



LÄÄKINTÄTILOJEN VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELU

Perttu Kalliokoski

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

KALLIOKOSKI, PERTTU: Lääkintätilojen varmennettu sähkönjakelu

Opinnäytetyö 44 s., liitteet 2 s.
Huhtikuu 2011

Lääkintätilojen varmennetuista sähkönjakelujärjestelmistä ei ole aiemmin luotu yksiselitteistä suunnitteluohjetta. Varmennettuja sähkönjakelujärjestelmiä koskevaa aineistoa ei voida suoraan soveltaa sairaalaympäristöön, sillä lääkintätilat asettavat erityisvaatimuksia lähinnä henkilöturvallisuutta varmentavien turvasyöttöjärjestelmien osalta. Työn tarkoituksena oli koota ajantasaista tietoa kyseisten järjestelmien suunnittelusta ja toiminnasta, tutkia keskeisimpien standardien esittämiä vaatimuksia sekä luoda malliesimerkit erilaisten teholähteiden mitoituksesta ja suunnittelusta lääkintätilojen asettamien vaatimusten mukaisesti.

Opinnäytetyössä koottiin lääkintätilojen varmennettavan sähkönjakelun suunnitteluun ja käyttöön tarvittavat tiedot standardin SFS6000-7-710:2007 pohjalta. Mitoitus-esimerkit laadittiin varavoimakoneen, akuston ja UPS-laitteen tehonmitoituksesta. Lisäksi sähkönjakelun varmentamiseen käytettävien teholähteiden rakennetta ja toimintaa tutkittiin yleisellä tasolla.

Niukasta suunnittelumateriaalista huolimatta työn tavoitteet täyttyivät, sillä lopputuloksena saatiin ajantasainen läpileikkaus lääkintätilojen varmennettavan sähkönjakelun tarpeista. Opinnäytetyötä voidaan käyttää lääkintätilojen varmennettujen sähkönjakelujärjestelmien periaatteellisena suunnittelu- ja käyttöoppaana. Jotta materiaali olisi käyttökelpoista mahdollisimman pitkään, tulee standardien vaatimuksia kuitenkin päivittää tulevaisuudessa tapahtuvien muutosten mukaisesti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Building Services Engineering

KALLIOKOSKI, PERTTU: Certified electrical distribution in hospital environments

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 2 page
April 2011

The universal design instruction of certified electrical distribution systems in hospital environments has not been made before. The design material for reserve power systems cannot be used normally in medical spaces because the hospital environment sets its own special demands required by personnel safety systems. The purpose of this Bachelor's thesis was to compile up-to-date information about the design and operation of reserve power systems, to research the most essential demands of standards, and to create design examples for each power source, all in the frame of medical space demands. The difficulty of this work was in finding material about the concerned subject.

This Bachelor's thesis was compiled from the necessary information on the design and use of certified power distribution based on standard SFS6000-7-710:2007. Examples of designs were drawn up by power design of an emergency power engine, a battery, and a UPS-device. In addition, the structure and activity of these power sources were examined at a general level.

Despite the scarce design material, the objectives of this work were met. The end result was an updated cross-section of the needs of certified electrical distribution systems for medical facilities. This thesis can be used as a principle guide for the design and use of certified electrical distribution systems in hospital environments. So that the material will be useful for as long as possible, the relevant standards should be updated in accordance with any changes that will occur in the future.

Key words: Reserve power systems, medical buildings, battery confirmed power supply, UPS-devices.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
SISÄLLYS	3
1 JOHDANTO.....	6
2 SÄHKÖKATKOJEN SYYT.....	7
3 STANDARDIN VAATIMUKSET	9
3.1 Vanhat standardit	9
3.2 Nykystandardin vaatimukset	9
3.2.1 Tilojen ryhmittely	9
3.2.2 Turvasyöttöjärjestelmien luokittelu	10
4 TURVASYÖTTÖJÄRJESTELMÄT	12
4.1 Määritelmä	12
4.2 Lisäturvamenetelmät.....	12
4.3 Turvasyöttöjärjestelmät sairaalaympäristössä.....	12
4.4 Turvasyöttöjärjestelmien teholahteiden ajallinen jaottelu	14
4.4.1 Enintään 0,5 s teholahteet	14
4.4.2 Enintään 15 s teholahteet	15
4.4.3 Yli 15 s teholahteet.....	15
4.5 Turvavalaistus.....	16
4.6 Muut turvasyöttöjärjestelmään liitettävät järjestelmät.....	16
4.7 Johdotus ja jakokeskukset	17
4.8 Turvasyöttöjärjestelmän elinkaari	18
4.9 Turvasyöttöjärjestelmän rakenne.....	18
4.10 Järjestelmän mitoitus	19
5 VARASYÖTTÖJÄRJESTELMÄT.....	22
5.1 Määritelmä	22
5.2 Järjestelmätyypit.....	22
6 TEHOLÄHTEET.....	23
6.1 Varavoimalaitokset	23
6.1.1 Määritelmä	23
6.1.2 Suunnittelun lähtökohta	23
6.1.3 Laitosvalmistajat.....	24
6.1.4 Laitosluokittelu.....	24
6.1.5 Varavoimalaitoksen mitoitus.....	25

6.2	UPS-laitteet	26
6.2.1	Määritelmä	26
6.2.2	Staattiset UPS-laitteet	26
6.2.3	Dynaamiset UPS-laitteet	28
6.2.4	Huimamassapohjaiset UPS-laitteet.....	29
6.2.5	Suunnittelu	29
6.3	Akustot.....	30
6.3.1	Akustotyypit	30
6.3.2	Akuston mitoitus	31
7	VARMENNETTUIJEN JÄRJESTELMIEN HUOLTO JA KUNNOSSAPITO	32
7.1	Järjestelmien huoltaminen.....	32
7.2	Huoltovälit.....	32
7.3	Varavoimailaitosten huolto	33
7.3.1	Ohjeet.....	33
7.3.2	Käyttäjät	33
7.3.3	Kunnossapitotarkastukset.....	33
7.4	UPS-laitteiden huolto.....	34
7.5	Akustojen huolto.....	34
8	MITOITUSESIMERKIT	35
8.1	Mitoitusesimerkki 1. Varavoimakoneen tehon mitoitus	35
8.2	Mitoitusesimerkki 2. Akuston mitoitus.....	38
8.2.1	Leikkaussalin akuston mitoitus	38
8.2.2	Leikkaussalin akuston varaajan mitoitus	40
8.3	Mitoitusesimerkki 3. UPS-laitteiston tehon mitoitus.....	41
	LÄHTEET	42
	LIITTEET.....	44

1 JOHDANTO

Suuri osa ihmisten perustarpeista on välillisesti sähköenergian varassa. Tämän vuoksi sähkökatko koetaan usein kiusalliseksi ja rajoittavaksi tapahtumaksi. Teollisuusympäristössä sähkön katkeamisesta voi seurata mittavia taloudellisia tappioita. Ilman varmennettuja sähkönjakelujärjestelmiä pahimmat seuraukset sähkökatkolla olisi kuitenkin sairaalaympäristössä, jossa monien ihmisten elintoiminnot ovat sähköllä toimivien koneiden varassa. Myös esimerkiksi leikkaussalin valaistuksen sammumisella kesken leikkauksen voisi olla kohtalokkaat seuraukset. Henkilöturvallisuuteen vaikuttavien sähkölaitteiden kuten leikkaussalivalaistuksen, hengitys- ja dialyysikoneiden sekä turvavalaistuksen varmennetusta sähkönsyötöstä käytetään yleispätevää nimitystä turvasyöttöjärjestelmät. Muiden kuin henkilöturvallisuuteen vaikuttavien sähkölaitteiden varmennetusta sähkönsyötöstä käytetään yleispätevää nimitystä varasyöttöjärjestelmät.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä lääkintätilojen erilaisiin sähkönvarmennusjärjestelmiin niiden rakenteen, toiminnan ja merkityksen kautta sekä aikaansaadakattava tietopaketti jota voi hyödyntää osana varmennettujen sähkönjakelujärjestelmien suunnittelua ja huoltoa. Opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan sähkönsyötön turvaamismenetelmiä, ei niinkään syötettäviä laitteita. Aihepiiriin ei kuulu muut lääkintätilojen turvallisuuteen vaikuttavat järjestelmät kuten lisäpotentialintasaukset. Suuri osa opinnäytetyössä käytetystä materiaalista on sovellettavissa myös muiden kuin lääkintätilojen varmennettujen sähkönsyöttöjärjestelmien suunnittelussa.

2 SÄHKÖKATKOJEN SYYT

Yleisin sähkönjakelujärjestelmiin häiriötä aiheuttava tekijä on luonnonolosuhteet, kuten myrskyt, ukkonen ja puihin kertyneet lumikuormat. Puita voi kaatua sähkölinjoille, eikä ukkosen aiheuttamilta ongelmilta voida välttyä edes ukkossuojajärjestelmien avulla. Luonnonolosuhteista muodostuvan epävarmuustekijän eliminoiminen on sähkönjakelun varmistamisen tärkeimpiä syitä. Toisinaan sähkökatkoja voi aiheutua materiaalivioista, inhimillisistä erehdyksistä, huonoista maadoituksista tai verkkoon liitettyjen suuritehoisten laitteiden kytkentäsäyksistä. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 323; Fortum 2010.)

Toisinaan sähköt joudutaan katkaisemaan suunnitellusti sähköverkon huolto- ja korjaustöiden ajaksi jakeluyhtiön toimesta. Tällaisten tilanteiden varalta sähkönjakelun käyttövarmuutta on parannettu järjestämällä sairaalakiinteistön sähkönsyöttö useampaa kuin yhtä siirtotietä pitkin. Jakeluyhtiö myös tiedottaa mahdollisista jakelukatkoista selkeästi joko laskutusosoitteeseen lähetetyllä postikortilla tai ilmoituksella paikallislehdessä. Tästä huolimatta sähkönjakelun käyttövarmuutta ei voida taata täydellisesti, sillä suurissa jakeluhäiriöissä ei kaksoissyöttömahdollisuudesta ole yleensä apua. Sairaalan sisäiset huolto- ja korjaustyöt pyritään toteuttamaan hiljaiseen aikaan kuten kesälomien sulku-aikaan ja rajaamaan katkot mahdollisimman pienelle alueelle. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 320; Fortum 2010.)

Yleisen sähkönjakelun häiriötilanteet voidaan jakaa neljään ryhmään ajallisilla ja laadullisilla perusteilla. Näitä ovat lyhyet katkokset, jotka käsittävät pika- ja aikajälleenytyksen sekä käyttötoimenpiteet. Pitkät sähkön jakelussa tapahtuvat katkokset, kuten vikakorjaustilanteiden aikana. Erittäin pitkät sähkönjakelukatkot, jolloin jakelu keskeytyy useiksi tunneiksi tai vuorokausiksi laajoissa vikatilanteissa tai tehovajauksessa. Jännitteen laadulliset poikkeamat, kuten jännite- ja taajuusvaihtelut, sekä transienttiylijännitteet. (ST-käsikirja 20 2005, 41.)

Sähkönjakeluverkon häiriöt voivat aiheutua myös muista arvaamattomista tekijöistä kuten pieneläimistä tai vesivahingoista. Sähkökatkoja voi aiheutua useista muistakin syistä kuin sähkönjakeluverkon häiriöistä. Esimerkiksi vikaantunut sähkölaite tai virheellinen sähköasennus voi aiheuttaa ylikuormitustilanteen joka johtaa sulakkeen pala-

miseen. Tällaisia vikoja vastaan ei voi luotettavasti suojautua edes varmennetulla sähköjakelujärjestelmällä. Tämän vuoksi sairaalaympäristössä tulee huolehtia sähkölaitteisten asianmukaisista käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksista sekä niiden huollosta.

3 STANDARDIN VAATIMUKSET

3.1 Vanhat standardit

Vuonna 1979 Suomen standardisoimisliitto julkaisi standardin SFS 4371: lääkintätilojen sähköasennukset, joka toimi muun muassa pohjana sen aikaisten lääkintätilojen varavoimajärjestelmien suunnittelulle. Standardin toinen painos julkaistiin vuonna 1987 ja kolmas painos vuonna 1997. Standardien keskeinen tehtävä oli luokitella lääkintätilat niiden potilasturvallisuuden mukaisiin ryhmiin, joiden perusteella mm. suojaustasot, potentiaalintasaukset ja varavoimajärjestelmät määriteltiin ja suunniteltiin. (SFS 6000-7-710 2007, 28.)

