

KATKEAMATON VARAVOIMA

Ruokanen Jaakko

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jaakko Ruokanen	Vuosi	2024
Ohjaaja	Tuomas Kariniemi, Ins. (YAMK)		
Toimeksiantaja	Lapin keskussairaala Sähkökäytönjohtaja Seppo Rautiainen		
Työn nimi	Katkeamaton varavoima		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 8		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Lapin keskussairaalaan laajennushankkeen yhteydessä rakennettua uutta katkeamatonta varavoimajärjestelmää. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä katkeamattoman varavoimajärjestelmän laitteisiin, toimintaan ja huoltoon. Työn tavoitteena on tehdä opas, joka auttaa Lapin keskussairaalan teknisten palveluiden uusien käyttäjien perehdytyksessä. Opinnäytetyö tehtiin Lapin keskussairaalalle talven ja kevään 2024 aikana.

Opinnäytetyössä tutustutaan varavoimajärjestelmän rakenteeseen sekä eri laitteisiin ja niiden toimintaan sekä huoltotoimenpiteisiin. Työssä kerrotaan dieselgeneraattorien, muuntamon, keskijännitekojeiston, sähköpääkeskusten, UPS-järjestelmän ja akuston merkityksestä varavoimajärjestelmässä.

Työ toteutettiin tutustumalla aiheeseen liittyviin kirjallisuuteen ja standardeihin. Lisäksi kerättiin aineistoa Lapin keskussairaalan tekniikan tietokannasta. Katkeamattoman varavoimajärjestelmän toimintaan perehdyttiin myös osallistumalla ABB:n järjestämiin käytönopastuksiin.

Työn tuloksena syntyi opas, jota Lapin keskussairaalan henkilökunta voi käyttää perehdytyksessä. Lisäksi saatiin tietoa katkeamattoman varavoimajärjestelmän tarpeellisuudesta, käytöstä ja hyödyistä sairaalaympäristössä.

Electrical and automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jaakko Ruokanen	Year	2024
Supervisor	Tuomas Kariniemi, MEng		
Commissioned by	Lapland central hospital	Operation manager of electrical equipment	Seppo Rautiainen
Subject of thesis	Uninterruptible Backup Power		
Number of pages	41 + 8		

The purpose of this thesis was to study the new uninterruptible backup power system which was built at Lapland Central Hospital in connection with the expansion project. The aim of the thesis was to familiarize oneself with the equipment, operation and maintenance of an uninterruptible backup power system. The aim of the work was to create a guide that will help in the orientation of new users of the technical services of Lapland Central Hospital. The thesis was completed for Lapland Central Hospital during the winter and spring of 2024.

The thesis introduces the structure of the backup power system as well as various components and their operation as well as maintenance measures. The thesis explains the significance of diesel generators, transformer substation, medium-voltage switchgear, main switchboards, the UPS-system and the battery pack in the backup power system.

The thesis was carried out by getting acquainted with the literature and standards on the subject. In addition, data was collected from the technology database of Lapland Central Hospital. Familiarisation with the operation of the uninterruptible backup power system also took place by participating in operating instructions organised by ABB.

The result of the thesis is a guide that the staff of Lapland Central Hospital can use in orientation. In addition, information was obtained on the necessity, use and benefits of an uninterrupted backup power system in a hospital environment.

Key words

UPS, backup power, hospital, generator

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LAPIN KESKUSSAIRAALA	8
3	VARAVOIMAN VAATIMUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ.....	10
4	KATKEAMATON VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ	12
4.1	Rakenne	12
4.2	Generaattorihuone	13
4.3	Valvontahuone.....	15
4.4	Muuntamo.....	18
4.5	Kojeistosali.....	19
4.5.1	Keskijännitekojeisto.....	19
4.5.2	UPS- jakelujärjestelmä	21
4.5.3	Pääkeskukset.....	24
4.5.4	Apusähkökeskus	26
4.5.5	Jakokeskukset ja VAK.....	27
4.5.6	Paloturvallisuus- ja kamerajärjestelmä	28
4.5.7	SCADA.....	29
4.6	Akustotila	31
5	VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA HUOLTO	33
5.1	Järjestelmän toiminta	33
5.1.1	Rinnankäyttö	34
5.1.2	Saarekekäyttö	35
5.2	Huolto	35
5.2.1	Akusto	36
5.2.2	Koekäyttö	36
6	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	41

ALKUSANAT

Kiitän lämpimästi Lapin keskussairaalan sähkökäytönjohtaja Seppo Rautiaista mahdollisuudesta tämän opinnäytetyön laatimiseen sekä häneltä saadusta tuesta ja ohjauksesta. Haluan osoittaa kiitokseni myös Lapin AMK:n Tuomas Kariniemelle, joka toimi opinnäytetyöni ohjaajana. Opinnäytetyöprosessiani auttoivat eteenpäin työtoverini Lapin keskussairaalan teknisissä palveluissa, ja kiitän heitä avusta ja jakamastamme positiivisesta työilmapiiristä.

Rovaniemellä 7.5.2024

Jaakko Ruokanen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DPA	Hajautettu rinnakkaisarkkitehtuuri (Decentralized Parallel Architecture)
SCADA	Valvomo-ohjelmisto (Supervisory Control And Data Acquisition)
SF6	Rikkiheksafluoridi, keskijännitekojeistossa käytetty eriste- tekaasu
UPS	Keskeyttämätön virransyöttö (Uninterruptible Power Supply)
VAK	valvonta-alakeskus

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Lapin keskussairaalan katkeamatonta varavoimajärjestelmää. Katkeamaton varavoimajärjestelmä sijaitsee erillisessä rakennuksessa keskussairaalan tontilla. Rakennus rakennettiin osana Lapin keskussairaalan laajennushanketta, jossa rakennettiin pysäköintitalo, psykiatrian vuodeosasto osat sekä kuuma sairaala. Kuumen sairaalan toimintoja ovat päivystyspoliklinikka ja tarkkailu, leikkaus- ja anestesiaosasto, sairaala-apteekki, kipu- ja kuntoutuspoliklinikka, ensihoito sekä logistiikkavarasto.

Opinnäytetyön aihetta ehdotti Lapin keskussairaalan sähkökäytönjohtaja Seppo Rautiainen. Aihe-ehdotus kiinnosti minua, sillä työskentelen Lapin keskussairaalan teknisissä palveluissa sähkö-, automaatio- ja viestintähuollon asentajana. Halusin, että opinnäytetyöstäni olisi työpaikalleni konkreettista hyötyä.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään katkeamattoman varavoimajärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Lisäksi perehdytään sairaalaympäristön vaatimuksiin varavoimajärjestelmän kannalta.

2 LAPIN KESKUSSAIRAALA

Rovaniemen Ounasrinteellä sijaitseva Lapin keskussairaala on rakentunut useassa vaiheessa. Kantasairaala valmistui vuonna 1988. Sairaalan laajennusosa otettiin käyttöön vuonna 2006. 2010-luvulla alkoi jälleen uuden suunnittelu. Alkuvaihe hankkeelle oli vuonna 2014 järjestetty kaksivaiheinen arkkitehtuurikilpailu, jonka voitti Verstaas Arkkitehtien ITU-ehdotus. Uutta haluttiin suunnitella perusteellisesti, sillä korjattavana oli monia puutteita. Päivystyspoliklinikan tilat olivat pienet. Välinehuolto ja leikkaussalit vaativat uusimista ja varastotilaa oli liian vähän. Laajennushankkeella on saatu uutta tilaa kaikkiaan 44 200 bruttoneliometriä, kun pysäköintitalo lasketaan mukaan. Varsinaisen sairaalarakentamisen osuus on noin 31 400 neliometriä. (RPT Byggfakta Oy 2023.)

Lapin hyvinvointialue on vuoden 2023 alusta lähtien vastannut palveluiden järjestämisestä. Lapin hyvinvointialueeseen kuuluu 17 kuntaa ja neljä kaupunkia. Lapin keskussairaalan väestöpohja on noin 118 000 asukasta. Kemissä sijaitseva Länsi-Pohjan keskussairaala vastaa alueen läntisen osan erikoissairaanhoidon tarpeista. Kokonaisuutena hyvinvointialueen väestöpohja on noin 179 000. (RPT Byggfakta Oy 2023.)



Kuvio 1. Lapin keskussairaala (RPT Byggfakta Oy 2023)

Ensimmäiseksi laajennushankkeessa valmistui vasemmalla oleva pysäköintitalo vuonna 2020. Sen vieressä on vastavalmistunut kaarevajulkisivuinen kuuma sairaala liimapuupalkkeineen. Vuonna 2005 valmistunut kantasairaalan laajenusosa on vihreäseinäinen. Sen oikealla puolella on vuonna 1988 valmistunut kantasairaala. Oikealla pilkottaa uusi psykiatrian vuodeosasto ruskeine julkisivuineen puistometsän vieressä. (Kuvio 1; RPT Byggfakta Oy 2023.)

