



Jani Ilvonen

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän periaate ja suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

27.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Jani Ilvonen
Otsikko: Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän periaate ja suunnittelu
Sivumäärä: 36 sivua + 2 liitettä
Aika: 27.11.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Suunnittelujohtaja Harri Kämppi
Lehtori Ossi Hämäläinen

Opinnäytetyö toimii opastavana dokumenttina lääkintä-IT-jakelujärjestelmän suunnittelua varten. Työstä saa käsityksen IT-järjestelmän toiminnasta ja sen toteutuksen vaatimuksista lääkintätiloihin. Työ on toteutettu A-Insinöörit Oy:n sähkösuunnittelijoiden käyttöön suunnittelutyön tueksi.

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmää on käytettävä sellaisissa lääkintätiloissa, joissa käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita kriittisiin elämää ylläpitäviin toimintoihin tai sellaisiin käyttötarkoituksiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaa välitöntä vaaraa potilaille. Tällaisia toimintoja on esimerkiksi sairaaloiden leikkaussaleissa ja tehohoidon yksiköissä.

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän virtapiirin osat on syöttävän verkon maasta erotettu tähän tarkoitettu suojaerotusmuuntajan avulla. Järjestelmän jännitteelle alttiit johtavat osat on maadoitettu. IT-jakelun virtapiirien ollessa maasta erillään ei ensimmäisestä viasta (maasulku) muodostu vaarallista kosketusjännitettä eikä vikaa tarvitse kytkeä pois. Toinen vika eli kaksoismaasulku on kuitenkin kytkettävä nopeasti pois, koska tämän aikana on mahdollista, että vaarallinen kosketusjännite muodostuu vikavirran päästessä kiertämään piirien yhteisen maadoituksen kautta.

Lääkintä-IT-järjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon erityisiä vaatimuksia, jotka on annettu lääkintätilojen sähköasennuksia koskevassa standardissa SFS 6000-7-710. Myös hyviä käytäntöjä ja suosituksia noudatettaessa saadaan järjestelmä toteutettua helpommin määräykset täyttävänä, turvallisena ja kustannustehokkaana.

Avainsanat: IT-jakelujärjestelmä, lääkintätilat, suojaerotusmuuntaja, toinen vika

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Jani Ilvonen
Title: Study on the Principle and Planning of Medical IT Distribution System
Number of Pages: 36 pages + 2 appendices
Date: 27 November 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electronical Power Engineering
Supervisors: Harri Kämppi, Director of electrical design
Ossi Hämäläinen, Senior Lecturer

This thesis serves as a guiding document for the planning of a medical IT distribution system. The thesis provides an understanding for the principle and operation of the IT system and clarifies the requirements of its implementation for medical facilities. The work has been implemented for the use of the electrical engineers of A-Insinöörit Oy to support the planning of electrical systems.

The medical IT distribution system must be used in medical facilities where electrically operated medical devices are used for critical life sustaining functions or for purposes where the interruption of the power supply causes an immediate danger to the patients. Such functions exist for example in hospital operating rooms and intensive care units.

The parts of the medical IT distribution system's live circuits are separated from the ground's potential of the feeding network by protective isolation transformer intended for this purpose. Conductive parts of the system exposed to voltage are grounded. Because the IT distribution circuits are isolated from the ground, the first fault (ground fault) does not create a dangerous contact voltage and the fault does not need to be switched off. However, the second fault, i.e. the double ground fault, must be switched off quickly, because during this time it is possible that a dangerous contact voltage is formed when the fault current is allowed to circulate through the common grounding of the circuits.

When designing medical IT systems, the special requirements given in the standard SFS 6000-7-710 for electrical installations in medical facilities must be taken into account. By following good practices and recommendations, the system can be designed more easily to meet the regulations in a safe and cost-effective manner.

Keywords: IT distribution system, medical locations, safety isolation transformer, second fault

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lääkintätilat	2
3	Sähkön IT-jakelujärjestelmä	4
4	Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän suunnittelu	5
4.1	Verkon rakenne	7
4.2	IT-järjestelmää syöttävä keskus	9
4.3	Suojaerotusmuuntaja	10
4.4	IT-ryhmäkeskus	15
4.5	IT-jakelun ryhmäjohtot ja virtapiirit	18
4.6	IT-järjestelmän valvonta	21
4.7	Potentiaalintasaus	24
5	Laskennat ja tarkistukset	25
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1: Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän nousujohtokaavio

Liite 2: Lääkintä-IT-ryhmäkeskuksen pääkaavio

Lyhenteet ja käsitteet

- B: Magneettivuon tiheyden tunnus.
- DRUPS: *Diesel Rotary UPS*. Diesel moottorilla ja pyörivällä generaattorilla varustettu UPS-laite.
- EMI: *Electromagnetic interference*. Sähkömagneettinen häiriö.
- G0: Ryhmän 0 lääkintätilan tunnus.
- G1: Ryhmän 1 lääkintätilan tunnus.
- G2: Ryhmän 2 lääkintätilan tunnus.
- IFLS *Insulation fault location system*. Eristysvian paikannusjärjestelmä.
- IT: *Isolated Terra*. Maasta erotettu sähkön jakelujärjestelmä.
- LSEM: *Lääkintäsuojaerotusmuuntaja*. Laite, jolla erotetaan lääkintä-IT-järjestelmä syöttävän verkon maan potentiaalista.
- ME-laite: *Medical electrical equipment, ME-equipment*. Sähkökäyttöinen lääkintälaite.
- MED-IMD *Medical insulation monitoring system*. Lääkintätilan eristystilan valvontalaite.
- TN-S: *Terra Neutral Separated*. Maadoitettu sähkön jakelujärjestelmä, jossa on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin.
- UPS: *Uninterruptible Power Supply*. Keskeytymätön sähkönsyöttö. Laite, joka antaa siihen liitetyille kuormalle virransyötön normaalin sähkönsyötön katkettua.

VA: Volttiampeeri. Näennäistehon yksikkö.

Z: Impedanssin tunnus.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on toimia opastava dokumenttina lääkintä-IT-jakelujärjestelmän suunnittelua varten. Työ antaa teoretietoa IT-jakelujärjestelmän toiminnasta ja sen toteutuksesta lääkintätilakäyttöön. Työ toteutettiin A-Insinöörit Oy:lle, ja se tulee yrityksen sähkösuunnittelijoiden käyttöön suunnittelutyön tueksi.

A-Insinöörit Oy on suomalainen kiinteistö- ja rakennusalan suunnittelu- ja konsulttipalveluita tarjoava yritys, joka on perustettu vuonna 1959. Vuonna 2023 yrityksen henkilöstömäärä oli 1300 ja toimipaikkojen määrä 18. Toiminta on jakautunut kuudelle eri toimialalle, jotka ovat rakennuttaminen, rakennesuunnittelu ja asiantuntijapalvelut, yhdyskunta- ja ympäristösuunnittelu, teollisuus- ja talotekniikka sekä arkkitehtisuunnittelu. [1.]

Lääkintätiloissa, jotka luokitellaan ryhmään 2, on käytettävä lääkintä-IT-jakelujärjestelmää sellaisille sähköryhmille, jotka syöttävät lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä. IT-jakelulla syötetyn sähköjärjestelmän ja laitteiden käytön turvallisuus sekä toimintavarmuus kasvavat huomattavasti. Virtapiirissä sattuvan ensimmäisen vian (maasulku) takia ei syöttöä tarvitse kytkeä automaattisesti pois, sillä IT-järjestelmän rakenteen ansiosta ei vaarallista kosketusjännitettä pääse muodostumaan viallisesta piiristä. Vika on kuitenkin ilmaistava erillisellä valvontajärjestelmällä ja korjattava. Lääkintätiloissa IT-jakelun tärkein ominaisuus onkin sähkönsyötön jatkuvuuden varmistaminen.

Vaikka standardit eivät sitä suoraan vaadi, niin lääkintä-IT-järjestelmää syötetään lähtökohtaisesti varmennetusta sähköjakelujärjestelmästä. Tämä johtuu siitä, että IT-jakelua käytetään lähinnä sellaisille sähköjärjestelmille, joiden tulee myös toimia normaalin sähköjakelun keskeytyessä. Myös ryhmän 2 lääkintätiloissa kaikki toiminnan kannalta kriittiset järjestelmät on syötettävä varmennetusta sähköjakelusta. Varmennetulla jakelujärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka normaalin sähkönsyötön keskeytyessä saa korvaavan sähkönsyötön erillisestä teholähteestä. Teholähteenä käytetään dieselgeneraattoria tai UPS-

laitteistoa (keskeytyksetön sähkönsyöttö). Näistä on olemassa myös yhdistelmä, DRUPS (diesel rotary UPS), jossa vauhtipyörä syöttää verkkoa varastoidulla energialla dieselgeneraattorin käynnistyksen ajan.

Tässä työssä IT-jakelun syöttävänä jakelujärjestelmänä käytetään liitteessä 1 esitettyä UPS-laitteistolla varmennettua verkkoa, joka on kapasiteetiltaan suhteellisen suuri. Työ keskittyy IT-jakelujärjestelmään, ja tästä syystä UPS-laitteiston teoriaan tai sillä varmennetun verkon tarkempaan toteutukseen ei erityisemmin syvennyttä.

Teksti on suunnattu sähköalaa ennestään tuntevalle, jolla on käsitys kiinteistöjen sähköverkkojen rakenteesta ja suunnittelusta. Aiheen rajaamiseksi ei kiinteistöjen yleisen sähköjakeluverkon rakenteisiin myöskään syvennyttä ja esimerkiksi TN-S-jakelujärjestelmän rakennetta ei selitetä.

2 Lääkintätilat

Lääkintätilojen sähköasennuksia koskevassa standardissa SFS 6000–7–710 [2, s. 7] lääkitilaksi määritellään tila, jossa on tarkoitus käyttää sähkökäyttöisiä lääkelaitteita potilaiden diagnostisointiin, hoitoon, valvontaan ja hoivaan. Sähkökäyttöisellä lääkelaitteella tarkoitetaan laitetta, joka on yhdistetty sähköverkkoon, ja se on laitteen liityntäosan kautta kosketuksissa potilaaseen tai se siirtää energiaa potilaaseen tai potilaasta tai ilmaisee tällaista energian siirtymistä [2, s. 7].

Lääkintätiloissa viallisesta laitteesta tai johdosta saatavan sähköiskun vaarallisuus kohoaa korkeammalle tasolle johtuen potilaan vahingoittuneen tai leikatun ihon alentuneesta resistanssista sekä nesteiden, kuten veren, suolaliuosten ja veden, käytöstä. Erilaiset käyttötoimenpiteet, kuten sydämeen kohdistuvat sähköiset mittaukset, ovat lisäksi tavallista suuremmassa riskiluokassa. Sähkönsyötön katkeaminen tuo myös erityisen riskin varsinkin elämää ylläpitävien laitteiden käytön osalta. Näistä syistä kaikissa lääkitiloissa tehtävissä

toiminnoissa ja toimenpiteissä on otettava huomioon erityiset turvallisuusvaatimukset. [2, s. 6.]

Lääkintätilat jaetaan kolmeen eri pääryhmään: G0, G1 ja G2. Ryhmittelyn perusteena on tilan käyttötarkoitus sekä tilassa käytettävien sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosien ja potilaan välinen kosketus.

Lääkintätilan ryhmän valinta tulee aina tehdä huonekohtaisesti tilan käytöstä vastaavan terveydenhuollon lääketieteellisen johdon ja teknisen henkilökunnan kanssa. Luokituksen tulee perustua lääkintälaitteiden todelliseen käyttöön kyseisessä tilassa sekä sähkönsyötön katkeamisen välittömiin vaikutuksiin potilasturvallisuudelle. On myös otettava huomioon käytettävien laitteiden valmistajan mahdolliset vaatimukset. [3, s. 4.]