Vuonna 1999 SFS 4371 standardi vaihtui nykyiseen SFS 6000-7-710 standardiin. Kyseisestä standardista on tehty vuonna 2002 2.painos, vuonna 2004 3.painos ja uusin, tällä hetkellä voimassa oleva 4.painos vuonna 2007. Turvasyöttöjärjestelmien kannalta suurin muutos nykyisen standardin ja aikaisempien lääkintätilojen sähköasennuksia käsittelevien standardien välillä on lääkintätilojen jako kolmeen ryhmään entisen neljän sijaan, sekä ryhmien sisällön muutokset. Vuoden 2007 painoksessa on lisäksi tarkennettu turvasyöttöjärjestelmien vaatimuksia. (SFS 6000-7-710 2007, 16.)

3.2 Nykystandardin vaatimukset

3.2.1 Tilojen ryhmittely

Nykyinen lääkintätilojen sähköasennuksia käsittelevä standardi SFS 6000-7-710 ryhmittelee lääkintätilat kolmeen ryhmään G0, G1 ja G2.

Ryhmä 0 (G0) tarkoittaa tilaa, jossa ei ole tarkoitus käyttää mitään jakeluverkosta syöttönsä saavia sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia. Tällaisia tiloja ovat vuodeosastojen sosiaalitulat, kahvihuoneet sekä WC- ja suihkutilat sillä edellytyksellä että niissä ei ole aikomusta käyttää lääkintälaitteita. Potilaaseen (asiakas) voi olla liitettynä

verkosta ladattavia liityntälaitteita kuten infuusioautomaatti jolloin hänen ei kuulu päästä ryhmän 0 tiloihin peseytymään tai käymään WC:ssä. (SFS 6000-7-710 2007, 2, 17.)

Ryhmä 1 (G1) tarkoittaa lääkintätilaa, jossa sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti (ei kuitenkaan ryhmän 2 soveltamisalueelta eli sydämen lähellä toimivia laitteita). Ihon ulkopuolisella toiminnalla tarkoitetaan ihon pinnalta potilasta monitoroivaa tai rekisteröivää laitetta. Ihon sisäisellä toiminnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä laitteita jotka toimivat kehon aukoissa, suuontelossa nieluun saakka, nenäontelossa tai ulommassa korvakäytävässä täryonteloon saakka. Sairaaloissa ryhmän 1 tilat tarkoittavat potilaan hoito- ja tutkimistiloja, sekä tiloja missä potilas normaalioloissa liikkuu. Sydämen ja keskusverenkierron toimintaa valvovat laitteet kuuluvat kuitenkin ryhmään 2. (SFS 6000-7-710 2007, 2, 17.)

Ryhmä 2 (G2) tarkoittaa lääkintätilaa, jossa verkosta syöttönsä saavien sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen (vika) voi aiheuttaa hengenvaaran. Tällaisia sovelluksia ovat erilaiset sydämen läheiset toiminnot, leikkaussalikäytöt ja tehohoidot. (SFS 6000-7-710 2007, 3, 17.)

3.2.2 Turvasyöttöjärjestelmien luokittelu

Turvasyöttöjärjestelmät on luokiteltu viiteen eri luokkaan (taulukko 1) sen perusteella kuinka nopeasti ne pystyvät syöttämään lääkintätilojen laitteistoja normaaliverkon syötön katkettua.

TAULUKKO 1. Lääkintätilojen turvasyöttöjärjestelmien luokittelu (SFS 6000-7-710 2007, 13)

Luokka 0 (katkoton)	automaattinen syöttö ilman katkoa
Luokka 0,15 (hyvin lyhyt katko)	automaattinen syöttö 0,15 s kuluessa
Luokka 0,5 (lyhyt katko)	automaattinen syöttö 0,5 s kuluessa
Luokka 15 (keskipitkä katko)	automaattinen syöttö 15 s kuluessa
Luokka yli 15 (pitkä katko)	automaattinen tai käsin ohjattu syöttö yli 15 s kuluessa

Luokan 0 turvasyöttöjärjestelmät ovat poikkeuksetta toteutettu UPS-laitteistoilla, eivätkä lääkintälaitteet yleensä tarvitse katkotonta sähkönsyötön varmennusta. On kuitenkin olemassa tiettyjä mikroprosessoriohjattuja lääkintälaitteita jotka vaativat tällaisen syötön. Jos lääkintätilat kuuluvat eri luokkiin ja niillä on yhteinen turvasyöttöjärjestelmä, tulee turvasyöttöjärjestelmän täyttää sen luokan vaatimus joka antaa suurimman syöttövarmuuden. Liitteessä 1 on esitetty yksi ratkaisu lääkintätilojen tilaluokitusten laatimiseksi. (SFS 6000-7-710 2007, 13)

4 TURVASYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

4.1 Määritelmä

Turvasyöttöjärjestelmällä tarkoitetaan sähkönsyöttöjärjestelmää joka normaalisyötön vioituessa kykenee varmistamaan ihmisten turvallisuudelle tärkeiden laitteiden toiminnan. Järjestelmän rakenne muodostuu jännitelähteestä ja kulutuskojeelle saakka tuotavasta johdotuksesta, sekä toisinaan myös itse kulutuskojeesta. Sairaalaympäristöissä käytetään yleisesti automaattisesti käynnistyviä järjestelmiä, mutta on olemassa myös ei-automaattisia turvasyöttöjärjestelmiä jotka käyttäjä käynnistää itse. Turvasyöttöjärjestelmien käyttökohteita ovat useat lääkintätilojen järjestelmät, turvalaistusjärjestelmä, paloilmoitinjärjestelmä, hoitajakutsu-, poistumisvalvonta- sekä päällekkarkausjärjestelmät. (ST-käsikirja 20 2005, 50, 53, 54.)

4.2 Lisäturvamenetelmät

Tyypillisesti turvasyöttöjärjestelmää käytetään normaalin syötön, kuten yleisen jakeluverkon lisäksi, ja se kytkeytyy päälle vasta normaalisyötön katkettua tai häiriytyttyä. Leikkaussaleissa ja muissa tiloissa joissa sähkönsyöttö ei saa katketa, kytetään turvasyöttöjärjestelmä suojaerotusmuuntajien kautta IT-järjestelmään, jolloin syötön automaattinen poiskytkentä ei tapahdu vielä ensimmäisestä viasta, vaan eristystilahälytін hälyttää ja vioittunut laite voidaan poistaa järjestelmästä turvallisesti ilman sähkökatkoa. (ST-käsikirja 20 2005, 54.)

4.3 Turvasyöttöjärjestelmät sairaalaympäristössä

Useissa terveydenhuoltoalan laitoksissa on vaaratilanteiden välttämiseksi välttämätöntä varmistaa elintärkeiden toimintojen sähkösyötön jatkuvuus. Turvasyöttöjärjestelmät ovat pakollinen osa ryhmän 1 ja 2 lääkintätilojen sähkönsyöttöjärjestelmiä. Lääkintätiloissa, joissa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta potilaille vaaraa, tekee lääkintätilan vastuullinen johto päätöksen kyseisten järjestelmien hankinnasta. Tällaisia kohteita ovat kotisairaanhoido, työpaikkaterveydenhoito, yksittäiset vastaanottotilat ja vastaavat ter-

veydenhuollon laitokset. Jos näissä kohteissa on kuitenkin tarve käyttää turvasyöttöjärjestelmää, se voidaan toteuttaa myös laite- tai tilakohtaisilla akuilla ja UPS-järjestelmillä, jolloin vastaavaa turvallisuustaso saavutetaan huomattavasti pienemmillä investoinneilla. Turvasyöttöjärjestelmä on aina lääkintätilakohtainen kokonaisuus, sillä tilojen käyttötarkoitus eroaa eri terveydenhuoltoalan rakennuksissa. Standardien esittämien ryhmien ja luokkien sekä turvasyöttöjärjestelmien kytkeytymisaikojen valitseminen on lääkintätilan haltijan tai toiminnan harjoittajan vastuulla. (SFS 6000-7-710 2007, 9, 24.)

Ryhmän 1 ja 2 lääkintätilojen turvasyöttöjärjestelmien teholähteille on annettu yleiset vaatimukset, joiden mukaan niiden on normaalisyötön vioittuessa tultava jännitteiseksi ja kyettävä syöttämään luokkien 0,5 (lyhyt katko), 15 (keskipitkä katko) ja yli 15 (pitkä katko) laitteille sähköenergiaa määrätyn ajan ennalta määrätyn kytkeytymisajan kuluessa. Kyseisten turvasyöttöjärjestelmien teholähteiden tulee ottaa automaattisesti syöttö hoitaakseen myös tapauksissa jossa pääkeskuksen yhden tai useamman äärijohtimen jännite laskee yli 10 % nimellisjännitteestä. Mikäli sairaalassa on ryhmän 2 tiloja, tarvitaan siellä yleensä sekä enintään 0,5 s että 15 s kytkeytymisajan omaavia turvasyöttöjärjestelmiä. (SFS 6000-7-710 2007, 9, 24.)

Syötön katkaisijoiden automaattinen jälleenkytkentä edellyttää että syötön vaihto tapahtuu viiveellä. Muuten seurauksena voi olla katkaisijoiden maksimivirta-arvojen ylittyminen. Ryhmän 2 lääkintätilojen erityisvaatimuksena on, että kyseisen tilan johtojärjestelmät ovat tarkoitettu vain kyseisen tilan laitteille ja varusteille. Kaikki turvasyöttöjärjestelmällä syötetyt pistorasiat on merkittävä selkeästi ja oltava tunnistettavissa esimerkiksi VV- merkinnällä, minkä lisäksi ne suositellaan merkittäväksi lisäksi värijärjestelmällä käyttäen apuna erivärisiä peitelevyjä, tunnuskilpiä tai merkkiteippejä. Standardissa SFS 6000-7-710 on määritelty suositeltavat tunnusvärit taulukon 2 mukaisesti. Myös keskusten kannet suositellaan merkittäväksi kyseisellä värijärjestelmällä. Jos Sairaalassa on jo ennestään käytössä joku muu värikoodausjärjestelmä, suositellaan saman järjestelmän käyttämistä myös tulevaisuudessa laajennusosissa sekaannusten välttämiseksi. (SFS 6000-7-710 2007, 9, 10, 23.)

TAULUKKO 2. Suositeltavat tunnusvärit (SFS 6000-7-710 2007, 23)

sähkösyöttöjärjestelmä	väri ja värikoodi
normaali verkko	valkoinen tai muu määritelty normaaliväri
turvasyöttöjärjestelmät yli 15 s	vaaleansininen esim. RAL 5024
turvasyöttöjärjestelmät alle 15 s	sininen esim. RAL 5007
turvasyöttöjärjestelmät alle 0,5 s	punainen esim. RAL 3011
UPS-järjestelmä ja UPS:illa syötetty IT-järjestelmä	oranssi esim. RAL 2000
lääkintä IT-järjestelmä	vihreä esim. RAL 6025

4.4 Turvasyöttöjärjestelmien teholahteiden ajallinen jaottelu

Turvasyöttöjärjestelmän teholahteen tarkoitus on syöttää turvasyöttöjärjestelmän verkkoa häiriön ajan ja sen on voitava käydä ja käynnistää riippumatta ulkopuolisista laitoksista, kuten sähkö- tai vesilaitoksesta. Turvasyöttöjärjestelmien teholahteet on jaettu kytkeytymisaikojen perusteella kolmeen yksityiskohtaisesti määriteltyyn luokkaan: enintään 0,5 s-, enintään 15 s- ja yli 15 s kytkeytymisaajan omaavat turvasyöttöjärjestelmien teholahteet. Enintään 0,5s kytkeytymisaajan omaavien turvasyöttöjärjestelmien teholahteina toimivat yleensä joko akustot, paristot tai UPS-laitteet niiden nopean käynnistyvyyden ansiosta. Enintään 15 sekunnissa ja yli 15 sekunnissa käynnistyvät turvasyöttöjärjestelmät käyttävät teholahteenä joko yhteistä tai erillistä varavoimakonetta, jollainen voi olla esimerkiksi diesel-käyttöinen normaalista syöttöjärjestelmästä riippumaton generaattori tai erillinen jakeluverkon syöttö, joka on täysin riippumaton normaalista syötöstä. Mikäli samasta jakeluverkosta lähtee toisistaan riippumattomia erillisiä syöttöjä, tulee varmistaa ettei molemmat syötöt voi vioittua samaan aikaan. Teholahteiden sijoitukseen käytetyille tiloille on annettu myös omat määräykset muun muassa ilmanvaihdon ja kulkuoikeuksien suhteen, jotka eivät kuitenkaan koske erikseen omasta akusta syötettäviä laitteita. (SFS 6000-7-710 2007, 24; ST-käsikirja 20 2005, 54, 55.)