3 VARAVOIMAN VAATIMUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Lääkintätiloissa vaaditaan varavoimajärjestelmä, joka syöttää ennalta määrätyn syötönvaihtoajan kuluessa asennuksia, joita tarvitaan toiminnan jatkamiseen yleisen sähkönjakelujärjestelmän vian aikana. Varavoimajärjestelmän teholähteen on automattisesti käynnistytävä, jos jännite yhdessä tai useammassa pääsyötön sisältävän rakennuksen pääkeskuksen syöttöjohdossa laskee alle 85 % nimellijännitteestä ja vähintään 0,5 s ajan. Sairaaloiden ja vastaavien laitosten ulkopuolelle olevien ryhmän 1 lääkintätiloissa voi olla tarpeetonta asentaa varavoimajärjestelmää, jos syötön vika ei aiheuta uhkaa turvallisuudelle. Jos terveyskeskuksissa, kotisairaanhoidossa, työpaikkaterveydenhoidossa, yksittäisissä vastaanottiloissa ja vastaavissa terveydenhuollon laitoksissa suoritetaan vain sellaisia hoitotoimenpiteitä, joissa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta vaaraa potilaille, mutta kohteissa on tarve käyttää välttämättömien lääkintälaitteiden syöttöjä, se voidaan toteuttaa esim. laitekohtaisilla tai tilakohtaisilla akuilla tai UPS-järjestelmillä. (SFS-600-1:2022. 710.560.5.101, 514.)

”Varavoimajärjestelmät luokitellaan seuraavasti:

- *luokka A - ei katkoa: automattinen syöttöjärjestelmä (varavoimajärjestelmä), joka voi varmistaa jatkuvan syötön määrättyissä olosuhteissa muutoksen aikana.*
- *luokka C - lyhyt katko: automattinen syöttöjärjestelmä (varavoimajärjestelmä), joka on käytettävissä 0,5 sekunnissa.*
- *luokka E - keskipitkä katko: automaattinen syöttöjärjestelmä (varavoimajärjestelmä), joka on käytettävissä 15 sekunnissa.*
- *luokka F - pitkä katko: automattinen syöttöjärjestelmä (varavoimajärjestelmä), joka on käytettävissä yli 15 sekunnissa.*

Varavoimajärjestelmien, joilla on erilaisia luokituksia, olisi täytettävä vaatimuksiltaan korkeimman sähkönsyötön varmuuden antava luokitus”. (SFS-600-1:2022. 710.560.4.1, 514.)

”Enintään 0,5 s kytketymsajan omaavat varavoimajärjestelmän teholähteet on täytettävä seuraavat vaatimukset. Jos yhden tai useamman jakokeskuksen yhden tai useamman äärijohtimen jännitteessä sattuu vika, varavoimajärjestelmän teholähteen on kyettävä syöttämään vähintään 3 tunnin ajan

- *leikkausvalaisimia.*

- *lääkintäsähkölaitteita, joissa on käytön kannalta muita välttämättömiä valaisimia, esim. tähystysvalaisimia mukaan luettuna niihin liittyvät välttämättömät laitteet, esim. monitorit.*
- *kriittisiä elämää ylläpitäviä lääkintälaitteita. Jos lääkintälaitte sisältää akkuvarmennuksen tai muun varajännitelähteen, laitteet voidaan liittää syöttöön, jonka kytketymisaika on enintään 15 s. Tehon pitää palautua automaattisesti 0,5 s kuluessa.” (ST 51.79. 03 2020, 19.)*

Enintään 0,5 kytketymisaajan omaavien varavoimajärjestelmien teholahteet toteutetaan akustoilla, DRUPS/UPS-järjestelmillä tai vastaavilla. Näihin teholahteisiin liitetään sellaiset kriittiset kuormitukset (esim. leikkausvalaisimet ja välttämättömät elämää ylläpitävät järjestelmät), joiden sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaa välittömän vaaran. Sähkökatkon sattuessa jokaisessa leikkaussalissa tai siihen verrattavassa toimenpidetilassa pitäisi vähintään yhden toimenpidevalaisimen toimia välittömästi. Akuston, joka syöttää toimenpidevalaisimia kapasiteetti mitoitetaan siten, että yhden suuritehoisimman huoneen valaisimien tarvitsema energia lasketaan täysimääräisenä ja seuraavien valaisimien energiantarpeesta puolet. Yhteen akustoon ei tule kytkeä enempää kuin viisi leikkaussalia valmistelutiloineen tai 10 toimenpidehuonetta. Generaattoreiden, muuttajien, akustojen jne. tulee sijaita varsinaisten lääkintätilojen ulkopuolella mahdollisimman lähellä ryhmäkeskusta, jotta kaapeleiden vioittuminen olisi epätodennäköistä. (ST 51.79. 03 2020, 19.)

4 KATKEAMATON VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ

4.1 Rakenne

Lapin keskussairaalan katkeamaton varavoimajärjestelmä sijaitsee omassa erillisessä rakennuksessa sairaalan läheisyydessä. Rakennus koostuu viidestä erillisestä huoneesta, jotka ovat:

- generaattorihuone
- valvontahuone
- muuntamo
- kojeistosali
- akkuhuone.

Generaattorihuoneeseen on sijoitettu katkeamattoman varavoimajärjestelmän kaksi dieselgeneraattoria. Valvontahuoneessa sijaitsevat generaattorikohtaiset keskukset sekä näiden yhteiskäyttökeskus. Muuntamotilassa ovat muuntajat. Kojeistosalissa sijaitsevat UPS-laitteet, sähkökeskukset ja keskijännitekojeistot. Akkuhuoneesta löytyvät UPS-järjestelmän akustot telineissään.

Rakennuksen lämmitykseen ja jäähdytykseen käytetään ilmalämpöpumppuja. Lisäksi akkutilaan ja kojeistosaliin on asennettu säteilylämmittimet. Kojeistosalissa ja valvontahuoneessa on myös sähkölämmittimet.



Kuvio 2. Katkeamattoman varavoimajärjestelmän rakennus

4.2 Generaattorihuone

Generaattorihuoneeseen on sijoitettu katkeamattoman varavoimajärjestelmän kaksi dieselgeneraattoria. Dieselgeneraattoreiden on täytettävä seuraavat ehdot, jotta niitä voidaan käyttää osana varmennettuna varavoimajärjestelmää.

Dieselgeneraattori tulee olla varma käynnistymään ja käynnistymisaika tulee sovitaa käyttötarkoitukseen. Mikäli määräykset vaativat varavoiman saantia tietyssä ajassa (esim. sairaalaympäristössä 15 sekuntia verkkokatkoksen alkamisesta), sitä on noudatettava ensisijaisesti. Jos tiettyä kiinteää aikarajaa varavoiman kytkeytymiselle ei ole (esim. koekäyttöjen yhteydessä), voidaan käynnistykseen käyttää pidempää rampia, jolloin näkyvä savunmuodostus on vähäisempää. Dieselmoottorit on varustettu esilämmittimellä. Esilämmitin varmistaa käynnistymisen kaikissa käyttöpaikan lämpötilaolosuhteissa. Automaattisessa varvoimalaitoksessa esilämmityksen toiminta on varmistettava automaattisella vika-hälytyksellä. Varavoimajärjestelmän on sovelluttava tarvittaessa jatkuvaan käyttöön mukaan lukien kaikki laitosta palvelevat apujärjestelmät. Useimmissa käyttökohteissa on lähdettävä siitä, että erikoistilanteessa varvoimalaitos voi joutua toimimaan useita vuorokausia, jopa viikkoja yhtäjaksoisesti. (ST-käsikirja 31 2019, 85–86.)



Kuvio 3. Järjestelmän dieselgeneraattori

Lapin keskussairaalan katkeamaton varavoimajärjestelmä on kokonaisteholtaan 2600 kVA, joka koostuu kahdesta dieselgeneraattorista (G10 ja G11). Yksittäinen dieselgeneraattori on teholtaan 1300 kVA:n suuruinen. Generaattorit ovat toimitaneet Voimalaite Service Oy ja ne ovat malliltaan Baudouin 12M33G1400/5. Generaattoreiden taajuus on 50 Hz ja niiden kierrosluku on 1500 rpm. Kuviossa 3 on yksi dieselgeneraattori. Dieselgeneraattorista lähtee ulos kaksi putkea, joita pitkin pakokaasu ohjataan ulos. Molemmille generaattorille on oma puhallinohjauskeskus (G10 POK ja G11 POK), jotka sijaitsevat viereisessä valvontahuoneessa.

