

Jani Vänninen

SAIRAALAN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ

SAIRAALAN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ

Jani Vänninen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Sähkö- ja automaatiotekniikan
tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Jani Vänninen
Opinnäytetyön nimi: Sairaalan varavoimajärjestelmä
Työn ohjaaja: Heikki Kurki
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 30

Opinnäytetyön kohteena oli sairaalan varavoimajärjestelmä. Tavoitteena oli selvittää sairaalan varavoimajärjestelmän laitteisto ja toiminta periaatteellisella tasolla. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Caverion Suomi Oy.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla varmennettuun sähkönjakeluun ST-aineistoa hyödyntäen sekä sairaalan varavoimajärjestelmän muodostavan vauhtipyörä-UPS:n, dieselgeneraattorin sekä syötönvaihtokeskuksen dokumentteihin perehtymällä. Yksittäisten komponenttien tarkastelun jälkeen oli mahdollista ryhtyä tarkastelemaan varavoimajärjestelmän toimintaa kokonaisuutena.

Työn tuloksena saatiin sairaalan varavoimajärjestelmän toiminnan kuvaus eri toimintatilanteissa. Jokainen kohde on oma yksilöllinen kokonaisuutensa, eikä toiminnan kuvausta voida käyttää kuin täysin identtisiin kohteisiin. Aihe itsessään on myös todella laaja ja tässä opinnäytetyössä keskityttiin nimenomaan sairaalan varavoimajärjestelmään.

Asiasanat: varavoima, vauhtipyörä-UPS, dieselgeneraattori

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

Author: Jani Vänninen
Title of thesis: Reserve Power of Hospital
Supervisor: Heikki Kurki
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019
Pages: 30

The subject of the thesis was the reserve power system of hospital. The aim was to find out how the hospital's reserve power system works at fundamental level. The project was commissioned by Caverion Suomi Oy.

The thesis was started by familiarizing with the redundant power supply system using different information sources and the documentation of the RUPS, diesel generator and feed exchange cabinet, which form the reserve power system of the hospital. After reviewing the individual components it was possible to start looking at the operation of the backup power system as a whole.

The work resulted in a description of the operation of the reserve power system of the hospital in different operational situations. Each site has its own unique entity, and the description of the action can only be used in completely identical objects. The subject itself is also very broad and this thesis focused on the hospital reserve power.

Keywords: Reserve Power, RUPS, Diesel Generator

ALKULAUSE

Haluan kiittää Caverion Suomi Oy:tä ja Tuomas Alataloa mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni yrityksessä projektipäällikön töiden ohessa. Haluan myös kiittää ohjaajaani Heikki Kurkea joustavuudesta opinnäytetyön suhteen.

Jani Vänninen

12.5.2019

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ	7
2.1 Varavoiman tarpeiden kartoitus	7
2.2 Varmennustason valinta	8
2.3 Varmennustasoluokittelu	8
2.4 Varmennettavien kohteiden määritys	9
3 VAUHTIPYÖRÄ-UPS	11
3.1 Rakenne	11
3.2 Vauhtipyörä-UPS -järjestelmän toimintatapa	18
4 DIESELGENERAATTORI	20
4.1 Rakenne	20
4.2 Toimintatapa	21
5 SYÖTÖNVAIHTOKESKUS	22
6 VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA ERI KÄYTTÖTILANTEISSA	23
6.1 Vauhtipyörä-UPS:n käynnistys	23
6.2 Verkon normaalitilanne	24
6.3 Sähkökatko	25
6.4 Vauhtipyörä-UPS:n huoltotilanne	26
7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	

SANASTO

Control Cabinet (CC)

Ohjauskeskus

G1-tila

Lääkintila, jossa
sähkökäyttöistä liityntäosaa
käytetään ihon ulkopuolisesti

G2-tila

Lääkintätila, jossa
sähkökäyttöistä liityntäosaa
käytetään sovelluksissa, joissa
sähkökatko tai vikatilanne voi
aiheuttaa hengenvaaran

Power Cabinet (PC)

Tehonsyöttökeskus

Rotary Uninterruptible Power Supply (RUPS)

Vauhtipyörä-UPS

Variable Frequency Drive Cabinet (VFDC)

Invertterikeskus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on tutkia sairaalan varavoimajärjestelmän toimintaa periaatteellisella tasolla. Varavoimajärjestelmän muodostavat kolme eri laitetta: Coromatic Oy:n toimittama vauhtipyörä-UPS, kW-Set Oy:n toimittama dieselgeneraattori sekä Norelco Oy:n toimittama syötönvaihtokeskus komponentteineen.

Aluksi paneudutaan varmennettuun sähkönjakeluun sekä varavoiman tarpeellisuuteen. Seuraavaksi paneudutaan yksitellen varavoimajärjestelmän laitteisiin. Lopuksi käsitellään varavoimajärjestelmän toiminta eri käyttötilanteissa.

Varavoimajärjestelmä on kohteesta riippuen oma yksilöllinen kokonaisuutensa, joten tämä opinnäytetyö rajattiin käsittelemään vain sairaalaa varten suunniteltua varavoimajärjestelmää ja sen toimintaa. Tämä on ensimmäinen kerta kun kolme edellä mainittua laitetta integroidaan yhdeksi toimivaksi varavoimajärjestelmäksi.

Varavoimajärjestelmää ei ehditty kytkemään ja testaamaan käytännössä tämän opinnäytetyön puitteissa. Siksi kaikki laitteet ja niiden toiminta on kuvattu vain periaatteellisella tasolla.

Työn toimeksiantaja on Caverion Suomi Oy, joka suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. Pääkonttori sijaitsee Vantaalla ja yrityksessä työskentelee n. 15 000 työntekijää 10 eri maassa. (1.)

2 VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

Sähkön saatavuudella on keskeinen merkitys yhteiskunnassamme: suurin osa laitteista lakkaa toimimasta, mikäli sähkö katkeavat. Mitä herkemmästä tai monimutkaisemmasta prosessista on kysymys, sitä pienempi sähkön laadun heikkeneminen (esimerkiksi jännitteenalennus) tai sähkökatko aiheuttaa toimintaan häiriön tai jopa keskeytyksen. Tämän vuoksi sähkönjakelu halutaan varmentaa. (2, s. 13.)

Sairaalaympäristössä verkon toiminta on varmennettava, koska tiloissa kuten leikkaussaleissa suoritetaan potilaille operaatioita. Mikäli esimerkiksi leikkauksen aikana tulisi sähkökatkos ja laitteet lakkaisivat toimimasta, olisi tilanne kriittinen. Sairaalassa suoritetaan myös paljon muitakin toimenpiteitä, jotka vaativat kaikkien laitteiden toimivuutta niin sähkön laadun heikkenemisen kuin sähkökatkon aikana.

2.1 Varavoiman tarpeiden kartoitus

Suomen oloissa sähkökatkokset ovat olleet harvinaisia sekä vähentyneet viime vuosiin asti. Sähkönjakelu Suomessa on todella luotettavaa, ja siksi varmennuskeinot ovat tuntuneet tarpeettomilta. (2, s. 14.)

ST-käsikirja 20 on vuodelta 2005 ja silloin laadusta on ollut tietoa paljon vähemmän. Energiategollisuus ry on julkistanut uusimman sähkön keskeytystilaston vuonna 2018. Tilasto kattaa 98 % Suomen jakeluverkkojen johtopituudesta ja siinä käsitellään sähkön keskeytystilastoja vuodelta 2017 todella kattavasti. (3.)

