

Matti Paananen

UPS-TUKIVERKON LAAJENNUS

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2014**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

| | | |
|--|------------------------------|---|
| Yksikkö Ylivieskan yksikkö | Aika Helmikuu 2014 | Tekijä/tekijät Matti Paananen |
| Koulutusohjelma Sähkötekniikka | | |
| Työn nimi UPS-tukiverkon laajennus | | |
| Työn ohjaaja Jari Halme | | Sivumäärä 18 + 10 liitettä |
| Työelämäohjaaja Kimmo Autiola | | |
| <p>Tämä insinööri työ toteutettiin PPO-Yhtiöt Oy:lle, joka on Pohjois-Pohjanmaan suurimpia teleyrityksiä. Vuoden 2012 lopulla PPO-Yhtiöt Oy myytiin Elisa Oyj:lle. Tein tämän työn entisen esimieheni ehdotuksen pohjalta.</p> <p>Käsittelen työssä varmennetun sähköverkon suunnittelua, toimintaperiaatetta ja Viestintäviraston asettamia vaatimuksia teleyrityksille. Tein uudistukset vanhan UPS-verkon keskusten dokumentointiin ja lisäksi laajennuksen muutokset dokumentteihin.</p> <p>Tekniset dokumentit menivät työnantajalle, en esittele niitä tässä työssä.</p> | | |
| Asiasanat Keskeytymätön sähkönsyöttö, tasasuuntaaja, vaihtosuuntaaja | | |

ABSTRACT

| | | |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | Date February 2014 | Author Matti Paananen |
| Degree programme Electrical engineer | | |
| Name of thesis Expansion of UPS support network | | |
| Instructor Jari Halme | | Pages 18 + 10 |
| Supervisor Kimmo Autiola | | |
| <p>This thesis was commissioned by PPO-Yhtiöt Oy, which is one of the largest telecommunications companies in the northern Ostrobothnia. At the end of 2012 PPO-Yhtiöt Oy was sold to Elisa Oyj. This thesis originated from a proposal of my former boss.</p> <p>This thesis discusses the design and working principle of an uninterruptible power supply network as well as the requirements for telecommunications operators, set by the Finnish communication regulatory authority. The documents of the old UPS support network centers were updated and the changes concerning the extension were documented.</p> <p>Technical documents went to the employer. They are not presented in this thesis.</p> | | |
| Key words Inverter, rectifier, uninterruptible power supply | | |

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

| | |
|------------|--|
| ΔU | Jännitealenema |
| Δu | Suhteellinen jännitealenema |
| φ | Jännitteen ja virran välinen vaihe-eron kulma |
| c | Jännitekerroin |
| I_N | Nimellisvirta |
| I_k | Oikosulkuvirta |
| I_{pk} | Pääkeskuksen oikosulkuvirta |
| I_t | Kaapelin kuormitettavuus |
| I_Z | Kaapelin todellinen kuormitettavuus |
| k_1 | Lämpötilan korjauskerroin |
| k_2 | Asennustavan korjauskerroin |
| l | Kaapelin pituus |
| r | Kaapelin resistanssi pituusyksikköä kohti |
| r_{PE} | Kaapelin PE-johtimen resistanssi pituusyksikköä kohti |
| S_N | Nimellisteho (näennäisteho) |
| U_N | Nimellisjännite |
| UPS | Uninterruptible power supply; keskeytymätön sähkönsyöttö |
| x | Kaapelin reaktanssi pituusyksikköä kohti |
| Z_L | Kaapelin vaihejohtimen impedanssi |
| Z_M | Verkon impedanssi, muuntajalta pääkeskukselle |
| Z_{PE} | Kaapelin PE-johtimen impedanssi |

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PPO JA SEN PALVELINHOTELLI | 1 |
| 2 | VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYKSET SÄHKÖNSYÖTÖN VARMISTUKSELLE | 2 |
| 3 | UPS | 7 |
| 4 | SUUNNITTELU | 10 |
| | 4.1 Tietojen kerääminen | 10 |
| | 4.2 Dokumentoinnin päivitys | 12 |
| | 4.3 Mitoitus | 13 |
| 5 | YHTEENVETO | 18 |
| | LÄHTEET | 19 |
| | LIITTEET | |
| | KUVIOT | |
| | KUVIO 1. Voimalaitejärjestelmä | 5 |
| | KUVIO 2. UPS-laitteiston komponentit | 6 |
| | KUVIO 3. Virran kulku UPS-laitteistossa kytkentätapa 1. | 7 |
| | KUVIO 4. Virran kulku UPS-laitteistossa kytkentätapa 2. | 8 |
| | KUVIO 5. UPS-laitteisto | 8 |
| | KUVIO 6. CADS dokumenttien päivitys | 10 |
| | TAULUKOT | |
| | TAULUKKO 1. Tärkeysluokat | 2 |
| | TAULUKKO 2. Tehonsyötön varmistus | 4 |
| | TAULUKKO 3. Draka MCMK kaapelien kuormitettavuus ja johtimien resistanssi | 14 |
| | TAULUKKO 4. gG-sulakkeiden vaatima oikosulkuvirta | 17 |

1 PPO JA SEN PALVELINHOTELLI

Sain opinnäytetyön aiheeksi suunnitella laajennuksen PPO Yhtiöt Oy:n palvelinhotellin UPS-verkoston. Entisen verkoston kapasiteetti oli käymässä liian pieneksi.

PPO Yhtiöt Oy oli suurimpia teleyrityksiä Pohjois-Suomen alueella ennen vuotta 2012, jolloin Elisa Oyj osti sen. PPO Yhtiöt Oy on rakentanut runkokuituverkon Etelä-Suomesta Länsi-Lappiin asti. PPO Yhtiöt Oy omistaa useita satoja mastopaikkoja, joita se vuokraa pääasissa eri operaattoreille.

PPO Yhtiöt Oy:n päätoimipaikalla Ylivieskassa sijaitsevat palvelinhotelli ja muut datakeskustilat. Palvelinhotellin tarkoituksena on tuottaa yrityksille turvallista tilaa Internet-palvelimien pyörittämiseen. Suurimpina palvelinhotellin asiakkaina ovat puhelin- ja internet-liittymiä tarjoavat operaattorit.

Työn tavoitteiksi asetin päivittää dokumentoinnit vanhan UPS-verkon osalta ja tehdä sähköinen mitotoitus laajennukselle. Itse laajennustyö rajataan pois tästä insinööriyöstä. Lisäksi tavoitteenani on perehdyttää insinööriyön lukijat UPS-verkon toimintaan. Opinnäytetyön avulla toivon lukijan tutustuvan Viestintäviraston määräyksiin sähkönsyötön varmistuksen osalta.

2 VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYKSET SÄHKÖNSYÖTÖN VARMISTUKSELLE

Viestintäviraston asettaa vaatimuksia viestintäverkkojen ja palvelujen varmistamisesta. Virasto on tehnyt tärkeys luokittelun palvelujen kattavuuden mukaan. (TAULUKKO 1.)

TAULUKKO 1. Tärkeysluokat (Viestintävirasto 2012, 6)

| Tärkeysluokka | Viestintäverkon tai -palvelun komponentti |
|---------------|--|
| 1 | <p>Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 60 000 km² alueella tai komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan</p> <ul style="list-style-type: none"> · $\geq 200\ 000$ käyttäjän puhelinpalveluun tai · $\geq 200\ 000$ käyttäjän tekstiviestipalveluun tai · $\geq 200\ 000$ käyttäjän Internet-yhteyspalveluun tai · $\geq 500\ 000$ käyttäjän sähköpostipalveluun tai · $\geq 300\ 000$ käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai · $\geq 600\ 000$ käyttäjän muuhun viestintäpalveluun. |
| 2 | <p>Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 20 000 km² alueella tai komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan</p> <ul style="list-style-type: none"> · $\geq 50\ 000$ käyttäjän puhelinpalveluun tai · $\geq 50\ 000$ käyttäjän tekstiviestipalveluun tai · $\geq 50\ 000$ käyttäjän Internet-yhteyspalveluun tai · $\geq 200\ 000$ käyttäjän sähköpostipalveluun tai · $\geq 100\ 000$ käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai · $\geq 300\ 000$ käyttäjän muuhun viestintäpalveluun. |
| 3 | <p>Komponentti, joka vaikuttaa</p> <ul style="list-style-type: none"> · ≥ 1000 käyttäjän puhelinpalveluun tai · $\geq 20\ 000$ käyttäjän puhelinpalveluun, joka tarjotaan internetyhteyspalvelun päällä tai · $\geq 10\ 000$ käyttäjän tekstiviestipalveluun tai · ≥ 1200 käyttäjän Internet-yhteyspalveluun tai · ≥ 2500 käyttäjän Internet-yhteyspalveluun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkolla tai · $\geq 100\ 000$ käyttäjän sähköpostipalveluun tai · $\geq 50\ 000$ käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai · $\geq 100\ 000$ käyttäjän muuhun viestintäpalveluun. |