Dieselgeneraattorit toimivat dieselillä. Ollessaan käynnissä yksi dieselgeneraattori kuluttaa 240 litraa tunnissa. Kun molemmat dieselgeneraattorit ovat käynnissä kuluttavat ne silloin täydellä teholla ollessaan 480 litraa tunnissa dieseliä. Generaattorihuoneessa on molemmille dieselgeneraattoreille omat polttoainesäiliönsä, joihin molempiin mahtuu 1200 litraa dieseliä. Varavoima rakennuksen viereen on rakennettu polttoaineen varastosäiliö järjestelmää varten. Varastosäiliön mahtuu 75 tonnia dieseliä.

Molemmille dieselgeneraattoreille on oma sähkökeskuksensa VVLK-1 G10 ja VVLK-1 G11. Näiden ohjauskeskusten kautta kulkee virta dieselgeneraattoreille G10 ja G11. VVLK-1 G10- ja VVLK-1 G11-keskuksissa ovat dieselgeneraattorin pääkytkin Q0. Pääkytkin Q0 on aina kiinni-asennossa. Jos kytkin on auki-asennossa, tulee siitä hälytys varavoimakoneen ohjausyksikön näytölle. VVLK-1 G10 keskus on yhdistetty kiskosillalla keskukseen PK10VV, jossa sijaitsee G10:n generaattorikatkaisija. Sama toteutus on tehty myös VVLK-1 G11 järjestelmälle. (Voimalaite Service Oy 2022, 4.)

Kummallekin dieselgeneraattorille on oma käynnistys akustonsa. Akusto koostuu kahdesta 12 V 200 Ah akusta. Akut ovat kytkettynä sarjaan (24VDC) ja niitä varataan valvontahuoneessa olevilta keskuksilta (DGOK G10 ja DGOK G11). Keskuksissa on akun ylläpitovaraajalle oma nokkakytkimensä ja nokkakytkimen on oltava asennossa 1, jotta varaaja lataa akustoa.

4.3 Valvontahuone

Valvontahuoneesta on ikkunan kautta näkymä generaattori huoneeseen. Kuviossa 4 näkyy valvontahuoneessa olevat yhteiskäyttökeskus VVOK G10-G11 sekä konekohtaiset keskuksat DGOK G10 ja DGOK G11.



Kuvio 4. Valvontahuone

Varavoimajärjestelmä koostuu kahdesta keskenään samanlaisesta varavoimakoneesta G10 ja G11. Nämä varavoimakoneet syöttävät omia keskuksiaan, mutta tietyissä tilanteissa (esim. G10 koneen käyntihäiriö) toinen kone voi syöttää myös viallisen koneen keskusta. Koneet pystyvät ajamaan keskenään rinnan. Varavoimakeskukset PK10VV ja PK11VV on erotettu etäohjattavilla kiskokatkaisijoilla. Normaalitilanteessa M10 syöttää keskusta PK10VV ja M11 syöttää keskusta PK11VV. Verkkohäiriötilanteessa varavoimakone G10 syöttää PK10VV - keskusta ja varavoimakone G11 syöttää PK11VV-keskusta. Varavoimajärjestelmää ohjataan konekohtaisista DGOK-keskuksista sekä yhteiskäyttökeskuksesta VVOK. (Voimalaite Service Oy 2022, 4.)

Keskukset PK10VV ja PK11VV sijaitsevat viereisessä kojeistotilassa. Valvonta-huoneessa olevilla puhallinohjauskeskuksilla G10 POK ja G11 POK ohjataan generaattoritilassa olevia puhaltimia, joilla ohjataan generaattoreiden käynnissä ollessa aiheutuva lämpö ulos tilasta. Kuviossa 5 näkyy puhallinohjauskeskus G11 POK, joka ohjaa generaattorin M11 puhaltimia. G10 POK on identtinen keskus tämän kanssa. Molemmissa keskuksissa on merkkivalot, jotka syttyvät, kun puhaltimet käynnistyvät.



Kuvio 5. Puhallinohjauskeskus G11 POK

Kummallekin varavoimakoneelle on oma, 1200 litran polttoaineen päiväsäiliö, joka on varavoimakoneen vieressä. Koneille on myös maan alla 3 kpl 25 m³ varastosäiliöt. Kuviossa 6 näkyy seinälle kiinnettynä maan alla olevien varastosäiliöiden näytöt. Polttoainejärjestelmä on varustettu päiväsäiliön täyttöautomaattilla, joka täyttää päiväsäiliötä kyseisistä varastosäiliöistä. Automaattikka on varustettu konekohtaisella sähkötoimisella täyttöpumpulla, jota ohjataan kone-/päiväsäiliökohtaisesti varavoimakoneen ohjauskeskuksesta DGOK. Automaattinen

tankkaus toimii vaan dieselgeneraattoreiden ollessa käynnissä (Voimalaite Service Oy 2022, 32.)



Kuvio 6. Polttoainesäiliöiden pinnantilavuuden näytöt

Ohjauskeskuksissa on konekohtaiset valintakytkinkotelot minkä 4-asentoisella valintakytkimellä valitaan mistä varastosäiliöstä päiväsäiliötä täytetään. Jokaiselle varastosäiliöltä tulevalle täyttöputkelle on oma magneettiventtiili. Magneettiventtiiliä ohjataan auki sen mukaan, mistä varastosäiliöstä täyttö halutaan tapahtuvaksi. Magneettiventtiileitä voidaan tarvittaessa ohjata myös VAK:sta. (Voimalaite Service Oy 2022, 34.)

4.4 Muuntamo

Varavoimajärjestelmän muuntamo tilassa sijaitsee kaksi 10 kV/400 V, 1250 kVA:n valuhartsikuivamuuntajaa. Muuntamoon tulee Napapiirin energian toteuttamana kaksi 10kV/400V sähkönsyöttöä eli muuntajille M10 ja M11 tulee omat syöttönsä. Muuntajan M10 ensiö liitetään kaapelilla 10kV kojeistoon KJK 03:n kennoon viisi ja toisio kytkeminen sähkökeskukseen PK11VV toteutetaan kiskosillalla. Kiskosiltaa käytetään tehonsiirtoon muuntajalta kojeistoon ja kojeistosiiden välillä. Muuntajan M11 kytkentä on toteutettu täsmälleen samalla tavalla, sillä kyseessä ovat identtiset järjestelmät. M11 muuntajan ensiö on liitetty kaapelilla 10 kV kojeistoon KJK 03:n kennoon neljä ja toisio kytkeminen sähkökeskukseen PK10VV toteutetaan myös kiskosillalla. Muuntajien alle on sijoitettu puhaltimet niiden jäähdytystä varten. Tämä antaa myös mahdollisuuden ylikuormittaa muuntajia tarvittaessa.

Molemmat muuntajat ovat kytkennältään Dyn 11. Dyn 11 kytkennässä muuntajan ensiöpuoli on kytketty kolmioon ja toisiopuoli tähteen. Muuntajat ovat kytketty samalla tavalla, jotta niitä voidaan mahdollisesti käyttää rinnan. Kolmivaihemuuntajien rinnankäyttö on mahdollista, jos seuraavat ehdot toteutuvat: muuntajien jännitteet ovat samat, suurempitehoisen muuntajan oikosulkujännite ei saa olla suurempi kuin pienempitehoisen, muuntajien tehojen suhde saa olla enintään 1:3. (Korpinen 2008.)



Kuvio 7. Varavoimajärjestelmässä käytetty muuntaja (Sea 2024.)

Muuntamossa on otettava huomioon sijoituspaikka, mitoitus, paloturvallisuus ja muuntamon rakenne. Muuntajat on sijoitettu omaan muuntajatilaansa, johon sisäänkäynti tapahtuu ulkoa. Muuntajatilan mitoituksessa on otettava huomioon, että muuntajien edessä on vähintään 800 mm leveä hoitokäytävä. Muuntajatilan muuntajiin on päästävä käsiksi joka puolelta mahdollisia huoltotoimenpiteitä varten. Muuntajatilan leveys ja pituus määräytyvät sen mukaan, kuinka päin muuntaja sijoitetaan. Muuntajatila varustetaan ulospäin aukeavilla metallisilla lukittavilla ovilla. Muuntajatilan on noudatettava paloturvallisuus standardeja. Muuntamotilan varusteisiin kuuluvat ilmanvaihto, valaistus sekä putket ja kanavat. Muuntajatilaan on asennettu riittävä valaistus ja 2-osainen suojakosketinpistorasia. Muuntajatilankautta ei saa johtaa mitään muuntajatilan käyttöön liittymättömiä putkia, kanavia tai kaapeleita. (PSK 2001.)

4.5 Kojeistosali

Kojeistosalissa on sijoitettu varavoimajärjestelmän keskijännitekojeisto KJK03, sähkökeskukset PK10VV, PK10UPS, PK11VV, PK11UPS, OKK, valvonta-ala-keskus VAK \$251, UPS10, UPS11 ja DC 3-apusähkökeskus.