Sähkönjakelun keskeytykset voidaan jakaa kolmeen eri lajiin: pikajälleenkytkentä (pjk), aikajälleenkytkentä (ajk) sekä pitkä keskeytys. Pikajälleenkytkentä tarkoittaa johtoa syöttävän katkaisijan laukeamista vian seurauksena ja automaattista kiinniohjautumista n. 0,3 sekunnin jännitteettömän ajan jälkeen. Aikajälleenkytkentä vastaa toiminnaltaan pikajälleenkytkentää, mutta jännitteetön aika on noin 1–3 minuuttia. Mikäli aikajälleenkytkentä ei toimi, on kyseessä pitkä keskeytys. (2, s. 14.)

Vuoden 2017 keskeytysmäärien jakaumasta selviää, että eniten oli pitkiä keskeytyksiä (49,85 %). Pikajälleenkytkennän selvittämiä vikoja oli 33,92 % tapauksista ja aikajälleenkytkennän selvittämiä vikoja vähiten (16,23 %). Asemakaava-alueella, jossa sairaalat sijaitsevat, keskeytyksiä oli keskimäärin 0,53 kappaletta vuodessa. (4, s. 4.)

Keskeytystilastoja tarkastelemalla varavoimalle on ilmeinen tarve, varsinkin kun keskeytyksistä melkein puolet oli pitkiä keskeytyksiä. Sairaalan varavoimajärjestelmäksi on valittu katkoton RUPS:n (dynaaminen UPS-laite) ja dieselgeneraattorin yhdistelmä.

2.2 Varmennustason valinta

Sähkön syötön ja jakelun varmennusta tarvitaan monissa eri yhteyksissä, mutta taustalla ovat aina joko turvallisuuskohdat (henkilöturvallisuus) tai taloudelliset intressit (omaisuuden turvaaminen). Myös lainsäädännössä sekä sitä täydentävissä asetuksissa ja määräyksissä asetetaan vaatimuksia varmennukselle. Näillä turvataan laajoilla alueilla tai paikallisesti henkilöitä ja omaisuutta. (2, s. 27.)

Henkilöturvallisuuden ja omaisuuden turvaamisen erojen tunteminen on välttämätöntä myös varavoimajärjestelmiin tehtävien investointien kannattavuuden kannalta. On myös huomioitava, että usein varmennustarpeet kohdistuvat yhtäaikaaisesti niin henkilöturvallisuuteen kuin omaisuuden turvaamiseen joko suoraan tai välillisesti. (2, s. 27.)

2.3 Varmennustasoluokittelu

Kun arvioidaan varmennetun sähkönjakelun tarpeellisuutta, on kuvattava riittävän yksityiskohtaisesti kohteessa harjoitettavia toimintoja ja mitä uhkia niihin liittyy. Lisäksi pitää huomioida uhan toteutumisen seuraukset. (2, s. 37.)

Arvioinnin jälkeen päätetään, kuinka riskit hallitaan. Kun on päätetty riskien hallinnasta, on tarkoituksenmukaista jakaa varmennettavat kohteet omiin luokkiinsa. Luokittelu voidaan jakaa kolmeen osaan: suojaustaso, toiminta-aika ja luotettavuus. Henkilöturvallisuuteen liittyviä järjestelmiä tulee kuitenkin käsitellä

omana ryhmänä, koska niiden ominaisuuksia määrittelevät turvasyöttöjärjestelmien vaatimukset taulukon 1 mukaisesti. (2, s. 37–38.)

TAULUKKO 1. Esimerkki turvasyöttöjärjestelmien luokittelusta (2, s. 38)

Toiminto Tila Prosessi Järjestelmä	Luokka					Laitekohtainen suojaus		Järjes- telmä	Syöttö	
	Katko- ton	0,15 s kytk.	0,5 s kytk.	15 s kytk.	> 15 s kytk.	Akusto	Vä- r- käy- nti- aika	Redun- dantti	Vä- r- voima	UPS
Paloilmotus	X					On	24 h	Ei	X	-
Leikkaussali			X			Ei	-	Ei	-	X

2.4 Varmennettavien kohteiden määrittäminen

Kun varmennettavat toiminnot ja prosessit on määritetty, on eri alojen suunnittelijoiden mahdollista tunnistaa niihin liittyvät järjestelmät ja laitteet, joiden sähkösyöttö tulee varmentaa. Tämän perusteella saadaan käsitys varmennusjärjestelmän tehontarpeesta ja laajuudesta, joilla on ratkaiseva merkitys päätettäessä tarvittavista investoinneista. (2, s. 40.)

Sairaalaan suunnittelija on määritellyt vaadituksi nimellistehoksi minimissään 625 kVA, mikä toimii vaatimuksena hankitulle laitteistolle. Varmennettu sähköjakelu kattaa koko sairaalakiinteistön huomioiden standardin SFS 6000-7-710 (lääkintätilat) määräykset.

Standardi SFS 6000-7-710 vaatii sairaalaan varavoimaa, jonka keskeytysaika on korkeintaan 0,5 sekuntia ja varavoimaa, jonka keskeytysaika on korkeintaan 15 sekuntia. Taulukosta 1 selviää, että sairaalassa 0,5 sekunnin kytketymisaikan tiloja ovat leikkaussalit. Yksilöityjä laitteita, joilla on enintään 0,5 sekunnin kytketymisaika, ovat leikkausvalaisimet ja lääkintäsähkölaitteet, joissa on käytön kannalta muita välttämättömiä valaisimia kuten tähystysvalaisimia, sekä kriittiset elämää ylläpitävät lääkintälaitteet. (5, s. 105–106.)

Enintään 15 sekunnin kytkeytymisajan laitteita ovat poistumisvalaistus ja varavalaistus. Tämän valaistuksen tarkoitus on varmistaa turvallinen poistuminen rakennuksesta sähkökatkon aikana. Seuraavissa tiloissa täytyy säilyä välttämättömän minimivalaistus: varavoimajärjestelmien generaattorien kytkinlaitostilat sekä normaalin ja varavoimajärjestelmän syötön pääkeskustilat, välttämättömiin tuki-toimiin käytetyt tilat, keskitettyjen palohälytys- ja ilmoitinlaitteiden sijoituskohdat sekä ryhmän 1 ja 2 lääkintätilat. (5, s. 107.)

Sairaalan kaikki varavoima on katkotonta (enintään 0,5 sekunnin kytkeytymisaika). Standardi vaatii tätä ainoastaan leikkaussaleille, joten Kajaanin sairaalassa muissa varmennetun syötön tiloissa varavoiman toiminta on vaatimusta nopeampaa. G1- ja G2 -tilat on varmennettu standardin SFS 6000-7-710 määrittämässä laajuudessa. Lähes jokaisessa työhuoneessa on varavoimapistorasias esimerkiksi tietokonetta varten, jotta tietokone ei sammuu sähkökatkon yhteydessä. Tätä ei standardi vaadi, mutta se lisää käyttäjämukavuutta työympäristössä. Lisäksi sairaalan koko yleiskaapelointiverkko on varmennettu, jotta yhteydet pysyvät päällä.