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

| | |
|---|--|
| 4 | <p>Komponentti, joka vaikuttaa</p> <ul style="list-style-type: none"> · ≥ 250 käyttäjän puhelinpalveluun tai · $\geq 10\ 000$ käyttäjän puhelinpalveluun, joka tarjotaan internetyhteyspalvelun päällä tai · ≥ 250 käyttäjän Internet-yhteyspalveluun tai · ≥ 1500 käyttäjän Internet-yhteyspalveluun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkolla tai · $\geq 30\ 000$ käyttäjän sähköpostipalveluun tai · $\geq 20\ 000$ käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai · $\geq 50\ 000$ käyttäjän muuhun viestintäpalveluun. |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> · Kiinteän puhelinverkon keskitin tai · kiinteän verkon Internet-yhteyspalvelun laajakaistakeskitin tai · kiinteän langattoman Internet-yhteyspalvelun tukiasema tai · maanpäällisen radio- tai televisioverkon komponentti, joka palvelee yli 50 kotitaloutta tai · kuitukaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon komponentti, joka palvelee yli 50 kotitaloutta tai · koaksiaalikaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon komponentti, joka välittää joukkoviestintäpalveluita yli 4000 kotitaloudelle tai · komponentti, joka vaikuttaa yleisessä puhelinverkossa toimiviin puhelinpalveluihin tai · komponentti, joka vaikuttaa yli 5 000 käyttäjän sähköpostipalveluun. |

Taulukkoa 1 sovelletaan siten, että viestintäverkon tai -palvelun komponentin tärkeysluokka on korkein mahdollinen tärkeysluokka, jonka taulukossa 1 annetut kriteerit komponentti täyttää. (Viestintävirasto 2012, 4.)

Tila, jonne suunnittelen UPS-tukiverkon laajennusta, kuuluu tärkeysluokkaan 1. (TAULUKKO 1.) Viestintävirasto on asettanut erityisiä vaatimuksia kullekin tärkeysluokalle erikseen. Esittelen vaatimukset, jotka on asetettu tärkeysluokille. Esittelemäni vaatimukset koskevat vain tehon syöttöä, koska vain se liittyy oleellisesti tämän työn tekemiseen.

Taulukossa 2 ovat esillä vaatimukset, jotka koskevat kunkin tärkeysluokan viestintäverkon komponentin laittiloja. Näiden vaatimuksien lisäksi tehonlähteiden ja yleisen sähkönverkon vikatilanteista on järjestettävä hälytys menemään suoraan laitteita huoltavalle yritykselle. (Viestintävirasto 2012)

TAULUKKO 2. Tehonsyötön varmistus (Viestintävirasto 2012, 10)

| Tärkeysluokka 8) | Varateholähteen varmistusaika ^{1),2)} | Varavoimalaitos ja muut vaatimukset |
|---------------------|---|--|
| 1 | ≥ 3 tuntia ⁹⁾ | Kiinteä varavoimalaitos, jonka varmistuksena on: ^{3), 9)} - kiinteän varavoimalaitoksen N+1 -varmistus tai - varateholähteen varmistusajan pidentäminen vähintään 6 tuntiin tai - käytettävissä oleva siirrettävä varavoimalaitos liitännämahdollisuuksineen |
| 2 | ≥ 6 tuntia ⁴⁾ | Kiinteä varavoimalaitos tai käytettävissä oleva siirrettävä varavoimalaitos liitännämahdollisuuksineen |
| 3 | ≥ 12 tuntia ^{4), 5)} | Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, mikäli varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista |
| 4 | ≥ 6 tuntia ⁴⁾ | Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, mikäli varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista |
| 5 | ≥ 3 tuntia ^{6), 7)} | Siirrettävän varavoimalaitoksen liitännämahdollisuus, mikäli varavoimalaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista |

Viestintävirasto on määrittänyt tärkeysluokille tehonsyötön varmistukseksi vaatimukset, jotka on esitelty taulukossa 2. Vaatimuksista voidaan kuitenkin poiketa erityistilanteissa.

1) Maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimille ei vaadita varateholähdettä, mikäli lähettimen tehonsyöttö on varmistettu kiinteällä varavoimalaitoksella.

2) Viestintäverkon tai -palvelun komponentilta ei vaadita varateholähdettä, mikäli komponentti on sijoitettu asiakaskiinteistössä olevaan laitetiltaan ja komponentti palvelee vain kyseistä kiinteistöä.

3) Kiinteän varavoimalaitoksen varmistusta ei vaadita maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimiltä, mikäli varmistusta ei ole toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin.

4) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti on kytketty voimalaitejärjestelmään, jossa tehonsyötön varmistuksena on kiinteä varavoimalaitos, varateholähteen minimivarmistusajaksi riittää 3 tuntia.

5) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti sijaitsee taajamassa, varateholähteen minimivarmistusajaksi riittää 6 tuntia.

6) Matkaviestinverkon peruspeiton tukiaseman ja sitä palvelevan siirtojärjestelmän komponentin varateholähteen varmistusajan tulee olla:

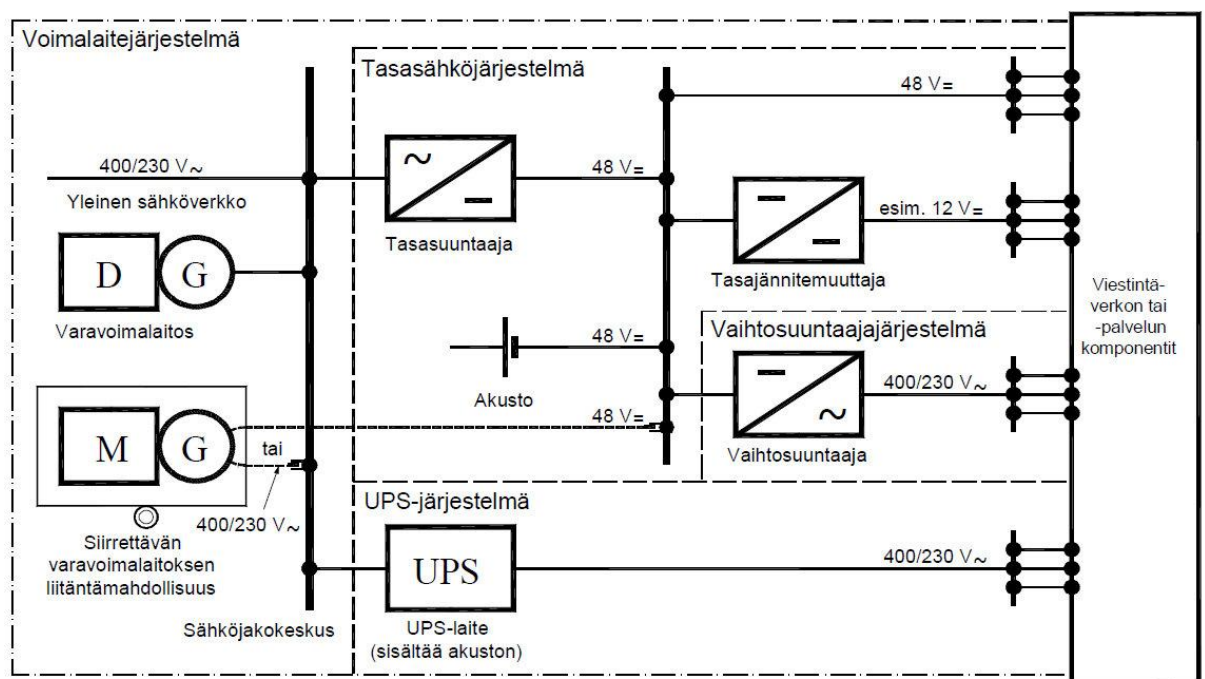
- ≥ 4 tuntia vähintään 30 %:lla taajaman ulkopuolellasijaitsevista tukiasemista,
- ≥ 2 tuntia, mikäli tukiasema on taajamassa sijaitseva kiinteistötukiasema,
- ≥ 15 minuuttia, mikäli tukiasema on LTE-verkon tai mobiili-WiMAX -verkon tukiasema.

7) Mikäli laitetilaan ei ole mahdollista päästä varateholähteen $\geq 2 - 4$ tunnin minimivarmistusajan puitteissa laittilan kaukaisen sijainnin, maasto-olosuhteiden tai odotettavissa olevien keliolosuhteiden vuoksi, tulee varateholähteen minimivarmistusaika pidentää 6 tuntiin.

8) Tärkeysluokalla tarkoitetaan 3 §:ssä määriteltyviestintäverkon tai -palvelun komponentin tärkeysluokkaa.

9) Siirtojärjestelmiin tarvittaessa sovellettava poikkeus: mikäli siirtojärjestelmän komponentin sijaintipaikan läheisyydessä ei ole tärkeysluokan 1 tehonsyötön varmistuksen vaatimukset täyttävää laitetilaa, sovelletaan siihen tärkeysluokan 2 mukaisia tehonsyötön varmistuksen vaatimuksia. (Viestintävirasto 2012, 10.)