4.4.1 Enintään 0,5 s teholahteet

Enintään 0,5 s kytkeytymisaajan omaavat turvasyöttöjärjestelmien teholahteet ovat suunniteltu syöttämään lääkintätilojen kriittisiä kohteita kuten leikkausvalaisimia ja muita välttämättömiä valaisimia kuten tähystysvalaisimia, sekä elintoimintoja ylläpitäviä sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Turvasyöttöjärjestelmien erikoisteholahteiden on otettava syöttö hoitaakseen automaattisesti 0,5 sekunnissa siitä kun jännite on katkennut yhdessä

tai useammassa ryhmäkeskuksen vaihejohtimessa ja kyettävä syöttämään välttämättömiä valaisimia vähintään 3 tuntia. Jos teholähde on kuitenkin liitetty enintään 15 s kytkeytymisajan omaavaan moottorigeneraattorilla toteutettuun turvasyöttöjärjestelmään, voidaan se mitoittaa 1 h toiminta-ajalle. (SFS 6000-7-710 2007, 10.)

4.4.2 Enintään 15 s teholähteet

Enintään 15 s kytkeytymisajan omaavat turvasyöttöjärjestelmien teholähteet ovat tarkoitettu toimimaan silloin kun yhden tai useamman vaiheen jännite pääkeskuksessa on alentunut yli 10 % nimellisjännitteestä yli 3 s ajaksi. Turvasyöttöjärjestelmän käyttökohteita ovat varavalaistus, osa hisseistä, savunpoistojärjestelmät ja henkilöhakujärjestelmät. Käyttökohteita ovat myös lääkintätilojen sähkökäyttöiset lääkintälaitteet joita käytetään elintärkeisiin (esim. kirurgisiin) toimintoihin kuten verenkierron ja hengityksen ylläpito, imulaitteet ja tehohoitoaikkujen mittalaitteet yms. Lääkintäkaasujärjestelmät, paineilmalaitteet, keskusimujärjestelmä, anestesiakaasujen poistolaitteet sekä niiden valvontalaitteet tulee myös liittää enintään 15 s kytkeytymisajan omaavaan turvasyöttöjärjestelmään. Myös paloilmaisu, palohälytys ja palosammutuslaitteistot kuuluvat alle 15 s varmennusajan omaaviin laitteistoihin samoin kuin toimenpidepaikkojen sekä vuodeosastojen hoituhuoneiden pistorasiat. (SFS 6000-7-710 2007, 10, 26.)

4.4.3 Yli 15 s teholähteet

Kolmas teholähdeluokka on yli 15 s kytkeytymisajan omaavat turvasyöttöjärjestelmien teholähteet. Tähän ryhmään kuuluvat kaikki loput lääkintätilojen laitteet joita tarvitaan sairaalatoimintojen ylläpitämiseksi silloin kun ulkopuolista energiaa ei ole pitkäaikaisesti saatavilla. Laitteet voidaan kytkeä joko käsin tai automaattisesti turvasyöttöjärjestelmän teholähteeseen ja sen on kyettävä syöttämään niitä vähintään 24 tunnin ajan. Tällaisia ovat esimerkiksi: sterilointilaitteisto, erilaiset talotekniset järjestelmät kuten ilmanvaihto-, ilmastointi- ja lämmityslaitteisto sekä kiinteistöhuollon- ja jätehuollon laitteistot. Yli 15 s turvasyöttöjärjestelmiin kytetään myös erilaiset jäähdytyslaitteet, keittiölaitteet ja akustojen varaajat. Yli 15 s turvasyöttöjärjestelmiin ei kuitenkaan tule kytkeä elintärkeitä koneita tai laitteita. Tämän teholähdeluokan turvasyöttöjärjestelmillä voidaan suorittaa myös porrastettua tai vuorotellen tapahtuvaa tehonsyöttöä. (SFS 6000-7-710 2007, 10, 26.)

Lisäksi on määritelty että ryhmän 1 lääkintätiloissa tulee kussakin huoneessa ainakin yhtä valaisinta syöttää turvasyöttöjärjestelmien teholahteesta ja ryhmän 2 lääkintätiloissa vähintään 50 %, sekä leikkaussaleissa 100 % valaistuksesta liitetään turvasyöttöjärjestelmän teholahteeseen. Teholähteen on kyettävä syöttämään siihen kytkettyjä järjestelmiä syöttöverkon vioittuessa vähintään 24 h ajan. Poikkeustapauksissa kesto aika voidaan pienentää 3 tuntiin, mikäli rakennus pystytään evakuoimaan ja tilan käyttö lopettamaan reilusti alle 24 tunnissa. (SFS 6000-7-710 2007, 10.)

4.5 Turvavalaistus

Varavalaistusta suunniteltaessa noudatetaan lääkintätilojen kohdalla yleisiä turvavalaistusta koskevia määräyksiä. Yhteneviä lukuja turvasyöttöjärjestelmään liitettävien valaisimien valaistustasojille ei voida antaa, sillä tarpeet vaihtelevat sairaalan toiminnan mukaan. Ulkovalaistus, joka liitetään turvasyöttöjärjestelmän verkkoon, voidaan rajata kriittisten kohteiden, kuten tapaturma-asemien ja ensiapuklinikoiden sisäänkäyntien alueelle. Henkilökunnan päivystystilaan tms. olisi lisäksi suositeltavaa asentaa ladattava käsivalaisin. (SFS 6000-7-710 2007, 27.)

Turvavalaistus järjestelmän perusajatuksena on mahdollistaa henkilökunnan ja potilaiden liikkuminen sähkökatkoksen aikana. Varavalaistusjärjestelmän turvasyöttöjärjestelmään liitettäviä kohteita ovat poistumisaluevalaistus, ulosmenokilpien valaistus, turvasyöttöjärjestelmien generaattorien kytkinlaitostilat sekä normaalin syötön ja turvasyöttöjärjestelmien pääkeskustilat. Sairaalaympäristössä varavalaistus tulee asentaa myös yleisiin odotustiloihin, yleisön käyttämiin käytäviin, hälytysajoneuvohenkilökunnan tiloihin jne. (SFS 6000-7-710 2007, 10, 27.)

4.6 Muut turvasyöttöjärjestelmään liitettävät järjestelmät

Henkilökunnan henkilöturvajärjestelmien, murto- ja kulunvalvontalaitteiden sekä potilaskuljetuksiin tarvittavien sähkötoimisten koneovien liittäminen turvasyöttöjärjestelmään olisi suotavaa. Myös osa valokennovesihanoista kannattaa liittää varmennettuun sähköverkkoon. Valaistuksen vaatimukset vaihtelevat tilakohtaisesti. Esimerkiksi leik-

kausosastojen leikkausalueilla ja heräämöjen kriittisillä alueilla valaistuksen tason ja laadun tulee vastata häiriötilanteissa normaalitilanteen valaistusta. Valaistusta voidaan häiriötilanteissa parantaa myös kytkemällä siirrettäviä valaisimia turvasyöttöjärjestelmään liitettyihin pistorasioihin. (SFS 6000-7-710 2007, 27.)

4.7 Johdotus ja jakokeskukset

Suunnittelun lähtökohtana on sijoittaa turvasyöttöjärjestelmän pääjohdot ja jakokeskukset tarpeeksi etäälle normaaliverkon johdoista, jotta palotilanteessa saadaan lisää arvokasta aikaa edes toisen järjestelmän toiminnalle ja välttään samanaikaiselta järjestelmien vaurioitumiselta. Niissä tapauksissa, missä johtojen asennus riittävän erilleen ei kuitenkaan onnistu, voidaan turvasyöttöjärjestelmän palosuojaukseen käyttää palonkestäviä syöttöjohtoja tai muuta toimivaa palosuojaukseen, joka palotilanteessa takaa vähintään 30 minuutin toimintakyvyn turvasyöttöjärjestelmälle. Standardi SFS 6000-7-710 määrittelee jakokeskusten rakenteista seuraavaa: ”Turvasyöttöjärjestelmän ja normaaliverkon jakokeskukset rakennetaan eri rungoille tai erotetaan toisistaan keskuksen ulkoista kotelointia vastaavalla metallisella väliseinällä siten, että erotus keskuksen eri osien välillä on vähintään IPXXB. Muovikoteloidut keskukset asennetaan erilleen.” Ryhmän 2 lääkintätiloille on lisäksi annettu erityisvaatimus, jonka mukaan tämän ryhmän tilojen jakokeskusten syöttö tulee rakentaa kahdella toisistaan erotetulla syöttöjohdolla. Tällöin toista syöttöä voidaan käyttää turvasyöttöjärjestelmän huollon ja häiriöiden aikana normaaliverkon kautta ja toisella tuodaan normaalitilanteessa käytettävä syöttö turvasyöttöjärjestelmästä. (SFS 6000-7-710 2007, 25.)

Mikäli turvasyöttöjärjestelmän johtoja joudutaan asentamaan palovaarallisiin tiloihin, tulee ne olla palonkestäviä. Turvasyöttöjärjestelmän johtojen asennusta palovaarallisiin tiloihin tulee kuitenkin välttää. Räjähdyksivaarallisiin tiloihin johtoja ei saa asentaa ollenkaan. Järjestelmän virtapiirit tulee olla toisistaan riippumattomia, jotta yhteen järjestelmään kohdistuva sähkövika tai muutos ei vaikuta toisten järjestelmien toimintaan. Myös ylivirtasuojien valinta ja asettelu tehdään samaan tapaan, eli yhden virtapiirin ylikuormitus ei estä muiden virtapiirien toimintaa. Virtapiirin selektiivisyys ja riittävän nopea vian erotus tulee varmistaa, samoin kuin kytkinlaitteiden tunnistettavuus ja asianmukainen sijoitus sopiviin tiloihin. (ST-käsikirja 20 2005, 55.)

4.8 Turvasyöttöjärjestelmän elinkaari

Lääkintätilojen turvasyöttöjärjestelmien yleiset toteutusperiaatteet ovat pääosin vastaavat kuin muillakin rakennusprojekteilla. Rakennuttamisvaiheessa suoritetaan tarpeiden kartoitus viranomais määräysten, kohteen tarpeiden, muuntojoustavuuden ja teknisten vaihtoehtojen pohjalta, sekä jaetaan työn tehtävä- ja vastuualueet sekä suunnitellaan toimiva rakennuttamisaikataulu. (ST-käsikirja 20 2005, 14.)

Suunnitteluvaiheen alussa suoritetaan esisuunnittelu, jonka pohjalta varsinainen suunnittelu tapahtuu. Suunnitteluvaiheessa aloitetaan myös laadun varmistus ja asiakirjojen dokumentointi. (ST-käsikirja 20 2005, 19.)

Rakentamisvaihe aloitetaan urakkarajojen ja erillishankintojen varmistamisella. Rakennusvaiheeseen kuuluu työ- ja rakennusaikainen suunnittelu, sekä aikataulun sovittaminen käytäntöön. Laadun varmistus ja dokumentointi suoritetaan myös rakennusvaiheessa. (ST-käsikirja 20 2005, 20.)

Ennen varsinaista käyttöä suoritetaan käyttöönottovaihe johon kuuluu turvasyöttöjärjestelmän tarkastukset ja koekäyttö, sekä vähintään käyttäjille annettava käyttökoulutus. Käyttöönottovaiheen yhteydessä suoritetaan myös loppudokumentointi sekä vastaanotokous, jossa varsinainen vastaanotto tapahtuu ja takuu aika alkaa. (ST-käsikirja 20 2005, 21.)

Ylläpitovaiheessa suoritetaan järjestelmän normaalia käyttöä ja huoltoa. Asianmukaisella ja ammattitaitoisella huoltotoiminnalla järjestelmän varmennustaso saadaan pidettyä yllä koko ylläpitovaiheen ajan. Ylläpitoa voidaan helpottaa erilaisilla valvontajärjestelmillä. Elinkaaren lopussa järjestelmä puretaan ja hävitetään asianmukaisesti. (ST-käsikirja 20 2005, 22.)

4.9 Turvasyöttöjärjestelmän rakenne

Turvasyöttöjärjestelmät voidaan rakentaa joko keskitettyinä, jolloin teholähteenä on yleensä yksi suuritehoinen, tai hajautettuna, jolloin käytössä on useampia pienempitehoisia teholähteitä. Oikean järjestelmän valinta suoritetaan taloudellisten, teknisten ja

riskienhallinnan määrittelemien ehtojen pohjalta. Jotta optimaalisesti toimiva järjestelmä voidaan rakentaa, tulee rakennuttajan, käyttäjän ja suunnittelijoiden tehdä hyvää yhteistyötä. (ST-käsikirja 20 2005, 43, 45.)