3 VAUHTIPYÖRÄ-UPS

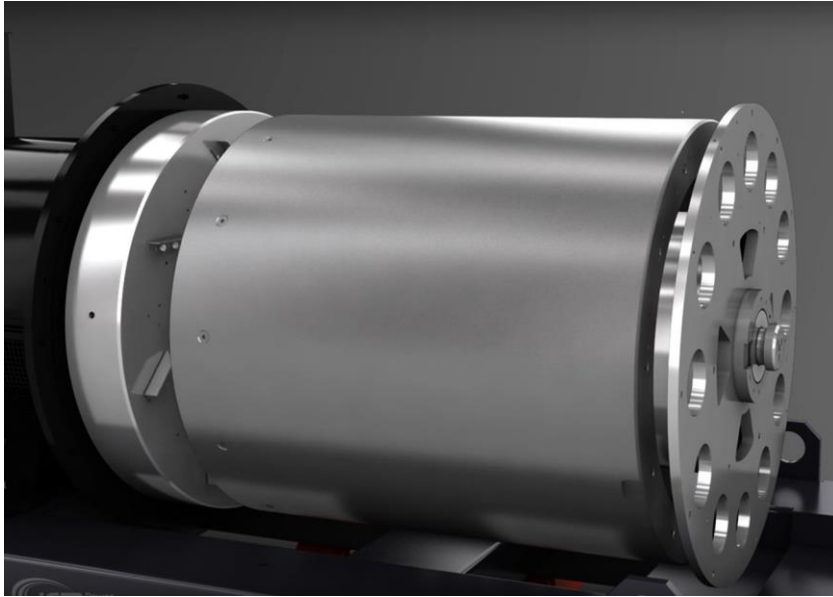
Sairaalan varavoimakokonaisuuden yksi osa on Coromatic Oy:n toimittama 800 kVA:n Rotabloc RBT –vauhtipyörä-UPS. Vauhtipyörä-UPS on vapaa suomenos englannin kielen sanasta RUPS = Rotary Uninterruptible Power Supply. ST-käsikirjasta löytyy nimitys dynaaminen UPS-laite, mutta työympäristössä olemme käyttäneet nimitystä vauhtipyörä tai huimapyörä. Kuvassa 1 on sairaalassa sijaitseva vauhtipyörä-UPS.



KUVA 1. Vauhtipyörä-UPS

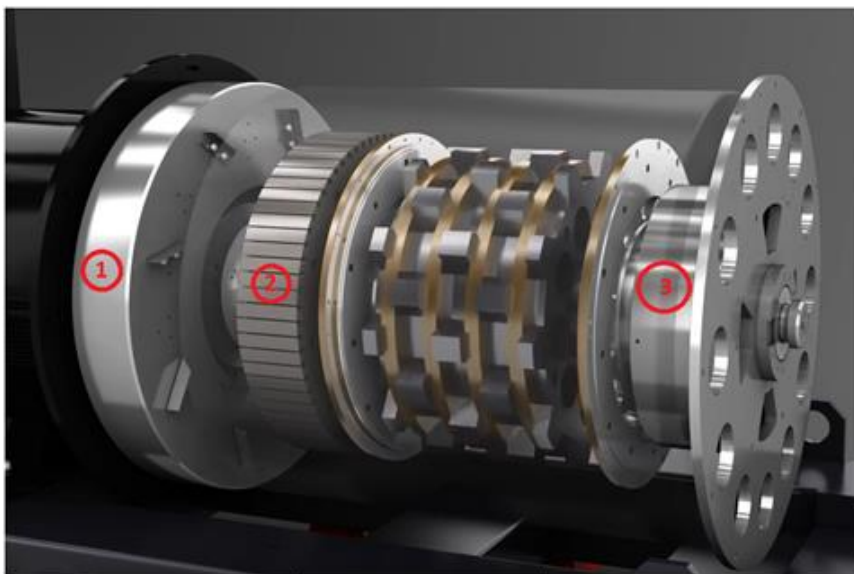
3.1 Rakenne

Vauhtipyörä-UPS:n rungon muodostavat energiavarastona toimiva pyörivä huimamassa, vaihtovirtageneraattori sekä tärinävaimennettu alusta. Vaihtovirtageneraattori on harjaton tahtimoottori, jonka roottori on kytketty joustavan kytkimen välityksellä vauhtipyörä-UPS:n roottoriin. Liike-energiaa varastoidaan kuvan 2 huimamassassa.



KUVA 2. Vauhtipyörä-UPS:n huimamassa (6)

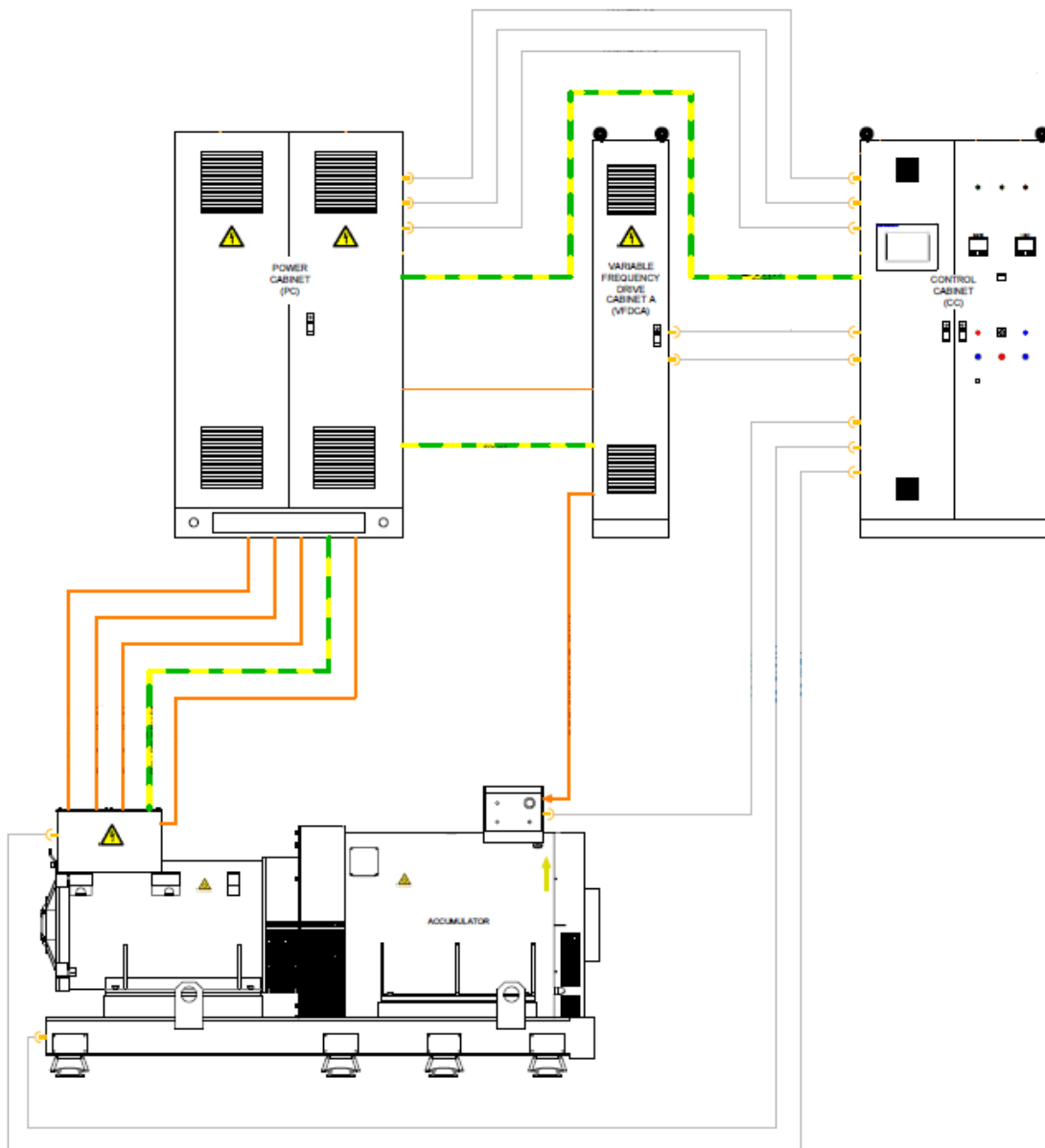
Huimamassan lisäksi vauhtipyörä-UPS sisältää kuvan 3 mukaiset komponentit.