Kuviossa 1 on esillä tärkeysluokan 1 vaatimusten mukainen voimalaitejärjestelmä. Kuvion 1 tehonsyötön varmistus on toteutettu varavoimalaitoksella, UPS-järjestelmällä sekä akustolla varustetulla tasasähköjärjestelmällä. (Viestintävirasto 2012).

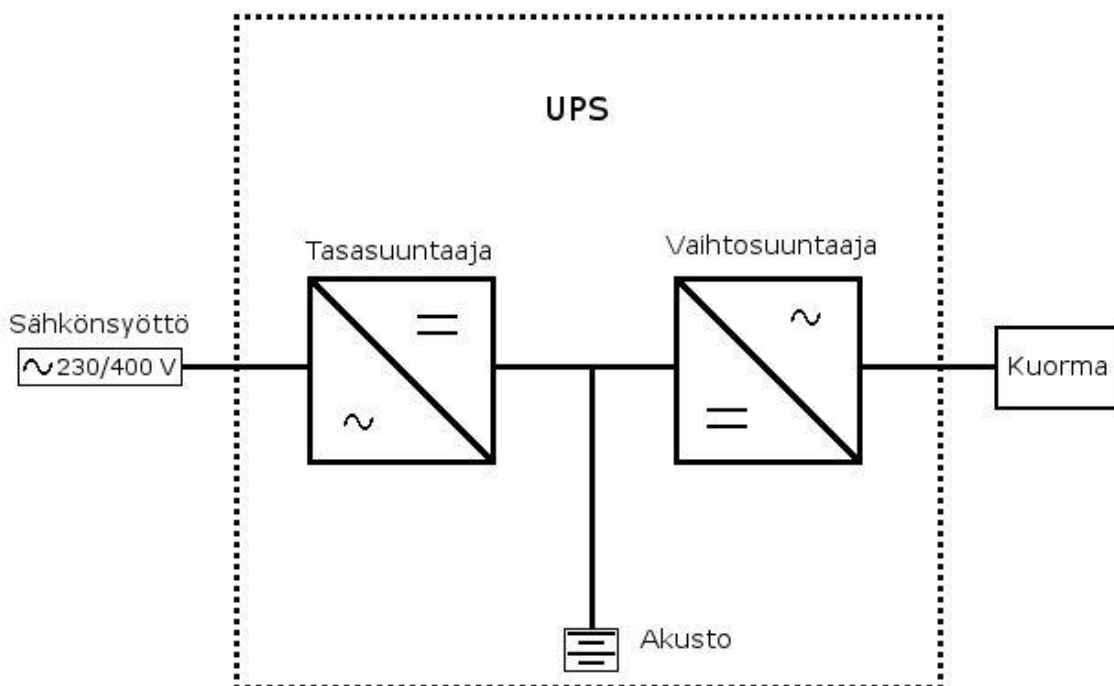


KUVIO 1. Voimalaitejärjestelmä (Viestintävirasto 2012, 9.)

UPS-järjestelmän suurimmat edut verrattuna tasasähköjärjestelmään ovat tehon siirrossa. Voidaan siirtää suurempi teho ohuempaa johdinta pitkin laitteistoille, jotka tarvitsevat katkeamattoman jännitteen syötön. Ohuempien johtimien avulla saadaan myös tehtyä säästöä investoinnin puolelle. Suurissa laitetoissa on usein suuritehoisia laitteita, joiden sähkön syötön toteuttaminen 48 V tasasähköjärjestelmällä vaatisi kohtuuttoman paksuja johtimia. Tämän takia suuremmissa laitteistotiloissa on käytössä UPS-järjestelmä tasasähköjärjestelmän lisäksi.

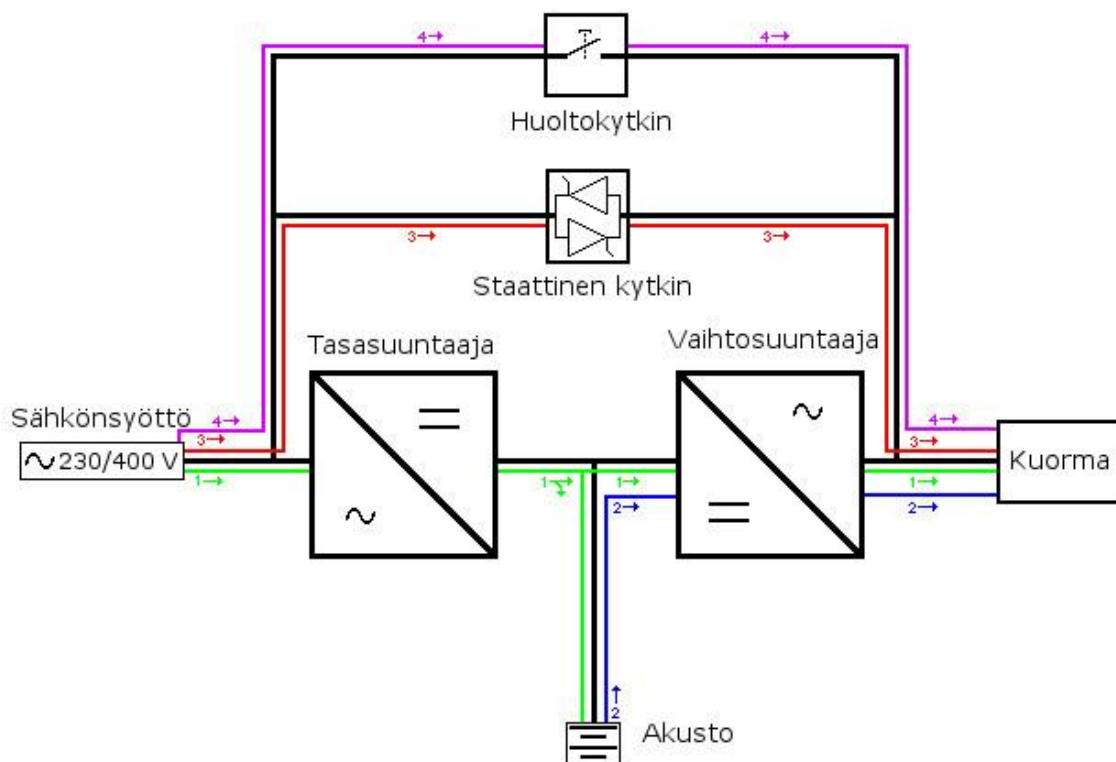
3 UPS

UPS on lyhenne englannin kielisistä sanoista *Uninterruptible power supply*; keskeytymätön sähkönsyöttö. UPS-laitteiston tarkoituksena on taata keskeytymätön sähkönsyöttö laitteille, jotka on kytketty sen syöttämään verkkoon. UPS-laitteisto sisältää tasasuuntaajan, akuston ja vaihtosuuntaajan. (KUVIO 2.)



KUVIO 2. UPS-laitteiston komponentit.

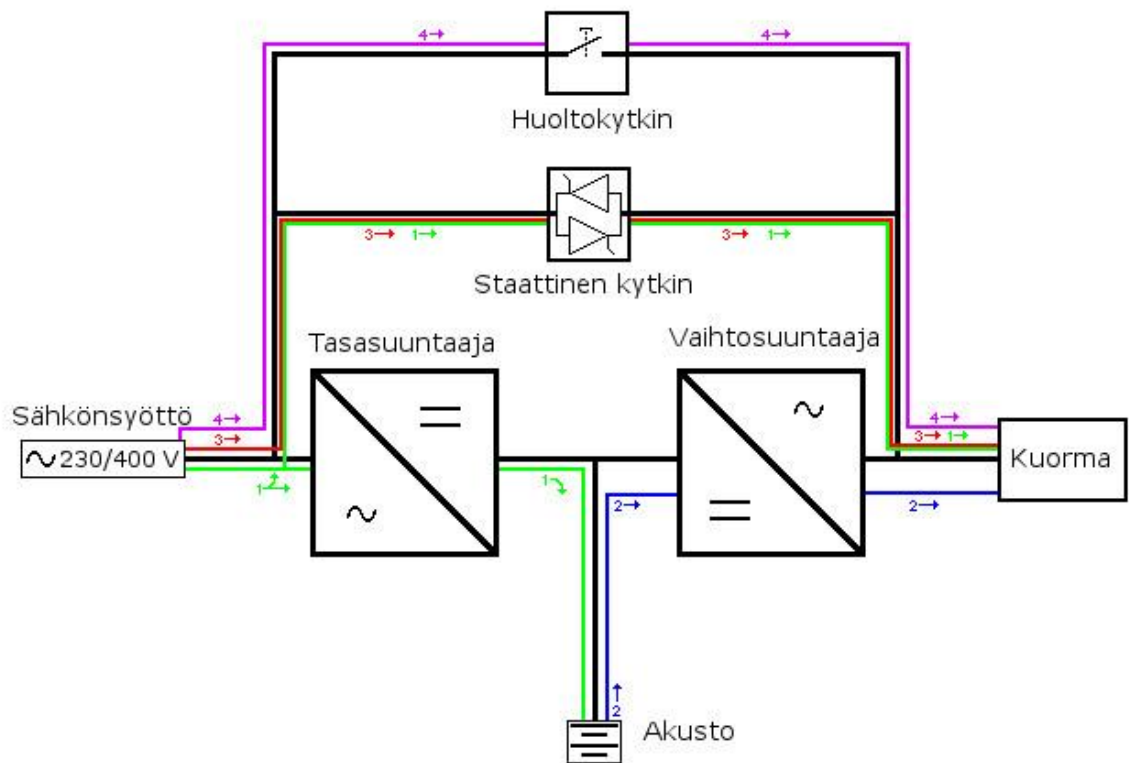
UPS-laitteiston tehtävänä on varmistaa sähkön saatavuus laitteille, jotka on kytketty sen kuormaksi. UPS-laitteistolle tuleva vaihtosähkö muunnetaan tasasuuntaajassa tasasähköksi, joka sitten varastoidaan akustoon. Akuston tehtävänä on ylläpitää varausta silloin kun sähkönsyöttö katkeaa UPS-laitteistolta. UPS-laitteiston vaihtosuuntaaja muuntaa akustoon varastoidun tasasähkön takaisin vaihtosähköksi.