Keskitetyn järjestelmän edut suhteessa hajautettuun järjestelmään (ST-käsikirja 20 2005, 43):

- investointikustannukset
- huoltokustannukset
- käyttökustannukset
- huoltaminen keskittynyttä ja järjestelmällistä
- tehon ja hinnan suhde
- sähkön laatu
- suojauksen selektiivisyys

Hajautetun järjestelmän edut suhteessa keskitettyyn järjestelmään (ST-käsikirja 20 2005, 44):

- tärkeysluokitukseltaan erilaisten järjestelmien eritasoinen varmentaminen
- muunneltavuus
- portaittainen investointi varmennustarpeiden kasvaessa
- fyysiset etäisyydet ja jännitteenalenemat pienempiä
- herkkien tai häiriöalttiiden laitteiden syöttö varmempaa
- vikojen vaikutukset eivät ulotu koko varmennettuun järjestelmään kuten keskitetyissä verkoissa

4.10 Järjestelmän mitoitus

Turvasyöttöjärjestelmiä suunniteltaessa tulee huomioida että standardeissa määritellyt suojausmenetelmät toteutuvat myös turvasyötön ja normaaliverkon rinnakkaiskäytössä. Turvasyöttöjärjestelmän teholähdettä mitoittaessa tulisi ottaa huomioon sen mitoitusvirta, jonka tulee olla vähintään 10-kertainen IT-järjestelmän kaikkien kytkettyjen erotusmuuntajien mitoitusvirtojen summaan nähden. Lisäksi tulee huomioida että kolmivaiheisen varavoimakoneen on pystyttävä syöttämään myös epäsymmetristä vaihekuormaa, eli vinokuormaa. Yksivaiheisella kuormalla maksimi 300 kVA mitoitusasteisen tehon lähteen on pystyttävä syöttämään epäsymmetristä vaihekuormaa 100 % mitoitusvaihe-

virrasta, eli 33 % teholähteen mitoitustehosta. Mitoitusteholtaan yli 300 kVA:n teholähteiden on vastaavasti pystyttävä syöttämään vinokuormaa 45 % mitoitusvirrasta, eli 15 % teholähteen mitoitustehosta. (SFS 6000-7-710 2007, 24.)

Yli 500 kVA:n teholähteet tulisi jakaa pienempiin osiin, jotta kohtuuttoman laaja alue ei olisi yhden teholähteen varassa. Teholähteiden mitoituksessa tulee huomioida enintään 15 s kytketymisajan, sekä yli 15 s kytketymisajan omaavien turvasyöttöjärjestelmien tehot. Mikäli kiinteällä teholähteellä ei saavuteta riittävää tehoa, sähköverkkoon on mahdollista asentaa liitännä siirrettävälle teholähteelle joka voidaan tarvittaessa kytkeä nopeasti verkkoon. Lääkintälaitteiden tulee toimia ± 10 % jännite-erojen puitteissa joten teholähteiden on kyettävä syöttämään kyseisen alueen jännitettä. (SFS 6000-7-710 2007, 26.)

Yli 15 s kytketymisajan omaavan turvasyöttöjärjestelmän mitoituksessa voidaan huomioida tehojen vuorottelu, minkä ansiosta järjestelmää ei tarvitse mitoittaa kaikkien laitteistojen mitoitustehojen summalle. Porrastuksen johdosta esim. seuraavat laitteet voidaan liittää verkkoon myös yli 15 s kytkentäajassa:

- hälytysjärjestelmät
- viestiliikennejärjestelmät
- potilashissien osittaiskäyttö
- osa laboratorion pistorasioista
- lääkejääkaapit
- erilaiset pankit, kuten veri-, kudus- ja silmäpankit sekä tutkimusnäytteet
- erikoisjäähdytyslaitteet kuten laboratorion vakioämpöläitteet, syväjäähdytyslaitteet jne.
- jääkaapit, kuten vain äidinmaidon säilytykseen tarkoitetut
- potilasturvallisuuden olennaisesti vaikuttavat kiinteistölaitteet

Mikäli tämän kytkentäajan turvasyöttöjärjestelmän käyttöönotto kestää pitkään esim. siirrettävää varavoimakonetta käytettäessä, ei järjestelmään saa liittää laitteistoja joiden pitkään toiminnasta poissaoleminen aiheuttaa sairaalan toiminnalle vakavaa haittaa. (SFS 6000-7-710 2007, 26.)

Varavoimakoneiden mitoituksessa tulee lisäksi huomioida järjestelmän selektiivisyys, laitoksen oma käyttöteho, laajennusvarat, UPS-laitteiden teho- ja sähkönlaatuvaatimukset sekä muuntajien ja moottoreiden kytkentävirtasysäykset. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 326.)

5 VARASYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

5.1 Määritelmä

Varasyöttöjärjestelmällä (tai varavoimajärjestelmä) tarkoitetaan sähkönsyöttöjärjestelmää joka normaalisyötön vioittuessa kykenee varmistamaan asennuksen tai sen osan toiminnan jatkumisen muista kuin henkilöturvallisuuteen liittyvistä syistä (ST-käsikirja 20 2005, 50).

5.2 Järjestelmätyypit

Varasyöttöjärjestelmän sähkön syöttö voi olla toimintatypiltään joko katkonta tai katkollista. Katkoton sähkönsyöttö toteutetaan UPS-järjestelmillä. Suomessa käytetään lähinnä On-line tekniikkaan perustuvia staattisia järjestelmiä, jotka koostuvat normaali-verkon ja varmennettavan kuorman väliin asennettavasta UPS-laitteesta, sen staattisista ohjauspiireistä ja akustosta jolla katkotonta sähköä voidaan tuottaa verkkokatkon aikana. UPS-järjestelmä voidaan myös kahdentaa paremman luotettavuuden tai huollettavuuden takaamiseksi. (ST-käsikirja 20 2005, 58.)

Katkollinen sähkön syöttö toteutetaan varavoimajärjestelmällä joka käynnistyy automaattisesti tai käsin. Lääkintätilojen varavoimajärjestelmät ovat tyypillisesti automaattisesti käynnistyviä, normaaliverkon tilaa tunnustelevia järjestelmiä. Järjestelmän käyttökohteita ovat muun muassa UPS-järjestelmien, ilmanvaihto- ja jäähdytyslaitteiden sähkönsyöttö normaalisyötön vioittuessa. Varavoimakäytöstä verkkokäyttöön palaututtaessa seuraa syöttökato, joka on kuitenkin mahdollista välttää rakentamalla varavoimakoneen ja syöttävän verkon hetkellinen rinnankäyntimahdollisuus, jolloin myös järjestelmän koeajot voidaan ajaa katkoksetta. (ST-käsikirja 20 2005, 58.)

6 TEHOLÄHTEET

6.1 Varavoimalaitokset

6.1.1 Määritelmä

Varavoimalaitoksella tarkoitetaan tässä yhteydessä sairaalaympäristöissä yleisesti käytettyä dieselvaravoimalaitosta, jossa voidaan tuottaa sähköä dieselmoottorin ja generaattorin yhdistelmällä. Varavoimalaitokseen kuuluu myös erilaisia apujärjestelmiä, kuten hälytys-, tarkkailu- ja vaihtoautomaattikajärjestelmät. Käyttökohteita varavoimalaitoksille löytyy sekä turva- että varasyöttöjärjestelmien puolelta. (ST-käsikirja 31 2000, 14.)

6.1.2 Suunnittelun lähtökohta

Varavoimalaitoksen oikean toiminnan kannalta on oleellista suunnitella laitos mahdollisimman riippumattomaksi muista järjestelmistä kuten rakennusautomaatiosta. Varvoimajärjestelmän käynnistysaika on tyypillisesti 5-15 sekuntia riippuen laitteiston koosta. Varavoimakoneille on sallittu 5 s mittainen rinnankäyntiaika syöttävän verkon kanssa koekäyttöjä ja katkottomia verkkosyöttöön palautumisia varten. Lääkintätiloissa varavoimakoneen on pystyttävä automaattisesti ottamaan varmennetun verkon kuorma 15 s kuluessa yleisen sähkösyötön keskeydyttyä. Tänä aikana sähköt ovat poissa kaikista muista paitsi akku- ja UPS-varmennetuista tiloista ja laitteista. Laitoksen vikaantuessa tulee tieto häiriöistä kulkeutua välittömästi järjestelmän kautta laitoksesta vastaavalle henkilökunnalle. Laitoksen tulee täyttää sekä EU:n asiaa koskevat direktiivit, sekä Suomessa voimassa olevat viranomaismääräykset ja sähkötekniset vaatimukset. (ST-käsikirja 31 2000, 12; ST-käsikirja 20 2005, 78)

Varavoimalaitoksen suunnittelun tärkeimpiä ympäristönäkökohtia ovat melu, pakokaasut, laitoksen tarvitsemat erilaiset nesteet ja akustot. Rakennus- ja ympäristölaista löytyy asetuksia kyseisille ympäristönäkökohdille, minkä lisäksi käyttäjät voivat määrittellä haluamansa melutason ja paikalliset viranomaiset määräävät laitoksessa käytettävien ongelmajätteiden käsittelystä. (ST-käsikirja 31 2000, 15.)

6.1.3 Laitosvalmistajat

Varavoimalaitoksia valmistavien yritysten on määrä ilmoittaa tiettyjä suunnittelua ja oikean laitoksen valintaa helpottavia lukuarvoja. Näitä lukuja ilmaistaan termeillä COP, PRP, LTP ja käytettävyyssuku. (ST-käsikirja 31 2000, 12.)

Varavoimalaitosten valmistajien tulee ilmoittaa laitoksen jatkuva teho (COP) jolla sitä voidaan käyttää rajoittamattoman ajan määritellyissä olosuhteissa asianmukaisen huoltovälin puitteissa. Lisäksi valmistajan tulee ilmoittaa varavoimateho (PRP), eli maksimateho jolla laitosta voidaan käyttää 24 h ajan vaihtelevalla teholla määritetty keskiteho huomioon ottaen määritetyissä olosuhteissa ilmoitetun huoltovälin mukaisesti. Myös maksimivaravoimateho (LTP), jolla laitosta voi käyttää 500 h vuodessa vastaavilla määrittelyillä kuin aiemmin tulee ilmoittaa. Tässä tapauksessa yhtäjaksoinen käyttö on rajoitettu kuitenkin 300 h:iin. Näiden lukujen lisäksi tulee ilmoittaa laitoksen käytettävyyssuku joka kuvaa sen käyttövarmuutta. Tällä tarkoitetaan sitä kuinka suuren osan vuodesta laitos on valmiina käynnistymään ja syöttämään kuormia tarpeen vaatiessa. (ST-käsikirja 31 2000, 14.)

6.1.4 Laitosluokittelu

Varavoima-, eli polttomoottorigeneraattorilaitokset voidaan jakaa niiden toiminnan mukaan sarakkeessa toimiviin, katkotta verkkosyöttöön palautuviin, sekä yleisen jakeluverkon rinnalla toimiviin laitoksiin. Sarakkeessa toimivalla jakeluverkolla tarkoitetaan yleisestä jakeluverkosta erillään toimivaa laitteistoa. Sarakkeessa toimivan laitoksen syötön palautuessa verkkosyöttöön syntyy 1-2 s katkos. Mikäli kyseinen katkos halutaan välttää, voidaan valita katkotta verkkosyöttöön palautuva varavoimalaitos, jossa saumaton syötönsiirto tapahtuu muutaman sekunnin rinnankäynnin avulla. Toisena etuna tässä laitostyyppissä on kuukausittain vaadittavan koekäytön kaksisuuntainen katkoton suorittaminen vastaavan hetkellisen rinnankäynnin avulla. Yleisen jakeluverkon rinnalla toimiva varavoimalaitos taas mahdollistaa katkottoman paluun lisäksi verkon rinnalla suoritettavan koekäytön, minkä ansiosta varavoimakoneen koekäyttö voidaan suorittaa täysin häiritsemättä verkkosyöttöä. Tällainen laitteistorakenne on suosittu sairaalaympäristöissä, mutta se edellyttää toimiakseen automaattisia lisätoimintoja, kuten tahdistuksen, päto- ja loistehon säädön verkon rinnalla oltaessa, takateholaukaisun generaattoril-

le, sekä laukaisun joka estää sähkönsyötön sähkölaitoksen verkkoon päin rinnankäynnin aikana tuleen sähkökatkon aikaan. Millään laitostyypillä ei voida kuitenkaan välttää normaalisyötön katketessa syntyvää alle 15 s katkoa dieselmootoreiden hitaan käynnistyvyyden vuoksi. (ST-käsikirja 20 2005, 73–78.)

