sähköstä. Sähköenergian tuotanto. Hakupäivä 18.1.2021. <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkoenergian-tuotanto/>.
4. Peda.net. Fysiikka. Generaattorin toiminta. Hakupäivä 18.1.2021. <https://peda.net/kan-nus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/35-generaattori>.
5. Taylor, G.B. Magnetism. The Electric Generator. Hakupäivä 13.3.2021. http://www.phys.unm.edu/~gbtaylor/phys102/lectures/15_magnetism.pdf.
6. OAMK Moodle. Sähkökoneiden perusteet. Tahtikoneet. Hakupäivä 19.1.2021. <https://moodle.oamk.fi/course/view.php?id=5944#section-2>.
7. AGCO Power. AG60xS (60kVa) dieselgeneraattori. Käyttäjän käsikirja. Hakupäivä 24.2.2021. Sisäinen lähde.
8. AGCO Power. Dieselgeneraattorin käyttö- ja huolto-opas. Hakupäivä 11.2.2021. Sisäinen lähde.
9. Neste. Polttoaineet. MY Uusiutuva diesel. Hakupäivä 24.2.2021. <https://www.neste.fi/artikkel/neste-my-uusiutuva-dieselm-sinun-panoksesi-ilmastotalkoisiin>.
10. ABB. TTT-käsikirja 2000-07. Luku 4: Sähkön laatu. Hakupäivä 20.2.2021. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/04_0_S%84hk%94n%20laatu.pdf.
11. Eaton. Eatonin UPSG-konttiratkaisu. Tuotemateriaalit. Tuote-esitteet. Eaton UPSG-konttiratkaisu esite. Hakupäivä 15.3.2021. <http://powerquality.eaton.com/suomi/products-services/backup-power-ups/upsg.asp?cx=79>.
12. Energiateollisuus. Energiasta. Sähköverkot. Sähköverkkoyhtiöt. Hakupäivä 25.2.2021. <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot>.
13. Fingrid. Kantaverkko. Sähkönsiirto ja kantaverkon käyttö. Kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito. Hakupäivä 26.3.2021. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/kulutuksen-ja-tuotannon-tasapainon-yllapito/>.
14. Tampereen kondensaattoritehdas. Aktiivisuodattimet. Harmoniset yliaallot. Hakupäivä 26.2.2021. <https://www.tkf.fi/aktiivisuodattimet/>.

15. Steffansson, Pontus. 2016. Yliaaltohäiriöt konesaliympäristössä. Hakupäivä 3.2.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/109517/Yliaaltohairiot%20konesaliymparistossa%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. Korpinen, Leena. Yliaalto-opus. Yliaaltojen torjunta. Hakupäivä 10.2.2021. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf>.
17. Fingrid. Lehtiarkisto. Loistehon kompensointiin on järkeviä ratkaisuja. Hakupäivä 12.2.2021. <https://www.fingridlehti.fi/loissahkon-kompensointiin-jarkevia-ratkaisuja/>.
18. ABB. TTT-käsikirja 2000-07. Luku 9: Loistehon kompensointi ja yliaaltosuojaus. Hakupäivä 16.2.2021. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/09_0_Loistehon%20kompensointi%20ja%20yliaallot.pdf.
19. Kymenlaakson Sähköverkko. Loistehon kompensointi. Hakupäivä 16.2.2021. <https://www.ksoy.fi/content/download/4298/48684/file/Loistehon+kompensointiohje.pdf>.
20. Korpinen, Leena. Sähköverkko. Kuormat. Hakupäivä 9.3.2021. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/kuormat.pdf>.
21. Alanen, Raili & Hätönen, Hannu. VTT. Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta. State of art -selvitys. Hakupäivä 12.3.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2006/W52.pdf>.
22. Moisanen, Antti. 2014. Sähköverkon suojaustoiminnallisuuksien selvitys suunnittelun näkökulmasta. Hakupäivä 12.3.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80234/Sahkoverkon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
23. Energiateollisuus. Materiaalipankki. Suositukset ja ohjeet. Sähkötoimituksen laatu- ja toimitustapavirheen sovellusohje. Hakupäivä 19.2.2021. https://energia.fi/files/881/Sahkon-toimituksen_laatu_ ja_toimitustapavirheen_sovellusohje_2014.pdf.
24. Caruna. Sähkökatkot. Tietoa sähkökatkoista. Hakupäivä 19.2.2021. <https://www.caruna.fi/sahkokatkot/tietoa-sahkokatkoista>.
25. ELT. Technical articles. Superkondensaattorien käyttö yleisty. Hakupäivä 18.2.2021. <https://etn.fi/index.php/tekniset-artikkelit/2051-superkondensaattorien-kaytto-yleisty>.
26. Huittinen, Valto. 2019. Superkondensaattorit. Hakupäivä 18.2.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172945/Huittinen_Valto.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
27. Eaton. Supercapacitors. XLM-62 Supercapacitor module datasheet. Hakupäivä 25.2.2021. <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/electronic-components/resources/data-sheet/eaton-xlm-62-supercapacitor-module-data-sheet.pdf>.

28. Korpinen, Leena. Yliaalto-opus. Yliaaltojen torjunta. Aktiivisuodatin. Hakupäivä 1.3.2021.
<http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/ylialto-opus.pdf>.
29. Eaton. Eaton 93PM UPS. Tuotemateriaalit. Manuaalit. Käyttö- ja asennusopas. Hakupäivä 15.3.2021.
http://lit.powerware.com/lit_download.asp?file=Eaton+93PM+UPS+30-250+kVA+Kaytto-+ja+asennusopas+FI+Rev+6.pdf&ctry=79.
30. ETN. Artikkelit. Tehokytken hilaohjaus vaatii paljon DC-DC-muuntimelta. Hakupäivä 15.3.2021.
https://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=4025:tehokytken-hilaohjaus-vaatii-paljon-dc-dc-muuntimelta&catid=13&Itemid=101.
31. ETN. Artikkelit. Maailman tarkin sähkön laadun mittari. Hakupäivä 17.3.2021.
<https://etn.fi/index.php/calendar/13-news/8965-maailman-tarkin-sahkonlaadun-mittari>.
32. Schneider Electric. PowerLogic ION9000-sarja. User Manual. Hakupäivä 17.3.2021.
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File+Name=7EN02-0390-04.pdf&p_Doc+Ref=7EN02-0390.