Lisäksi tilassa on SCADA-yhteyden valokaapelien kytkentärima sekä erillisessä kaapissa paloilmoin- ja kamerajärjestelmän kytkentärima.

4.5.1 Keskijännitekojeisto

Keskijännitekojeisto on rakennekokonaisuus, joka sisältää kytkentä-, suojaus-, ohjaus ja valvontalaitteita. Keskijännitekojeistoja käytetään verkkojen solmukohdissa ja sähkönjakelussa, joissa tarvitaan suojausta, ohjausta, katkaisua ja erotusta. Keskijännitekojeistot voidaan jakaa käyttöolosuhteiden (sisä- tai ulkokojeisto), rakenteen (avorakenne tai koteloitu) ja siinä käytettävän eristeaineen mukaan (Ilma tai SF6-kaasu). (Elovaara & Haarla 2011, 117.)

Ilmaeristeisissä kojeistoissa ja SF6-eristeisissä kojeistoissa valokaaripaine on huomattavasti pienempi kuin avoimissa kojeistoissa, eikä vaaranna muuntamotilan rakenteita. SF6-kaasu on ollut Suomessa käytössä muuntamokojeistossa

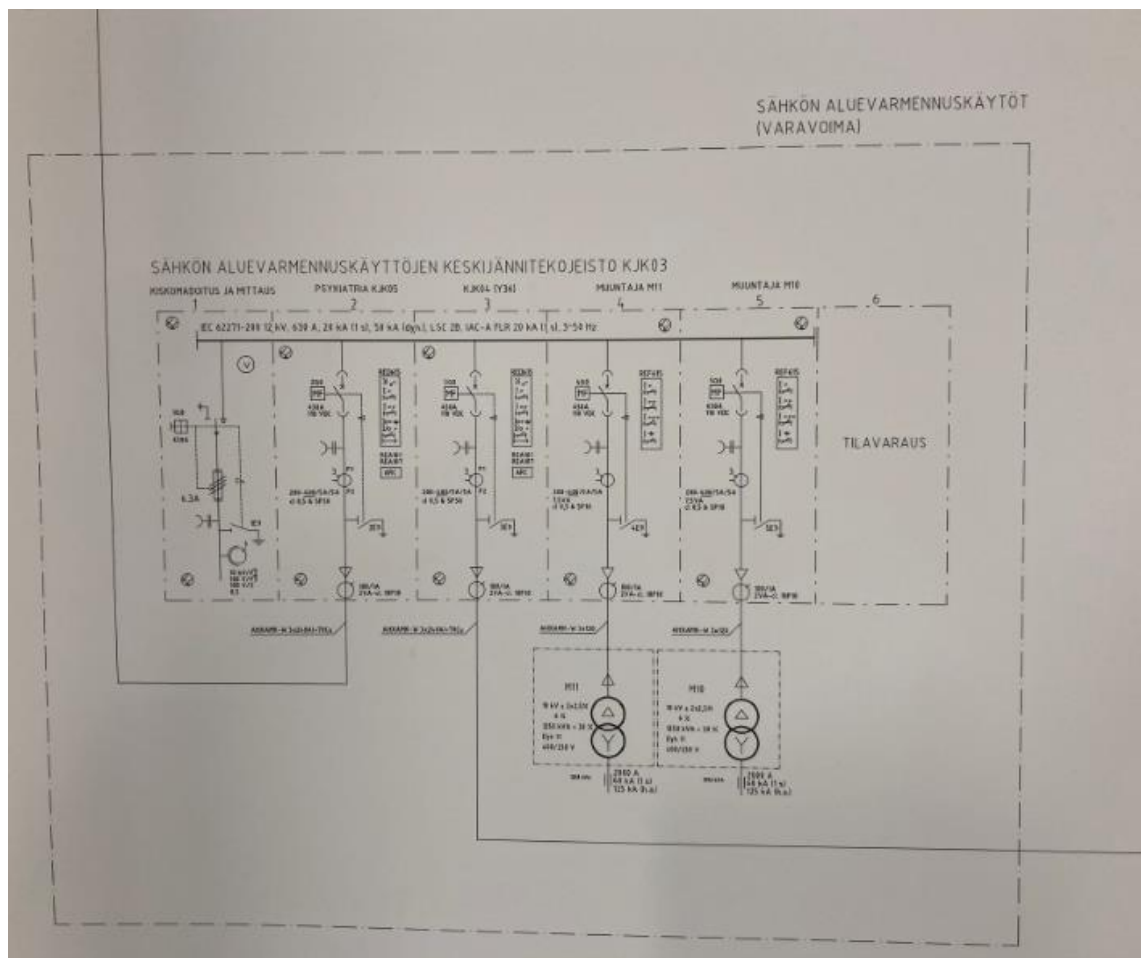
eristeenä sekä jäähdytysaineena jo vuodesta 1986. SF6-kaasu on kolme kertaa parempi sähköeriste kuin ilma, jonka ansiosta SF6-eristeisissä kojeistoissa päästään paljon pienempiin eristysväleihin kuin ilmaeristeisissä. Tämän takia SF6-eristeiset kojeistot ovat kooltaan pienemmät kuin ilmaeristeiset kojeistot. SF6-eristeiset kojeistot ovat myös toimintavarmempia verrattuna ilmaeristeisiin kojeistoihin. (ST 53.11. 09 2018, 8.)



Kuvio 8. Keskijännitekojeisto KJK03

Keskijännitekojeiston KJK03 (kuvio 8) on valmistanut ABB ja kyseessä on 10 kV Unisec ilmaeristeinen keskijännitekojeisto. Kojeiston kiskotila ovat ilmaeristeiset ja kuormanerotustila on täytetty SF6-kaasulla. Keskijännitekojeisto on jaettu viiteen eri kennoon. Kennossa 1 on kiskomaadoitus ja mittaus. Kennosta 2 suljetturengasverkko jatkuu psykiatrian keskijännitekojeistolle KJK05:lle AHXAMH-W 3x240Al+70Cu kaapelilla. Kennoon 3 tulee suljetun rengasverkon kaapeli Lapin keskussairaalan vanhalla osalla olevalla keskijännitekojeistolta KJK04. Lisäksi kennot 2 ja 3 on varustettu valokaarisuojilla. Valokaarisuojilla ehkäistään vaaratilanteita ja mahdollisesti säästetään ihmishenkiä. Kennoon 4 ja 5 on kytketty muuntamossa olevien muuntajien M10 ja M11 ensiöt omiin merkittyihin kennoihinsa.

Kuviossa 9 on esitetty KJK03 keskijännitekojeiston pääjakelukaavio. Liitteessä 1 on esitetty koko Lapin keskussairaalaan keskijänniteverkon pääjakelukaavio. Lapin keskussairaalan pääjakelu on toteutettu suljettuna rengasverkkona. Suljettuun rengasverkkoon tulee kaksi 10 kV:n syöttöä, jotka muodostavat suljetun renkaan. Tämä mahdollistaa sen syöttämille keskijännitekojeistoille sähköjakelun eikä aiheuta sähköjakelun keskeytymistä, mikäli jokin suljetun verkon keskijännitekojeistosta olisi vikaantunut vaan muut kaikki paitsi vikaantunut keskijännitekojeisto pysyvät toiminnassa.



Kuvio 9. KJK03 keskijännitekojeen pääjakelu

4.5.2 UPS- jakelujärjestelmä

UPS (Uninterruptable Power Systems) on keskeytymättömän tehon järjestelmä. UPS-laite syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittisille kuormille. Sähkösyöttöön käytetään syöttävän sähköverkon energiaa silloin, kun sitä on saatavilla, ja muina aikoina käytetään akustoon varastoitua energiaa. Perustoi-

mintoihin kuuluu vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi puolijohdesiltoja käyttäen. Perustoimintoihin kuuluu myös automaattinen UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuorma- ja vikatilanteita varten. Manuaalinen ohitustoiminto on tarpeen huoltoja suoritettaessa. UPS-järjestelmä koostuu UPS-laitteesta tai rinnankytketyistä UPS-laitteista, keskuksista ja varmennetun sähkönkeskuksista. Suurta luotettavuutta vaativissa ratkaisuissa käytetään useampia rinnankäyviä UPS-laitteita kriittisen kuorman, kuten konesalin, sähkönsyötön varmistamiseen. Rinnankytketyt UPS-laitteet muodostavat redundanttisen UPS-järjestelmän, kun niiden määrä on $N + 1$ kpl tai $N + 2$ kpl, joten UPS-laitteita on yksi tai kaksi yli tarvittavan mitoitustehon. (ST 52.35.01 2010, 1.)