6.1.5 Varavoimalaitoksen mitoitus

Dieselgeneraattorikäyttöisen varavoimalaitoksen suunnittelu ja mitoitus aloitetaan määrittämällä ne laitteet, pistorasiat ja valaistusryhmät joiden tulee olla toiminnassa myös sähkökatkosten aikana. Sähkösuunnittelijan tehtävä on laskea varavoimajärjestelmän tehontarve huomioiden laitteiden käynnistysvirrat sekä varmistettavan verkon automaattisen poiskytkennän toteutuminen. Dieselgeneraattoria valittaessa on tärkeää tuntea varavoimaverkon rakenne ja kuormat. Erityisesti erilaiset moottorikäytöt, kuten ilmastointilaitteet ja hissit, aiheuttavat merkittäviä kytkentäsysäyksiä verkkoon. Itse varavoimalaitoksen suunnittelun lisäksi tulee huomioida nousujohtojen mitoitus, valinta, reititys ja paloturvallisuus. (FinGen 2010.)

Lääkintätilojen varavoimajärjestelmän tehontarpeen määrittämiseksi on annettu suunta-antavia arvoja joiden avulla voidaan hahmottaa tarvittavan generaattorin tai generaattorien teholuokkaa. Suurikokoisen sairaalan varavoiman tarve on luokkaa 0,2...0,3 W/m³, mutta varavoimageneraattori tulisi mitoittaa vähintään 1...2 W/m³ teholle. Tulee kuitenkin muistaa, että pelkkä käytettävissä oleva varavoimateho ei takaa varavoimajärjestelmän laadukkuutta, vaan tulisi keskittyä myös siihen, mitkä kulutuskojeet on liitetty varmennettuun verkkoon ja mikä varavoimageneraattorin kuormitusaste on. Käytännössä varavoimatehon tarve tulee laskea laite- ja tilakohtaisesti. Lisäksi tulee huomioida tulevaisuuden kannalta tärkeä laajennusvara. Karkeana mitoitusnyrkkisääntönä voidaan myös pitää sitä, että noin kolmasosa vuodeosastojen sähköverkoista ja 100 % kriittisten tilojen, kuten leikkaussalien, teho-osastojen ja sydänvalvontatilojen sähkönjakelusta tulee olla varmennetun verkon piirissä. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 326; Säisä 2010, 2.)

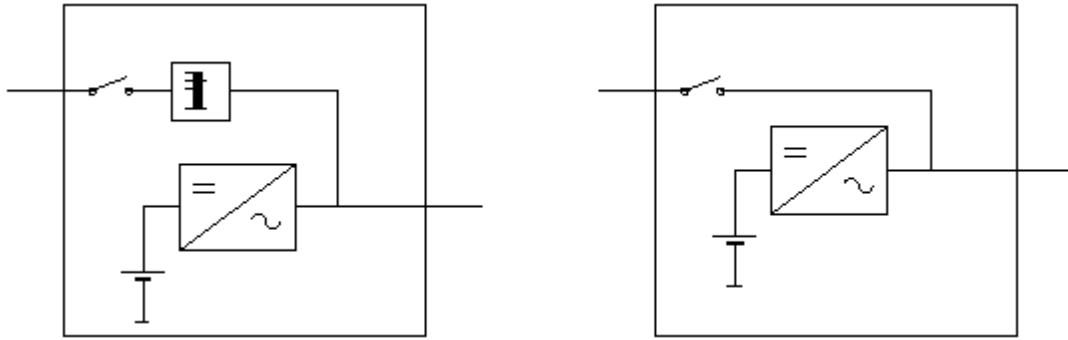
6.2 UPS-laitteet

6.2.1 Määritelmä

UPS (Uninterruptible Power Supply) tarkoittaa katkotonta sähkönsyöttöjärjestelmää, joka mahdollistaa tasaisen energian saannin syöttävän verkon häiriöistä ja katkoista huolimatta. UPS-järjestelmä muodostuu syöttölaitteesta ja energiaa varastoivasta yksiköstä eli akustosta, jonka ansiosta sähkökatkokset jäävät syöttävän verkon vioittuessa niin lyhyiksi että laitteiden toiminta ei häiriinny ja voidaan puhua katkottomasta sähkönsyötöstä (alle 10 ms). UPS-laitteita käytetään monenlaisiin varmennustehtäviin, mutta sairaalaympäristössä tyypillinen kohde on atk-piste oheislaitteineen. Laitteiden tehot vaihtelevat muutamasta sadasta voltiampeerista useisiin megavoltiampeereihin. Tyypillisesti 20 - 30 kVA:a suuremmat UPS-laitosten lähtöjännite on 3-vaiheinen ja sitä pienemmillä järjestelmillä 1-vaiheinen. UPS-laitteiden toiminta perustuu puolijohdesiltojen avulla tapahtuvaan tasa- ja vaihtosuuntaukseen. Ylikuormitus- ja vikatilanteiden varalle UPS-laitteissa on ohitustoiminto. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 338; ST-käsikirja 20 2005, 59.)

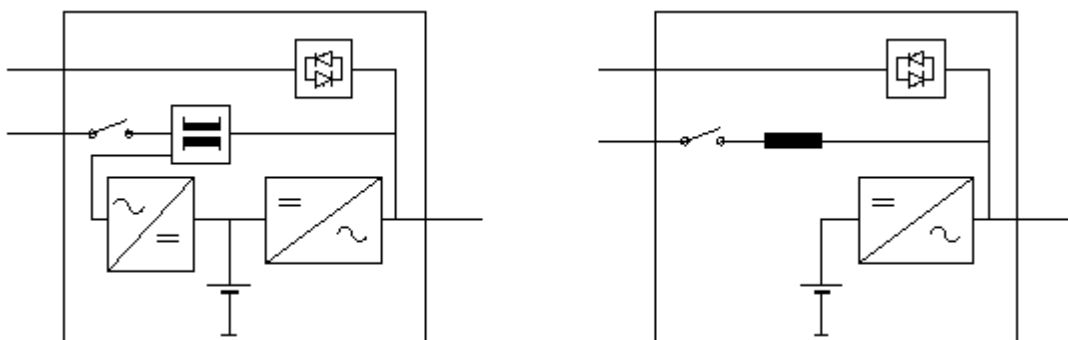
6.2.2 Staattiset UPS-laitteet

Stand-by operation -UPS, eli ”Off-Line UPS” toimii siten, että akustojen vaihtosuunnattua vaihtosähköä saadaan vain sähkökatkon aikana tai kun verkkojännitteen arvot ovat vaihtelurajojen ulkopuolella. Normaalityltilassa kuormaa syötetään suoraan verkosta vaihtokytkimen kautta. Siirtyminen normaalitilasta akkukäyttöön aiheuttaa UPS-laitteen lähtöliittimiin n. 2-4 ms syöttökatkon, joka on kuitenkin tarpeeksi lyhyt useimpien sähkölaitteiden käynnissäpysymiseksi. Vastaavasti samanpituisen katko syntyy siirryttäessä akkukäytöstä takaisin normaalikäyttöön. Stand-by UPS-laitteissa on lisäksi verkon jännitepiikkejä vaimentava suodatin ja ne voidaan varustaa myös jännitesäätäjällä jolloin laite sietää suuret verkkojännitteen vaihtelut. Laitteiden tehot vaihtelevat välillä 150 - 3000 VA. (ST-käsikirja 20 2005, 59–61.)



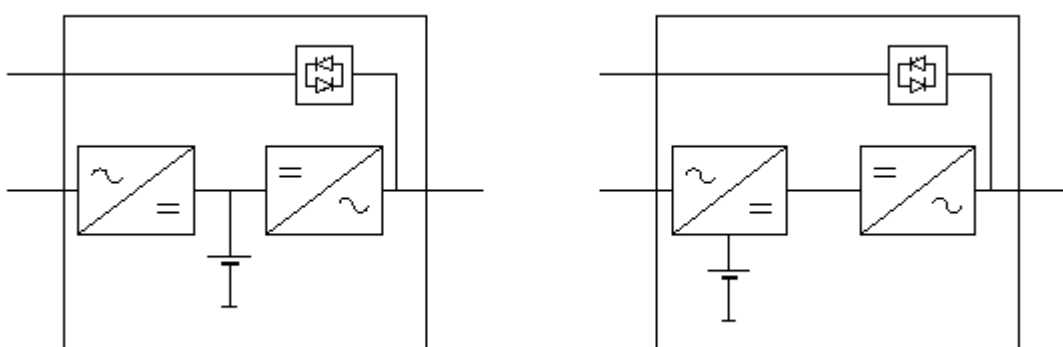
KUVA 1. Stand-by-UPS laitteen rakenne säästömuuttajalla ja ilman. /Tummavuori 2001/

Line interactive operation –UPS-laitteiden, eli ”yhden muunnoksen UPS-laitteiden” muuttajasilta toimii rinnakkaissäätimenä syöttävän sähköverkon rinnalla. Laitteen muuttajasilta toimii verkkokatkon aikana akkukäyttöisenä vaihtosuuntaajana ja normaalitilassa akkuja lataavana tasasuuntaajana. Normaalitilassa laite syöttää kuormaa suoraan sähköverkosta samalla kun laitteen rinnakkaissäädin korjaa jännitevaihtelut vaihekulmaa muuttamalla. Laite siirtyy akkukäyttöön sähkökatkon aikana, sekä silloin kun syöttävän verkon taajuus vaihtelee säädettyjen rajojen ulkopuolella. Akkukäyttöön siirtyminen tapahtuu nopeasti tyristorikytkimellä. UPS-laitteen vikaantuessa tai ylikuormittuessa järjestelmä siirtyy ohitusyöttöön ohituskytkimen kautta. Laitteistoon voidaan lisätä myös säätvaihtosuuntaaja, joka pystyy korjaamaan 15 % jännitevaihtelut. (ST-käsikirja 20 2005, 61–63.)



KUVA 2. Line interactive UPS-laitteiden rakenteet säätvaihtosuuntaajalla ja ilman. /Tummavuori 2001/

Double conversion UPS, eli ”ON-Line UPS” on kahden muunnoksen UPS, joka syöttää kuormaa aina vaihtosuuntaajan kautta. Normaali-tilassa laite syöttää kuormaa verkosta tasa- ja vaihtosuuntauksen kautta ja kuorma saa aina nimellisen jännitteen ja taajuuden riippumatta syöttävän verkon arvoista samalla kun tasasuuntaaja lataa akkuja. Järjestelmän etuna on se että akkukäyttöön siirtyminen ei vaadi mitään kytkentätoimintoja, sillä akku on kytketty tasasuuntaajan kanssa rinnan, jolloin siirtymävaiheessa ei tapahdu jännite- tai taajuusvaihteluita. Ylikuormitus- ja vikatilanteissa sähkönsyöttö siirtyy tyristorikytken kautta ohitusyöttöön, jolloin jännitteen katkoa tai notkahdusta ei myöskään seuraa. (ST-käsikirja 20 2005, 63–65.)



KUVA 3. Double conversion UPS-laitteiden rakenteet. /Tummauori 2001/

6.2.3 Dynaamiset UPS-laitteet

Dynaamiset UPS-laitteet eroavat staattisista UPS-laitteista siten, että niiden sähkö lähtee sähkökoneen käänmistä, ei tehoelektronikasta. Lisäksi niiden toiminta perustuu samalle akselille kytkettäviin moottori-generaattoriyhdistelmiin, huimamassa- ja akustoratkaisuihin, sekä muuttajasiltoihin. (ST-käsikirja 20 2005, 67.)

Dynaamiset UPS-laitteet voidaan kytkeä sarjaan, jolloin laitteessa käytetään vaihtovirtamoottoria jota syötetään sähköverkosta tasa- ja vaihtosuuntaajan kautta, sekä vaihtovirtageneraattoria joka syöttää kuormaa. Sähkönsyötön turvaamiseksi järjestelmää voidaan syöttää myös varavoimalaitoksen tai jopa oman dieselmoottorin kautta. Akusto kytketään tasasuuntaajaan. (ST-käsikirja 20 2005, 68.)

Dynaaminen UPS-laite voidaan kytkeä myös sähköverkon rinnalle jolloin sen rakenne muodostuu vaihtovirtageneraattorin ja -moottorin yhdistelmästä, joka on kytketty samalle akselille tasavirtamoottorin kanssa, joka taas on kytketty akustoon. Normaaliolosuhteissa kuormaa syötetään suoraan sähköverkosta. Sähkökatkon aikana tasavirtamoottori saa syöttönsä akusta ja samalla akselilla oleva generaattori syöttää kuormaa. Tasavirtamoottoria voidaan syöttää myös samalle akselille asennettavalla dieselmoottorilla, jolloin akustoa ei tarvita kuin dieselmoottorin käynnistyksen ajaksi. (ST-käsikirja 20 2005, 69.)