1	Vauhtipyörä
2	Käynnistysmoottori
3	Magnetointigeneraattori

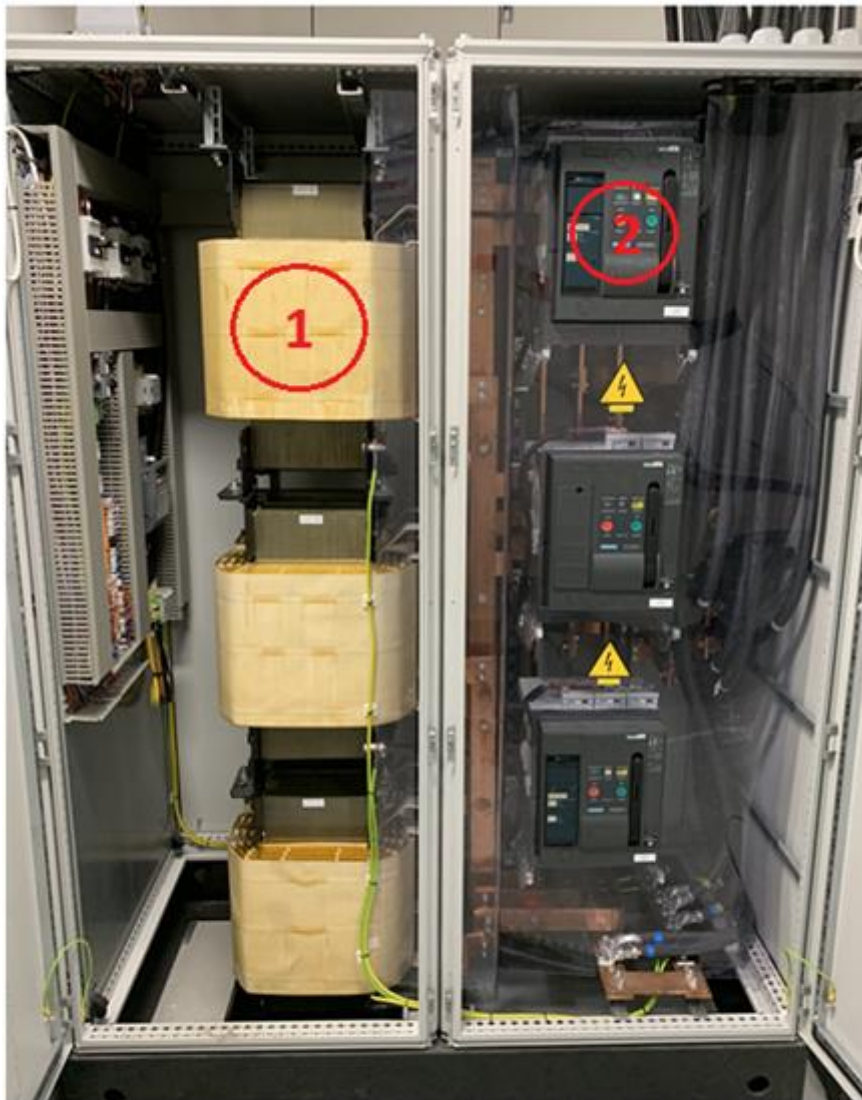
KUVA 3. Vauhtipyörä-UPS:n komponentit rumpumoottorin sisäpuolella (6)

Vauhtipyörä-UPS ei toimi itsestään, vaan se vaatii toimiakseen tehonsyöttökeskuksen (PC), invertterikeskuksen (VFDC) sekä käyttökeskuksen (CC). Kuvassa 4 näkyy vauhtipyörä-UPS sekä sen oheislaitteiden muodostama kokonaisuus.



KUVA 4. Vauhtipyörä-UPS ja sen ohislaitteet (7)

Tehonsyöttökeskuksen (PC) tärkeimmät komponentit toiminnan kannalta ovat kolme katkaisijaa D1, D2 sekä D3. Katkaisijoilla säädetään energian kulkureitti, joka riippuu siitä, onko kyseessä normaali-, huolto- vai katkotilanne. Kuvassa 5 on esitettyä tehonsyöttökeskuksen komponentteja.



1	Kuristimet
2	Katkaisijat

KUVA 5. Tehonsyöttökeskuksen (PC) komponentit

Inverterikeskuksen (VFDC) tehtävä on ohjata vauhtipyörä-UPS:n moottorin nopeutta kaapissa olevalla taajuusmuuttajalla. Kuvassa 6 on esitetty inverterikeskuksen komponentteja.



1	Sulakekotelo
2	Säädettävätaajuuksinen käyttö

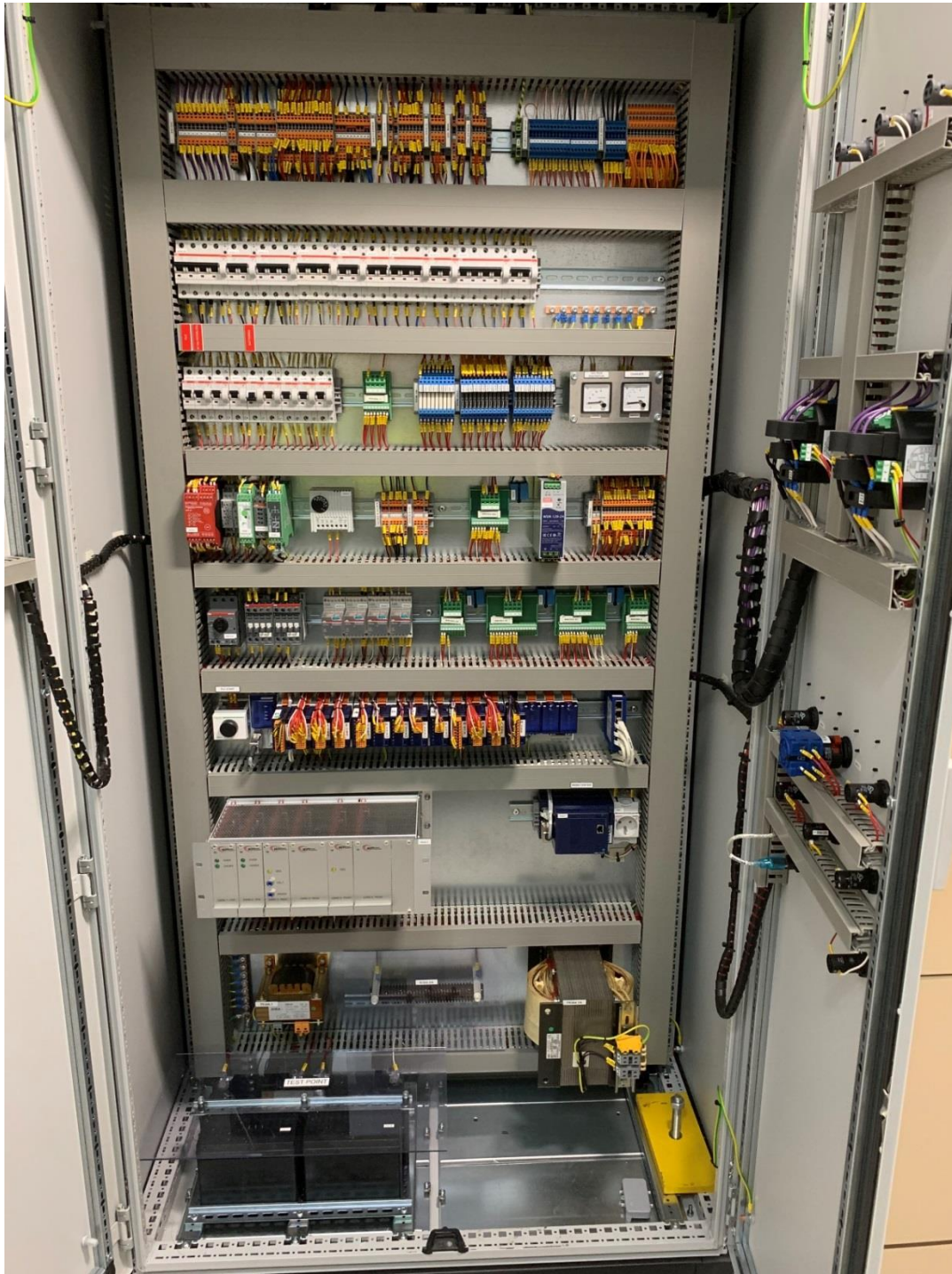
KUVA 6. Invertterikeskuksen (VFDC) komponentit