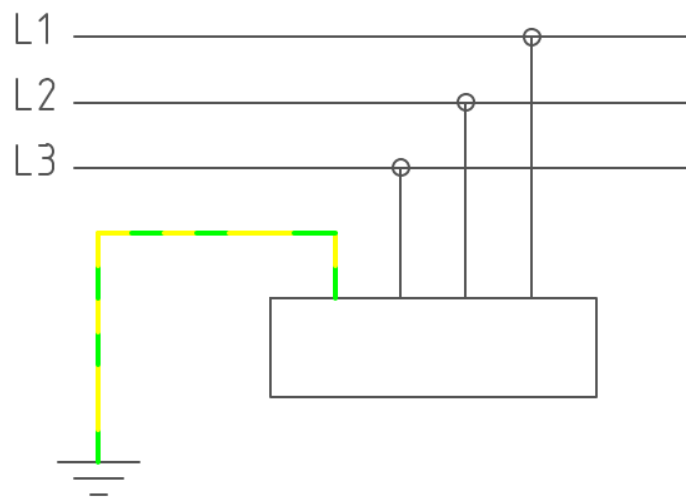
Ryhmään G0 kuuluvat lääkintätilat, joissa ei ole tarkoitus käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita eikä lääkintälaittejärjestelmiä. Tällaisia tiloja voivat olla muun muassa sairaalan käytävät ja henkilökunnan tilat. Myös potilaiden WC- ja suihkutilat voidaan luokitella ryhmään G0, jos niissä ei ole tarkoitus käyttää lääkintälaitteita. [3, s. 4.]

Ryhmään G1 kuuluvat lääkintätilat, joissa on tarkoitus käyttää sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia ihon ulkopuolisesti tai sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, paitsi jos kyseessä on ryhmän 2 mukainen soveltamisalue, kuten sydämenläheinen alue. Kyseisissä tiloissa sähkönsyötön katkeaminen ei myöskään saa aiheuttaa välitöntä vaaraa potilasturvallisuudelle. [3, s. 4.]

Ryhmään G2 kuuluvat lääkintätilat, joissa on tarkoitus käyttää sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia sydämenläheisiin toimintoihin ja käyttötoimenpiteisiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaa välitöntä vaaraa potilasturvallisuudelle. Tällaisia käyttötoimenpiteitä on muun muassa leikkaussaleissa ja tehohoidon yksiköissä. [3, s. 4.]

3 Sähkön IT-jakelujärjestelmä

IT-jakelujärjestelmässä ei virtapiirin mitään osaa ole yhdistetty suoraan maahan, sillä jännitteiset osat on muuntajan avulla erotettu syöttävän verkon maan potentiaalista. Kyseessä on niin kutsuttu kelluva piiri. IT-järjestelmään liitettyjen sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat on kuitenkin kytketty joko erillisin maadoituselektrodeihin tai yhteiseen elektrodiin suojajohtimilla. Yhteinen elektrodi voi olla myös syöttävän verkon maadoituselektrodi. [4, s. 54; 5, s. 61.] Kuvassa 1 on esitetty IT-jakelujärjestelmän periaate.



Kuva 1. IT-jakelujärjestelmä.

Käsitettä "maasta erotettu järjestelmä" tulkitaan usein siten, että järjestelmässä ei olisi lainkaan maadoitusta. Tämä tulkinta on virheellinen, koska vain järjestelmän jännitteiset osat ovat erotettuja maan potentiaalista ja jännitteelle alttiit johdatavat osat, kuten laitteiden metalliset rungot, ovat maadoitettuja.

Tarvittaessa voidaan kuitenkin virtapiirin soveltuva piste liittää maahan riittävän suuren impedanssin kautta. Maasulkuvalvonta toteutetaan tavallisesti niin, että järjestelmän keskipisteen ja maan välille kytketään vastus. Käyttökohde määrittää tämän vastuksen suuruuden. [5, s. 61.] Standardin SFS 6000–7–710 [2] mukaan esimerkiksi sairaaloiden leikkaussaleissa vastuksen on oltava vähintään 100 kΩ.

4 Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän suunnittelu

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmää tulee käyttää kaikkien G2-lääkintätilojen hoitoalueella olevien lääkintälaitteiden ja lääkintälaittejärjestelmien sähkönsyötössä.

Poikkeuksena seuraavia laitteita ei tarvitse syöttää IT-jakelulla

- laitteet, joiden mitoitusteho on yli 5 kVA
- kuvantamisen röntgenlaitteet
- kiinteiden leikkauspöytien liikuttamiseen tarvittavat moottorit. [2, s. 12.]

Lääkintätiloissa käytettävä IT-jakelujärjestelmä eroaa muista IT-järjestelmistä standardin SFS 6000–7–710 [2] määrittämien tiukempien ehtojen puolesta. Järjestelmän eri osien, kuten suojaerotusmuuntajan ja verkon valvontalaitteiden, täytyy olla lääkintäkäyttöön tarkoitettuja ja hyväksytyjä. Kaapelien ja virtapiirien suojaukselle on myös asetettu lisävaatimuksia, jotka eroavat muista standardien vaatimista käytännöistä. Esimerkiksi suojaerotusmuuntajaa syöttävän kaapelin suojana ei saa käyttää laukaisevaa ylikuormitussuojaa, mutta laukaiseva oikosulkusuojaus sillä täytyy olla. Luvuissa 4.2–4.6 käydään läpi näitä standardin vaatimia sekä suosittelemia käytäntöjä.

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän suunnittelu aloitetaan sillä syötetyn tilan käyttötarpeen sekä järjestelmän laajuuden kartoituksella. Lähtötietoina suunnittelutyölle tarvitaan IT-verkkoon liitettävien ME-laitteiden (sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden) suunniteltu lukumäärä ja sähkötehon tarve. Nämä tiedot antaa kyseisen tilan käytöstä vastaava terveydenhuollon ammattilainen tai tekninen johtohenkilökunta.

Jos lääkintä-IT-järjestelmää tarvitaan useammassa lääkintätilassa, tulee jokaiselle tilalle olla omalla suojaerotusmuuntajalla syötetty IT-järjestelmä [2]. Yhdestä lääkintä-IT-järjestelmän ryhmäkeskuksesta ei voida siis syöttää kahden erillisen lääkintätilan potilaspaikkojen pistorasioita. Ei pidä kuitenkaan sekoittaa termeinä lääkintätilaa ja potilaspaikkaa keskenään. Samasta lääkintä-IT-järjestelmästä voi syöttää usean potilaspaikan pistorasioita, jos ne sijaitsevat samassa tilassa. Tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi tehohoidon yksikössä, missä samassa laajemmassa tilassa on useampi potilaspaikka, mutta tila luokitellaan edelleen yhdeksi lääkintätilaksi.

Tarvittavan IT-järjestelmän laajuuden kartoituksen jälkeen on seuraavaksi hyvä mitoittaa järjestelmää syöttävä suojaerotusmuuntaja. Saneerauskohteissa muuntajan mitoituksessa on otettava huomioon, kuinka suuria lähtöjä nykyisessä sähkön jakelujärjestelmässä on otettavissa käyttöön. Jos kiinteistössä ei ole varmennettua sähkönjakelua tai sen keskuksissa ei ole vapaita lähtöjä, voidaan yksittäistä lääkintä-IT-järjestelmää varten lisätä myös erillinen UPS-laite.

Kiinteistöissä, joissa on lääkintätiloja, täytyy pääsähkönjakeluna käyttää TN-S-jakelujärjestelmää pääkeskuksen jälkeen [2, s. 10]. Tämän myötä lääkintä-IT-järjestelmää syöttävän verkon on oltava aina TN-S-tyyppinen.

Suojaerotusmuuntajalla syötetty lääkintä-IT-järjestelmä on pääasiassa tarkoitettu syöttämään pistorasiaryhmiä, joihin lääkintälaitteet liitetään. IT-järjestelmää syöttävää muuntajaa ei kannatakaan turhaan kuormittaa suuritehoisilla kiinteillä laitteilla tai sellaisilla kuormilla, jotka eivät IT-jakelun tuomaa lisäsuojaa ja käyttövarmuutta tarvitse. [3, s. 9.]

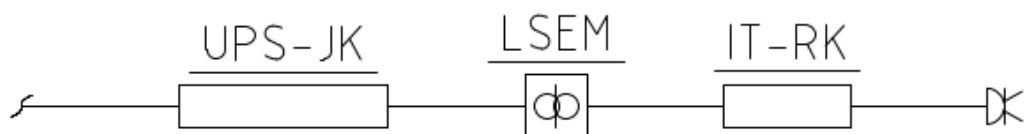
IT-jakelujärjestelmän eri osien, kuten suojaerotusmuuntajien, sijainneille on erilisiä standardien määäämiä vaatimuksia. Näihin sisältyy muun muassa etäisyys kyseisellä IT-jakelulla syötetystä lääkintätilasta sekä ympärillä olevista muista tiloista ja laitteista. [2.] Näiden vaatimusten myötä tulee kiinnittää erityistä huomiota IT-jakelujärjestelmän osien tarvitsemiin tilavarauksiin jo

suunnittelun alkuvaiheessa. Kunkin järjestelmän osan erilliset vaatimukset on käsitelty luvuissa 4.2–4.6.

Sähkökäyttöisiin lääkintälaitteisiin liitettävät ATK- ja muut tietoliikennekaapelit saatetaan kohdekohtaisesti vaatia myös erottamaan galvaanisesti syöttävästä järjestelmästä [3, s. 7]. Tämän myötä voi lisävaatimuksena olla, että tietoliikenteen aktiivilaitteiden sähkönsyöttö täytyy toteuttaa myös lääkintä-IT-jakelulla. Usean G2-lääkintätilan ollessa lähellä voidaan harkita näiden tilojen tietoliikenteen ristikytkentätelineet tai jakamot sijoitettavaksi samaan tilaan kuin suojaerotusmuuntajat. Tällöin tietoliikenteen aktiivilaitteiden sähkönsyötölle voidaan helposti asentaa oma suojaerotusmuuntaja, jos tätä vaaditaan.

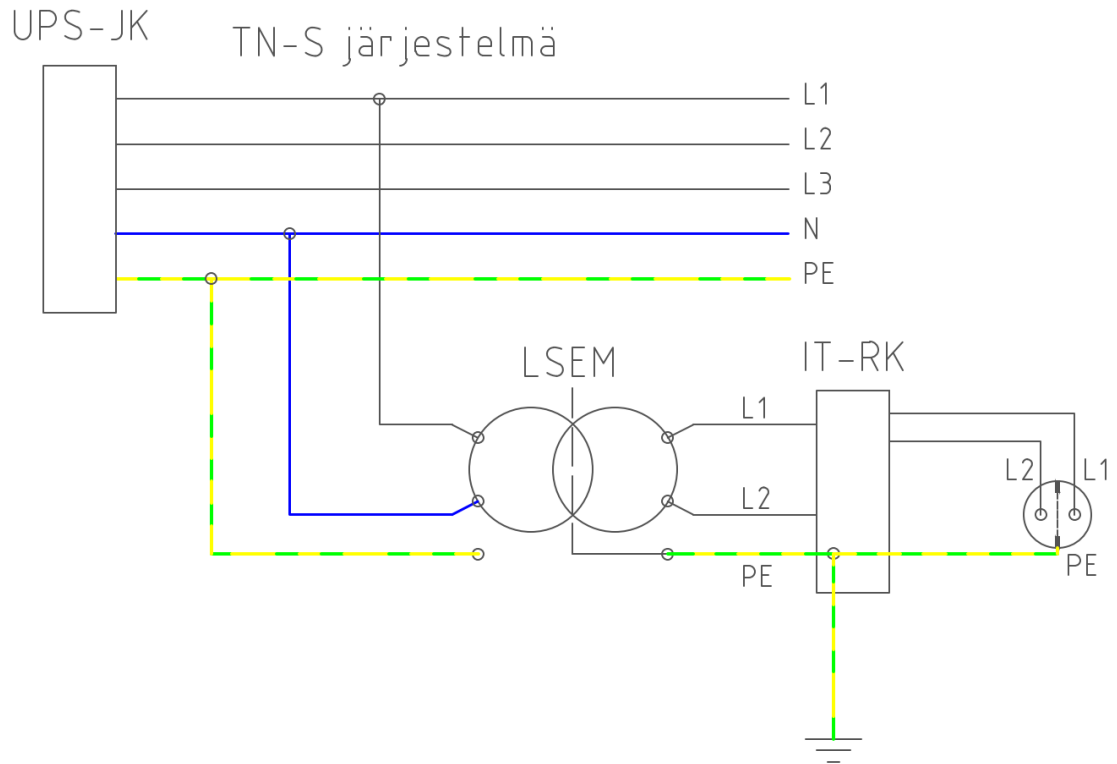
4.1 Verkon rakenne

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän sähkönsyötön yksinkertaistettu rakenne on esitetty kuvassa 2. Järjestelmän sähkönsyöttö tulee tässä tapauksessa UPS-laitteistolla varmennetun verkon jakokeskukselta, joka on kuvassa ensimmäisenä vasemmalla (UPS-JK). Jakokeskukselta kaapeloidaan syöttö kuvan keskellä olevalle lääkintäsuojaerotusmuuntajalle (LSEM). Muuntajan toisiopuolen liittimiltä sähkön syöttö kaapeloidaan IT-ryhmäkeskukselle (IT-RK), josta syötetään lääkintälaitteiden pistorasiaryhmiä ja muita tarvittavia virtapiirejä.