KUVIO 3. Virran kulku UPS-laitteistossa, kytkentätapa 1.

- 1) Vihreä linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa normaalitilanteessa.
- 2) Sininen linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa sähkösyötön häiriötilanteessa.
- 3) Punainen linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa tasasuuntaajan tai vaihtosuuntaajan vikatilanteessa.
- 4) Violetti linja kertoo virran kulun UPS-laiteessa huollon aikana.

Kuvion 3 kytkentätavalla toteutetussa UPS-laitteessa normaaliolosuhteissa tasasuuntaaja varaa akustoa sekä antaa virran vaihtosuuntaajalle, mikä syöttää virran kuormalle. Yleisen sähköverkon vikatilanteessa UPS-laitteiston vaihtosuuntaaja ottaa virtaa akustosta kuormalle. UPS-laitteiston tasasuuntaajan tai vaihtosuuntaajan vikaantuessa staattinen kytkin sulkeutuu ja kuorma saa virran yleisen sähköverkon puolelta suoraan. Kun tehdään UPS-laitteistolle huoltotoimenpiteitä voidaan UPS-laitteiston syöttämä kuorma siirtää yleiseen sähköverkon syöttämäksi huoltokytkimen avulla. Staattinen kytkin ohittaa UPS-laitteiston myös silloin, kun kuorman puolella tapahtuu oikosulku, jotta vältyttäisiin UPS-laitteiston ylikuormitukselta.



KUVIO 4. Virran kulku UPS-laitteistossa, kytkentätapa 2.

- 1) Vihreä linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa normaalitilanteessa.
- 2) Sininen linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa sähkösyötön häiriötilanteessa.
- 3) Punainen linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa tasasuuntaajan tai vaihtosuuntaajan vikatilanteessa.
- 4) Violetti linja kertoo virran kulun UPS-laitteessa huollon aikana.

Kytkeäntavalla 2 toteutetussa UPS-laitteessa normaalitilanteessa tasasuuntaaja varaa akustoa ja kuorma saa virran yleisestä sähköverkosta (KUVIO 4.) Yleisen sähköverkon vikaantuessa vaihtosuuntaaja alkaa ottamaan virtaa akustolta ja staattinen kytkin siirtää kuorman ottamaan virran vaihtosuuntaajan syöttämästä verkosta. Tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan viottuessa kuorma saa virran yleisestä sähköverkosta. UPS-laitteiston huoltoa varten voidaan siirtää kuorma yleisen sähköverkon syöttämäksi huoltokytkimen avulla.

4 SUUNNITTELU

4.1 Tietojen kerääminen

Aloitin tämän suunnitteluprojektin tutustumalla kohteen jo valmiisiin UPS-järjestelmiin. Keräsin tiedot UPS-laitteistojen keskuksilta ja selvitin kaapelointireitit. Tutkin UPS-laitteiden kuormat niiden asetuksista. Kaikki mahdollinen laitteistosta saatava tieto piti kerätä, jotta voi alkaa tekemään laajennussuunnittelua.



KUVIO 5. UPS-laitteisto.

Kuviossa 5 on esillä EATON:in 80 kW UPS-laitteisto, mallia EATON Powerware 9390. Vasemmalla puolella ovat UPS-laitteiston tasasuuntaajat ja vaihtosuuntaajat sekä johtojen liittymiskohdat. Oikealta puolelta löytyy 2-ovinen akustokaappi, mikä sisältää kaikki UPS-

laitteen akut. Akkukaappi sisältää 40 akkua, jotka on asennettu sarjaan. Akut ovat 12 voltin akkuja, ja koko akuston jännitteeksi saadaan 480 V. (EATON corporation 2008, 70)

Tämän tilan nykyiset UPS-laitteistojen jakokeskukset ovat tulleet täyteen sulakkeita, joten kuormaa ei voida lisätä uusien sulakkeiden avulla. UPS-laitteistojen kuormat ovat 75-90 % nimellistehosta, joten tästäkään syystä ei kovin paljoa kuormaa voida lisätä. Kun tutkin UPS-laitteistojen kuormitustasoa huomasin, että kaikki kuormat eivät olleet aivan tasaisesti kytkettyjä. Eri vaiheiden kuormituksia tulisi tasata, niin saataisiin UPS-laitteistot kestävämmän paremmin.

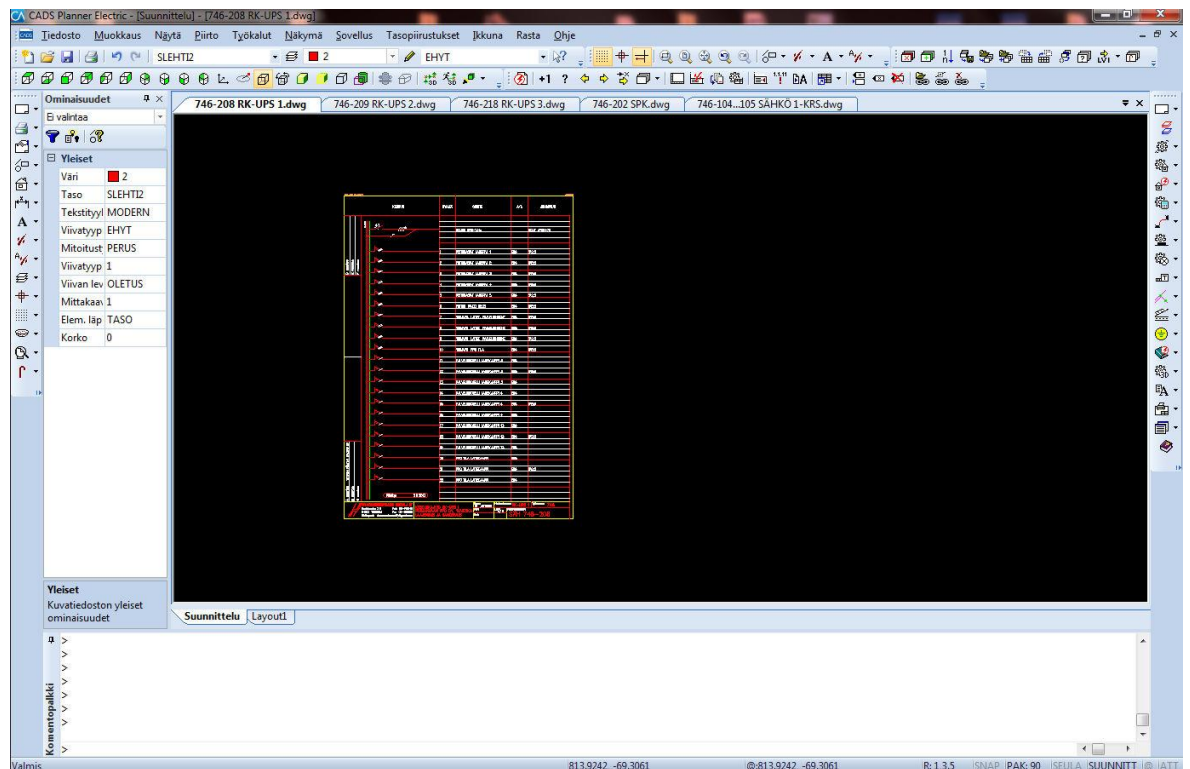
UPS-laitteistot eivät kuitenkaan ole ainoa varmistus kohteessa, vaan siellä on käytössä myös tasajännitejärjestelmä ja varavoimalaitos. Tasajännitejärjestelmä on -48 V, jonka nollapotentiaaliksi on valittu plus-napa. Tasajännitejärjestelmän maadoitus ja plus-napa ovat samassa potentiaalissa. Tasajännitejärjestelmän akuston kapasiteetti on mitoitettu riittämään useiksi tunneiksi. Tasajännitejärjestelmän huonona puolena on se, että kuorman kasvaessa joudutaan käyttämään suuripoikkipintaisia kaapeleita kuorman syöttöön. 230 V vaihtosähköllä virrat saadaan pysymään matalina, ja voidaan käyttää pienemmillä poikkipinnoilla varustettuja johtimia saman tehon syöttämiseksi.