Ohjauskeskuksen (CC) kosketusnäyttöpaneelin avulla käyttäjä voi valvoa vauhtipyörä-UPS:n tärkeimpien osien tilaa, tarkastella hälytyksiä, valvoa järjestelmien tärkeimpiä parametrejä sekä määrittää asetuksia. (8, s. 9.) Kuvassa 7 näkyy käyttökeskuksen etupaneeli. Kuvassa 8 on esitetty käyttökeskuksen komponentit.



1	Käyttöliittymän kosketusnäyttö
2	Painikkeet, lukittava pääkytkin, sumneri, hätäpysäytyspainike
3	Virtamittarit
4	Tilamerkkivalot

KUVA 7. Ohjauskeskuksen (CC) etupaneeli



KUVA 8. Ohjauskeskuksen komponentit

Kuvassa 9 on PC-, VFDC- sekä CC -keskukset asennettuina kohteessa.

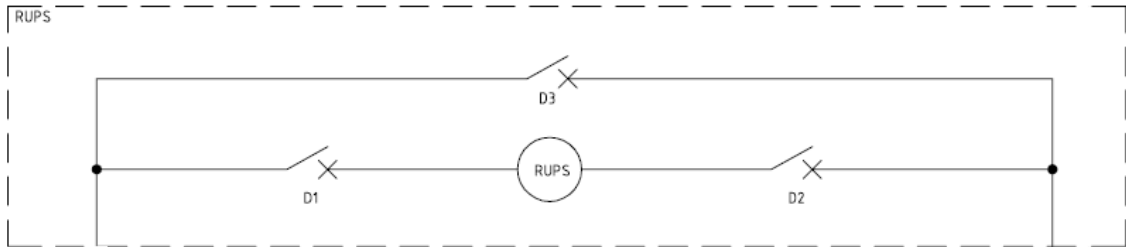


KUVA 9. CC-, VFDC- sekä PC -kaapit kohteessa

3.2 Vauhtipyörä-UPS -järjestelmän toimintatapa

Vauhtipyörä-UPS:n tehtävänä sähkökatkon ilmetessä on huolehtia siitä, että sähkönjakelu pysyy yllä siihen asti, kunnes varavoimageneraattori käynnistyy ja ryhtyy syöttämään sähköä. Vauhtipyörä-UPS:ssä ei ole lainkaan akkuja, vaan lyhyen sähkökatkon aikana tarvittava energia saadaan vauhtipyörän liike-energiasta. Sähköverkon ollessa normaalissa tilassa se syöttää vauhtipyörä-UPS:lle koko ajan sähköä ja tällä tavalla sen pyörivä massa kerää liike-energiansa sähkökatkotilannetta varten. Vauhtipyörä-UPS toimii myös jännit-

teen säätelijänä, suodattaa niin kuormituksen kuin verkkovirrankin aiheuttamia harmonisia häiriöitä, suodattaa nopeita jännitevaihteluita sekä säätelee jännitettä ja kompensoi verkkovirtaa hitaiden jännitevaihteluiden aikana. (8, s. 36.) Kuvassa 10 on vauhtipyörä-UPS:n sekä tehonsyöttökeskuksen välinen kaavio.



KUVA 10. Vauhtipyörä-UPS:n ja tehonsyöttökeskuksen välinen kaavio (9)

4 DIESELGENERAAATTORI

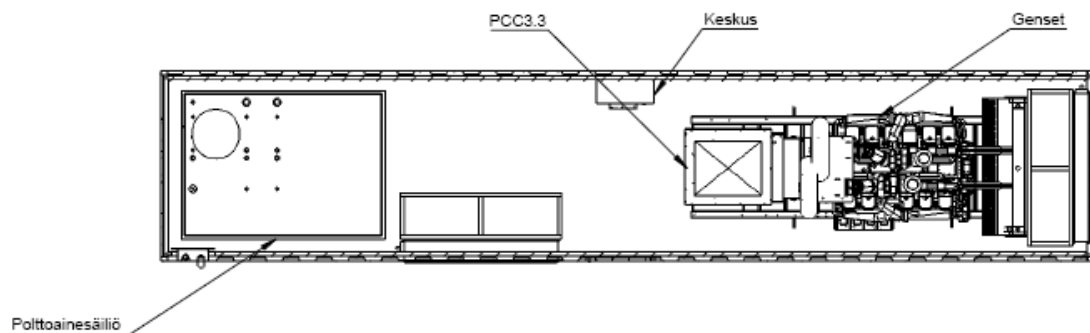
Sairaalan varavoimakokonaisuuden toinen osa on kW-Set Oy:n toimittama merikonttiin rakennettu 1000 kVA:n dieselgeneraattori. Nimensä mukaisesti generaattori toimii dieselillä ja toiminta-aika on kriittisessä tilanteessa 24 tuntia. Kuvassa 11 on kohteessa oleva dieselgeneraattori.



KUVA 11. Dieselgeneraattorikontti kohteessa

4.1 Rakenne

Dieselgeneraattorikontin kokonaisuuden muodostavat kontin sisällä 6000 litran polttoainesäiliö, PCC3.3-ohjauskeskus, Genset-aggregaatti sekä sähkökeskus. Kuvassa 12 on dieselgeneraattorikontin kokoonpanokuva.



KUVA 12. Dieselgeneraattorikontin kokoonpanokuva (10)

PCC3.3 on generaattorin ohjauskeskus, joka ohjaa aggregaatin käynnistystä ja pysäyttämistä sekä manuaali- että automaattitilassa. Ohjauskeskus myös valvoo moottorin lämpötilaa, öljynpainetta sekä nopeutta ja ilmoittaa jännite- sekä virtalukemat. Vian ilmetessä ohjausjärjestelmä ilmoittaa vian tyyppin ja sammuttaa aggregaatin kriittisessä ongelmatilanteessa automaattisesti. (11, s. 15.)