Kuva 2. Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän sähkönsyötön periaate.

UPS-jakokeskus on osa rakennuksen pääsähkönjakelun TN-S-järjestelmää. IT-järjestelmä on suojaerotusmuuntajalla galvaanisesti erotettu syöttävästä verkosta. Kuvassa 3 on esitettyä virtapiirimallisesti kuvan 2 järjestelmän rakenne.



Kuva 3. Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän sähkösyötön virtapiirin periaate.

Standardi ei suoraan velvoita, että lääkitä-IT-järjestelmän tulisi olla liitetty varmennettuun verkkoon. Jos IT-järjestelmällä on tarkoitus syöttää lääkitälaitteita tai lääkitälaittejärjestelmiä, jotka ovat elämän ylläpitämisen tai toiminnan jatkumisen kannalta kriittisiä, on näiden sähkösyötön kuitenkin oltava varmennettu varavoimalla, johon syöttö siirretään automaattisesti enintään 0,5 sekunnin kuluessa [2, s. 21]. IT-jakelua käytettäessä useasti onkin kyse tällaisten kriittisten lääkitälaitteiden syötöstä, jonka myötä sairaaloissa lähtökohtaisesti kaikki IT-järjestelmät saavat tehonsyöttönsä varmennetun verkon puolelta.

4.2 IT-järjestelmää syöttävä keskus

Keskuksen, josta lääkintä-IT-järjestelmän suojaerotusmuuntajaa syötetään, on oltava standardisarjan SFS-EN 61439 mukainen ja sen täytyy olla osa TN-S-jakelijärjestelmää. Lääkintätiloja koskeva standardi [2] ei aseta tälle keskukselle muita poikkeavia vaatimuksia, ellei sillä syötetä lääkintätilojen muita sähköjärjestelmiä IT-järjestelmän suojaerotusmuuntajan lisäksi. Etäisyydet keskukselta suojaerotusmuuntajille on mahdollisuuksien mukaan hyvä pitää mahdollisimman lyhyinä. Pääsähköjakelua uudistettaessa ja uudiskohteissa jakokeskus kannattaa sijoittaa keskeiselle sijainnille, jos siitä on tarkoitus syöttää useampaa suojaerotusmuuntajaa.

Suojaerotusmuuntajaa syöttävän kaapelin suojalaitteena ei saa käyttää laukaisevaa ylikuormitussuojaa. Ylikuormitusta valvotaan lääkintä-IT-järjestelmään tarkoitettulla valvontalaitteella, joka ylikuormitustilanteessa antaa hälytyksen lääkintätilaan sekä tekniselle henkilökunnalle. Kaapeli täytyy kuitenkin suojata laukaisevalla oikosulkusuojalla. Esimerkiksi varokkeet (sulakkeet) soveltuvat tähän käyttöön hyvin. Riittävän suuren nimellisvirran omaava varoke ei katkaise sähkönsyöttöä muuntajalta ylikuormituksen aikana. Varoke mitoitetaan siis vain oikosulkusuojauksen toiminnan mukaan. Myös muuntajan kytkennästä aiheutuva virtasysäys on otettava huomioon. [3.] Muuntajien maksimikytkentävirtasysäysten arvot selviävät valmistajan teknisistä dokumenteista.

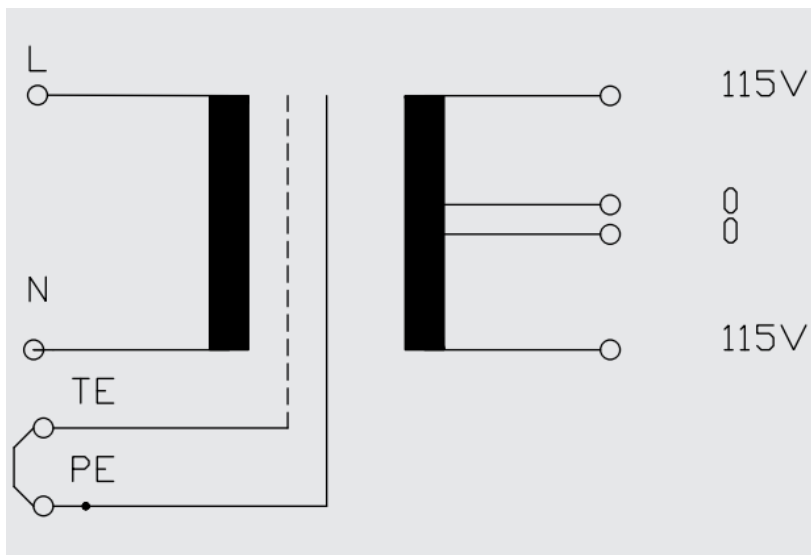
UPS-varmennetussa verkossa oikosulun suojalaite kannattaa mitoittaa niin, että se toimii oikosulkutilanteessa enintään 0,4 sekunnissa, vaikka suojaerotusmuuntajalle menevää kaapelia voisi käsitellä nousujohtona, jolle normaalisti sallitaan 5 sekunnin toiminta-aika. Tämä johtuu siitä, että UPS-laitteilla on hyvin rajallinen oikosulkuvirran syöttökyky. Oikosulkutilanteen kestäessä pidempään kuin UPS-laitteelle asetettu aika raja-arvo, erottaa laite itsensä syötettävästä verkosta. Tämä aika-arvo riippuu UPS-laitteen tyypistä ja asetteluista, mutta se voi vakioasetteluilla olla myös alle 400 ms. Tähän täytyy kiinnittää huomiota suunniteltaessa UPS-verkkoa.

UPS-jakelujärjestelmän ollessa laaja saattaa suojalaitteiden selektiivisyydessä tulla haasteita. Jos selektiivisyyden saavuttamiseksi joudutaan suojaerotusmuuntajan oikosulkusuojaksi valitsemaan pienempi nimellisvirtainen sulake, rajoittaa tämä muuntajalle valittavaa maksimitehoa. Liian pieni noususulake vaikuttaa myös huomattavasti IT-ryhmäkeskuksessa käytettävien johdonsuojien mitoitusvirtaan.

4.3 Suojaerotusmuuntaja

Suojaerotusmuuntajalla erotetaan IT-jakelujärjestelmä galvaanisesti sitä syöttävästä verkosta. Tällöin toisiopuolen virtapiiri on erotettu maan potentiaalista. Muuntajan toisiopuolella onkin käytännössä ääri- ja nollajohtimen sijaan kaksi äärijohdinta, joiden välinen potentiaaliero eli jännite on 230 V. Muuntajan muuntosuhde on siis 1:1.

Kuvassa 4 on esitetty 1-vaiheisen suojaerotusmuuntajan kytkennän periaate. Vasemmalla puolella on muuntajan ensiöpuoli, johon kytketään syöttökaapelin äärijohdin (L) ja nollajohdin (N). Muuntajan keskellä on maadoitukseen (PE) liitettävä metallinen levy tai kalvo, joka estää vuotovirtojen siirtymisen ja vähentää häiriöitä. Oikealla puolella olevassa muuntajan toisiopuolessa on kaksi käämiä, jotka on kytketty sarjaan. Käämien toisiin ääripäihin kytketään IT-jakelun ryhmäkeskusta syöttävä kaapeli.



Kuva 4. Lääkintäsuojaerotusmuuntajan kytkentäkuva [6].

Muuntajan toisiopuolelta voidaan käämien yhdistyspisteen ja ääripäiden väliltä mitata 115 V, joka on IT-järjestelmän vaihejännite. Kahden ääripään välille muodostuu 1-vaiheisen IT-jakelujärjestelmän käyttöjännite eli 230 V.

Suojaerotusmuuntajien on oltava standardin SFS-EN 61558-2-15 mukaisia. Mitoitusteholtaan muuntajien tulee olla vähintään 0,5 kVA ja enintään 10 kVA. Lääkintä-IT-jakelussa käytetään pääsääntöisesti 1-vaihemuuntajia, mutta jos on myös tarve syöttää kolmivaiheista kuormaa IT-järjestelmällä, niin tätä varten on oltava erillinen kolmivaiheinen suojaerotusmuuntaja. [2, s. 15.]

Suojaerotusmuuntajien sijainti saattaa osoittautua ongelmaksi, jos tätä ei huomioida suunnittelussa tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Muuntajan muodostama magneettikenttä saattaa aiheuttaa ympäristöön sähkömagneettisia häiriöitä (EMI). Tämän takia muuntaja tulisi sijoittaa tarpeeksi kauas lääkintälaitteista, jotka ovat herkkiä näille häiriöille. Lääkintälaitteille on annettu raja-arvoja sähkömagneettisten kenttien voimakkuuksille, mutta ajantasaiset EMI-raja-arvot määrittää lääkintälaitteen valmistaja.

Standardissa SFS 6000-7-710 [2, s. 28] annetaan opastavana tietona, että sähkömagneettisten häiriöiden esiintyminen on epätodennäköistä, jos potilaspaikalla esiintyvä magneettivuon tiheys B ei taajuudella 50 Hz ylitä seuraavia:

- $B_{tt} = 0,1 \mu\text{T}$ elektromyografialle (EMG)
- $B_{tt} = 0,2 \mu\text{T}$ elektroencefalografialle (EEG)
- $B_{tt} = 0,4 \mu\text{T}$ elektrokardiografialle (EKG).

Ohjearvona minimietäisyydelle suojaerotusmuuntajan ja lääkintätilan välille annetaan 6 m. Tällöin yllä lueteltuja magneettivuon tiheyden arvoja ei todennäköisesti ylitetä. [2.] Tämä etäisyys tulee huomioida kaikkiin muuntajan sijoituspaikan ympärillä oleviin lääkintätiloihin nähden myös eri kerrosten välillä. Muuntajia ei siis ole suositeltavaa sijoittaa suoraan lääkintätilojen ala- tai yläpuolelle.

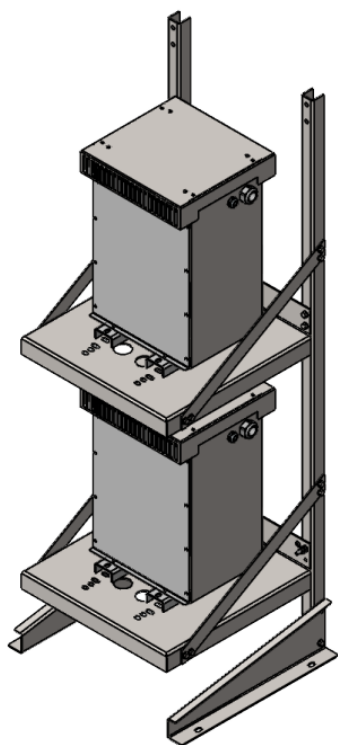
Suojaerotusmuuntajan etäisyyden jäädessä liian pieneksi lääkintätiloihin nähden tai vaadittaessa erittäin pieniä EMI-raja-arvoja voidaan muuntajan tilassa käyttää suojaverhusta rajoittamaan sähkömagneettisten kenttien vaikutusta. Tilan pinnat päällystetään alumiinista tai muusta paramagneettisesta metallista valmistetuilla suojalevyillä, jotka pienentävät magneettikentän voimakkuutta tilan ulkopuolella. Tämä saattaa esimerkiksi olla aiheellista uudiskohteissa, joissa on paljon G2-lääkintätiloja keskitetyllä alueella, tai saneerauskohteissa, joissa tarvittavia etäisyyksiä ei voida toteuttaa. Kuvassa 5 suojaerotusmuuntajille tarkoitetun sähkötilan pinnat on päällystetty alumiinilevyillä edellä mainittujen syiden takia.