Kuvio 10. UPS 11-järjestelmä

Katkeamattomassa varavoimajärjestelmässä käytetään ABB:n valmistamaa modulaarista UPS-järjestelmää. UPS-järjestelmä koostuu kahdesta UPS-järjestelmästä (UPS 10 ja UPS11). UPS 10 ja UPS11-järjestelmät koostuvat neljästä 250 kVA:n tehoisesta moduulista. Yhden UPS-järjestelmän teho on 1 MVA ja koko UPS-järjestelmän teho on 2 MVA. UPS 10 ja UPS11-järjestelmän akustot ovat sijoitettuna seinän takana olevaan akkutilaan. UPS 10-järjestelmä on yhdistettynä kiskosilloilla keskuksiin PK10VV ja PK10UPS. Kuviossa 10 näkyy PK10VV-keskuksen kiskosilta, joka on väritykseltään sininen ja PK10UPS keskukselle menevä kiskosilta on oranssi väritykseltään. UPS 11-järjestelmä on toteutettu samalla tavalla yhdistämällä kiskosilloilla keskuksiin PK11VV ja PK11UPS.

UPS-järjestelmät käyttävät kahta erillistä primääriverkkoa. Tämä on toteutettu siten, että esimerkiksi UPS 10-järjestelmän kiinteä verkko on kytketty kulkemaan UPS-laitteen tasa- ja vaihtosuuntaajien kautta ja dieselgeneraattori G10 syöttämä varavoimaverkko kulkee automaattinen ohituksen kautta. UPS-järjestelmässä on oma lataus, jolla järjestelmän akustoa ladataan.

UPS-Järjestelmä perustuu ABB:n hajautettuun rinnakkaisarkkitehtuuriin (DPA). Järjestelmässä jokainen UPS-moduuli on käytännössä itsenäinen UPS, jossa on kaikki riippumattomaan toimintaan tarvittavat tärkeät toiminnalliset yksiköt. DPA:n skaalautuvuus tarkoittaa, että UPS-järjestelmä voidaan mitoittaa tarkasti vallitsevien tarpeiden mukaan, ja tarpeen kasvaessa moduuleja voidaan lisätä yksinkertaisesti ja turvallisesti. Tämän ansiosta voidaan tehdä hankintoja, kuluttaa sähköä, huoltaa ja viilentää vain todellisen tarpeen mukaan. Siinä epätodennäköisessä tapauksessa, että yksi UPS-moduuli vikaantuisi, muut moduulit (N+1koonpanossa) voivat ottaa hoitaakseen sen kuorman, kunnes uusi moduuli on asennettu. Moduuleja voidaan lisätä tai poistaa turvallisesti virtaa katkaisematta, mikä vähentää huoltokustannuksia. Vaikka modulaarisuus ja skaalautuvuus auttavat minimoimaan omistuskustannukset, kustannuksia vähentää myös laitteiston luokkansa paras energiatehokkuus. (ABB Oy 2022.)

UPS-järjestelmän tarkoitus on suojata siihen liitettyä kuormaa. Tällä ehkäistään, ettei kuorman energiansyöttöön tule häiriöitä ja syöttötehoa on saatavissa jatku-

vasti ilman katkoksia. Jokainen UPS moduuli sisältää kaikki sen itsenäiselle toiminnalle tarpeelliset komponentit ja moduulien vaihto tai huolto voidaan tehdä keskeytyksettä Online -tilassa. UPS-laitteiden hyötysuhde on jopa 97,4 %. Tämä merkitsee 1 MVA laitteen 15 vuoden käyttöiän aikana yli 35 % energian säästöä tavanomaisiin UPS-järjestelmiin verrattuna. (ABB Oy 2023.)

Katkottomassa järjestelmässä dieselgeneraattorin rinnalle on kytkettynä akustojärjestelmä UPS. UPS laitteistossa on akustojärjestelmä, jolla syötetään sähköä käyttölaitteille sen ajan, kunnes dieselgeneraattori käynnistyy täyteen tehoonsa ja on sähkönsyöttövalmiudessa. UPS-järjestelmän akustot pysyvät täydessä latauksessa normaalitilanteessa normaali sähkön niitä ladatessa. Näillä taataan katkoton sähkön saanti kriittisiin laitteistoihin muun muassa sairaalarakennuksissa, jossa sähkökatko aiheuttaisi henkilöturvallisuusriskin. (ST-Käsikirja 20 2005, 57.)

4.5.3 Pääkeskukset

Pienjännitekeskus on yleensä muuntajakohtainen, jolloin päästään pienempiin keskuksen oikosulkuvirtoihin. Yhteen keskukseen ei tulisi kytkeä yli 1600 kVA muuntajatehoa, jollei siihen ole pakottavia syitä. Eri muuntajien pienjännitekeskusten välille suositellaan rakennettavaksi varayhteyksiä pienjänniteverkon kautta. Varayhteydet pidetään normaalisti käytössä auki. Pienjännitekeskus sijoitetaan yleensä muualle kuin muuntamotilaan, koska se on usein kookas ja sen optimisijainti on lähellä nousuryhmäjohtojen haaroituspistettä. (ST 53.11. 09 2018, 14.)

Kuviossa 11 näkyy varavoimajärjestelmän sähköpääkeskukset PK11VV, PK11UPS, PK10VV ja PK10UPS. Sähköpääkeskukset ovat rakenteeltaan kenokeskuksia. Varavoiman pääkeskukset PK10VV- ja PK11VV-keskukset ovat kuviossa 11 takana ja ovat väritykseltään siniset. Kuvion 11 etualalla olevat väritykseltään oranssit keskukset ovat PK10UPS ja PK11UPS.



Kuvio 11. Sähköpääkeskukset

PK10VV- ja PK11VV-keskukset ovat identtisiä. Molemmat keskukset ovat kooltaan 2000 A. PK10VV-keskuksen sähkönsyöttö tulee keskijännitekojeiston (KJK03) muuntaja lähdön M10 pääkatkaisijaan Q1 kiskosillan kautta. Tämä on esitetty liitteessä 2, jossa näkyy varavoimajärjestelmän järjestelmäkaavio. Lisäksi kiskosillalla tulee varavoiman dieselgeneraattorilta G10 oma syöttönsä keskuksen generaattorikatkaisija Q3:en. Varavoimakoneet G10 ja G11 syöttävät omia keskuksiaan (PK10VV ja PK11VV), mutta tietyissä tilanteissa (esim. G10 koneen käyntihäiriö) toinen varavoimakone voi syöttää myös viallisen varavoimakoneen keskusta. Koneet pystyvät ajamaan keskenään rinnan. Varavoimakeskukset (PK10VV ja PK11VV) on erotettu etäohjattavilla kiskokatkaisijoilla. PK10VV-keskus on yhdistetty kiskosillalla UPS 10-keskukseen, josta lähtee kiskosilla syöttö PK10UPS-keskukselle. PK10UPS- ja PK11UPS-keskukset ovat 1600 A:n ja niiden pääkytkin katkaisijalla on SCADA-valvonta.

Keskukset PK11VV ja PK11UPS ovat identtiset kuin PK10VV- ja PK10UPS-keskukset ja niiden toiminta tapa on samanlainen kuin aiemmin kuvatulla PK10VV

ja PK10UPS-keskuksilla. Erona keskuksissa on syöttöjen lähdöt. PK11VV:n syöttö tulee muuntajalta M11 ja dieselgeneraattorilta G11. PK11VV-keskus on yhdistetty kiskosillalla UPS 11-keskukseen, josta lähtee kiskosilla syöttö PK11UPS-keskukselle. Keskukset on varustettu ilmakatkaisijoilla, valokaarisuojilla, ylijännitesuojilla ja suojarelleillä.

4.5.4 Apusähkökeskus

Kojeistosalissa on 110 VDC: apusähkökeskus DC 3. Apusähkökeskus on Ellego Powertec Oy:n valmistama akustovarmennettu tasasähkökeskus. Apusähkökeskuksessa on akusto ja sen toiminta tarkoituksena on mahdollisessa vika tilanteessa syöttää apusähköä releille ja katkaisijoille, jotka sijaitsevat keskijännitekojeistossa KJK03 sekä sähköpääkeskuksissa PK10VV, PK11VV, PK10UPS ja PK11UPS. Kuviossa 12 on valokuva DC 3 apusähkökeskuksesta kojeistosalissa.



Kuvio 12. Apusähkökeskus

4.5.5 Jakokeskukset ja VAK

Seinälle on asennettu omakäyttökeskus (OKK), valvonta-alakeskus (VAK\$251), polttoaine putkien saattolämmityksen ohjauskeskus sekä polttoaine säiliön vuotovahti. Nämä kyseiset keskuksat näkyvät kuviossa 13.