6.2.4 Huimamassapohjaiset UPS-laitteet

Generaattorin ja moottorin lisäksi UPS-laitteistoon voidaan kytkeä pyörivä huimamassa johon varastoitunutta liike-energiaa voidaan hyödyntää sähkökatkoksen alkaessa ennen varavoimakoneen käynnistymistä noin 15-30 sekuntia. Huimamassasta saatavalla energia voidaan korvata staattisen UPS:n akku ja dynaamisessa UPS:ssa se voidaan liittää samalle akselille moottorin ja generaattorin kanssa, tai verkon rinnalle, antamaan lisäenergiaa. Huimamassa voidaan kytkeä moottorin ja generaattorin käyttämälle akselille myös epäsuorasti voimansiirron välityksellä. (ST-käsikirja 20 2005, 69–72.)

6.2.5 Suunnittelu

UPS-verkon ylivirta- ja vikasuojaukseen suunniteltaessa tulee huomioida se että UPS-laitteiston oikosulkuvirran syöttökyky on merkittävästi pienempi kuin yleisellä jakeluverkolla. UPS-laitteet pystyvät syöttämään omaan mitoitusvirtaansa verrattuna vain noin kaksinkertaisen vikavirran, joka ei vastaa tavanomaisen tilanteen vikavirtaa. UPS-jakeluverkon ylivirtasuojat tulee mitoittaa siten että ne toimivat enintään noin 80 % UPS-teholähteen oikosulkuvirralla. Kun UPS-verkkoon liitetyt kulutuslaitteet ryhmitellään oikein ja UPS-teholähteet mitoitetaan asianmukaisesti, voidaan varmistua siitä että yhdessä laiteryhmässä syntyvä vikatilanne saadaan kytkettyä nopeasti pois ilman että se aiheuttaa merkittäviä häiriöitä muiden ryhmien kulutuslaitteille. (SFS 6000-7-710 2007, 25.)

6.3 Akustot

Lääkintätiloissa käytetään yleisesti nimellisjännitteeltään 24 V akustoja. Akustoja käytetään lääkintätiloissa varmennetun verkon ohella niiden nopean päälle kytkeytymisen ansiosta. Akuilla varmennettuja laitteita ovat tyypillisesti mm. leikkaus- ja toimenpidevalaisimet, turva- ja merkkivalaistus, hälytyslaitteet sekä viestiliikennelaitteet. Vaihtosähköllä toimiville laitteille on mahdollista rakentaa vaihtosuuntaajalla toteutettu syöttö. Akkuihin syötetään itsepurkausta kompensoivaa virtaa, eli niitä pidetään varattuina kestovarausmenetelmällä joka toteutetaan vakiojännitetasasuuntaajalla. (Suomen Sähkörajoitussääntöry 1992, 344; Lounasranta 2011.)

6.3.1 Akustotyyppit

Varavoima-akkuina käytetään lyijy- ja alkaliakkuja. Sopiva akkutyypit valitaan käyttöolosuhteiden ja akun sijoitustilan mukaan. Euroopassa suljettujen lyijyakkujen nimelliskapasiteetti (Ah) ilmoitetaan purkausjakson alarajajännitteen ollessa 1,8 V kennoa kohden 10 tunnin purkausajalla, ympäristön lämpötilan ollessa +20 °C. Muualla maailmassa käytetään eri raja-arvoja. Akuilla on suhteellisen lyhyt elinikä ja niiden kuntoa tulee tarkkailla, jotta ne voidaan vaihtaa uusiin ajoissa. (ST-käsikirja 20 2005, 84.)

Akustot voidaan jakaa niiden rakenteen perusteella suljettuihin ja avoimiin akustoihin. Suljettujen lyijyakustojen käyttö on yleistynyt mm. niiden hyvän tehotehokkuuden ansiosta. Suljetut akut ovat myös sijoittelultaan huolettomia, sillä ne voidaan asentaa eri asentoihin, kuten kyljelleen. Lisäksi kaasua muodostuu ladattaessa hyvin vähän, joten erillinen akkuhuone ei ole tarpeen. Akkutilan ilmanvaihdon ilmamäärä on vain noin neljännes avoimien lyijyakkujen tarvitsemasta. Suljetun akun eliniän kannalta on tärkeää, että lämpötila pysyy mahdollisimman lähellä +20 °C. Tyypillinen suljetun lyijyakun varausjännite on 2,26-2,3 V kennoa kohden. Pikalatausta kyseisille akuille ei suositella. (ST-käsikirja 20 2005, 84–85.)

Avoimia lyijyakkuja pidetään luotettavina ja pitkäikäisinä, mutta ne vaativat huoltoa. Akkujen kuntoa voidaan tarkkailla mittaamalla elektrolyyttien ominaispaino ja pinnan korkeus, sekä tarkastamalla akun jännite purettaessa ja ladattaessa. Avoimet akustot soveltuvat parhaiten pitkällä purkausajalla tapahtuviin toimintoihin, jolloin niiden luo-

tettavuudesta on hyötyä. Tilantarve on suljettua akustoa suurempi, mutta toisaalta avoimen akun elinikä on suljettua akkua pitempi. Avoimia akustoja ladatessa syntyy vetykaasua, minkä vuoksi akut tulee aina sijoittaa niille suunniteltuun akkuhuoneeseen. Akkuhuoneen ilmanvaihdon tulee olla riittävä ja tilan olla kuiva. Sopiva lämpötila on +15...+25 °C välillä. Pintojen pitää olla lisäksi elektrolyytin kestäviä. Tyypillinen avoimen lyijyakun varausjännite on 2,23-2,4 V kennoa kohden. Lämpötilavaihteluiden ollessa suuria voidaan käyttää avoimia nikkeli-kadmiumakkuja jotka ovat pitkäikäisiä, mutta erittäin kalliita. (ST-käsikirja 20 2005, 85–86.)

6.3.2 Akuston mitoitus

Jokaisessa leikkaussalissa tai siihen verrattavassa toimenpidetilassa tulee vähintään yhden toimenpidevalaisimen toimia välittömästi sähkökatkoksen sattuessa. Leikkausvalaisimia syötetään akustolla, johon voidaan kytkeä enintään viisi leikkaussalia valmistelutiloihin tai 10 toimenpidehuonetta. Tämän akuston kapasiteetti mitoitetaan siten, että yhden suuritehoisimman huoneen valaisimien tarvitsema energia lasketaan täysimääräisenä ja loppujen samaan akustoon kytkettävien valaisimien energiantarpeesta lasketaan puolet. Summana saadaan siis akuston mitoitus-teho. Akustot, generaattorit, muuntajat jne. tulee suunnitella ja sijoittaa mahdollisimman lähelle ryhmäkeskusta varsinaisten lääkintätilojen ulkopuolelle, jolloin kaapeleiden vioittuminen olisi epätodennäköisempää. Akustot pidetään kestovarauksen avulla aina automaattisesti optimivarauksessa, ja ne tulee varustaa maasulku- ja alijänniteilmaisimilla. Akustojen varausta varten käytetään turvasyöttöjärjestelmän verkkoa. Akustot tulee mitoittaa 3 tunnin käyttöajalle, mutta ne voidaan mitoittaa myös 1 tunnin käyttöajalle, mikäli niiden varaus voidaan suorittaa tarvittaessa nopeasti. Akustot ja niiden latauslaitteet tulee suunnitella siten, että jatkuvalla mitoitus-teholla tapahtuvan kuormituksen (3 h tai 1 h riippuen varauskyvystä) jälkeen seuraavan 6 h latauksen jälkeen niitä voidaan kuormittaa jälleen jatkuvalla mitoitus-teholla 3 h tai 1 h. (SFS 6000-7-710 2007, 24.)

Akuston valintaan vaikuttaa sen käyttötarkoituksen lisäksi purkausvirta ja -aika, loppujännite, kuorman sallima suurin varausjännite, käyttölämpötila sekä vanhenemisominaisuudet (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 348).

7 VARMENNETTUIJEN JÄRJESTELMIEN HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

7.1 Järjestelmien huoltaminen

Mikäli lääkintätilan rakennuksen ulkopuolella käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita, suositellaan tiloja syöttävien keskusten ja pääkeskusten varustamista varoituskivillä joissa kehoitetaan välttämään tarpeettomia huollosta yms. johtuvia sähkökatkoksia. Turvasyöttöjärjestelmän teholähteen ollessa huollettavana tai vaurioituneena, tulee tapahtua syötönvaihto normaalivoiman puolelle joko käsikäyttöisellä vaihtokytkimellä tai automaattisilla kytkentäjärjestelyillä minkä jälkeen verkkoa voidaan syöttää normaaliverkosta. (SFS 6000-7-710 2007, 24.)

Huollon aikana varmennusjärjestelmään liitetyt varmennettavat toiminnot täytyy joko pysäyttää tai hyväksyä etteivät ne ole käytössä huollon aikaan. Mikäli käytössä on sellaisia laitteita joiden käyttö ei saa keskeytyä huollon aikana, tulee sähkön syötön jatkuvuus varmistaa mm. kahdennetulla syötöllä tai laitteiston redundanttisuudella. Huoltotilanteisiin varautuminen kasvattaa kuitenkin järjestelmän investointikustannuksia. Mikäli varmennusjärjestelmästä vaurioituu joitakin komponentteja, on tärkeää että varmennustaso säilyy mahdollisimman hyvänä ja että se voidaan palauttaa mahdollisimman nopeasti entiselleen. Tällaisten tilanteiden varalta kannattaa olla huoltosopimus ja varaosia varastoituna. Laitteiston vanhetessa varaosien saatavuus voi kuitenkin vaikeutua. (ST-käsikirja 20 2005, 42.)

7.2 Huoltovälit

Teholähteiden kuten UPS-laitteiden tyypillinen huoltoväli on 1-3 kertaa vuodessa. Sähkökeskuksia ja jakeluverkkoja huolletaan vastaavasti 3-6 vuoden välein. Tiheästi huollettavat laitteistojen osat tulee rakentaa redundtiivisiksi, jolloin rinnakkaisia komponentteja on yksi enemmän kuin normaalitoiminta edellyttää. Akustoista syötetyille turvasyöttöjärjestelmille tulee suorittaa kuormituskoe 3 vuoden välein. (ST-käsikirja 20 2005, 43; SFS 6000-7-710 2007, 12.)

7.3 Varavoimailaitosten huolto

Varavoimailaitoksen luotettavan toiminnan kannalta on oleellista että sitä huolletaan ja koekäytetään säännöllisesti. Käyttövarmuustason ylläpitämiseksi laitos liitetään kiinteistön ylläpitosuunnitelmaan. (ST-käsikirja 31 2000, 109.)

7.3.1 Ohjeet

Laitteistosta laaditaan kattavat käyttö- ja huolto-ohjeet suomenkielellä ja SFS-standardin mukaisia piirrosmerkkejä käyttäen. Käyttö- ja huolto-ohjeista tulee selvittää ensinnäkin laitoksen yleiset tiedot, eli tyyppi, rakenne, pääkomponentit, sarjanumerot, suoritusarvot, maahantuoja tai valmistajan yhteystiedot sekä selvitys varaosien saannista ja huoltosuunnitelmasta. Ohjeissa tulee laitteiston kuvaukset ja käyttöohjeet, sekä tarvittavat huolto- ja turvaohjeet. Lisäksi ohjeissa pitää olla tarvittavat sähkö- ja muut piirustukset sekä laitekohtaiset ohjeet tarpeelliseksi katsotussa laajuudessa. Muita tarvittavia asiapapereita ovat mm. takuutodistukset ja CE- vaatimustenmukaisuusvakuutus. (ST-käsikirja 31 2000, 109–111.)

7.3.2 Käyttäjät

Lääkintätilojen varavoimailaitoksella tulee olla vastaava huoltaja ja varahenkilöitä, jotka ovat aina saatavissa paikalle riittävän lyhyen hälytysajan sisällä. Laitosta hoitava henkilö tulee aina opastaa tehtäviinsä huolellisesti. Opastuksella tarkoitetaan kattavan yleiskuvan luomista järjestelmän toiminnasta, erilaisten käyttö- ja huoltotoimenpiteiden läpikäymistä, turvaohjeisiin ja laitteiden yksityiskohtiin sekä suoritusarvoihin perehdyttämistä ja käyttö- ja huolto-ohjekansion läpikäymistä. (ST-käsikirja 31 2000, 109–113.)