Kuva 5. Sähkötilan pinnat päällystetty alumiinilevyillä [7].

Suojalevyillä tehtävän verhouksen käyttö tuo huomattavia lisäkustannuksia, ja ensisijaisesti tulisikin suojaerotusmuuntajien sijoituksessa käyttää riittävän suuria etäisyyksiä, kunhan huomioidaan edelleen oikosulkusuojauksen ja automaattisen poiskytkennän toteutuminen vaadituilla tavoilla.

Jos lääkintä-IT-järjestelmiä tulee useita, niin kustannustehokkainta olisi sijoittaa kaikki mahdolliset suojaerotusmuuntajat yhteiseen niille varattuun sähkötilaan. Samassa tilassa muuntajat voidaan asentaa seinille päällekkäin esimerkiksi kuvan 6 mukaisella telineellä.



Kuva 6. Suojajerotusmuuntajien asennushylly [6].

Kuten aikaisemmin mainittiin, on lääkintä-IT-järjestelmän tärkein ominaisuus sähkönsyötön jatkuvuuden varmistaminen, ja tämän takia suojaerotusmuuntajaa syöttävää kaapelia ei saa suojata laukaisevalla ylikuormitussuojalla. Myöskään muuntajan toisiopuolelle ei saa asentaa ylikuormitussuojaa. Muuntajan ylikuormitusta ja ylikämpöä on kuitenkin valvottava hälyttävällä laitteistolla. Hälytykset tulee ilmaista käyttäjille siihen tarkoitettulla etälaitteella. Samat hälytykset on myös hyvä siirtää tekniselle päivystykselle esimerkiksi liittämällä valvontalaitte rakennusautomaatiojärjestelmään. [2, s. 17; 3, s. 10.]

Suojaerotusmuuntajan sijaitessa samassa tilassa kuin IT-ryhmäkeskus voidaan järjestelmän tyypistä riippuen muuntajan ylikuormituksen valvonta toteuttaa ryhmäkeskukseen asennettavalla eristystason valvontajärjestelmän ohjausyksiköllä.

Erityisesti UPS-laitteilla varmennetuissa verkoissa täytyy ottaa huomioon suojaerotusmuuntajien kytkennästä aiheutuva kytkentävirtasysäys. Virran arvo voi tällöin moninkertaistua muuntajan nimellisvirtaan nähden. Jos muuntajia on useita samassa verkossa, saatetaan joutua tekemään erityistoimenpiteitä, kuten porrastamaan muuntajien kytkeytymisen hetkiä. Liitteen 1 suojaerotusmuuntajan kytkentävirtasysäys on sen teknisten tietojen mukaan 3,5-kertainen nimellisvirtaan nähden.

4.4 IT-ryhmäkeskus

Lääkintätiloissa käytössä oleva ryhmäkeskus on tarkoitettu maallikoiden käytettäväksi, ja sen on rakenteeltaan, suojalaitteiltaan sekä mitoitusarvoiltaan oltava standardisarjan SFS-EN 61439 osan 3 [8] mukainen. Lisäksi sen tulee täyttää standardin SFS 6000–7–710 [2] asettamat lisävaatimukset.

SFS 6000–7–710:n [2] mukaan G2-lääkintätiloja syöttävät sähkökeskukset on asennettava lähelle niillä syötettäviä alueita. Ne olisi kuitenkin kannattavaa sijoittaa lääkitilojen sisäpuolelle tai vähintään välittömään läheisyyteen, sillä standardi [2] sallii ryhmäjohtojen maadoitusjohtimen ja lääkitilassa olevien muiden jännitteelle alttiiden osien välisen resistanssin maksimiarvoksi $0,2 \Omega$. Ryhmäjohdot on pyrittävä suunnittelemaan mahdollisimman lyhyiksi, jotta ei ylitetä tätä resistanssin arvoa. Lääkintä-IT-ryhmäkeskukselle standardissa [2] annetaan 25 metrin maksimietäisyys syötettävästä lääkitilasta. Ensisijaisesti kuitenkin myös IT-ryhmäkeskus tulisi sijoittaa lääkitilan sisäpuolelle mainitun maadoitusjohtimien resistanssin vaatimuksen takia. IT-järjestelmän valvontalaitteet asennetaan IT-ryhmäkeskukseen, joten myös näiden hallinnan kannalta paras sijainti on kyseinen lääkitila. Myös suojalaitteiden palauttaminen mahdollisissa vikatilanteissa on nopeampaa, kun keskus on samassa tilassa kuin siitä syötetyt ryhmät.

Ryhmäkeskusta suunniteltaessa on huomioitava tarvittavat tilat IT-järjestelmän valvontalaitteille. Vähintään eristystilan valvontalaite on asennettava IT-keskukseen [2, s. 18]. On myös tarpeen jättää keskukseen riittävästi vapaata tilaa

mahdollisia lisälaitteita, kuten jälkikäteen lisättävää eristysvianpaikannusjärjestelmää, varten. Valvontajärjestelmälle on varattava oma johdonsuojakatkaisija. Johdonsuojan nimellisvirta mitoitetaan valvontalaitteiden valmistajan antamien teknisten tietojen perusteella.

Ryhmäkeskuksesta syötettävien piirien määrässä täytyy ottaa huomioon, että keskuksen syöttö on yksivaiheinen. Kaikkien lähtevien ryhmien kuorma ei siis jakaudu vaiheittain kuten kolmivaihejärjestelmässä, vaan ne kuormittavat jakokeskuksessa olevaa yhtä yksivaiheista suojalaitetta. Ryhmäkeskuksesta liian monen ryhmän syöttö heikentää kriittisten lääkintälaitteiden sähkönsyötön jatkuvuuden varmuutta, vaikka IT-järjestelmän ylikuormitusta valvotaankin. Liian suuri yksivaiheinen kuorma saattaa aiheuttaa myös vinokuormaa jakokeskuksessa, josta suojaerotusmuuntajaa syötetään. Jos lääkintätilassa on tarve syöttää suuria määriä IT-jakelua vaativia lääkintälaitteita tai jos ne ovat suuritehoisia, on harkittava useamman erillisen lääkintä-IT-järjestelmän asentamista. Jos lääkintätilan käytöstä vastaavalla taholla on tiedossa suunniteltujen laitteiden teholliset arvot, voidaan ryhmien määrä sekä kuormitettavuus arvioida tarkemmin.

Keskuksia suunnitellessa täytyy näille valita nimelliset sähkötekniset arvot, kuten nimellisvirta I_n . Keskuksen nimellisvirralla tarkoitetaan suurinta sähkövirtaa, joka keskuksen kautta voidaan jakaa ilman, että minkään sen osien lämpötilan nousu ylittää standardissa SFS-EN 61439-1 [9, s. 25] määritellyt raja-arvoja. Sähköteknisten arvojen valinta ja mitoitus täytyy tehdä aina keskuskohtaisesti huomioiden käyttötarkoitus, -ympäristö ja mahdolliset standardien vaatimat erityisvaatimukset.

Liitteen 1 IT-ryhmäkeskuksen nimellisvirraksi on tyypitetty 63 A. Vaikka nimellisvirran suuruudelle ei ole niinkään vaatimusta, on kyseinen arvo hyvin tyypillinen kiinteistöjen pienemmissä jakokeskuksissa ja ryhmäkeskuksissa. Tarvittaessa keskusta syöttävä suojaerotusmuuntaja voitaisiin vaihtaa tehokkaampaan ja sitä suojaavan suojalaitteen nimellisvirtaa korottaa, jos syöttävän verkon rakenne ja kapasiteetti tämän sallii. Kyseisen IT-ryhmäkeskuksen syötön oikosulkusuoja on nimellisvirraltaan 35 A:n gG-tulppasulake. Yli 25 A:n tulppasulakkeiden

sulakepohjaan (sulakepohjan tyyppi DIII) voidaan asentaa maksimissaan 63 A:n nimellisvirtainen sulake. Syöttävän verkon rakenteen ja teknisten arvojen niin salliessa voitaisiin siis suojaerotusmuuntaja vaihtaa sallittuun maksimikokoon eli 10 kVA:n. Tässä kohtaa tulisi toisaalta myös muuntajaa ja IT-ryhmäkeskusta syöttävät kaapelit vaihtaa poikkipinnaltaan suurempiin tai alun perin ylimitoittaa.

Kaikki ryhmäjohdot on suojattava oikosululta sekä ylikuormitukselta. Tähän soveltuvat johdonsuojakatkaisijat. Kuten aikaisemmin suojaerotusmuuntajaa käsittelevässä kohdassa mainittiin, on IT-järjestelmässä nollajohtimen sijaan toinen vaihejohdin, jonka takia jokaiselle yksivaiheiselle ryhmäjohdolle pitää olla oma kaksinapainen katkaisija. [2, s. 17; 3, s. 9.] Usein käytetään johdonsuojakatkaisijoita, joilla on B-käyrän katkaisualue. Sairaaloissa useasti järjestelmien ollessa laajoja, saattavat pienimmät oikosulkuvirta-arvot jäädä pienemmiksi kuin C-käyrän katkaisijan toimintaan vaaditut. Myös suojalaitteiden keskinäisen selektiivisyyden kannalta C-käyrän katkaisijat saattavat olla epäsopivia. Standardissa 6000-7-710 [2, s. 11] mainitaan lisävaatimuksena, että lääkintä-IT-järjestelmän pistorasioissa ei saa käyttää vikavirtasuojaa. Samasta syystä kuin ryhmäjohtojen johdonsuojakatkaisijat pitää keskuksen pääkatkaisimenkin olla kaksinapainen katkaisulaite, joka katkaisee suojaerotusmuuntajalta tulevat molemmat vaihejohtimet.

Eri järjestelmien keskusten kannet ovat yleensä erivärisiä niiden toisistaan erottamista varten. Lääkintä-IT-ryhmäkeskuksen kannen värinä käytetään useasti vihreää väriä, jonka värikoodi on RAL 6025. Kohteissa saattaa myös olla omat värivaatimukset, joita tulee käyttää.

Liitteessä 2 on esimerkki lääkintä-IT-järjestelmän ryhmäkeskuksen pääkaavion ensimmäisestä sivusta. Keskuksen syöttö tulee suojaerotumuuntajalta ja on kytketty kaksinapaiseen katkaisijaan. Ryhmäjohtojen suojalaitteina on kaksinapaiset B-käyrän 16 A:n johdonsuojakatkaisijat. Kaaviossa esitetty MED-IMD-laite on pakollinen eristystilan valvontalaite, jonka syötön suojalaitteena on B6A-johdonsuojakatkaisija. Myös tämän on oltava kaksinapainen. MED-IMD-laitteelta on esitetty kaapeloinnit suojaerotusmuuntajalle järjestelmän valvontaa ja

mittauksia varten. Hälytysten siirtoon ja lääkintätilassa oleviin hälytyslaitteisiin tarvittut kaapelityypit valitaan järjestelmätyyppien mukaan kohdekohtaisesti. Aikaisemmin mainitut tilavaraukset jälkikäteen asennettaville valvontalaitteille on esitetty katkoviivoilla. Pistorasioiden ryhmäjohtoina on käytetty nelijohtimista kaapelia mahdollisesti lisättävän valvontajärjestelmän varalle.