Varavoimalaitos on vielä varmistamassa sen, että akuista ei pääse virta loppumaan pidempien sähkökatkokkien aikana. Varavoimalaitos käynnistyy automaattisesti 10-25 sekunnin kuluttua siitä, kun jännite on katkennut yleisestä sähkönjakeluverkosta. Näiden varmistusten avulla on saavutettu Viestintäviraston asettamat määräykset viestintäverkon komponenttien toimivuudesta.

Kirjoitin itselleni muistiin keskuksiin tehdyt lisäykset ja tutustuin sähköpääkeskukseen, josta syötetään UPS-laitteistoja. Etsin sähköpääkeskuksesta vapaita sulakepaikkoja UPS-laitteiston laajennusta varten. Selvitin vaihtoehtoiset kaapelireitit, mistä uuteen UPS-laitteeseen asennettaisiin syöttökaapeli. Valitsemaani reittiä käytettäessä matkaksi tuli 24 m. Tuota kaapelin mittaa voin käyttää mitoituslaskelmissa.

4.2 Dokumentoinnin päivitys

Kun olin saanut kerättyä tiedot keskuksiin tehdyistä muutoksista, aloitin päivittämään dokumentoinnin ajan tasalle. Päivittämiseksi sain Autiolalta alkuperäiset sähköpiirustukset, joiden pohjalta lähdin tekemään päivitykset. Päivittämiseen käytin CADS-sähkösuunnitteluohjelmistoa, jolla päivitysten tekeminen sujui suhteellisen nopeasti. Dokumentteja en esittele, koska ne ovat salaisia ja menevät suoraan vain Autiolalle.



KUVIO 6. CADS dokumenttien päivitys.

Kuviossa 6 on esillä CADS-sähkösuunnitteluohjelmisto, jolla päivitin dokumentit. Kuviossa auki oleva tiedosto on yksi päivittämistäni UPS-keskuksista. Keskuksen kaikki varokkeet olivat käytössä ja dokumenteissa oli merkittynä vain muutama alkuperäinen syöttö, joten lisättäviä syöttöjä oli paljon. Dokumenttien päivitys on tietysti vain yksi osa suunnittelua, mutta on sekin tärkeä vaihe. Päivittämällä dokumentit saadaan selkeyttä järjestelmään ja pysytään siten ajan tasalla kytkettyjen laitteiden suhteen sekä voidaan hahmottaa kokonaisuormon määrää. Dokumenttien päivityksen yhteydessä tein myös varausmerkinnät UPS-laajennuksesta sähköpääkeskuksen luetteloon ja sähköpiirustuksiin.

4.3 Mitoitus

Ensimmäisen UPS-laitteen mitoitus on yleensä haastavampaa kuin jonkun järjestelmän laajennus. Ensimmäistä UPS-laitetta hankkiessa tulee ottaa selvää useiden valmistajien laitteistoista ja niiden myöhemmästä laajennusmahdollisuudesta sekä toimivuudesta suurempana kokonaisuutena. Kun mietitään laajennukseen uutta UPS-laitetta, on suositeltavaa käyttää saman valmistajan laitteistoa kuin entisissä UPS-laitteissa. Näin saadaan laajennusyksikkö toimimaan parhaiten. Yleensä ohjelmistot eivät sovellu käytettäväksi eri valmistajien UPS-laitteiden kanssa.

Mitoitukseen sisältyy monenlaisia laskutoimenpiteitä sulakkeiden virta-arvon ja johtojen poikkipinta-alojen selvittämiseksi. Tietysti pitää ensin valita sopiva UPS-yksikkö, mikä on tässä tapauksessa uusi samanlainen kuin kaksi aikaisempaa UPS-yksikköä. Valintana on EATON Powerware 9390, jonka nimellisteho on 80 kVA. Tästä nimellistehosta voin laskea nimellisvirran, jonka avulla voin mitoittaa tarvittavan kaapelin ja sulakkeet kojeelle. Seuraavasta näennäistehon yhtälöstä voin ratkaista nimellisvirran laskemiseen tarvittavan yhtälön.

$$S_N = \sqrt{3} * I_N U_N \quad (1)$$

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} * U_N} \quad (2)$$

Nyt sijoitan arvot yhtälöön ja saan tulokseksi tarvitsemani nimellisvirran.

$$I_N = \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} \approx 115,5 \text{ A} \quad (3)$$

Tämän virta-arvon avulla voin selvittää riittävän suuren sulakkeen kojetta varten, joka olisi tässä tapauksessa 125 A gG sulake. Kaapeli asennetaan kaapelitikkaille. Saan liitteen 1 taulukon kohdasta 34 referenssiasennustavaksi E tai F, joka vastaa asennusta vapaasti ilmaan. Saatavilla oleva kaapeli on MCMK 4x50/25, jonka kuormitettavuus on 162 A. Kuormitettavuus on valittu taulukosta 3 kohdasta kuormitettavuus ilmassa johdin 70 ° C. Keräämiäni tietojen perusteella kaapeli tulee kaapelitikkaille, jossa on enimmillään 9 kuormitettua voimavirtakaapelia. Huoneen lämpötila on 25 ° C. Nyt otetaan

korjauskertoimet liitteen 2 taulukoista, lämpötilan korjauskertoimeksi $k_1 = 1$ ja tikkailla asennettuna 9 muun kuormitetun kaapelin kanssa saadaan korjauskertoimeksi $k_2 = 0,78$.

$$I_z = I_t * k_1 * k_2, \quad (4)$$

jossa I_z on todellinen kaapelin kuormitettavuus, I_t on kaapelin kuormitettavuustaulukosta saatu arvo, k_1 ja k_2 ovat korjauskertoimia (Suomen Standardisoimisliitto 2007, 280). Seuraavaksi laitteen liitteen 2 taulukoista saadut korjauskertoimet ja kaapelin kuormitettavuuden kaavaan, josta saan kaapelin todellisen kuormitettavuuden kyseisessä olosuhteessa.

$$I_z = 162 \text{ A} * 1 * 0,78 = 126,36 \text{ A} \quad (5)$$

TAULUKKO 3. Draka MCMK kaapelien kuormitettavuus ja johtimien resistanssi (Draka NK Cables Oy 2006)

| Johtimien lukumäärä ja poikkipinta $n \times \text{mm}^2$ | Kuormitettavuus | | Johtimien maksimi-resistanssi | | Johtimien reaktanssi 50 Hz $\text{m}\Omega/\text{m}$ |
|--|---------------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| | Maassa johdin 70 °C A | Ilmassa johdin 70 °C A | Sisä- johtimet $\text{m}\Omega/\text{m}$ | PE- johdin $\text{m}\Omega/\text{m}$ | |
| MCMK 4x35/16 AN | 160 | 134 | 0,63 | 1,15 | 0,085 |
| MCMK 4x50/25 AN | 190 | 162 | 0,47 | 0,727 | 0,085 |
| MCMK 4x70/35 AN | 240 | 208 | 0,32 | 0,524 | 0,082 |
| MCMK 4x95/50 AN | 285 | 252 | 0,23 | 0,387 | 0,082 |
| MCMK 4x120/70 AN | 325 | 292 | 0,19 | 0,268 | 0,082 |
| MCMK 4x150/70 AN | 370 | 338 | 0,15 | 0,268 | 0,082 |
| MCMK 4x185/95 AN | 420 | 386 | 0,12 | 0,193 | 0,082 |
| MCMK 4x240/120 AN | 480 | 456 | 0,097 | 0,153 | 0,082 |

Liitteen 3 taulukosta voin katsoa, riittääkö kaapelin kuormitettavuus 125 A gG-sulakkeelle. Liittestä 3 näen, että 125 A gG-sulake vaatii johtimen minimi kuormitettavuudeksi 138 A, joka on enemmän kuin sain johtimen kuormitettavuudeksi. Kun käytössä on kyseistä MCMK 4x50/25 kaapelia joudun laittamaan sulakkeeksi 100 A gG-sulakkeen yhdelle johtimelle. Kun laitteen nimellisvirta on 115,5 A, huomaan että 100 A gG-sulake on riittämätön, joten ratkaisuksi laitetaan kaksi kertaa MCMK 4x50/25-kaapeli. Molempien MCMK 4x50/25 kaapelien suojaksi laitetaan omat 100 A gG-sulakkeet. Näin ollen saadaan suojattua kaapelit oikosulun varalta.

Seuraavaksi teen laskelmat jännitteenalenemasta ja oikosulkuvirran riittävydestä. Pääkeskuksen mitattu oikosulkuvirta on yli 23 kA. Se on melko suuri, ja todennäköisesti oikosulkuvirta on riittävä. Jännitteenalenema ei tulisi olla yli 2% kuluttajan sähköasennuksissa, joten siitä on syytä tehdä tarkastelu. Jännitteenaleneman tarkasteluun tarvitsen seuraavaa yhtälöä. (Suomen Standardisoimisliitto 2007.)