Kuvio 13. OKK-ryhmäkeskus ja VAK\$251

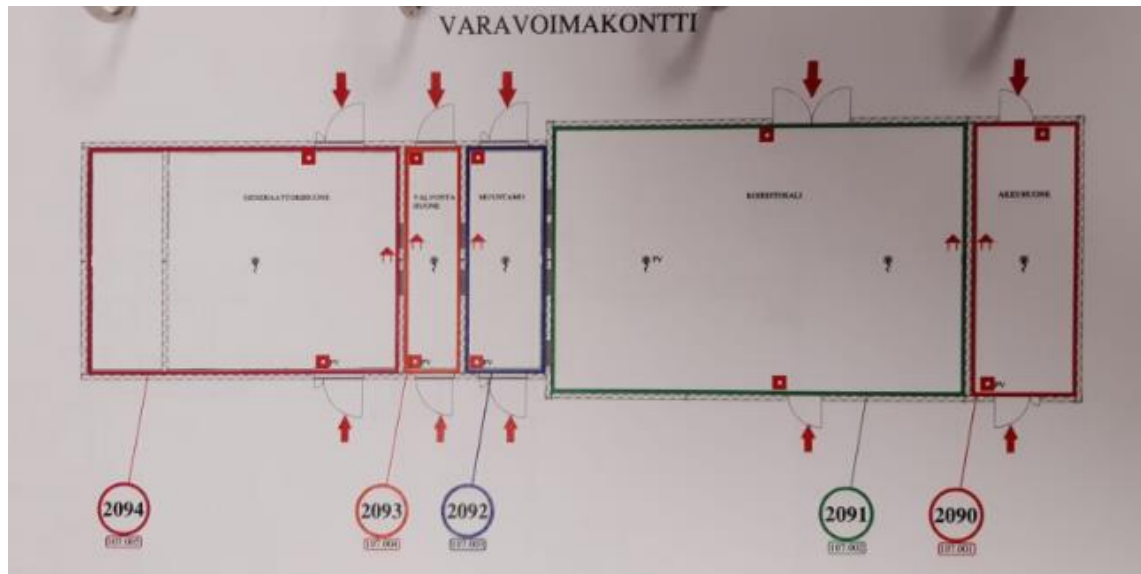
OKK-ryhmäkeskukseen tulee syöttö PK10UPS-keskuksen ryhmältä 38. Tässä ryhmäkeskuksessa ovat lähdöt rakennuksen lämmitys ja jäähdytysjärjestelmille. Nämä järjestelmät koostuvat säteily- ja sähkölämmittimistä, ilmalämpöpumpuista ja tuloilmapuhaltimista. OKK:ssa on lähdöt myös tilojen valaistus- ja huoltopistoriaryhmät sekä ohjataan rakennuksen turvalaistusta. OKK-ryhmäkeskuksesta lähtee syöttää Polttoaine putkien saattolämmityksen ohjauskeskukselle sulakkeelta F12. Saattolämmityksellä varmistetaan, etteivät polttoaine putket jäädy talvisissa olosuhteissa.

Valvonta-alakeskus (VAK \$251), on yhteydessä Lapin keskussairaalan kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Tällä järjestelmällä ohjataan varavoimajärjestelmän teknisiä automaatiojärjestelmiä. Järjestelmän hälytyspisteet on kytketty VAK\$251:n, joka tekee hälytyksen kiinteistöautomaatiojärjestelmä DesignoCC:een. VAK\$251:n sähkösyöttö tulee OKK-ryhmäkeskuksenlähdestä F11.1:ltä. VAK\$251:een on kytkettynä hälytyspisteet myös polttoaine säiliön vuotoahdistista, joka tekee hälytyksen, jos havaitsee polttoainesäiliöissä vuotoja.

4.5.6 Paloturvallisuus- ja kamerajärjestelmä

Omassa erillisessä lukitussa ATK-kaapissa ovat rakennuksen kamerajärjestelmän kytkentäpaneeli sekä kytkin ja paloilmoitinjärjestelmän kytkentärima. Rakennukseen on sijoitettu kameroita turvallisuussyistä, ja ne välittävät live-kuvaa turvallisuuspalveluille. Kamerat on kytketty Lapin keskussairaalan atk-verkkoon.

Rakennuksen paloilmoitinjärjestelmä on näkyvillä kuviossa 14, joka on otettu paloilmoitinkaaviosta. Kuviossa 14 näkyy varavoimarakennukseen sijoitetut paloilmaitimet ja palopainikkeet sekä mihin paloryhmiin rakennus on jaoteltu. Varavoimajärjestelmän paloryhmien ja -silmukoiden ohjaukset ja I/O-pisteitä hallitaan laajennusosan paloilmoitinkeskuksilta. Näillä paloilmoitinkeskuksilla voidaan irtikytkä yksittäisiä paloilmaitimia ja paloryhmiä. Tekniikan valvomossa on paloilmoitinkeskus (PIK 31), jolla voidaan hallinnoida varavoimajärjestelmän paloilmoitinjärjestelmää. Paloilmoitinjärjestelmän paloilmaitimina käytetään lämpö- ja savuilmaimaitimia.



Kuvio 14. Varavoimajärjestelmän paloilmittimien paikannuskaavio

Paloilmoitinjärjestelmä on kytketty myös Lapin keskussairaalan kiinteistöautomaatiojärjestelmään DesigoCC:een. Mikäli jossain tilassa paloilmaisin havaitsee palon, niin paloilmoitinjärjestelmä tekee hälytyksen hätäkeskuksen lisäksi myös kiinteistöautomaatiojärjestelmään, josta lähtee hälytys Lapin keskussairaalan tekniikan henkilökunnalle. Viallisesta ilmaisimesta paloilmoitinjärjestelmä tekee ennakkovaroituksen vikailmoituksen, josta myös menee kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Vikatapauksissa hälytys ei aiheuta vielä palohälytystä, vaan vian käy korjaamassa huoltohenkilö.

4.5.7 SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) on järjestelmä, joka koostuu valvomosta ja etäpisteistä, joissa prosessin valvonta ja ohjaus tapahtuvat. Se kerää, näyttää ja analysoi reaaliaikaista tietoa laajasta valvottavasta alueesta. (Savelan 2024.)

SCADA-järjestelmää ohjataan tekniikan valvomosta käsin. Järjestelmää ei ole vielä opinnäytetyön teko hetkellä otettu käyttöön. Käytössä olevalla SCADA-järjestelmällä välittää järjestelmän toiminnasta tietoa valvomoon. Sillä ei pystytä valvomosta käsin ohjaamaan varavoimajärjestelmää vaan ainoastaan Keskijännitekojeiston KJK03 katkaisijoita ja erottimia. SCADA-liittymän valokuitu yhteyden

kytkentä kaappi sijaitsee varavoimajärjestelmä rakennuksen kojeistotilassa, josta se on yhteydessä tekniikan valvomoon. Kuviossa 15 näkyy kojeistotilassa oleva SCADA-liittymän kytkentäkaappi.



Kuvio 15. SCADA-kytkentäkaappi

SCADA-järjestelmien tarkoitus on valvoa ja ohjata verkolla olevia suojalaitteita etänä, jotta asentajan ei tarvitse käydä palauttamassa jokaista relettä paikan päällä. Järjestelmällä saadaan kokonaiskuva koko verkon tilasta ja lukituksista. Erityisesti energiansiirto ja -jakelu on herkkä ongelmatilanteille. Mahdolliset katkokset jakelussa on pidettävä mahdollisimman lyhyinä, eikä virheille tai viivytyksille ole sijaa. Tästä syystä tarvitaan luotettavaa ja jatkuvaa verkon valvontaa. (Satel 2024.)

4.6 Akustotila

Akustojen sijoitukset ja tilavaraukset on mietittävä jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tarvittavat tilat ovat periaatteessa sähkötiloja, mutta lisäksi on lähinnä jäähdytykseen ja akustoihin liittyviä erityisvaatimuksia. Suunnittelun tavoitteena on saada UPS-laitoksen käyttövarmuus ja käytettävyys mahdollisimman korkealle tasolle. Akut on suositeltavaa sijoittaa täysin omaan huonetilaansa. UPS-laitteet ja UPS-jakelun sähköpääkeskus ovat käytön kannalta luontevaa sijoittaa samaan huonetilaan. (ST 52.35.02 2010, 12.)



Kuvio 16. Akustotila

Akustotilassa sijaitsee UPS 10- ja UPS 11-järjestelmien akustot. Akkuja on tilassa yhteensä 264 kpl. Akut on sijoitettu kahteen eri akkutelineeseen. UPS 10 ja UPS 11 akut ovat omassa telineissään ja akustot on jaettu kolmeen eri ryhmään, joka sisältää 44 kappaletta akkuja. Akusto koostuu lyijy akuista, jotka ovat soveltuvia UPS käyttöön. Yksi akku on tyypiltään 12 V ja 140 Ah. Valmistaja on antanut akulle 10 vuoden kestoian.