4.5 IT-jakelun ryhmäjohtot ja virtapiirit

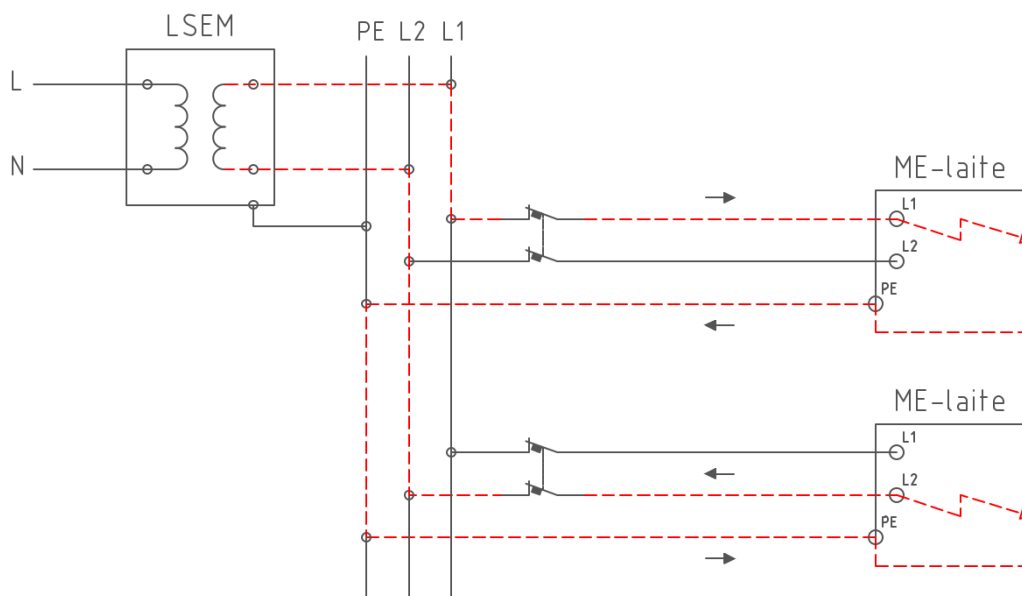
Ryhmäjohtojen pituudet tulee suunnitella lyhyiksi, koska pitkillä johdinpituuksilla ei välttämättä saavuteta määräysten vaatimia oikosulku- ja vikasuojauksen toiminta-aikoja. Toisen vian aikana voivat ryhmäjohtojen vikapiirien johdinpituudet käytännössä kaksinkertaistua. Suojauksien kannalta yksittäisen IT-järjestelmän ryhmäjohton impedanssin tulisi siis teoriassa olla puolet TN-S-järjestelmässä olevan ryhmäjohton impedanssista. [3, s. 9–10.]

IT-ryhmäkeskuksen 25 metrin maksimietäisyys syötettävästä lääkintätilasta asettaa myös ryhmäjohtoille valmiiksi lyhempiä pituuksia. Keskuksen ollessa lääkintätilan ulkopuolella saattavat kaapelointireitit kuitenkin tuoda odottamatonta lisäpituutta ryhmäjohtoille, jos tätä ei huomioida.

G2-lääkintätiloissa vaadittu samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alltiiden osien välinen resistanssi saa olla maksimissaan $0,2 \Omega$. Tämä koskee myös pistorasioiden ja kiinteiden laitteiden maadoitusliittimiä. [2, s. 14.] Ryhmäjohtojen pituudet aiheuttavat useasti ongelmia tämän vaatimuksen saavuttamisessa varsinkin silloin kun sähkökeskukset sijaitsevat lääkintätilan ulkopuolella. Tarvittaessa voidaan käyttää lisämaadoitusjohtinta, joka kytketään ensimmäisen maadoitusjohtimen kanssa rinnan.

Toinen vika eli kaksoismaasulku, joka lääkintä-IT-järjestelmässä on kytkettävä nopeasti pois, tarkoittaa tilannetta, jossa saman keskuksen kahden eri ryhmän laite tai johto on vikaantunut. Esimerkiksi eristeaurion seurauksena pääsee jännitteinen osa kosketuksiin johtavan osan tai ihmisen ruumiinosan kanssa. Tässä tapauksessa kahden viallisen piirin välillä vikavirta pääsee kiertämään

maadoitusten kautta. Tämä on esitetty kuvassa 7, jossa ensimmäisen ME-laitteen L1-vaiheesta on sähkövirran vuoto laitteen maadoitettuun runkoon ja samaan aikaan sama on tapahtunut toisessa ME-laitteessa, mutta L2-vaiheella.



Kuva 7. IT-jakelussa tapahtuva toinen vika kahdessa eri vaihejohtimessa.

Yllä mainitun toisen vian poiskytkennän ehdot on mainittu standardisarjan SFS 6000 kohdassa 411.6.4 [10, s. 14]. Poiskytkennän täytyy tapahtua vähintään samassa 0,4 sekunnin ajassa kuin TN-järjestelmissäkin.

Vaikka IT-jakelussa ei ole käytössä nollajohdinta, niin kaapeloinneissa voidaan käyttää sinisen johtimen sisältävää kaapelia, kuten MMJ-HF 3x2,5 S. Sininen johdin toimii tässä tapauksessa toisena vaihejohtimena. Standardin 6000–5–51 kohdassa 514.3.4 mainitaan sinisen johtimen käytöstä seuraavalla tavalla:

Määrätyissä sovelluksissa sinistä johdinta voidaan käyttää äärijohtimena ja muihin tarkoituksiin edellyttäen, ettei ole sekaantumisen mahdollisuutta eikä käytössä ole nollajohdinta. Sinistä johdinta ei saa käyttää suojajohtimena. [11, s. 9.]

Sekaantumisen välttämiseksi sininen johdin voidaan liitoskohdista merkata vaihejohtimille tarkoitetulla värillä.

Ryhmäjohtoina voidaan tarpeen mukaan käyttää nelijohtimista kaapelia, kuten liitteen 2 pääkaaviossa esitetty MMJ-HF 4x2,5 S. Kaapelissa on johdinväreinä ruskea, musta, sininen ja keltavihreä. Ruskeaa ja mustaa käytetään vaihejohtimina ja keltavihreää tavalliseen tapaan PE-johtimena. Sinistä johdinta voidaan käyttää suojajohtimen (PE) jatkuvuuden valvontaan. Kyseisen valvonnan toiminta ja periaate on esitetty luvussa 4.6.

Pistorasiat, joita syötetään lääkintä-IT-järjestelmästä, on erotettava muista pistorasioista erityisiä värikoodeja tai merkintöjä käyttäen [2, s. 19]. Aikaisemmin standardissa oli annettu opastavana tietona RAL-värikoodit eri järjestelmille, mutta standardien uudistamisen myötä nämä on poistettu. IT-järjestelmässä edelleenkin yleensä käytetty väri on vihreä, jonka värikoodi on RAL 6025. Koska tunnistustapoja ei ole standardissa tarkkaan määritelty, voi käyttökohteessa olla näille omat vaatimukset. Vähintäänkin olisi suositeltavaa, että esimerkiksi sairaalassa käytettäisiin aina samaa tunnistustapaa myös laajennuksissa.

Pistorasiat täytyy ryhmitellä niin, että jokaista yksittäistä pistorasiaa syötetään erikseen suojatulla piirillä, tai jos samassa ryhmässä on useampia pistorasioita, tulee tällaisia ryhmiä olla vähintään kaksi, jotka ovat erillisillä suojalaitteilla suojattuja. Jos ryhmäjohdolla syötetään useampaa pistorasiaa, saa siinä olla enintään 12 liitäntäpistettä, esimerkiksi kuusi kaksoispistorasiaa. [2, s. 19.]

Lääkintätilojen uudisasennuksissa käytettävien johtojärjestelmien paloluokituksen on oltava vähintään standardissa SFS-EN 13501-6 [12] määritelty Cca-s1, d1, a2. Tästä voidaan poiketa, jos johdot suojataan vähintään EI30-palonkestävyysluokan rakenteella. Johtojen paloluokituksiksi riittää myös Dca-s2, d2, a2, jos G1- ja G2-lääkintätiloissa sekä muissa paloviranomaisten vaatimissa tiloissa on automaattinen sammutusjärjestelmä. [2, s. 17.]

4.6 IT-järjestelmän valvonta

Sähköjärjestelmien valvontaa suositellaan G1- ja G2-lääkintätiloissa, jotta mahdolliset viat voidaan havaita ja korjata mahdollisimman nopeasti. Käytettäessä lääkitä-IT-järjestelmää muuttuu tiettyjen asioiden valvonta pakolliseksi. Vaatimuksena on vähintään valvoa järjestelmän eristystilan tilaa sekä suojaerotusmuuntajan ylikuormitusta ja yliämpöolosuhteita. [2, s. 12–13; 3, s. 10.]

Eristystilan valvonta pitää toteuttaa lääkitätiloihin tarkoitetulla eristystilan valvontalaitteella (MED-IMD), joka on standardin SFS-EN 61557-8:2014 mukainen. Laite toimii valvonnan keskusyksikkönä, ja se täytyy asentaa IT-ryhmäkeskukseen. [2, s. 14, 18.] Kyseisen laitteen yksi malli on esitetty kuvassa 8.

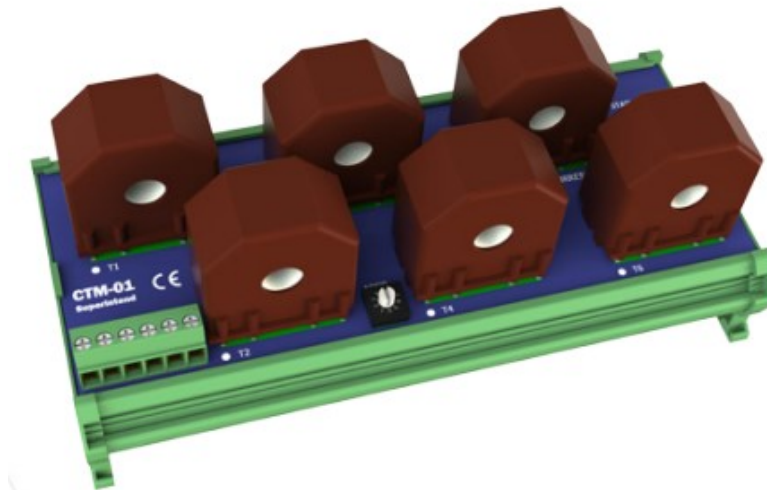


Kuva 8. Eristystason valvontajärjestelmän ohjausyksikkö [13].

Laite syöttää valvottuun sähköverkkoon jatkuvasti kahden sinimuotoisen jännitteen testisignaaleja. Signaalista aiheutuu pieni injektoitu virta, joka kulkee eristysresistanssin ja eristyskapasitanssin läpi maapotentiaaliin. Laite mittaa signaaleista saadut arvot ja laskee näistä resistanssi- ja kapasitanssiarvot. Tulosten ollessa asetusarvojen ulkopuolella annetaan havaitusta viasta hälytys. [14.]

Järjestelmästä riippuen voidaan eristystilan valvontalaitteella valvoa suoraan myös suojaerotusmuuntajan kuormitusta ja lämpötilaa.

Eristysvikojen paikannusjärjestelmä (IFLS) ei ole pakollinen, mutta sen käyttöä suositellaan lääkintä-IT-järjestelmissä. Paikannusjärjestelmä valvoo jokaisen siihen liitetyn kaapelin eristystilaa erikseen. Tämä helpottaa vikojen ja erityisesti ajoittaisten vikojen paikannusta. Eristysvikojen paikannusjärjestelmää käytettäessä on sen oltava standardin SFS-EN 61557-9:2014 mukainen. [2, s. 12.] Valvotut kaapelit viedään kuvan 9 mukaisen havaitsemisyksikön läpi, joka asennetaan IT-ryhmäkeskukseen.