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_N l * (r * \cos\varphi \pm x * \sin\varphi), \quad (6)$$

missä ΔU on jännitteenalenema, I_N on nimellisvirta, l on kaapelin pituus, r on kaapelin resistiivisyys metriä kohden, $\cos\varphi$ on tehokerroin ja x on kaapelin reaktanssi pituusyksikköä kohti. UPS-laitteen tehokerroimen $\cos\varphi = 0,99$ arvon olen saanut UPS-laitteen ohjekirjasta. Tästä saan laskettua loistehon kertoimen $\sin\varphi$, jonka arvoksi tulee 0,14. UPS-laitteen nimellisvirta on 115,5 A, kaapelin resistiivisyyden arvon saan taulukosta 3, joka on käytetylle kaapelille 0,47 m Ω /m. Koska käytän kahta rinnakkain kytkettyä kaapelia jaan arvon 2:lla, jotta saan oikean tuloksen eli resistiivisyys on 0,235 m Ω /m. Taulukosta 3 saan kaapelin reaktanssiksi 0,085 m Ω /m. Reaktanssin muutos ei kuitenkaan tapahdu samalla tavalla kuin resistanssin, joten voin käyttää MCMK 95/50 kaapelin reaktanssin arvoa 0,082 m Ω /m, koska se kaapeli vastaa lähes 2 x MCMK 50/25 kaapelia poikkipinta-alaltaan. Olen arvioinut aiemmin tulevan syöttökaapelin mitaksi 24 m. (Jylhä-Ollila K. 2012.)

$$\Delta U = \sqrt{3} * 115,5 \text{ A} * 24 \text{ m} * (0,235 \text{ m}\Omega/\text{m} * 0,99 + 0,085 \text{ m}\Omega/\text{m} * 0,14)$$

$$\Delta U \approx 1,2 \text{ V} \quad (7)$$

Jännitteenaleneman suhteellisen arvon voin laskea jakamalla jännitealeneman nimellisjännitteellä. Suhteellista jännitteenaleneman arvoa tarvitsen, jotta voin varmistaa sen riittävyyden standardin vaatimukseen alle 2 %.

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_N} * 100 \% = \frac{1,2 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100 \% = 0,1 \% \quad (8)$$

Jännitteen alenema on 0,1%, joten jännite ei laske liikaa UPS-laitetta syöttävässä kaapelissa. Seuraavaksi tarkastelen oikosulkuvirran riittävyyden sulakkeiden oikein toimimista varten. Ensin selvitetään verkon impedanssi hyödyntäen pääkeskuksen oikosulkuvirtaa.

$$Z_M = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot I_{pk}} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 23 \text{ kA}} \approx 0,01 \Omega \quad (9)$$

Sitten lasketaan kaapelin impedanssit vaihejohtimissa ja PE-johtimissa erikseen. Koska oikosulun tehokertoimeksi $\cos\varphi$ voi olettaa 1, voidaan laskea impedanssin käyttäen vain kaapelin resistanssin arvoja.

$$Z_L = l \cdot r = 24 \text{ m} \cdot 0,235 \text{ m}\Omega/\text{m} \approx 0,0056 \Omega \quad (10)$$

$$Z_{PE} = l \cdot r_{PE} = 24 \text{ m} \cdot 0,364 \text{ m}\Omega/\text{m} \approx 0,0087 \Omega \quad (11)$$

Nyt lasketaan yhteen impedanssit, jonka jälkeen voidaan laskea oikosulkuvirta mitoitettun kaapelin päädyssä.

$$Z = Z_M + Z_L + Z_{PE} = 0,01 \Omega + 0,0056 \Omega + 0,0087 \Omega = 0,0243 \Omega \quad (12)$$

$$I_k = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,0243 \Omega} \approx 9,03 \text{ kA} \quad (13)$$

Oikosulkuvirran laskennassa käytetään jännitteen kertoimena c arvoa 0,95, jotta saadaan laskettua minimi oikosulkuvirta ottaen huomioon mahdollisen verkon jännitteenaleneman. Taulukosta 4 voin tarkistaa oikosulkuvirran riittävyydelle määrittämälleni 100 A gG-sulakkeelle. Taulukon 4 mukaan gG-sulakkeelle vaadittu laskennallinen oikosulkuvirta on 1 kA, joten laskemani 9 kA oikosulkuvirta riittää hyvin sulakkeen riittävän nopeaan toimintaan.

Taulukossa 4 on kerrottuna eri gG-sulakkeiden vaatimat laskennalliset minimi-oikosulkuvirrat sekä laitteelle tuodun kaapelin päädyistä mitaamalla todetut minimi-oikosulkuvirrat täyttämään syötön nopean poiskytkennän asettamat vaatimukset.

TAULUKKO 4. gG-sulakkeiden vaatima oikosulkuvirta (STUL ry 2006.)

| gG-sulakkeen nimellisvirta | Laskennallinen minimi-oikosulkuvirta | Mitattu minimoioikosulkuvirta |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| A | A | A |
| 2 | 16 | 20 |
| 3 | 32 | 40 |
| 6 | 46,5 | 58,2 |
| 10 | 82 | 102,5 |
| 16 | 110 | 137,5 |
| 20 | 145 | 181,3 |
| 25 | 180 | 225 |
| 32 | 270 | 337,5 |
| 40 | 315 | 393,8 |
| 50 | 470 | 587,5 |
| 63 | 550 | 687,5 |
| 80 | 840 | 1050 |
| 100 | 1000 | 1250 |
| 125 | 1450 | 1812,5 |
| 160 | 1600 | 2000 |
| 200 | 2100 | 2625 |
| 250 | 2800 | 3500 |
| 315 | 3700 | 4625 |
| 400 | 4800 | 6000 |
| 500 | 6400 | 8000 |
| 630 | 8500 | 10625 |

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteiksi asetin päivittää dokumentoinnit vanhan UPS-verkon osalta ja tehdä sähköinen mitotoitus laajenukselle. Lisäksi tavoitteenani on perehdyttää insinööriyön lukijat UPS-verkon toimintaan. Opinnäytetyön avulla toivoin lukijan tutustuvan Viestintäviraston määräyksiin sähkönsyötön varmistuksesta siltä osin, jotka koskee teleyrityksiä.

Tekniset dokumentit sain päivitettyä ja toimitettua Autiolalle, työn tilaajalle. Sähköisen mitoituksen ja suunnittelun tuloksena laajenukseksi on EATON Powerware 9390, jonka tehoksi valittiin 80 kVA. Kaapeloinnin osalta päädyin laittamaan kaksi MCMK 4x50/25 kaapelia syöttämään kyseistä UPS-laitteistoa. Sulakkeiksi sain mitoitettua 100 A gG-sulakkeet.

Tässä opinnäytetyössä olen kertonut UPS-laitteiston toiminnasta sekä viestintäviraston määräyksistä tehonsyötön varmistuksen osalta. Mielestäni insinööriyö onnistui hyvin, mutta todennäköisesti insinööriyöstä ei tule olemaan suurta hyötyä PPO Yhtiöt Oy:lle, koska yritys myytiin Elisalle. Itselleni tämän insinööriyön tekeminen on antanut paljon tietoa UPS-laitteistosta ja sen mitoittamisesta.

LÄHTEET

Draka NK Cables Oy joulukuu 2006. MCMK 0,6/1 kV tietolomake. Saatavilla osoitteesta: <https://www.sahkonumerot.fi/0600134/doc/technicalinfodoc/> (Luettu 10.7.2013)

EATON Corporation 2008. Käyttö- ja asennusohje UPS 40-160 kVA 400V 50/60 Hz lähtö. Saatavilla osoitteesta: http://lit.powerware.com/ll_download.asp?file=9390_manual_FIN_1023294_rev_C.pdf (Luettu 10.7.2013)


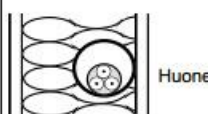

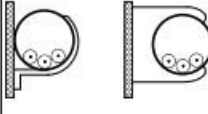
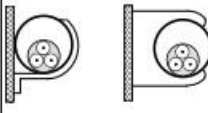
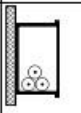
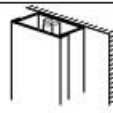
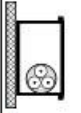

D1-Käsikirja Rakennusten sähköasennuksista. Espoo. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2006.

Jylhä-Ollila, K. 2012. Sähköalan standardit. Luentomuistiinpanot. Centria ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan yksikkö.

SFS-Käsikirja 600 Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. Lokakuu 2007.