4.2 Toimintatapa

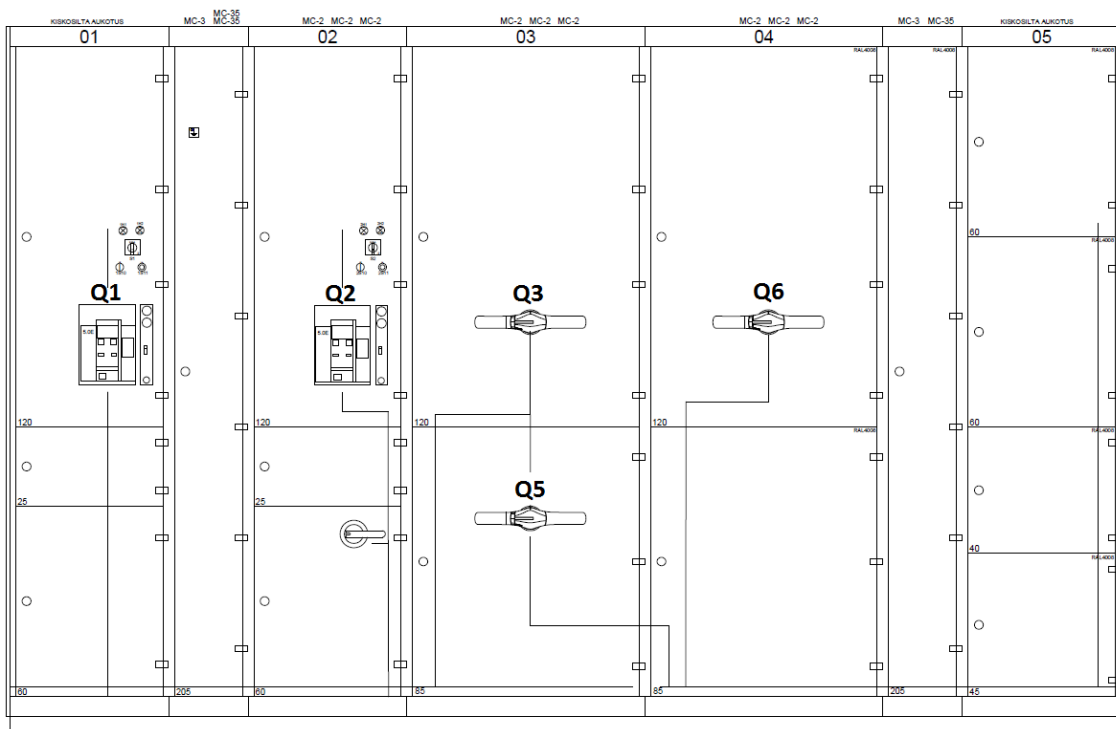
Generaattorin on määrä käynnistyä ja pystyä syöttämään sähköä kahdeksan sekunnin sisällä sähkökatkon alkamisesta. Siihen saakka vauhtipyörä-UPS pitää huolen sähkön syötöstä suojattuun verkkoon. Dieselgeneraattorin Genset-aggregaatti on hieman ylimitoitettu juuri siitä syystä, että se ehtisi varmasti käynnistyä ja alkaisi syöttää sähköä enintään kahdeksassa sekunnissa.

5 SYÖTÖNVAIHTOKESKUS

Kolmas varavoimajärjestelmän osa on Norelco Oy:n valmistama syötönvaihtokeskus. Syötönvaihtokeskuksessa ohjataan katkaisijoiden sekä kuormakytkimien avulla sähkön kulkua eri toimintatilanteissa kuten normaali sähkönsyöttö, sähkökatko sekä vauhtipyörä-UPS:n huoltotilanne. Syötönvaihtokeskus on vauhtipyörä-UPS toimittaja Coromatic Oy:n suunnittelema.

Katkaisija Q1 toimii normaaliverkon syöttöreitillä. Dieselgeneraattori syöttää sähköä katkaisijan Q2 kautta. Sähkö kulkee vauhtipyörä-UPS:lle kuormakatkaisijoiden Q3 ja Q6 kautta. Vauhtipyörä-UPS syötön ohitus tapahtuu katkaisijan Q5 kautta. Kuvassa 13 on syötönvaihtokeskus.

F



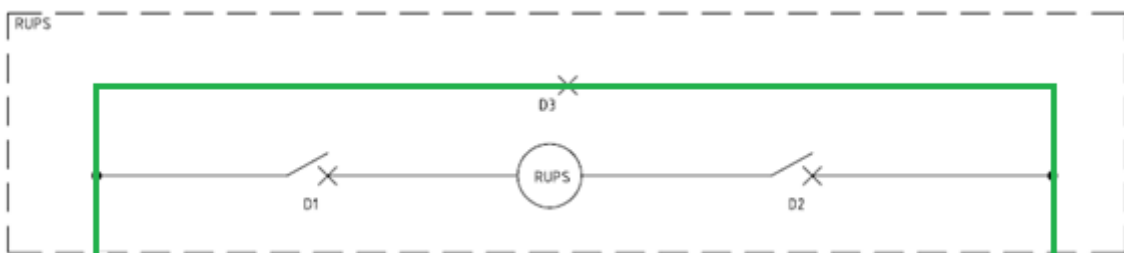
KUVA 13. Syötönvaihtokeskuksen kansikuva (12)

6 VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA ERI KÄYTTÖTILAN- TEISSA

Tässä luvussa tarkastellaan sairaalan varavoimajärjestelmän toimintaa eri tilanteissa. Varavoimajärjestelmään kuuluvat vauhtipyörä-UPS, dieselgeneraattori sekä syötönvaihtokeskus. Toimintatilanteita on neljä: käynnistys-, normaali-, huolto- sekä sähkökatkotilanne.

6.1 Vauhtipyörä-UPS:n käynnistys

Energia kulkee vauhtipyörä-UPS:lle syötönvaihtokeskuksen katkaisijoiden Q3 ja Q6 kautta. Katkaisija D3 on kiinni ja D1 sekä D2 ovat auki vauhtipyörä-UPS:n tehonsyöttökeskuksessa (PC) kuvan 14 mukaan.



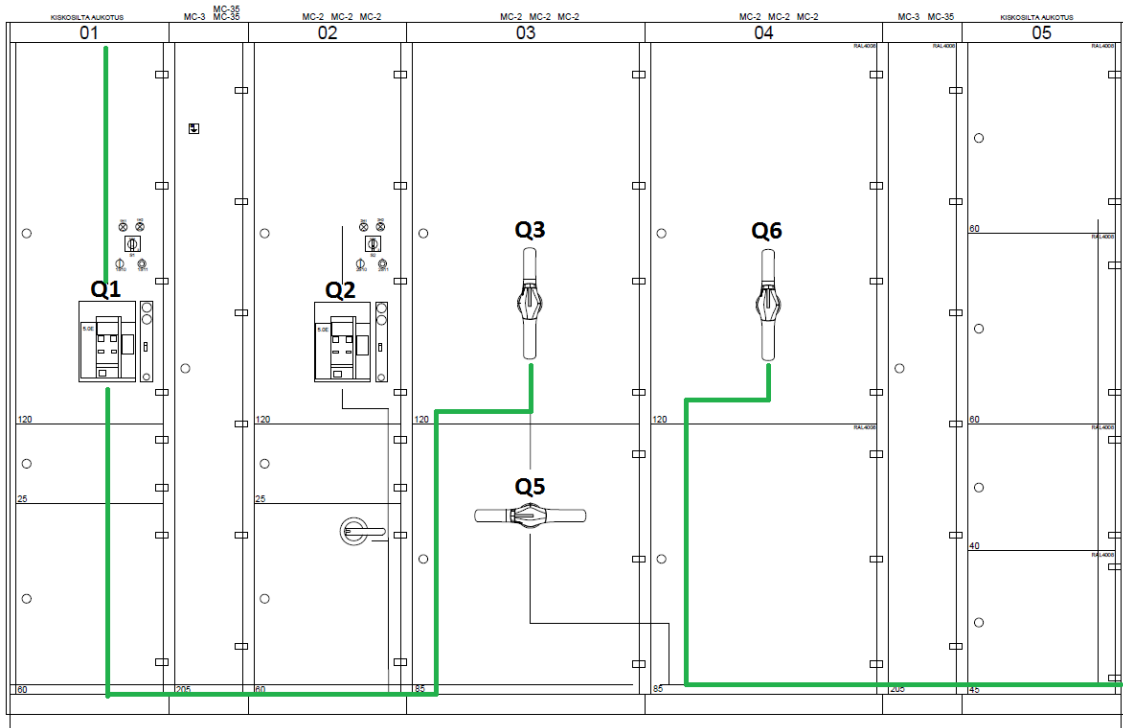
KUVA 14. Sähkön kulkureitti vauhtipyörä-UPS:n käynnistyksessä (9)