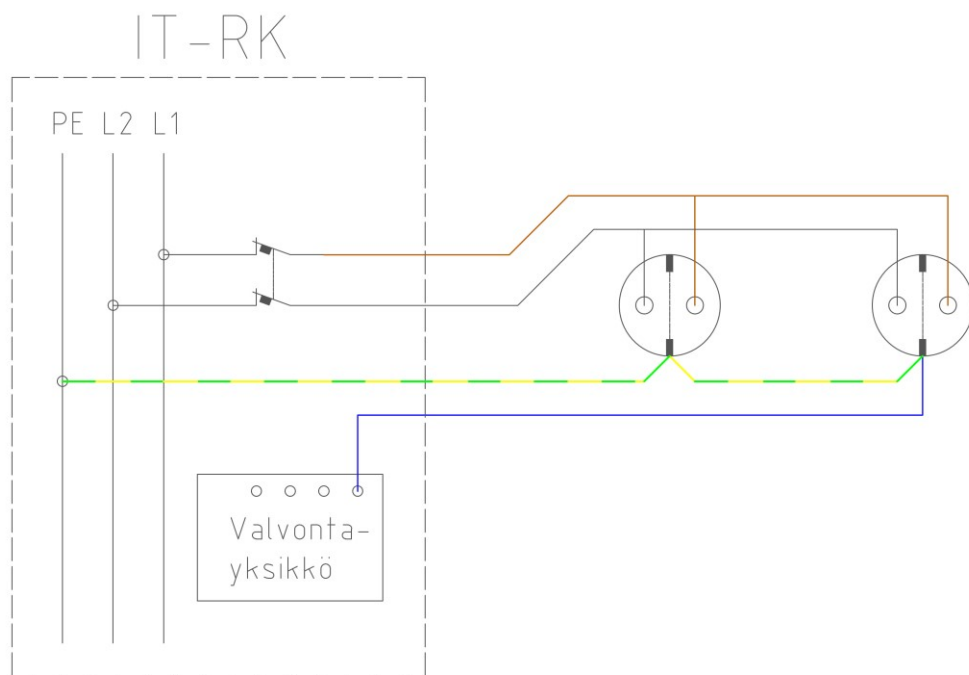


Kuva 9. Eristysvian paikannusjärjestelmän havaitsemisyksikkö [15].

Kun virtapiirissä on eristysvika, niin paikannusjärjestelmä tunnistaa piirin ryhmäjohdon, jolloin hälytyksen myötä voidaan viankorjaus heti kohdentaa oikeaan ryhmään.

Pistorasiaryhmien maadoitusten jatkuvuutta voidaan valvoa siihen tarkoitetulla valvontayksiköllä, joka liitetään valvontajärjestelmän keskusyksikköön. Ryhmän viimeisen pistorasian maadoitusliittimeen kytketään maadoitusjohtimen lisäksi toinen johdin, jonka toinen pää kytketään IT-ryhmäkeskuksessa olevaan valvontayksikköön. Pistorasiaryhmien kaapelointiin voidaan tässä tapauksessa käyttää

nelijohtimista kaapelia, jonka neljättä johdinta käytetään kyseisen valvonnan toteuttamiseen. Jos pistorasiat on kaapeloitu ketjuttamalla, niin valvontaan käytettävä johdin kytketään vain ketjun viimeiseen pistorasiaan. Muissa pistorasioissa johdin jatketaan omalla liittimellä. Kyseisen kytkennän periaate on esitetty kuvassa 10, jossa pistorasioiden kaapelointiin on käytetty MMJ-tyyppistä nelijohtimista kaapelia. Kaapelin sininen johdin on tässä tapauksessa käytetty valvontaan, kuten luvussa 4.5 aikaisemmin mainittiin.



Kuva 10. Lääkintä-IT-pistorasioiden maadoituksen jatkuvuuden valvonnan kytkentäperiaate.

Ryhmien maadoituksen jatkuvuuden valvonta ei ole standardin SFS 6000–7–710 [2] mukaan pakollista, mutta tämä on suositeltavaa sen järjestelmän toimintavarmuudelle tuoman edun takia. Valvontajärjestelmän avulla esimerkiksi maadoitusjohtimen katkeaminen tai löystynyt liitos havaitaan ennen kuin siitä muodostuisi vikatilanteissa vaaraa. Vaikka valvonnan toteuttaminen ei ole pakollista, niin ryhmäjohtoiksi kannattaisi suunnittelussa varalta valita nelijohtimiset kaapelit. Näin myöhemmin lisättävälle valvontajärjestelmälle on johtimet valmiina.

4.7 Potentiaalintasaus

Lisäpotentiaalintasaus täytyy tehdä kaikissa G1- ja G2-lääkintätiloissa. Potentiaalintasaukseen liitetään kaikki hoitoalueella olevat johtavat osat, ellei niitä ole laitetoimittajan kirjallisella ilmoituksella tarkoitettu olemaan erillään maasta. [3.]

G2-lääkintätiloissa samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien välinen resistanssi ei saa ylittää $0,2 \Omega$. Myös seuraavan standardissa 6000–7–710 mainitun ehdon on täytyttävä:

IT-, TN- ja TT-järjestelmissä sallittu kosketusjännite UL ei saa ylittää 25 V vaihtojännitettä ($UL \leq 25 \text{ V AC}$) tai 60 V tasajännitettä ($UL \leq 60 \text{ V DC}$) [2].

Vaatimukset voidaan täyttää käyttämällä potentiaalintasauksessa riittävän paksumia johtimia. IT-ryhmäkeskuksen maadoituskisko liitetään lisäpotentiaalintasaukseen esimerkiksi 16 mm^2 :n Cu-johtimella. [3.] Suojaerotusmuuntajan metallinen suoja liitetään potentiaalintasaukseen suoraan sen kaapelin suoja-johtimen kautta.

Kaikki lääkäritilassa olevat pistorasiat on niitä syöttävän keskuksen kautta liitettävä myös lisäpotentiaalintasaukseen. Tämä koskee myös IT-järjestelmän pistorasioita. [2, s. 14.] Mittauksissa pistorasioiden maadoituksen liian suuri resistanssin arvo saattaa aiheuttaa ongelmia, jos ryhmäjohdot ovat pitkiä. Tämä voitaisiin esimerkiksi ratkoa liittämällä pistorasiaryhmissä maadoitusliittimiin kaksi $2,5 \text{ mm}^2$:n johdinta rinnan.

5 Laskennat ja tarkistukset

Lääkintätilojen sähköjärjestelmien käyttäjälle on muiden sähkösuunnitelmien ja dokumenttien lisäksi toimitettava asiakirjat, joissa osoitetaan standardien vaatimusten täytyminen tarkistuslaskelmin. Tällaisia laskelmia ovat esimerkiksi automaattisen poiskytkennän tekevien suojalaitteiden selektiivisyyden tarkastaminen oikosulkutilanteissa. Tämä on erityisen tärkeää UPS-laitteilla syötetyissä piireissä. [2, s. 16.]

Sähköjärjestelmissä suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että vian sattuessa vain lähinnä vikapaikkaa oleva suojalaite toimii. Toisin sanoen sähköverkosta erotetaan mahdollisimman pieni osa. [16, s. 2.]

Lääkintätiloissa suojauksen selektiivisyyden toteutuminen korostuu, sillä usean sähkönsyöttöpiirin yhtäaikainen katkeaminen saattaa aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa hoidettaville potilaille. Tällainen tilanne olisi esimerkiksi, että IT-järjestelmän ryhmäjohtoissa sattuvan toisen vian seurauksena suojaerotusmuuntajaa suojaava oikosulkusuoja toimii ennen ryhmäjohtojen suojalaitteita.

Kaikkien lääkintätilojen sähköpiirien suojalaitteiden selektiivisyys on suositeltavaa varmistaa, vaikka standardissa 6000–7–710 sitä vaaditaankin vain G2-lääkintätiloille seuraavalla tavalla:

Jotta täytetään vaatimukset jatkuvasta syötöstä ryhmän 2 lääkintätiloissa, on varmistettava täydellinen selektiivisyys kaikilla prospektiivisillä ylivirroilla. Jos sattuu oikosulku ryhmäjohtossa, keskuksen syöttöpiirit eivät saa kytkeytyä pois. [2, s. 18.]

Tarkistuslaskelmat on tehtävä kaikissa verkon syöttötilanteissa eli normaali-, varavoima- ja UPS-käytöllä. Pienet verkot ja järjestelmät voidaan laskea käsin, mutta laajemmat kokonaisuudet on helpoin ja tehokkain tehdä käyttäen apuna laskentaohjelmaa, kuten Febdokia.

Tehdään seuraavaksi tarkistuslaskelmat liitteen 1 mukaiselle järjestelmälle tilanteessa, jossa verkkoa syötetään UPS-laitteiston akustolla. Liitteessä on esitetty nousujohtokaavio tyylillä lääkintä-IT-jakelujärjestelmä, jonka sähkösyöttö tulee UPS-laitteistolla varmennetusta verkosta. Kaikki nousukaapelit UPS-järjestelmän pääkeskukselta eteenpäin ovat palonkestäviä FRHF-tyyppisiä kaapeleita. Varsinkin sairaaloiden ja muiden laajempien kohteiden UPS-verkoissa käytetään palonkestäviä kaapeleita niillä syötettyjen kriittisimpien sähköjärjestelmien toiminnan jatkuvuuden turvaamiseksi.

Sopivien suojalaitteiden valitsemisen kannalta olennaista on tietää niillä suojattujen virtapiirien mitoitettut virrat tai tehot. Suojaerotusmuuntajan nimellisvirta I_n saadaan sen teknisistä tiedoista, tai se voidaan laskea kaavalla 1

$$I_n = \frac{S_n}{U_n} \quad (1)$$

I_n on muuntajan nimellisvirta

S_n on muuntajan näennäisteho

U_n on muuntajan nimellisjännite.

Liitteen 1 IT-jakelujärjestelmässä on käytetty 6,3 kVA:n tehoista yksivaiheista suojaerotusmuuntajaa, joten sen nimellisvirta on

$$I_n = \frac{6300 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 27,4 \text{ A.}$$

Suojaerotusmuuntajaa syöttävän ryhmän suojalaitteeksi voidaan valita muuntajan nimellisvirtaa suurempi varoke eli sulake. Tässä tapauksessa sulakkeeksi on valittu gG-tyypin tulppasulake, jonka nimellisvirta on 35 A. Tarpeeksi suuri nimellisvirtainen sulake ei pala vielä muuntajan suuremmallakaan ylikuormituksella, kuten on standardissa vaadittu. Oikosulkusuojauksen toimivuus täytyy kuitenkin varmistaa laskelmin.

IT-jakelun ryhmäjohtojen suojalaitteena täytyy olla kaksinapainen katkaisija. Johdonsuojakatkaisija toimii tässä tapauksessa ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. Suojalaitteen nimellisvirran valinnassa täytyy tarkistaa mahdollisen kiinteän laitteen tiedoista sille sallittu suurin suojalaite. Pistorasiaryhmille voidaan valita nimellisvirraltaan 16 A:n johdonsuojakatkaisija, mutta tämän oikea toiminta oikosulkutilanteessa pienimmällä esiintyvällä oikosulkuvirralla täytyy varmistaa.

Jotta voidaan tarkistaa valittujen suojalaitteiden sopivuus oikosulkutilanteessa, on laskettava verkon oikosulkuvirta-arvot. Tätä varten lasketaan ensin verkon impedanssit määrättyissä pisteissä. Koska tarkasteltavassa tilanteessa verkkoa syötetään suoraan UPS-laitteen akustoilla, ei siitä muodostu verkkoon impedanssia.

Oikosulkusuojauksen toiminnan kannalta ensisijaisen tärkeää on laskea maasulun (L-PE oikosulku) aikana syntyvä pienin oikosulkuvirta. Tätä varten kaapeleille täytyy laskea sekä vaihe- että maadoitusjohtimen impedanssi. On huomioitava, että kaapelin PE-johtimen poikkipinta sekä materiaali saattaa olla eri kuin kaapelin muilla johtimilla. Eri johdinpoikkipinta-alojen likimääräiset impedanssit kilometriä kohden saadaan taulukosta 1.

Taulukko 1. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (Ω/km) johdinlämpötilassa $80\text{ }^\circ\text{C}$ [5, s. 91].