Määräys viestintäverkkojen ja -palvelujen varmistamisesta. Helsinki: Viestintävirasto. toukokuu 2012. Saatavilla Viestintäviraston asiakaspalvelusta: M54_A_2012.pdf (Luettu 8.7.2013)

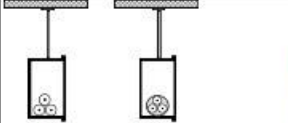

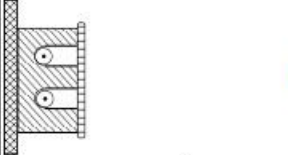


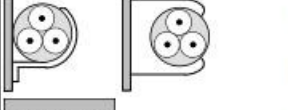


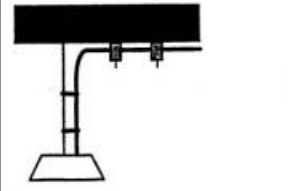
Taulukko 1. Esimerkkejä asennustavoista ja kuormitettavuutta koskevia ohjeita (Suomen Standardisoimisliitto 2007)

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelyssä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|--|---|
| 1 |  Huone | Eristetyt johtimet lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa ^{a,c} | A |
| 2 |  Huone | Kaapeli lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa ^{a,c} | A |
| 3 |  Huone | Monijohdinkaapeli suoraan lämpöeristetyssä seinässä ^{a,c} | A |
| 4 |  | Eristetyt johtimet puu- tai kiviseinän pinnalle asennetussa putkessa alle 0.3 x kaapelin halkaisijan etäisyydellä seinästä ^c | B |
| 5 |  | Kaapeli puu- tai kiviseinän pinnalle asennetussa putkessa alle 0.3 x kaapelin halkaisijan etäisyydellä seinästä ^c | B |
| 6 |  6 | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit johtokanavassa puuseinällä – asennettuna vaakasuoraan ^b – asennettuna pystysuoraan ^{b,c} | B |
| 7 |  7 | | |
| 8 |  8 | Monijohdinkaapeli johtokanavassa puuseinällä – asennettuna vaakasuoraan ^b – asennettuna pystysuoraan ^{b,c} | Harkittavana ^d Voidaan käyttää asennustapaa B |
| 9 |  9 | | |

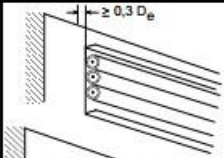
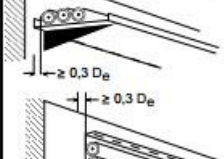
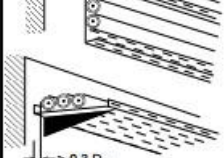
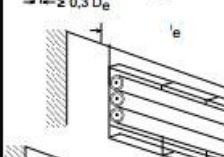
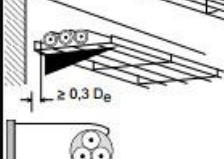

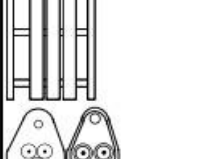
HUOM. 1 Kuvien tarkoituksena ei ole esittää tiettyä tuotetta tai asennuskäytäntöä, vaan niiden tarkoitus on kuvata esitelyä asennustapaa.

HUOM. 2 Kaikki alaviitteet on esitetty taulukon viimeisellä sivulla.

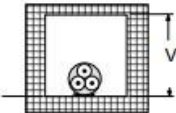
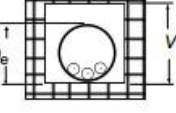
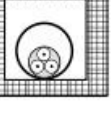
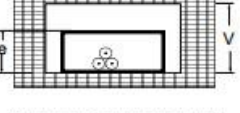
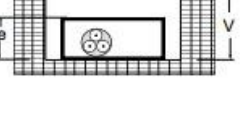
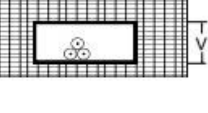
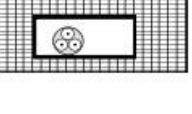
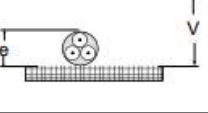
Taulukko 1. jatkuu

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelemisessä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|--|---|
| 10 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit riippuvassa johtokanavassa ^b | B |
| 11 |  | Monijohdinkaapeli riippuvassa johtokanavassa ^b | B |
| 12 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit muotolistassa ^{c, e} | A |
| 15 |  | Eristetyt johtimet putkessa tai yksijohdinkaapelit ovilistassa ^{c, f} | A |
| 16 |  | Eristetyt johtimet putkessa tai yksijohdinkaapelit ikkunakehyksissä ^{c, f} | A |
| 20 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: – kiinni tai enintään 0,3 x kaapelin halkaisijan etäisyydellä puuseinästä | C |
| 21 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: – kiinnitetty suoraan puisen tai kivirakenteisen katon alapuolelle | C, ottaen huomioon taulukon B.52.17 kohta 3 |
| 22 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: – etäisyyden päässä katosta | harkittavana voidaan käyttää menetelmää E |
| 23 |  | Riippuvan sähkölaitteen kiinteä asennus | C, ottaen huomioon taulukon B.52.17 kohta 3 |

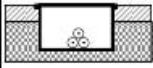
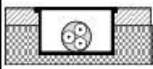



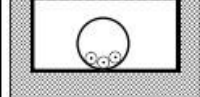

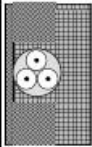
Taulukko 1. jatkuu

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittämisessä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|--|---|
| 30 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: Rei'ittämättömällä hyllyllä asennettuna vaakasuoraan tai pystysuoraan ^{c,h} | C ja taulukon B.52.17 kohta 2 |
| 31 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: Rei'itetyllä hyllyllä asennettuna vaakasuoraan tai pystysuoraan ^{c,h} HUOM. Määrittely, katso kohta B.52.6.2. | E tai F |
| 32 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: Kaapelikannattimilla tai lankaverkon päällä asennettuna vaakasuoraan tai pystysuoraan ^{c,h} | E tai F |
| 33 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: Yli 0,3 kertaa kaapelin halkaisijan etäisyydellä seinästä | E tai F tai menetelmä G ⁹ |
| 34 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: Kaapelitikkailla | E tai F |
| 35 |  | Yksi- tai monijohdinkaapeli ripustettu kannatusvaijerista tai sisältäen kannatusvaijerin | E tai F |
| 36 |  | Paljas tai eristetty johdin eristemillä | G |

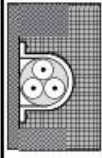
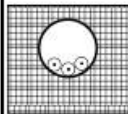
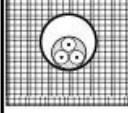

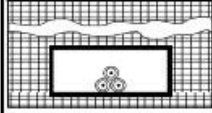
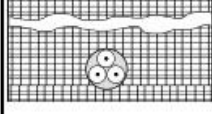
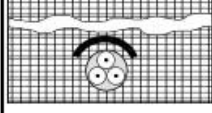
Taulukko 1. jatkuu

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasiennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittämisessä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|--|--|
| 40 |  | Yksi- tai monijohdinkaapeli rakennuksen ontelossa ^{c, h, i} | B |
| 41 |  | Eristetyt johtimet putkessa rakennuksen ontelossa olevassa ^{c, h, i} | B |
| 42 |  | Yksi- tai monijohdinkaapeli putkessa rakennuksen ontelossa ^d | Harkittavana Voidaan käyttää B |
| 43 |  | Eristetyt johtimet umpinaisessa johtokanavassa rakennuksen ontelossa ^{c, i, j} | B |
| 44 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit johtimet umpinaisessa johtokanavassa rakennuksen ontelossa ^c | Harkittavana Voidaan käyttää B |
| 45 |  | Eristetyt johtimet umpinaisessa johtokanavassa kivirakenteessa, jonka lämpöresistiivisyys ei ole suurempi kuin $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ ^{c, h, i} | B |
| 46 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit umpinaisessa johtokanavassa kivirakenteessa, jonka lämpöresistiivisyys ei ole suurempi kuin $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ ^c | Harkittavana Voidaan käyttää B |
| 47 |  | Yksi- tai monijohdinkaapelit: – katon ontelossa – ylösnostetussa lattiassa ^{h, i} | B |

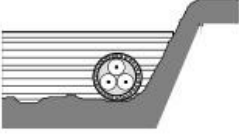
Taulukko 1. jatkuu

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitavuuden määrittelyssä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|---|--|
| 50 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit lattiaan upotetussa avattavassa johtokanavassa | B |
| 51 |  | Monijohdinkaapelit lattiaan upotetussa avattavassa johtokanavassa | Harkittavana, voidaan käyttää B |
| 52 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit upotetussa johtokanavassa ^c | B |
| 53 |  | Monijohdinkaapelit upotetussa johtokanavassa ^c | B |
| 54 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit putkessa kaapelikanavassa, jossa ei ole ilmanvaihtoa, asennettuna vaaka- tai pystysuoraan. ^{c, i, l, n} | B |
| 55 |  | Eristetyt johtimet putkessa avoimessa tai ilmanvaihdolla varustetussa lattiaan asennetussa kaapelikanavassa ^{m, n} | B |
| 56 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit avoimessa tai ilmanvaihdolla varustetussa kaapelikanavassa asennettuna vaaka- tai pystysuoraan ⁿ | B |
| 57 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan kivirakenteessa, jonka lämpöresistiivisyys ei ole suurempi kuin 2 K·m/W Ilman mekaanista lisäsuojasta ^{o, p} | C |