Akustotilan akut ovat kytketty tilassa oleviin DC-keskuksiin. DC keskus 3:ssa on UPS10 ja UPS11 akustoille 1-3 jokaiselle oma kuormankytkimensä. Lisäksi DC keskus 3:ssa on UPS 10 ja UPS 11 akustojen yhdistyskytkin. Kytkin on normaalisti 0-asennossa ja sen saa kääntää ainoastaan asentoon 1 tilanteessa, jossa UPS 10 tai UPS 11-laitteisto on sammutettu ja erotettu. DC keskuksia 1 ja 2 ovat identtisiä keskuksia keskenään. Molemmista keskuksista on erotuskytkin. DC keskus 1 on UPS 10-laitteen keskus ja siinä on UPS 10 –laitteen akuston erotuskytkin. DC keskus 2 on samanlainen kuin DC keskus 1, mutta sillä ohjataan UPS 11-laitteen akustoa.

Ilmanvaihto on mitoitettava akkutyypin ja akkumäärän mukaan riittäväksi, jottei tilaan pääse syntymään räjähdysvaarallista vetykaasupitoisuutta. Lämpöä akut kehittävät eniten silloin, kun niitä puretaan tai ladataan. Liian korkea huonelämpötila alentaa akkujen elinikää, mutta toisaalta alhainen lämpötila alentaa akuista saatavaa kapasiteettia. Akkutilan lämpötilan tulisi olla keskimäärin noin +20°C. Akkutilan lämmitykseen ja jäähdytykseen käytetään ilmalämpöpumppua. (ST 52.35.02 2010, 12.)

5 VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA HUOLTO

5.1 Järjestelmän toiminta

Katkeamattomassa varavoimajärjestelmässä on automaattinen verkonvalvonta. Kaikki järjestelmän ohjauslogiikat, jotka sijaitsevat keskuksissa DGOK G10, DGOK G11 ja G10-G11 VVOK tulee olla automaattitilassa AUT. Mikäli ohjausyksiköt eivät ole automaattitilassa, lähtee siitä ilmoitus kaukovalvontaan, koska verkkohäiriötilanteessa kyseinen kohta järjestelmästä ei toimi oikein ja tämä vaikuttaa samalla koko järjestelmän toimintaan.

Mikäli tapahtuu verkkohäiriö ja kummallekaan muuntajalle (M10 ja M11) ei tule verkonkautta sähkönsyöttöä niin UPS-järjestelmät (UPS10 ja UPS11), jotka ovat kytketty dieselgeneraattoreiden (G10 ja G11) rinnalle syöttää sähköä sairaalan verkkoon akustosta, kunnes dieselgeneraattori käynnistyy ja on sähkönsyöttövalmiudessa. Molemmat dieselgeneraattorit käynnistyvät samanaikaisesti ja varavoimakoneet alkavat syöttää omia keskuksiaan (PK10VV JA PK11VV). Kun verkkohäiriö on ohi ja verkon sähkönsyöttö palautuu normaaliksi molempiin muuntajiin niin tahdistuvat molemmat dieselgeneraattorit verkkoon ja laskevat hiljalleen tehoa sekä aloittavat jäähdytyskäynnin ennen pysähtymistään. On myös mahdollisuus, että verkko palautuu eri aikaa. Tällaisessa tapauksessa jos verkko palautuu ensimmäisenä muuntajalle M10 niin dieselgeneraattori G10 alkaa suorittamaan syötönvaihtoa takaisin verkolle, mutta dieselgeneraattori G11 jatkaa edelleen sähkönsyöttämistä, kunnes muuntajalle M11 verkko palautuu normaali tilaan.

Verkkohäiriön tapahtuessa vain toiselle muuntajalle, kuten M10:lle niin dieselgeneraattori G10 käynnistyy ja alkaa syöttää PK10VV-keskusta. Kun verkko palaa normaalitilaan niin dieselgeneraattori G10 tahdistuu verkkoon ja laskee tehoaan sekä aloittaa jäähdytyskäynnin ennen pysähtymistään. Mikäli verkkohäiriö tapahtuu muuntajalle M11, niin toimintaperiaate on samanlainen kuin äsken kuvatulla M10 toiminnalla.

On myös olemassa skenaario, että verkkohäiriön tapahtuessa dieselgeneraattori vioittuu kesken toiminnan. Esimerkiksi mikäli muuntajalle M10 tapahtuu verkkohäiriö ja dieselgeneraattori G10 pysähtyy kesken häiriön. Tällöin käynnistyy toinen dieselgeneraattori G11 ja alkaa syöttämään muuntajan M11 kanssa rinnan jännitteetöntä keskusta PK10VV. Kun verkkohäiriö on ohitse ja sähkönsyöttö muuntajalle M10 palautuu normaaliksi niin kuormien syötön vaihto takaisin katkottomasti ja dieselgeneraattori M11 ajaa itsensä alas. Jos vioittunut dieselgeneraattori G10 saadaan korjattua verkkohäiriön aikana niin varavoimajärjestelmä suorittaa kuormien syötön vaihdon katkottomasti dieselgeneraattorilta toiselle. Tällöin G11 generaattori käynnistyy ja tahdistuu kiskojännitteeseen ja alkaa hetkellisesti syöttämään kiskoa dieselgeneraattori G11:n ja muuntajan M11:n kanssa, kunnes kiskokatkaisijat aukeavat ja G11 dieselgeneraattori ajaa itsensä alas. Tämä sama toiminta tapahtuu myös toisinpäin, mikäli dieselgeneraattori G11 vioittuu muuntajan M11 verkkohäiriön aikana.

Katkeamattomassa varavoimajärjestelmässä on myös otettu huomioon, että mikäli verkkohäiriön tapahtuu esimerkiksi muuntajalle M10 ja molemmissa dieselgeneraattoreissa olisi vikaa. Tällöin UPS-järjestelmän akuston kautta saadaan varmistettua sähkönsyöttö siihen asti, kun verkko palautuu normaaliksi tai jompikumpi dieselgeneraattoreista saadaan korjattua ja tuottamaan sähköä varavoimajärjestelmään. Mikäli verkkovian aikana sairaalan tehon tarve kasvaa suuremmaksi kuin mitä varavoimajärjestelmä pystyy tuottamaan, tällöin pudotetaan hallitusti kuormaa, jotta kaikkein kriittisille sairaalanjärjestelmille riittää tehoa. Tämä toissijaisen lääkintäkuorma, jota pudotetaan, on höyrylaitteille menevää kuormaa.

5.1.1 Rinnankäyttö

Käytettävyydelle asetetaan yhä suurempia vaatimuksia. Kriittisten kuormien alaset ovat usein mahdottomia. Varmennetulta sähkönsyötöltä vaaditaan suurempaa luotettavuutta ja UPS-laitteen huollon aikana on saatava UPS-varmennettua sähköä kriittisille kuormille. Rinnankäyvällä redundanttisella UPS-järjestelmällä luotettavuus on moninkertainen yksittäiseen UPS:iin verrattuna. Rinnankäyvässä redundanttisessa UPS-järjestelmässä minimoidaan järjestelmän yhteiset osat,

jotka vikaantuessaan voivat aiheuttaa sähkönsyöttöön häiriöitä. (ST 52.35.01 2010, 6.)

Rinnankäytössä varavoimakone käynnistyy, tahdistuu ja ohjaa generaattorikatkaisijan kiinni. Varavoimakone alkaa syöttämään kuormaa verkon rinnalla ohjauksyksikköön asetellun tehon verran. Tehoa voidaan muuttaa myös koneen käytössä. Varavoimakoneet tuottavat noin 300 kVA per kone. (Voimalaite Service Oy 2022, 19.)

5.1.2 Saarekekäyttö

Saarekekäytössä varavoimakone käynnistyy, tahdistuu, ohjaa generaattorikatkaisijan kiinni, käy hetken verkon rinnalla ja avaa verkkokatkaisijan. Tämän jälkeen varavoimakone alkaa syöttämään siihen liitettyjä kuormia saarekkeena. (Voimalaite Service Oy 2022, 19.)

5.2 Huolto

Varavoima järjestelmä on rakennettu osana Lapin keskussairaalan laajennus hanketta. Laajennus hanke on toteutettu allianssina ja allianssi vastaa myös varavoima järjestelmän takuuhuolloista vuoteen 2026 asti. Liitteessä 5 on esitetty allianssia koskevat takuuhuollot.