Johtimien poikkipinta mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi R	Reaktanssi X	Impedanssi Z	Resistanssi R	Reaktanssi X	Impedanssi Z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Lasketaan kaapelien verkkoon muodostamat impedanssit järjestyksessä UPS-laitteelta eteenpäin. Taulukossa 1 johtimien impedanssiarvot on ilmoitettu kilometriä kohden. Johtimien impedanssit saadaan laskettua kaavalla 2, jonka jälkeen saman kaapelin vaihe- ja maadoitusjohtimen impedanssit summataan.

$$Z = \frac{Z_{\text{taulukko}} \cdot l}{1000} \quad (2)$$

Z on johtimen impedanssi

Z_{taulukko} on taulukosta 1 saatava likimääräinen impedanssi

l on johtimen pituus metreinä.

UPS-laitteen ja UPS-pääkeskuksen välille on kytketty kaksi FRHF-XCCMK 4×120/70-kaapelia rinnan, ja yhden kaapelin pituus on 10 m. Kaapelin vaihejohtimen (Cu 120 mm²) impedanssi on $0,000211 \Omega \times 10 \text{ m} = 0,00211 \Omega$. Maadoitusjohtimen (Cu 70 mm²) impedanssi on $0,000346 \Omega \times 10 \text{ m} = 0,00346 \Omega$. Yhden kaapelin johtimien impedanssiksi saadaan siis $0,00557 \Omega$. Rinnan kytkettyjen kaapeleiden yhdessä muodostama impedanssi on karkeasti noin puolet yhden kaapelin impedanssista. Kaapeleiden kokonaisimpedanssi on siis $Z_{K1} = 0,00279 \Omega$.

UPS-pääkeskuksen ja UPS-jakokeskuksen välinen kaapeli on FRHF-XCCMK 4×25/16, ja kaapelin pituus on 60 m. Vaihejohtimen (Cu 25 mm²) impedanssi on $0,000902 \Omega \times 60 \text{ m} = 0,0541 \Omega$. Maadoitusjohtimen (Cu 16 mm²) impedanssi on $0,001418 \Omega \times 60 \text{ m} = 0,0851 \Omega$. Kaapelin kokonaisimpedanssi $Z_{K2} = 0,139 \Omega$.

Suojaerotusmuuntajaa syöttävä kaapeli ja tältä IT-ryhmäkeskukselle lähtevä kaapeli ovat samaa tyyppiä, joten näiden pituudet voidaan laskea suoraan yhteen. Kaapelit ovat tyyppiä FRHF 3x16 S, ja yhteenlaskettu pituus on 30 m. Vaihejohtimen (Cu 16 mm²) impedanssi on $0,001418 \Omega \times 30 \text{ m} = 0,0425 \Omega$. Maadoitusjohtimen poikkipinta ja materiaali on sama, joten myös sen impedanssi on $0,0425 \Omega$. Kaapelien kokonaisimpedanssi $Z_{K3K4} = 0,085 \Omega$.

IT-ryhmäkeskukselta lähtevät ryhmäjohdot ovat tyyppiä MMJ-HF 3×2,5 S. Pisin ryhmäjohto on pituudeltaan 20 m. Vaihejohtimen (Cu 2,5 mm²) impedanssi on $0,00877 \Omega \times 20 \text{ m} = 0,175 \Omega$. Maadoitusjohtimen poikkipinta on sama, joten myös sen impedanssi on $0,175 \Omega$. Ryhmäjohtoon kokonaisimpedanssi $Z_{R1} = 0,35 \Omega$.

Koska IT-ryhmäjohtoon suojalaite saa toimia vasta luvussa 4.5 esitetyn toisen vian aikana, tulee vikapiirin impedanssin laskussa ottaa huomioon myös toisen viallisen virtapiirin kaapeli. Oletetaan, että tässä tapauksessa molemmat kaapelit ovat yhtä pitkiä, jolloin juuri laskettu ryhmäjohtoon impedanssi voidaan kertoa kahdella: $Z_{R1R2} = Z_{R1} \times 2 = 0,7 \Omega$.

Lasketaan seuraavaksi suojaerotusmuuntajan oikosulkuimpedanssi. Muuntajan teknisistä tiedoista selviää useasti oikosulkujännite u_k , joka on ilmaistu prosentteina nimellisjännitteestä U_n . Käytetyn muuntajan oikosulkujännite on 3,8 %. Tämän avulla saadaan laskettua muuntajan oikosulkuimpedanssi Z_k kaavalla 3

$$Z_k = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \quad (3)$$

Z_k on muuntajan oikosulkuimpedanssi

u_k on muuntajan oikosulkujännite prosenttimuodossa

U_n on muuntajan nimellisjännite

S_n on muuntajan näennäisteho.

Kaavan 3 mukaan siis suojaerotusmuuntajan oikosulkuimpedanssi Z_{k-LSEM} on

$$Z_{k-LSEM} = \frac{3,8}{100} \cdot \frac{230 \text{ V}^2}{6300 \text{ VA}} = 0,319 \text{ } \Omega.$$

Kun tarvittavien kaapeleiden ja suojaerotusmuuntajan impedanssit on laskettu, voidaan laskea oikosulkuimpedanssit tarvittavissa pisteissä. IT-ryhmäkeskukseen oikosulkuimpedanssi on

$$Z_{k-ITRK} = Z_{K1} + Z_{K2} + Z_{K3K4} + Z_{k-LSEM} = 0,00279 \text{ } \Omega + 0,139 \text{ } \Omega + 0,085 \text{ } \Omega + 0,319 \text{ } \Omega = 0,546 \text{ } \Omega.$$

Toisen vian aikana IT-ryhmäjohdoissa vikapiirin oikosulkuimpedanssi on

$$Z_{k-ITRJ} = Z_{k-ITRK} + Z_{R1R2} = 0,546 \text{ } \Omega + 0,7 \text{ } \Omega = 1,246 \text{ } \Omega.$$

Samojen verkon pisteiden oikosulkuvirrat saadaan nyt laskettua kaavalla 4.

Kaavassa esiintyvä c on jännitekerroin, jolla huomioidaan oikosulkukutilanteen aikana syntyvä jännitteen alenema. Standardin IEC 60909 [17, s. 22] mukaan maksimissaan 1 kV:n järjestelmissä pienimmän oikosulkuvirran laskemiseen kertoimena käytetään arvoa 0,95.

$$I_k = \frac{c \cdot U}{Z} \quad (4)$$

I_k on oikosulkuvirta

c on jännitekerroin

U on pääjännite

Z on virtapiirin kokonaisimpedanssi.

IT-ryhmäkeskuksen syöttökaapelin liittimissä oikosulkuvirta on

$$I_{k-ITRK} = \frac{0,95 \cdot 230 \text{ V}}{0,546 \Omega} = 400 \text{ A.}$$

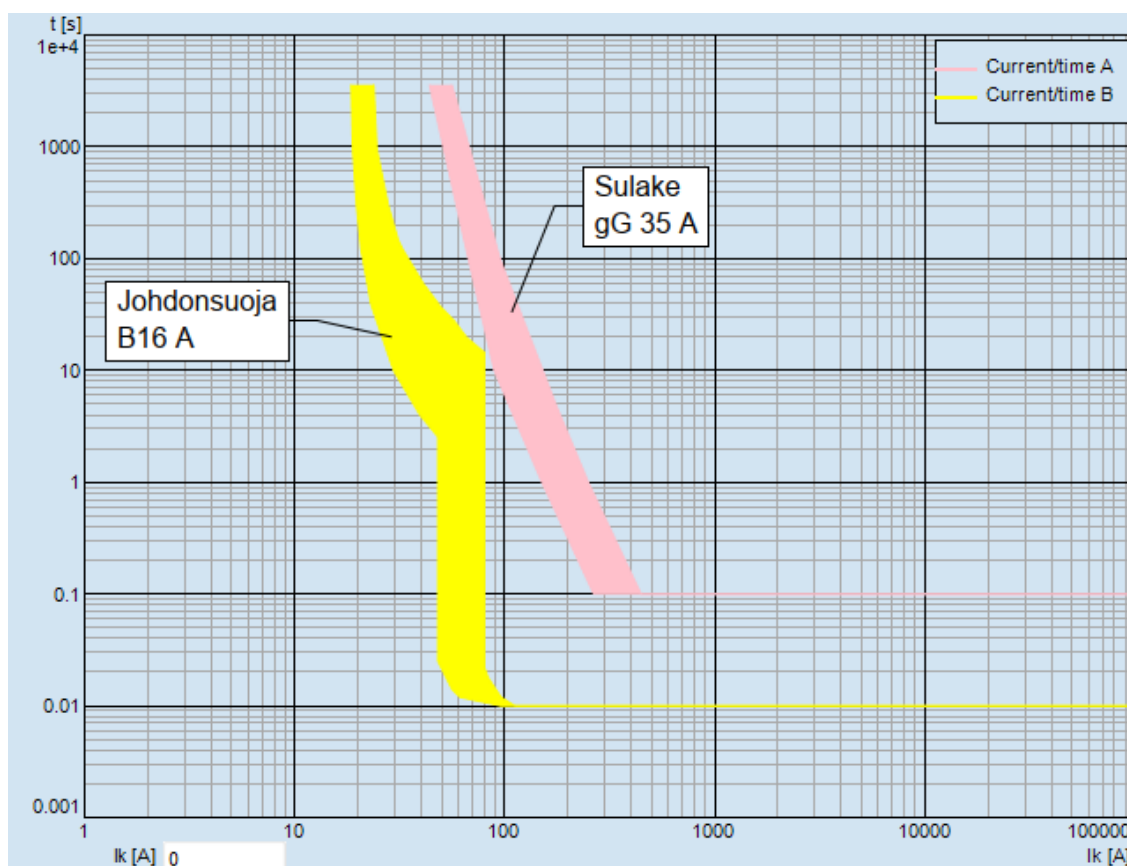
Toisen vian aikana IT-ryhmäjohdossa oikosulkuvirta on

$$I_{k-ITRJ} = \frac{0,95 \cdot 230 \text{ V}}{1,246 \Omega} = 175 \text{ A.}$$

Suojaerotusmuuntajaa syöttävä kaapeli on suojattu 35 A:n gG-sulakkeella. ST-kortissa 53.25 [18, s. 3] olevassa taulukossa kyseiselle sulakkeelle vaadittava pienin oikosulkuvirta on 359 A, jotta suojaus toimii 0,4 sekunnissa. Oikosulkusuojaus siis toimii vaaditulla tavalla suojaerotusmuuntajaa syöttävässä ryhmässä.

IT-ryhmäkeskuksessa ryhmäjohtojen suojalaitteina on B-käyrän 16 A:n johdonsoajakatkaisijat. Kirjassa D1-2022 [5, s. 88] olevasta taulukosta saadaan oikosulkuvirran vähimmäisvaatimukseksi 100 A, jotta suojalaite toimii 0,4 sekunnissa. Ryhmäjohtojen oikosulkusuojaus toteutuu standardin SFS 6000-4-41 [10] vaatimassa 0,4 sekunnin poiskytkentäajassa.

Valittujen suojalaitteiden selektiivisyyden tarkistukseen on käteväntä vertailla näiden toiminnan virta-aikakäyriä. Kuvassa 11 on virta-aikakoordinaatistoon sijoitettu 35 A:n gG-sulakkeen ja B-käyrän 16 A:n johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrät. Käyrät eivät missään kohta leikkaa toisiaan, joten suojauksen voidaan todetta olevan selektiivinen. Vertailu ja kuva on tehty Febdok-ohjelmalla.



Kuva 11. Ylivirtasuojien toimintäyrät virta-aikakoordinaatistossa.

Käyrien ollessa jo suhteellisen lähellä toisiaan voidaan päätellä, että jos käytettäisiin C-käyrän johdonsuojia, niin käyrät leikkaisivat toisensa. Tällöin standardin G2-lääkintätiloihin vaatima selektiivisyys ei toteutuisi.

Liitteen 1 UPS-laite pystyy sen teknisten tietojen mukaan akkukäytöllä syöttämään 1020 A:n oikosulkuvirran 400 ms:n ajan. Kuvan 11 koordinaatiosta katsottuna 1 kA:n oikosulkuvirralla 35 A:n gG-sulake katkaisisi virran 100 ms:n ja B16A-johdonsuojakatkaisija 10 ms:n aikana.