7.3.3 Kunnossapitotarkastukset

Koekäytöllä varmistetaan laitteiston toimivuus. Sairaalaympäristöissä koekäyttöväli on tavallisesti 4 viikkoa, mutta se voi olla lyhyempikin. Sen tulee kestää 30-45 min, jotta normaali käyntilämpötila saavutetaan. Koekäytön aikana tulee käyttää vähintään 25 % nimelliskuormaa. (ST-käsikirja 31 2000, 113.)

Varavoimailaitteistolle tulee suorittaa syötönvaihtoautomatiikan toimintakoe 12 kuukauden välein. Lisäksi 12 kk:n välein tehdään kuormituskoe joka kestää 60 min ja suoritetaan 50...100 % mitoitusteholla. (SFS 6000-7-710 2007, 12.)

7.4 UPS-laitteiden huolto

UPS-järjestelmiin kuuluu yleensä hälytysjärjestelmä, joka valvoo akkujen kuntoa ja antaa hälytyksen mikäli niiden teho on laskenut alle asetusarvon. Lisäksi UPS-laitteen akuille tulisi suorittaa purkaustesti kerran vuodessa.

7.5 Akustojen huolto

Lyijyakkujen kuntoa voidaan tarkkailla suorittamalla akkuhapon ominaispainomittaus ja napajännitteiden mittaus. Akuston kunto voidaan selvittää luotettavasti kapasiteettikokeen avulla jolla seurataan varauksen säilymistä akuissa. Alkaliakuille on suunniteltu pitkä huoltoväli. Niiden huollosi riittää puhdistus ja akkuveden täyttö. Akkujen kuntoa tarkkaillaan mittaamalla elektrolyyttien tiheys ja varaustila. Osana huolto-ohjelmaa on myös akkutilojen tarkkailu mm. riittävän ilmanvaihdon, vesivahinkojen, yleisen siisteyden ja sopivan lämpötilan kannalta. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 362–365.)

8 MITOITUSESIMERKIT

8.1 Mitoitusesimerkki 1. Varavoimakoneen tehon mitoitus

Pienehkön sairaaseman tai sairaalan uuden siiven karkea tehonmitoitus tapahtuu seuraavasti:

- Oletetaan että 50 % sairaaseman tiloista on hoidollisia tiloja jotka tarvitsevat varmennettua sähköjakelua. Samalla oletetaan että hoidollisten tilojen tehontarve on 50 % koko sairaalan tehontarpeesta.
- Oletetaan että hoidollisista tiloista 80 % on vuodeosasto tiloja ja 20 % on kriittisiä tiloja.
- Oletetaan että sairaasema saa normaalin sähkönsyöttönsä 2500 kVA:n tehoisesta muuntajasta.

Näillä tiedoilla voidaan laskea karkea varavoimatehon tarve kohdan 6.1.5 mukaisesti:

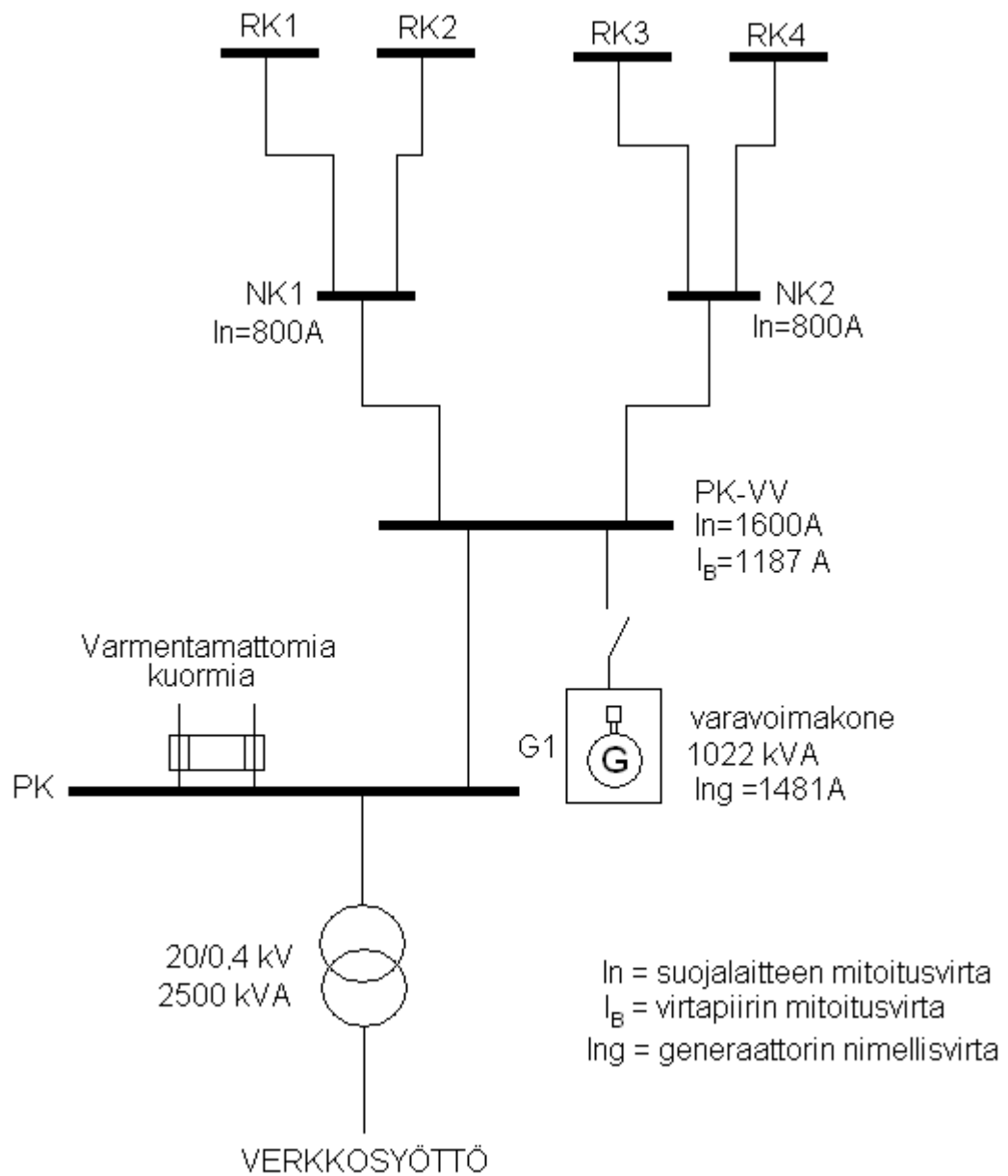
- Hoidollisten tilojen kokonaistehon tarve normaalisyötön aikana on siis 50 % muuntajan nimellistehosta, eli: $\text{muuntajan nimellisteho} * 0,50 = 2500 \text{ kVA} * 0,50 = 1250 \text{ kVA}$.
- Hoidollisista tiloista on vuodeosastotiloja 80 %, joissa 1/3 sähkökuormasta on varmennetun syötön piirissä. Vuodeosastojen tehontarve saadaan siis laskettua seuraavalla tavalla: $\text{hoidollisten tilojen kokonaisteho} * \text{vuodeosasto tilojen osuus hoidollisista tiloista} * \text{varmennetun sähkökuorman osuus} = 1250 \text{ kVA} * 0,80 * (1/3) = 330 \text{ kVA}$.
- Hoidollisista tiloista on kriittisiä tiloja 20 %, joissa 100 % sähkökuormasta on varmennetun syötön piirissä. Kriittisten tilojen tehontarve saadaan siis laskettua kaavalla: $\text{kriittisten tilojen kokonaisteho} * \text{kriittisten tilojen osuus hoidollisista tiloista} * \text{varmennetun sähkökuorman osuus} = 1250 \text{ kVA} * 0,20 * 1 = 250 \text{ kVA}$
- Muita varmennettavia kuormia:
 - hissit (KONE Pallas™ 220, 2kpl) yhteensä 35 kVA
 - kriittiset ilmastointikuormat 10 kVA
 - hälytys- ja jäähdytysjärjestelmät (pakastimet, lääkejääkaapit ja erikoisjäähdytysjärjestelmät) 5 kVA
- Varavoimatehon kokonaistarve on näin ollen 630 kVA

- Tulevaisuuden laajennustarpeen vuoksi laskettu varavoimateho tulee vielä kertoa halutulla laajennuskertoimella esim. 1,3. Näin varmistetaan myös hieman suurempi vikatilanteiden oikosulkuvirta. Varavoimageneraattorin varavoimateho (PRP) tulee olla siis $580 \text{ kVA} * 1,3 = 819 \text{ kVA}$.
- Tehdään dieselgeneraattorin valinta esimerkiksi taulukon 3 mukaan.

TAULUKKO 3. AGCO SISU POWER 800...1250 kVA varavoimageneraattoreiden valintataulukko.

Malli	PE 800	PE 1000	PE 1250
Teho PRP, kVA/kW	800/640	1022/818	1253/1002
Teho LTP, kVA/kW	900/720	1125/900	1385/1108
Moottori (Perkins)	4006-23TAG3A	4008TAG2A	4012-46TWG2A
Sylinterien lkm	6	8	12
Ruiskutus	Suoraruiskutus	Suoraruiskutus	Suoraruiskutus
Moottorin hengitys	CAC ¹	CAC ¹	Vesijähd. CAC ¹
Käyntinopeus, rpm	1500		
Kulutus @ 100 % PRP, l/h	172	219	262
PA-tankin tilavuus, l	1400	1800	2100
PA-tankillisen kesto @ 100% PRP, h	8		
Jäähdytysnesteen tilavuus	105	149	240
Moottoriöljyn tilavuus, l	114	166	178
Generaattori (Newage Stamford)	HCI634G	HCI634J	PI734A
Taajuus @ 1500 rpm, Hz	50		
Tehokerroin, cos φ	0,8		
Sähköjärjestelmän jännite, V	12 tai 24		
Suojausluokka	IP 23		
Ohjauslogiikka	CU2000 tai ComAp Inteli		

Valitaan siis 1022 kVA:n varavoimakone. Varavoimageneraattorin tarkka tehonmitoitus ilman tarkempia tila- ja laitteistotietoja on käytännössä mahdotonta. Mitoitus esimerkki 1 onkin lähinnä suuntaa-antava, ja sen avulla voidaan hahmottaa missä suuruusluokassa liikutaan ja mitkä ovat tärkeimpiä huomioitavia kohteita.



KUVA 4. Mitoitetun varavoimaverkon periaatteellinen rakenne

8.2 Mitoitusesimerkki 2. Akuston mitoitus

8.2.1 Leikkaussalin akuston mitoitus

Mitoitus tehdään kohdan 6.3.2 mitoitusvaatimusten mukaisesti. Jokaisessa leikkaussalissa tai siihen verrattavassa toimenpidetilassa tulee vähintään yhden toimenpidevalaisimen toimia välittömästi sähkökatkoksen sattuessa. Leikkausvalaisimia syötetään akustolla, johon voidaan kytkeä enintään viisi leikkaussalia valmistelutiloihin tai 10 toimenpidehuonetta. Tämän akuston kapasiteetti mitoitetaan siten, että yhden suuritehoisimman huoneen valaisimien tarvitsema energia lasketaan täysimääräisenä ja loppujen samaan akustoon kytkettävien valaisimien energiantarpeesta lasketaan puolet. Summana saadaan siis akuston mitoitus-teho.

- Lasketaan viiden leikkaussalin akkutehon tarve jos jokaisessa leikkaussalissa on yksi akkusyöttöinen leikkausvalaisin. Oletetaan että kahdessa leikkaussalissa käytetään 200 W tehoisia leikkausvalaisimia (esim. Merilux X5) ja kolmessa leikkaussalissa 120 W tehoisia leikkausvalaisimia (esim. Merilux X3).
- Akuston kapasiteetti mitoitetaan siis siten, että yhden suuritehoisimman huoneen tarvitsema energia lasketaan täysimääräisenä, eli 200 W. Muiden samaan akustoon kytkettävien valaisimien energiantarpeesta lasketaan vain puolet. Näin ollen akuston mitoitus-teho on:

-
- Akuston jännite U on 24 V, joten tarvittava virta I on P/U , eli $480 \text{ W}/24 \text{ V} = 20 \text{ A}$, joka on siis tarvittava purkausvirta 3 tunnin purkausajalla.
 - Seuraavaksi määritetään sallittu loppujännite joka on $-7 \% \dots +2 \%$ nimellisjännitteestä (24V), eli 22,3 V...24,5 V. Täten 3 tunnin kuluttua sähkökatkosta kennojännite tulee olla $22,3 \text{ V} / 12 = 1,85 \text{ V/kenno}$.
 - Tämän lisäksi tulee huomioida akkujen varmennuskerroin, jolla kompensoidaan iästä syntyvä purkauskyvyn heikentyminen. Suljetuilla lyijyakuilla varmennuskerroin on luokkaa 1,25. Myös mahdollinen laajennusvara tulee huomioida halutulla lisäkertoimella.
 - Taulukkoon 4 on koottu erään akkuvalmistajan (Exide, Sonnenschein A500 sarja) ilmoittamat purkausvirrat $20 \text{ }^\circ\text{C}$ mitoituslämpötilassa 1,85 V loppujännitteel-

lä. Taulukosta nähdään että ensimmäinen akkutyyppi joka pystyy syöttämään haluttua 20 A virtaa vielä 3 tunnin jälkeen, on 85 ampeeritunnin akku A512/85 A.