Lisäksi SFS-standardi vaatii kunnossapitotarkastuksia. *”Lääkintätilojen kunnossapitotarkastuksiin on suoritettava käyttäen seuraavia määrävälejä:*

- *kuukausittainen toimintakoe: polttomoottoreilla toteutetut varavoimajärjestelmät: kunnes saavutetaan käyttölämpötila.*
- *akustoista syötetyille varavoimajärjestelmille toimintakoe 12 kk välein.*
- *kuormituskoe (60 min kaikissa tapauksissa on käytettävä vähintään 50-100% mitoitustehosta) polttomoottoreilla syötetyille varavoimajärjestelmille 12 kk välein.*
- *kuormituskokeen akustoista syötetyille varavoimajärjestelmille kolmen vuoden välein tai valmistajan ohjeiden mukaan” (SFS 6000-7-710:2022, 518).*

5.2.1 Akusto

Akustojen huolto tehdään SFS-standardin mukaisesti. Lisäksi lämpökameralla käytetään akuston kunnan havainnointiin esimerkiksi katsomalla, että akkujen navat ovat kunnolla kiinni. Jos lämpökameralla havaitaan löysiä liitoksia, on ne kiristettävä. Myös koekäytön yhteydessä tarkistetaan akustojen kunto silmämääräisesti.

Akuston vaihtoväli on valmistajan mukaan kymmenen vuotta. Akuston täytyy uusia suunnitelman mukaisesti, jotta UPS-järjestelmän toiminta voidaan varmistaa.

5.2.2 Koekäyttö

Dieselgeneraattoreiden ja automatiikan toimivuus tositilanteissa on hyvä varmistaa koekäyttöillä. Koekäyttö tuo käyttövarmuutta järjestelmään tositilanteen tullessa. Koekäytöllä varmistetaan järjestelmän toiminta, että mahdollisen sähkökatkon aikana varavoimajärjestelmä toimii moitteetta. Sairaaloissa polttomootoreilla toteutetut varavoimajärjestelmät tulee koekäyttää kuukauden välein siihen asti, että käyttölämpötila saavutetaan. (SFS 600-1-2 2022, 108.)

Kuormitetussa koekäytössä dieselgeneraattoreita ajetaan vähintään 1 tunti. Koekäytöstä tulee muistutus hälytys Lapin keskussairaalan teknisten palveluiden valvomossa sijaitsevaan Siemens DesigoCC-kiinteistövalvonta järjestelmään. Muistutus on asetettu hälyttämään koekäytöstä 28 päivän välein.

Koekäyttö aloitetaan generaattorihuoneesta, jossa tarkistetaan öljyt, akkujen kunto, letkut sekä kirjataan koekäyttöpöytäkirjaan (Liite 3.) ylös jos havaitaan mahdollisia öljy-/ jäähdytysöljyvuotoja.

Kuormitettu koekäyttö suoritetaan valvontahuoneesta, johon on sijoitettu dieselgeneraattoreiden konekohtaiset keskuskeskukset DGOK G10 ja DGOK G11 sekä yhteiskäyttökeskus VVOK. Keskuksessa VVOK on molemmille generaattoreille nokkakytkin. Nokkakytkimellä voidaan valita, suoritetaanko koekäyttö rinnan tai

saarekkeena. Molemmat koekäyttötavat ovat katkottomia eli koekäyttö ei aiheuta sähkökatkosta.

Koekäytön aikana täytetään koekäyttöpöytäkirja (Liite 3.) asianmukaisesti. Koekäytön suoritettua täytetään vielä käyttöpäiväkirja (Liite 4.).

6 POHDINTA

Opinnäytetyötä aloittaessani minulla oli jo ennestään kosketuspintaa uuden katkeamattoman varavoimajärjestelmän toiminnasta. Ennen opinnäytetyön aloitusta olin osallistunut työni kautta käytönopastuksiin, jossa perehdyttiin pintapuolisesti järjestelmän toimintaan. Opinnäytetyöprosessin aikana oma tietämykseni aiheesta syventyi, ja sain paremman käsityksen varavoimajärjestelmän toiminnasta sekä rakennuksen tilojen rakenteesta ja laitteiden käyttötarkoituksesta.

Henkilökohtainen tavoitteeni tässä opinnäytetyöprosessissa oli, että opinnäytetyöstäni olisi konkreettista hyötyä työpaikalleni. Varavoimajärjestelmän huoltaminen on osa Lapin keskussairaalan teknisten palvelujen työtä, joten opinnäytetyön mahdollistama perehtymiseni, kasvanut osaamiseni ja yleiskuvan muodostuminen varavoimajärjestelmästä hyödyttää myös minua nykyisessä työssäni.

LÄHTEET

ABB Oy 2023. ABB mukana Lapin sairaalan aluevarmennuslaitoksen toimituksessa. Viitattu 20.4.2024 <https://new.abb.com/news/fi/detail/107168/abb-mukana-lapin-sairaalan-aluevarmennuslaitoksen-toimituksessa>.

ABB Oy 2022. Modulaarinen kolmivaiheinen UPS IEC 400V. Viitattu 22.4.2024 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentId=9AKK108468A7869&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II. 2. painos. Helsinki: Otatieto.

Lakervi, E & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. 3.painos. Helsinki. Otatieto.

Korpinen, L. 2008. Sähkövoimatekniikan opus. Muuntajat ja sähkölaitteet. Viitattu 11.4.2024 http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf.

PSK 2001. 2002. Teollisuusmuuntajatila. 2. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry.

RPT Byggfakta Oy 2023. Projektuutiset. Lapin keskussairaala laajenee: Kuuma sairaala ja psykiatrinen vuodeosasto. Viitattu 28.11.2023 <https://www.projektuutiset.fi/lapin-keskussairaala-laajenee-kuuma-sairaala-ja-psykiatrian-vuodeosasto/>.

Satel 2024. Luotettavaa toimintakriittistä tiedonsiirtoa. Viitattu 2.4.2024 <https://www.satel.com/fi/sovellukset/scada/>.

Savelan 2024. Mikä on SCADA. Viitattu 2.4.2024 <https://www.savelan.fi/mika-on-scada/#mika-on-scadajarjestelma>.

Sea 2024. Dry type transformers. Viitattu 3.4.2024 <https://www.seatrasformatori.it/en/ttr-cast-resin.html>.

Suomen standarditoimisto SFS ry. 2022. SFS-käsikirja 600-1:2022. Pienjännitesähköasennukset. 2., painos.

ST 51.79. 2020. Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 52.35.01. 2010. Ups-laitteella varmennetun sähkönjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 52.35.02. 2010. Ups-laitteella varmennetun sähkönjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 53.11. 2018. Kuluttajamuuntamot. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 20, 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 31, 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. 4., uudistettu painos. Espoo: Sähkötieto ry.

Voimalaite Service Oy. 2022. Käyttöohje 02.3599 Lapin keskussairaala. Ei julkinen.

LIITTEET

- Liite 1. Keskijännitejakelu pääjakelukaavio
- Liite 2 Varavoimakoneen järjestelmäkaavio
- Liite 3. Koekäyttöpöytäkirja
- Liite 4. Koekäyttöpäiväkirja
- Liite 5. Takuu huoltosuunnitelma

Nimike	Kohde / Laite	Huolto	Suoritus- ajankohta	2022	2+23	2+24	2025	2026	Huollon suorittaja
S	Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmä								
S1	Asennus- ja apujärjestelmät								
S110	Kaapeliyhyllyjärjestelmä	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S120	Johtokanavajärjestelmä	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S130	Lattiakanavajärjestelmä ja lattiakotelot	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S140	Ripustusjärjestelmät	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S150	Läpiviennit	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S160	Yhteiskäyttöiset putkitusjärjestelmät ja kaapelikaivot	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S170	Esitystekniikan apujärjestelmät	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S2	Sähkönjakelu ja siihen liitetyt kuormitukset								
S21	Sähköenergian tuotanto ja liittäminen								
S211	Sähköliittymä	Lukemien tarkastus	1 kk						Käyttöhenkilökunta
S212	Sähkötuotantojärjestelmät ja -laitteistot	Takuuhuolto							Allianssi
S22	Sähköenergian pääjakelu								
S221	Suurjännitejakelujärjestelmä	Takuuhuolto	heinä	1	1	1	1	1	Allianssi
S222	Pääjakelujärjestelmä 400/230V	Takuuhuolto	heinä	1	1	1	1	1	Allianssi
S23	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys								
S231	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S232	LVI-laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S233	Käyttäjän laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Takuuhuolto	kesä	1	1	1	1	1	Allianssi
S4	Sähköliittämät								
S241	Pistorasiat	Silmämääräinen tarkastus	kesä	1	1	1	1	1	Käyttöhenkilökunta
S242	Kosketinkiskojärjestelmät		heinä	1	1	1	1	1	Allianssi
S243	Jakelukioskojärjestelmä		heinä	1	1	1	1	1	Allianssi
S244	Pistorasiapylväät		heinä	1	1	1	1	1	Allianssi