Taulukko 1. jatkuu

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelemisessä (ks. liite 52B) |
|-----------|---|--|---|
| 58 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan kivirakenteessa, jonka lämpöresistiivisyys ei ole suurempi kuin $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ Mekaanisella lisäsuojauksella ^{a, p} | C |
| 59 |  | Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit putkessa kivirakenteessa ^p | B |
| 60 |  | Monijohdinkaapelit putkessa kivirakenteessa ^p | B |
| 70 |  | Monijohdinkaapeli umpinaisessa johtokanavassa tai putkessa maassa | D |
| 71 |  | Yksijohdinkaapelit umpinaisessa johtokanavassa maassa | D |
| 72 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa – ilman mekaanista suojaa | D |
| 73 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa – mekaanisella lisäsuojalla | D |

Taulukko 1. päättyy

| Kohta nro | Asennustapa | Kuvaus | Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelyssä (ks. liite 52B) |
|---|---|--|---|
| 80 |  | Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit upotettuna veteen | D |
| <p>^a Seinän sisemmän pinnan lämmönjohtavuus vähemmän kuin $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.</p> <p>^b Referenssiasennustavalle B liitteessä 52B annetut arvot ovat yhdelle virtapiirille. Jos on useampia kuin yksi virtapiiri johtokanavassa, käytetään taulukossa A.52.17 annettuja korjauskertoimia, riippumatta siitä onko sisäisiä erotus- tai jakoseiniä.</p> <p>^c Kun kaapeli on asennettu pystysuoraan ja ilmanvaihto on rajoitettu, ympäristön lämpötila pystysuoran osuuden yläpäässä voi nousta merkittävästi. Asia on harkittavana.</p> <p>^d Voidaan käyttää referenssiasennustavan B arvoja.</p> <p>^e Koteloinnin lämpöresistiivisyyden oletetaan olevan huono johtuen rakennemateriaalista ja mahdollisista ilmväleistä. Jos rakenne vastaa lämpöteknillisesti asennustapoja 6 tai 7, voidaan käyttää referenssiasennustapaa B.</p> <p>^f Koteloinnin lämpöresistiivisyyden oletetaan olevan huono johtuen rakennemateriaalista ja mahdollisista ilmväleistä. Jos rakenne vastaa lämpöteknillisesti asennustapoja 6, 7, 8 tai 9, voidaan käyttää referenssiasennustapaa B.</p> <p>^g Voidaan käyttää myös taulukon B.52.17 mukaisia kertoimia.</p> <p>^h D_e = monijohdinkaapelin ulkohalkaisija: – 2,2 x kaapelin halkaisija, kun kolme yksijohdinkaapelia on asennettu kolmion muotoon, tai – 3 x kaapelin halkaisija, kun kolme yksijohdinkaapelia on asennettu tasoon.</p> <p>ⁱ V = kivirakenteisen kanavan tai ontelon pienempi mitta tai halkaisija, tai suorakulmaisen kanavan tai lattian tai katon ontelon pystysuora syvyys.</p> <p>^j D_e = putken ulkohalkaisija tai umpinaisen johtokanavan syvyys.</p> <p>^k D_e = putken ulkohalkaisija.</p> <p>^m Asennustavalla 55 voidaan monijohdinkaapeleilla käyttää referenssimenetelmää B.</p> <p>ⁿ Tätä asennustapaa suositellaan käytettäväksi vain tiloissa, joihin henkilöillä on rajoitettu pääsy ja roskien kerääntymisestä aiheutuva palovaara ja kuormitettavuuden pieneminen voidaan ehkäistä.</p> <p>^o Kaapeleilla, joitten poikkipinta on korkeintaan 16 mm^2 kuormitettavuus voi olla suurempi.</p> <p>^p Kivirakenteen lämpöresistiivisyys ei ole suurempi kuin $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$. Kivirakenteella tarkoitetaan tiiltä, betonia, laastia ja vastaavia (muuta kuin lämpöä eristäviä materiaaleja).</p> | | | |

SFS-6000-5-52 Korjauskertoimiin liittyvät taulukot.

Taulukko 1. Ilmaan asennettavien kaapelien yhteydessä käytettävät korjauskertoimet muita ympäristön lämpötiloja kuin 25 °C varten (Suomen Standardisoimisliitto 2007)

| Ympäristön lämpötila °C | Korjauskerroin johtimen eristeen ja sallitun lämpötilan mukaan | |
|-------------------------------|--|---------------------------------|
| | 70 °C PVC | 90 °C PEX, EPR, PVC 90 °C |
| 10 | 1,15 | 1,11 |
| 15 | 1,10 | 1,07 |
| 20 | 1,05 | 1,04 |
| 25 | 1,00 | 1,00 |
| 30 | 0,94 | 0,96 |
| 35 | 0,88 | 0,92 |
| 40 | 0,82 | 0,88 |
| 45 | 0,75 | 0,84 |
| 50 | 0,67 | 0,79 |
| 55 | 0,58 | 0,73 |
| 60 | 0,47 | 0,68 |
| 65 | – | 0,62 |
| 70 | – | 0,56 |
| 75 | – | 0,48 |
| 80 | – | 0,39 |

Talukko 2. Korjauskertoimet ryhmille, joissa on useita piirejä tai useita kaapeleita.
(Suomen Standardisoimisliitto 2007)

| Koh- ta | Sijoitus (kaapelit koskettavat toisiaan) | Piirien tai monijohdinkaapelien lukumäärä | | | | | | | | | | | | Käytetään kuormitetta- vuustaulukon kanssa |
|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 16 | 20 | |
| 1 | Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | B.52.2... B.52.7 asennus- tavat A...F |
| 2 | Yhdessä kerroksessa seinällä, lattialla tai rei'ittämättömällä kaapelihyllyllä | 1,00 | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaa- pelille | | | B.52.2... B.52.3 asennustapa C |
| 3 | Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puisen alakatton pinnalle | 0,95 | 0,81 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | | | | |
| 4 | Yhdessä kerroksessa rei'itettyllä kaapelihyllyllä vaaka- tai pystysuunnassa | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | | | | B.52.4... B.52.7 asennustavat E ja F |
| 5 | Yhdessä kerroksessa tikkailla, tuilla tai kiinnikkeillä jne. | 1,00 | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | | | | |
| <p>HUOM. 1 Nämä kertoimet soveltuvat samanlaisille ja samalla tavalla kuormitetuille kaapeliryhmille.</p> <p>HUOM. 2 Jos lähellä olevien kaapelien etäisyys toisistaan vaakatasosta ylittää kaksi kertaa niiden kokonaishalkaisijan, korjauskertoimia ei tarvitse soveltaa.</p> <p>HUOM. 3 Samoja kertoimia sovelletaan: – kahden tai kolmen yksijohdinkaapelien ryhmiin – monijohdinkaapeleihin.</p> <p>HUOM. 4 Jos järjestelmään kuuluu sekä kaksi- että kolmijohtimisia kaapeleita, kaapelien kokonaislukumäärä vastaa piirien lukumäärää ja vastaavasti sovelletaan kahden kuormitetun johtimen arvoja kaksijohdinkaapeleille ja kolmen kuormitetun johtimen arvoja kolmijohdinkaapeleille.</p> <p>HUOM. 5 Jos ryhmä koostuu n kappaleesta yksijohdinkaapeleita, sitä voidaan käsitellä n/2 kahden kuormitetun johtimen piirinä tai n/3 kolmen kuormitetun johtimen piirinä.</p> <p>HUOM. 6 Tässä annetut arvot ovat keskiarvoja erilaisten taulukkojen B.52.2... B.52.7 mukaisten kaapelityyppien ja asennustapojen arvoista. Arvojen yleinen tarkkuus on $\pm 5\%$.</p> <p>HUOM. 7 Joillekin asennuksille ja muille menetelmille, joihin yllä oleva taulukko ei ole tarkoitettu, voi olla tarpeen käyttää erityistapauksia varten laskettuja taulukkoja, ks. esim. taulukot B.52.20... B.52.21.</p> | | | | | | | | | | | | | | |

Taulukko 1. Johtimien kuormitettavuuden miniarvot erillisillä sulakkeen nimellisvirroilla.
(Suomen Standardisoimisliitto 2007)

| gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A | Johtimen kuormitettavuuden miniarvo A |
|--|---------------------------------------|
| 6 | 8 |
| 10 | 13,5 |
| 16 | 18 |
| 20 | 22 |
| 25 | 28 |
| 32 | 35 |
| 35 | 39 |
| 40 | 44 |
| 50 | 55 |
| 63 | 70 |
| 80 | 88 |
| 100 | 110 |
| 125 | 138 |
| 160 | 177 |
| 200 | 221 |
| 250 | 276 |
| 315 | 348 |
| 400 | 441 |
| 500 | 552 |
| 630 | 695 |
| 800 | 883 |