Toisen vian aikana syötön poiskytkennän toimiessa vaaditussa 0,4 sekunnin maksimijassa, jää kosketusjännitteen arvo alle vaaditun 25 V:n maksimiarvon. Vian aikana syntyvää kosketusjännitteen suuruutta ei tarvitse laskelmin tällöin osoittaa, ja suojauksen voidaan todeta toimivan vaaditulla tavalla.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä käytiin läpi lääkintä-IT-jakelujärjestelmän ja sen eri komponenttien toiminnan periaatteet sekä koostettiin yhteen järjestelmän suunnittelun kannalta olennaisia standardien vaatimuksia ja hyväksi todettuja toimintatapoja. Työssä pyrittiin tuomaan esille sellaisia standardien vaatimuksia, joiden täyttämiseen joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota. Työn aiheen rajauksen takia muihin lääkintätiloissa käytettäviin sähköjärjestelmiin ei syvennytty.

Lääkintä-IT-järjestelmän toteutuksessa G2-lääkintätiloihin eniten ongelmia tuottaa ryhmäjohtojen maadoitusjohtimen ja jonkin muun lääkintätilassa olevan johtavan osan välisen resistanssin maksimiarvon vaatimuksen täyttäminen. Tämä on juuri G2-luokan tilojen yleinen ongelma, sillä vaatimus koskee kaikkia sähköasennuksia ja johtaa useasti johtimien poikkipinta-alan ylityttämiseen. Hyvin suunnitelluilla keskusten sijainneilla ja tilavarauksilla tältä voidaan kuitenkin välttyä. Lääkintä-IT-järjestelmiä varten joudutaankin kiinnittämään huomattavasti muita sähköjärjestelmiä enemmän huomiota tilavarauksiin ja laitteiden sijoitteluun.

IT-ryhmäkeskuksen suunnittelussa voidaan epähuomiossa useasti unohtaa järjestelmän olevan yksivaiheinen. Tämä johtaa liian suureen syötettävien ryhmien määrään ja luo mahdollisuuden järjestelmän syötön suurelle ylikuormitukselle. Huomioitava on myös, että kaikkien johdonsuojakatkaisijoiden sekä muiden kytkinlaitteiden on oltava kaksinapaisia johtuen järjestelmässä olevasta kahdesta äärijohtimesta.

UPS-laitteistolla varmennetussa verkossa haasteita tuottaa oikosulun suojalaitteiden mitoittaminen johtuen UPS-laitteen rajallisesta oikosulkuvirran syöttökäytävistä. Etenkin sairaaloissa lääkintä-IT-järjestelmät ovat yleensä UPS-laitteistolla varmennetussa verkossa ja näiden oikosulkusuojausten toimivuuden sekä selektiivisyyden laskelmat onkin tehtävä huolellisesti.

Tässä työssä oikosulkusuojauksen toiminnan tarkistuslaskelmat tehtiin vain tilanteelle, jossa verkkoa syötetään UPS-laitteiston akustolla. Laskelmat tulee todellisuudessa tehdä ja esittää kaikilla eri syöttötilanteilla. UPS-laitteiston rajallinen kyky syöttää virtaa oikosulkutilanteessa ei välttämättä tarkoita, että se olisi suojausten toimivuuden kannalta epäsuotuisin tilanne. Ennen UPS-laitetta olevat normaalin sähköjakeluverkon kaapelit saattavat nostaa odottamattomasti laskettavan verkon impedanssia, jolloin oikosulkuvirta-arvot eri pisteissä eroavat UPS-syöttöisen tilanteen laskelmista.

Standardi 6000–7–710 toimii lähtökohtana ja minimivaatimuksena lääkintätilojen sähköasennuksille. Huomioon tulee kuitenkin ottaa, että etenkin sairaaloissa voi lisäksi olla omia paljonkin tiukempia vaatimuksia.

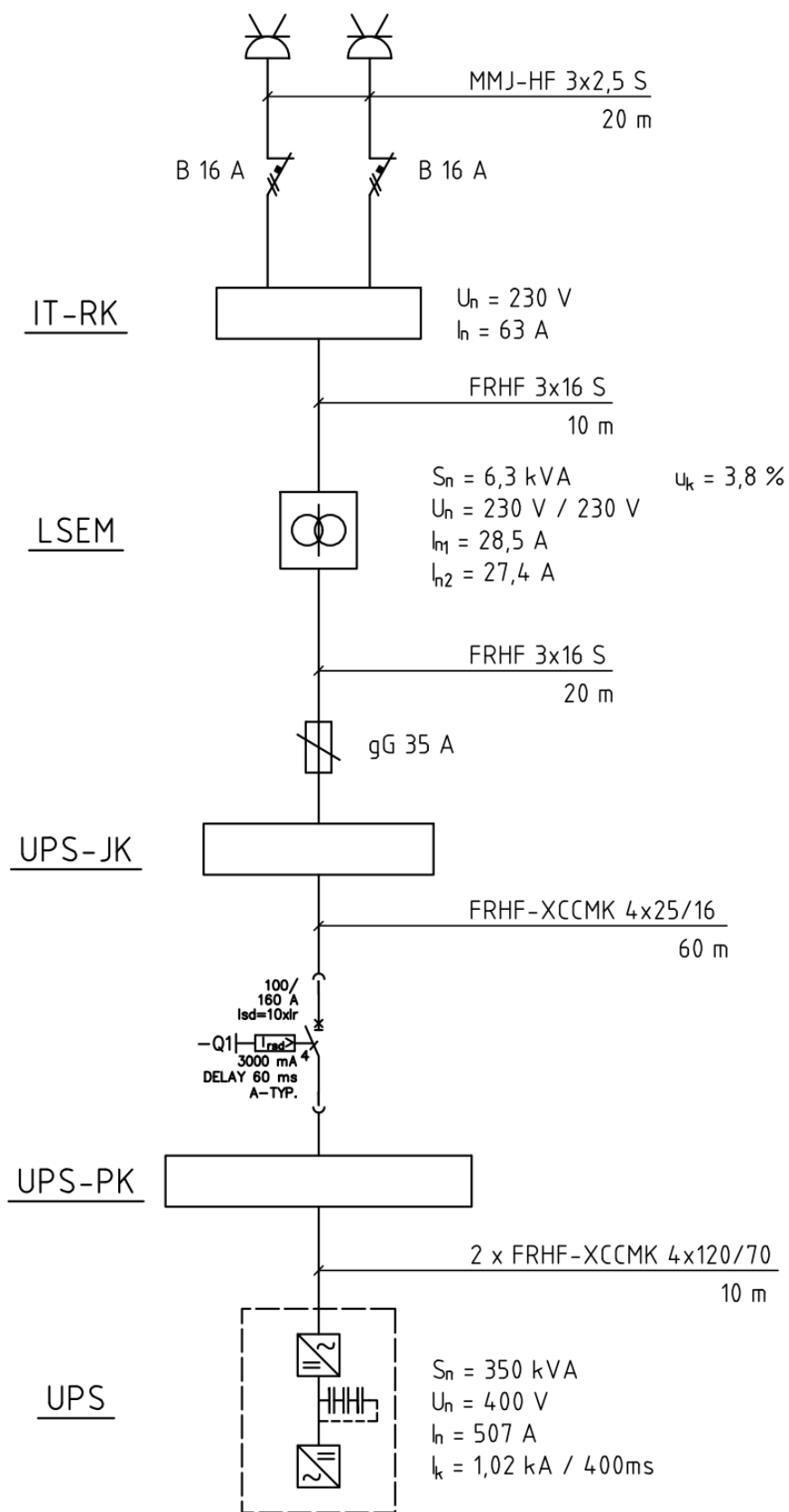
Suunnittelijat sekä muut sähköalalla työskentelevät, joille insinööriyden aihe ei ollut ennestään tuttu, saavat työstä ymmärryksen IT-järjestelmien toiminnan periaatteesta ja sen toteutuksen vaatimuksista lääkintätilakäyttöön. Eri järjestelmien toiminnan ja erilaisten kohteiden vaatimusten tunteminen onkin tärkeä osa turvallisten, toimivien ja kustannustehokkaiden sähköjärjestelmien suunnittelussa sekä toteutuksessa.

Lähteet

- 1 Yritys. Verkkoaineisto. A-Insinöörit Oy. <<https://www.ains.fi/yritys>>. Luettu 7.9.2023.
- 2 SFS 6000-7-710:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Suomen Standardisoimisliitto.
- 3 Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. 2023. ST 51.79. Sähkötieto ry.
- 4 SFS 6000-1:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Suomen Standardisoimisliitto.
- 5 Tiainen, Esa (toim.). 2022. D1-2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Standard Medical Transformers. Verkkoaineisto. Muuntosähkö Oy. <https://www.trafox.fi/wp-content/uploads/2017/03/Medical_KKSA_KKS_standard_rev10.pdf>. Luettu 22.8.2023.
- 7 Kuva alumiinisuojaletyjen käytöstä sähkötilassa. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. A-Insinöörit Oy.
- 8 SFS-EN IEC 61439-3. Pienjännitekeskukset. Osa 3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskukset (jakokeskukset). Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 SFS 6000-4-41:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 SFS 6000-5-51:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 SFS-EN 13501-6:2019 + A1:2022:en. Fire classification of construction products and building elements. Part 6: Classification using data from reaction to fire tests on power, control and communication cables. Suomen Standardisoimisliitto.

- 13 Superintend IMD-MED, Asennus- ja käyttöohje. Verkkoaineisto. Muutosähkö Oy. <<https://www.trafox.fi/wp-content/uploads/2016/10/Superintend-IMD-MED-Asennus-ja-kayttoohje-v1.17.pdf>>. Luettu 6.9.2023.
- 14 IMD eristystason valvontalaite. Verkkoaineisto. Muutosähkö Oy. <https://www.trafox.fi/wp-content/uploads/2017/01/TrafoSuperintend_IMD_med_FI_rev1.pdf>. Luettu 6.9.2023.
- 15 Vakiotuoteluettelo 2022. Verkkoaineisto. Muutosähkö Oy. <<https://www.trafox.fi/wp-content/uploads/2021/01/Vakiotuoteluettelo2022rev44.pdf>>. Luettu 6.9.2023.
- 16 Kiinteistön sähköverkon suojausten selektiivisyys. 2017. ST 53.13. Sähkötieto ry.
- 17 SFS-EN 60909-0:2016. Short-circuit currents in three-phase a.c. systems. Part 0: Calculation of currents. European Committee for Electrotechnical Standardization.
- 18 Ohjeita vikasuojauksesta enintään 1000 V TN-järjestelmässä. 2018. ST 53.25. Sähkötieto ry.

Lääkintä-IT-jakelujärjestelmän nousujohtokaavio



Lääkintä-IT-ryhmäkeskuksen pääkaavio

	NRO	KAAVIO NRO	NIMITYS	kW / A	SULAKE/ VAROKE	KAAPELI
			Potentiaalintasauskisko			MK-HF 16 KeVi
			Syöttö lääkitäsuojaerotusmuuntajalta UPS-jakelujärjestelmä	6,3 kVA	35/63	FRHF 3x16 S
	1		Eristystilan valvontalaite		B6	
			Lääkitäsuojaerotusmuuntajalle Valvonta ja mittaukset			MMO-HF 7x2,5 S
			Hälytykset lääkitättilassa			
			Hälytysten siirto Esim. rakennusautomaation kautta			
			Eristysvian paikannusjärjestelmä Tilavaraus			
			PE-johtimien jatkuvuuden valvontayksikkö Tilavaraus			
	2		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
	3		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
	4		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
	5		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
	6		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
	7		Pistorasiat UPS/IT		B16	MMJ-HF 4x2,5 S
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piiirilaji: PÄÄKAAVIO			
			Piiirustuksen sisältö: Lääkitä IT-ryhmäkeskus UPS-jakelujärjestelmä			
	Suun.	JILV	Työnro:	Valmiusaste:		
	Tark.		Suunnala:	SAH	Piiir. n:o	Muutos
	Hyv.		Päiväys:	28.10.2023	Tiedostonimi:	Sivu nro 1