Käynnistysmoottori aktivoituu ja kiihdyttää huimamassaa pyörimisnopeuteensa, joka määräytyy kohteen kuorman mukaan. Kun haluttu pyörimisnopeus on saavutettu, kytketään vaihtovirtasyöttö magnetointigeneraattorin kautta roottorin käämityksiin. Kitkaton magneettinen kytkentä sallii akselin kevyen kiihdytyksen toimintanopeuteensa. Generaattoriin syntyy lähdejännite, joka tahdistetaan verkkoon katkaisijan D1 avulla.

Kun vauhtipyörä-UPS on saavuttanut riittävän pyörimisnopeuden, tahtigeneraattori magnetoidaan. Kun huimamassa on vakiintunut käyttönopeuteensa, katkaisija D2 suljetaan ja D3 avataan. Tällöin sähkön syöttö tapahtuu vauhtipyörä-UPS:n kautta. Taajuusmuuttajan avulla pystytään säätämään vauhtipyörä-UPS:n huimamassan nopeutta kuorman mukaan.

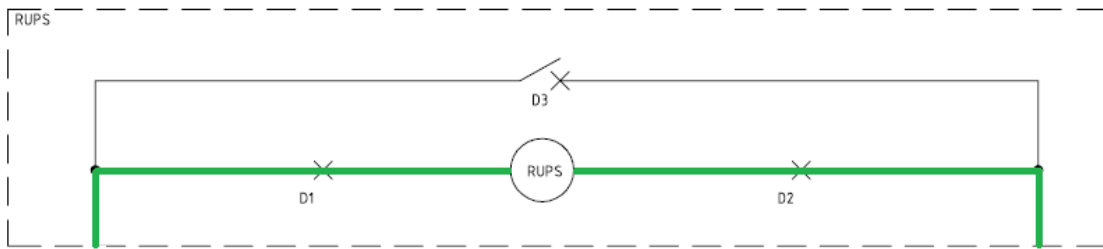
6.2 Verkon normaalitilanne

Verkon normaalitilanteessa sähkö kulkee katkaisijan Q1 sekä kuormakatkaisijoiden Q3 ja Q6 kautta, jolloin vauhtipyörä-UPS on koko ajan aktiivinen ja normaaliverkko syöttää sitä. Vauhtipyörä-UPS on kuormakatkaisijoiden Q3 ja Q6 välissä. Kuva 15 havainnollistaa sähkönkulkureittiä verkon normaalitilanteessa.



KUVA 15. Sähkönkulkureitti verkon normaalitilanteessa syötönvaihtokeskuksessa (12)

Vauhtipyörä-UPS:n tehonsyöttökeskuksessa (PC) katkaisijat D1 ja D2 ovat kiinni sekä D3 auki kuvan 16 mukaisesti.



KUVA 16. Sähkön kulkureitti vauhtipyörä-UPS:ssä osalta verkon normaalitilassa (9)

6.3 Sähkökatko

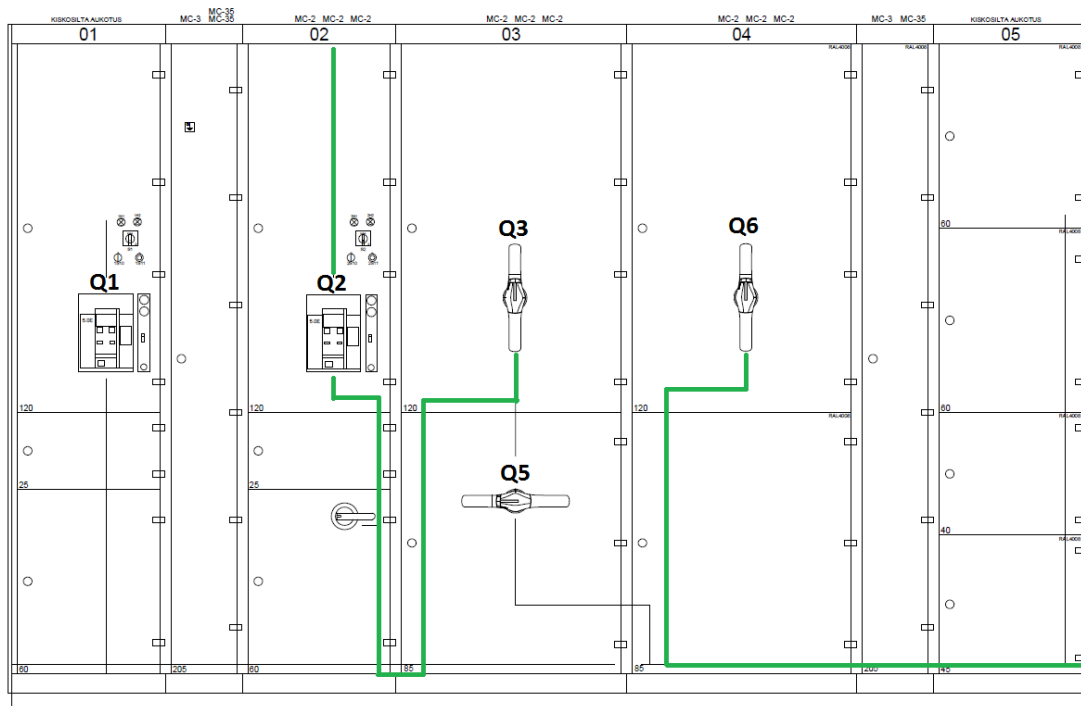
Järjestelmän toimintatapa riippuu jännitehäiriön tai –katkon pituudesta. Hyvin lyhyissä sähkökatkoksissa (muutaman jakson mittaisissa) tahtigeneraattori saa energiaa vauhtipyörältä ja syöttää kuormaa verkon sijasta.

Vähän pidemmissä häiriöissä (kesto enintään 1 sekunti) verkkokatkaisija D1 avautuu ja irrottaa kuorman normaalista syöttöverkosta. Jos häiriö menee ohi, vauhtipyörä-UPS tahdistuu uudelleen verkkoon D1:n kautta, jonka jälkeen verkko alkaa syöttää taas kuormitusta. Katkon aikana akselille kiinnitetyt pyörivät massat luovuttavat liike-energiaa generaattorille.

Kun yli yhden sekunnin sähkökatko ilmenee ja normaaliverkon syöttö lakkaa toimimasta, vauhtipyörä-UPS:n tehonsyöttökeskuksen katkaisija D1 aukeaa. Tällöin vauhtipyörä-UPS ryhtyy syöttämään kuormaa ja antaa käynnistyskäskyn dieselgeneraattorille. Generaattorin pyörimiseen tarvittava energia saadaan huimamassan liike-energiasta. Kun dieselgeneraattori on käynnistynyt ja valmiina syöttämään kuormaa, ohjataan katkaisija Q1 auki ja Q2 kiinni. Nyt dieselgeneraattori syöttää kuormaa ja samalla vauhtipyörä-UPS tahdistuu katkaisijan D1 kautta generaattorin rinnalle. Kun tahdistus on tapahtunut, D1 sulkeutuu ja verkko on generaattorin varassa.