TAULUKKO 4. Exide, Sonnenschein A500 sarjan akkujen purkausvirrat 20 °C lämpötilassa 1,85 V loppujännitteellä. (Exide 2011.)

1.85 V _{pc} – Discharge in A at 20 °C							
Type	Part number	5 min	10 min	20 min	30 min	1 h	3 h
A512/1.2 S	NGA51201D2HS0SA	3.52	2.44	1.58	1.20	0.75	0.34
A512/2 S	NGA5120002HS0SA	5.40	3.70	2.60	2.00	1.50	0.56
A512/3.5 S	NGA51203D5HS0SA	9.50	6.70	4.50	3.40	2.10	0.95
A512/6.5 S	NGA51206D5HS0SA	17.0	12.0	8.10	6.10	3.60	1.50
A512/10 S	NGA5120010HS0SA	30.0	22.0	15.0	11.2	6.40	2.80
A512/16 G5	NGA5120016HS0BA	40.0	29.0	20.0	15.0	9.80	4.34
A512/25 G5	NGA5120025HS0BA	41.1	36.2	24.8	20.5	13.1	5.80
A512/30 G6	NGA5120030HS0BA	60.7	49.3	36.5	28.0	18.0	7.60
A512/40 A	NGA5120040HS0CA	75.0	63.0	42.0	34.0	22.0	8.80
A512/55 A	NGA5120055HS0CA	99.2	83.1	59.1	46.4	32.7	13.6
A512/60 A	NGA5120060HS0CA	122	100	69.2	54.2	33.8	15.3
A512/65 A	NGA5120065HS0CA	95.8	83.1	65.8	56.4	35.8	16.6
A512/85 A	NGA5120085HS0CA	168	141	100	78.0	53.0	22.0
A512/115 A	NGA5120115HS0CA	210	179	128	100	60.0	26.0
A512/120 A	NGA5120120HS0CA	257	201	135	104	65.5	27.8
A512/140 A	NGA5120140HS0CA	275	220	151	118	75.1	32.5
A512/200 A	NGA5120200HS0CA	329	274	196	160	104	46.6

- Kun tarvittavat varmennuskertoimet otetaan huomioon (esim. $k=1,3$) saadaan lopulliseksi kapasiteetiksi $1,3 \cdot 85 \text{ Ah} = 110,5 \text{ Ah}$ jolloin sopivaksi akkutyyppiä saadaan pykälää isompi 115 Ah akku.
- Lisäksi tulee huomioida, että 12 V akkuja asennetaan 2 kpl sarjaan jotta saadaan 24 V syöttö. Sarjakytkentä ei kuitenkaan vaikuta muuten akuston mitoittamiseen, sillä siinä virta säilyy samana jännitteen kasvusta huolimatta.
- Akkujen vaihtoväli on määritelty yleensä valmistajakohtaisesti. Lisäksi akkuhuoneen lämpötilalla on suuri merkitys akuston elinkaareen. Jo 5°C lämmön nousu mitoituslämpötilasta voi lyhentää akkujen elinikää jopa vuosilla.

8.2.2 Leikkaussalin akuston varaajan mitoitus

Akustot ja niiden latauslaitteet tulee suunnitella siten, että jatkuvalla mitoitusteholla tapahtuvan kuormituksen (3 h tai 1 h riippuen varauskyvystä) jälkeen seuraavan 6 h latauksen jälkeen niitä voidaan kuormittaa jälleen jatkuvalla mitoitusteholla 3 h tai 1 h. (SFS 6000-7-710 2007, 24.)

- Suljetun lyijyakun varaushyötysuhde on yleensä noin 85 % (Ah) ja varattava energiamäärä (x) voidaan laskea kaavalla:
$$x = \text{akuston kapasiteetti} / \text{varaushyötysuhde} = 115 \text{ Ah} / 0,85 = 135 \text{ Ah}.$$
- Näin ollen 6 tunnin mittaisen latauksen varausvirran tulee olla $135 \text{ Ah} / 6 \text{ h} = 22,5 \text{ A}$. Valitaan siis akuston varaajaksi nimellisvirraltaan 25 A varaaja.

8.3 Mitoitusesimerkki 3. UPS-laitteiston tehon mitoitus

UPS-laitteita käytetään sairaalaympäristössä lähinnä tärkeiden tietokoneiden sähkökatkon aikaisen varakäyntiajan mahdollistamiseksi. Varakäyntiaika on tyypillisesti luokkaa 10-20 min ja tänä aikana käyttäjällä on mahdollisuus tiedon tallentamiseen sekä suoritettavan prosessin asianmukaiseen sulkemiseen ilman pelkoa tiedon häviämisestä. On-Line- ja Line interactive UPSeihin voidaan lisäksi kytkeä lisäakustoja, jolloin pidemmätkin varakäyntiajat ovat mahdollisia. Off-Line UPSeilla ei ole vastaavaa lisäakustojen kytkentämahdollisuutta.

- UPS-laitteiden tehonmitoitus on sikäli helppoa että UPS-laitteita lisätään usein jo käytössä olevaan työympäristöön, jolloin tiedetään tarkalleen varmennettavien laitteiden vaatimat tehot. Tällöin tarvittava teho voidaan joko suoraan mitata, tai laskea laitteiden kilpiarvoista käyttäen tehollisarvoja.
- Oletetaan että UPS-varmennettavaan kuormaan kytketään 2 pöytätietokonetta joiden nimellisteho on 400 W/kone, sekä niiden näytöt joiden nimellisteho on 120 W/näyttö. Lisäksi kytketään kaksi kannettavaa tietokonetta joiden nimellistehoteho on 120 W/kone. Kokonaisteho on näin ollen 1280W. Tulee kuitenkin huomioida, etteivät tietokoneet kuluta normaalissa toimistokäytössä kuin maksimissaan noin kolmasosan nimellistehostaan, joten mitoitustehoksi riittää $0,33 \cdot 1280 \text{ W} \approx 430 \text{ W}$
- UPS-laitteiden teho on ilmoitettu yleensä näennäistehona (VA) joten muutetaan laskettu pätöteho näennäistehoksi käyttämällä apuna tietokoneille tyypillistä tehokerrointa $\cos\varphi = 0,7$. Koska $S = UI$ ja $P = UI\cos\varphi$, niin $S = P/\cos\varphi$, eli $430 \text{ W} / 0,7 = 610 \text{ VA}$.
- Kokonaistehon lisäksi UPS-laitteen tehonmitoituksessa tulee huomioida tulevaisuuden laajennusvara sopivalla varmennuskertoimella (esim. 1,3) kertomalla. Täten mitoitustehoksi saadaan $610 \text{ VA} \cdot 1,3 \approx 800 \text{ VA}$.
- UPS-laitteen tulee kyetä siis vähintään 800 VA:n tehonsyöttöön ennalta määritellyn aikaa, esim. 10 minuuttia. Valitaan sopiva UPS-laite laitevalmistajan valikoimasta, esimerkiksi Eaton Ellipse ASR 1000 USBS offline-UPS, joka pystyy syöttämään 1000 VA:n tehoa 10 minuutin ajan.

LÄHTEET

- 1 Fortum. 2010. Sähkökatkot. Luettu 25.11.2010.
<http://www.fortum.fi>
- 2 ST-käsikirja 20. 2005. Varmennetut sähköjakelujärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 3 ST-käsikirja 31. 2000. Varavoimailaitokset. 3. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 4 Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry:n julkaisu. 1992. Lääkintätilojen sähköasennukset. Espoo: Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy.
- 5 Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2007. 4. painos. SFS 6000-7-710 Lääkintätilat. Helsinki: SFS.
- 6 UPS-laitteen valinta ja asennus pdf. 2001. Tummavuori Juha. Luettu 22.2.2011.
- 7 Eaton. 2011. Tuotteet ja palvelut. Luettu 24.3.2011.
www.eaton.fi
- 8 FinGen. 2010. Suunnittelu. Luettu 24.3.2011.
<file:///I:/n%C3%A4ill%C3%A4/suunnittelu.htm>
- 9 Rintekno Oy. 2010. Sairaaloiden kriittinen sähköjakelu ja käytettävyyden varmistaminen. Luettu 1.3.2011.
<http://www.ssty.fi/OULU/Luennot/Kolehmainen.pdf>
- 10 Timo Säisä. 2010. Sairaalan sähköverkon toiminnan varmistaminen. Luettu 4.3.2011.
http://ssty.fi/TAMPERE/luennot/Saisa_Timo.pdf

- 11 AGCO SISU POWER. 2011. Dieselgeneraattorit ja dieselpumput. Luettu 7.3.2011.
www.agcosisupower.com/suomi/tuotteet/dieselgeneraattorit_ja_dieselpum/
- 12 Exide. 2011. Akkujen valinta. Luettu 15.3.2011.
http://www.industrialenergy.exide.com/exidepdfs/tech_sonnenschein_a500_en.pdf
- 13 Marko Lounasranta. 2011. Erikoisammattimies. Tampereen yliopistollinen sairaala. Viitattu 16.2.2011.

LIITTEET

- 1 Lääkintätilojen ryhmittelyesimerkki (SFS 6000-7-710 2007, 452.)
- 2 Lyhenteet ja termit

Lääkintätila	Ryhmä			Luokka	
	0	1	2	≤0,5 s	>0,5 s ≤15 s
1. Hierontahuone	X	X			X
2. Potilashuone		X			
3. Synnytyssali		X		X ^a	X
4. EKG-, EEG-, EHG-huoneet		X			X
5. Tähystyshuone		X ^b			X ^b
6. Tutkimus- ja toimenpidehuone		X			X
7. Urologiahuone		X ^b			X ^b
8. Röntgentutkimus- ja sädehoitohuone, muu kuin kohdan 21 mukainen		X			X
9. Vesihoiduhuone		X			X
10. Kuntoutushuone		X			X
11. Anestesiasali			X	X ^a	X
12. Leikkaussali			X	X ^a	X
13. Valmisteluhuone		X	X	X ^a	X
14. Kipsaussali		X	X	X ^a	X
15. Heräämö		X	X	X ^a	X
16. Sydänkatetrointihuone			X	X ^a	X
17. Tehostetun hoidon huone			X	X ^a	X
18. Angiografahuone			X	X ^a	X
19. Dialyysihuone		X			X
20. Magneettikuvaushuone (MRI)		X			X
21. Isotooppikuvaushuone		X			X
22. Keskola			X	X ^a	X

^a Valaisimet ja elintoimintoja ylläpitävät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet, jotka tarvitsevat syötön 0,5 sekunnissa tai lyhyemmässä ajassa.

^b Jos ei ole leikkaussali.

COP	Varavoimalaitoksen jatkuva teho, jolla sitä voidaan käyttää rajoittamattoman ajan määritellyissä olosuhteissa asianmukaisen huoltovälin puitteissa. (ST-käsikirja 31 2000, 14.)
LTP	Varavoimalaitoksen maksimivaravoimateho, jolla laitosta voi käyttää 500 h vuodessa määritellyissä olosuhteissa asianmukaisen huoltovälin puitteissa. (ST-käsikirja 31 2000, 14.)
PRP	Varavoimalaitoksen varavoimateho, eli maksimateho jolla laitosta voidaan käyttää 24 h ajan vaihtelevalla teholla määritetty keskitiho huomioon ottaen, määritetyissä olosuhteissa ilmoitetun huoltovälin mukaisesti. (ST-käsikirja 31 2000, 14.)
redundanttisuus	Rinnakkaisia komponentteja on yksi enemmän kuin normaalitoiminta edellyttää. (ST-käsikirja 20 2005, 43; SFS 6000-7-710 2007, 12.)
UPS	UPS (Uninterruptible Power Supply) tarkoittaa katkotonta sähkönsyöttöjärjestelmää, joka mahdollistaa kriittisten kuormien taseisen energian saannin syöttävän verkon häiriöistä ja katkoista huolimatta. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1992, 338; ST-käsikirja 20 2005, 59.)