Käynnistyttyään dieselgeneraattori syöttää koko sähkökatkon ajan vauhtipyörä-UPS:ää, mutta myös sähkökatkon jälkeen niin kauan, että vauhtipyörä-UPS on latautunut kokonaan. Tällä toimenpiteellä varmistetaan uuden sähkökatkon ilmetessä, että vauhtipyörä-UPS:ssä riittää energiaa syöttämään vaadittu kuorma

dieselgeneraattorin käynnistymisen ajan. Kuva 17 havainnollistaa sähkön kulureittiä sähkökatkotilanteessa.

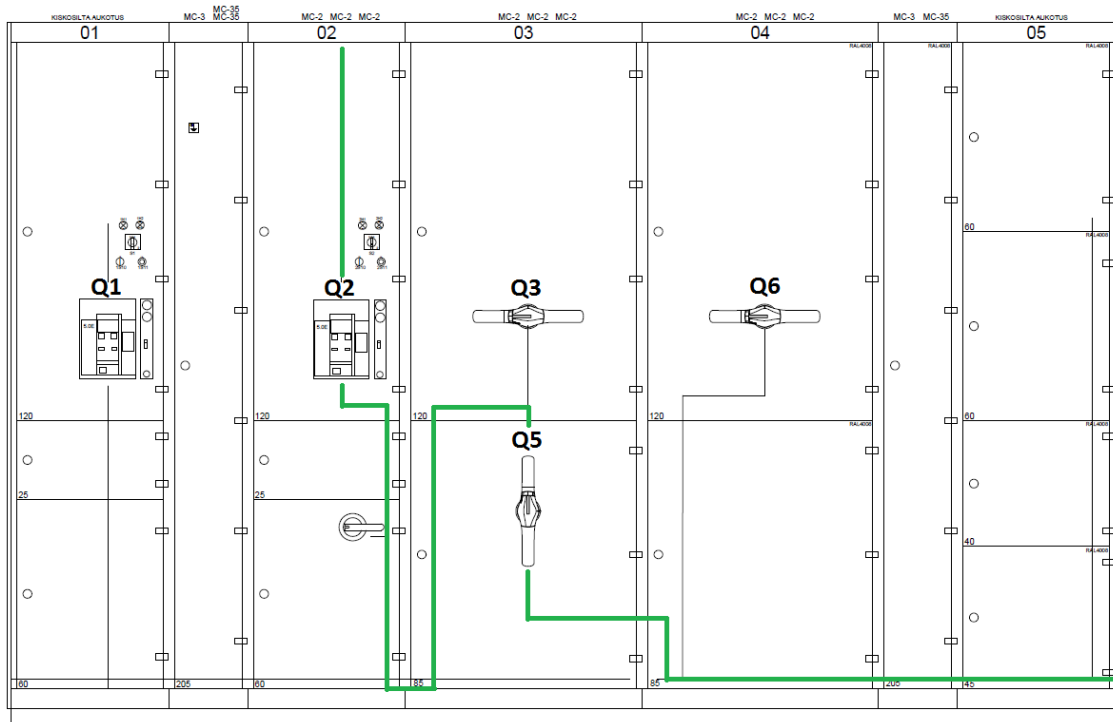


KUVA 17. Sähkön kulureitti sähkökatkotilanteessa syötönvaihtokeskuksessa (12)

Kun vauhtipyörä-UPS on latautunut täyteen dieselgeneraattorin avulla sähkökatkon jälkeen, vauhtipyörä-UPS antaa dieselgeneraattorille sammutuskäskyn.

6.4 Vauhtipyörä-UPS:n huoltotilanne

Vauhtipyörä-UPS:lle täytyy tehdä huolto kerran vuodessa ja silloin se sammutetaan kokonaan. Kuva 18 havainnollistaa sähkön kulureittiä huoltotilanteessa.



KUVA 18. Sähkön kulkureitti vauhtipyörä-UPS:n huoltotilanteessa (12)

Tällöin syöttö ei voi kulkea vauhtipyörä-UPS:n kautta, vaan se erotetaan kokonaan verkosta kuormakatkaisijan Q5 avulla. Kuormakatkaisijat Q3 ja Q6 suljetaan. Myös vauhtipyörä-UPS:n katkaisijat aukeavat, koska sähkö ei kulje sen kautta. Tilanne vauhtipyörä-UPS:n katkaisijoilla on sama kuin kuvassa 8.

Toiminta on kuitenkin varmistettava sähkökatkon varalta dieselgeneraattorin avulla. Dieselgeneraattori käynnistetään ja ohjataan katkaisija Q1 auki ja katkaisija Q2 kiinni, jolloin dieselgeneraattori syöttää kuormaa vauhtipyörä-UPS:n huoltotoimenpiteen ajan. Näin estetään katastrofitilanne: jos kuormaa ei syötetä dieselgeneraattorin kautta vauhtipyörä-UPS:n laitteen huoltotilanteessa ja ilmeneisi sähkökatkos, sairaalan suojattu verkko tulisi jännitteettömäksi.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia sairaalan varavoimajärjestelmän toimintaa periaatteellisella tasolla.

Työ onnistui mielestäni hyvin, vaikka minulla ei ole aiempaa kokemusta varavoimajärjestelmistä kokonaisuutena. Työn tekeminen perehdytti minut hyvin sairaalan varavoimajärjestelmän toimintaan ja opinnäytetyöstä on hyötyä käyttöönottovaiheessa.

Opinnäytetyö esittelee hyvin sairaalan varten hankittua varavoimajärjestelmän toimintaa, mutta muihin kuin identtisiin kohteisiin toimintaa ei voi verrata. Toiminta on todettu täysin periaatteellisella tasolla, joten testaus- ja käyttöönottovaiheessa voi esiintyä poikkeavuuksia tässä opinnäytetyössä esitettyyn toimintaan.

LÄHTEET

1. Caverion Suomi Oy. Yritys. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-lyhyesti>. Hakupäivä 19.3.2019.
2. ST-käsikirja 20. 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät.
3. Energiateollisuus. Materiaalipankki. Saatavissa: https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkon_keskeytystilasto_2017.html. Hakupäivä: 1.4.2019.
4. Energiateollisuus 2018. Keskeytystilasto 2017. Saatavissa: https://energia.fi/files/2785/Sahkon_keskeytystilasto_2017.pdf. Hakupäivä: 1.4.2019.
5. SFS 6000: 7-710:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Lääkintätilat.
6. Industrial Electric Mfg 2016. IEM Power Systems Rotabloc UPS 60Hz HD. Video. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=kQaYZJ4I3i8>. Hakupäivä: 6.4.2019.
7. Cables Link Single TN-S 3.7. 2017. IEMPS. Sisäinen lähde.
8. Käyttöopas RBT 7.1. 2018. IEMPS. Sisäinen lähde.
9. Koivisto, Lauri 2018. Varavoiman toiminta. Sweco Talotekniikka Oy. Sisäinen lähde.
10. Wagner-Prenner, Marko 2018. Kokoonpano. kW-Set Oy. Sisäinen lähde.
11. Käyttöohjekirja PowerCommand 3.3. 2009. Cummins Power Generation. Sisäinen lähde.

12. Syötönvaihtokeskuksen kansikuva. 2018. Norelco Oy. Sisäinen lähde.