



JAKELUKISKOJÄRJESTELMÄT

Mika Pohjolainen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

POHJOLAINEN, MIKA: Jakelukiskojärjestelmät

Opinnäytetyö 30 s., liitteet 1 s.
Marraskuu 2011

Tässä opinnäytetyössä on esitelty jakelukiskojärjestelmää, sen rakennetta ja mahdollisia käyttöpaikkoja. Jakelukiskojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, missä sähkönjakelu on tehty koteloidulla virtakiskoilla. Teho saadaan siirrettyä virtakiskosta kulutuskohteille virranottimien avulla.

Työn tarkoituksena oli tuoda esille jakelukiskojärjestelmän suunnitteluun, mitoittamiseen ja asentamiseen liittyviä asioita. Pääasiassa suunnittelun ja asennuksen hoitavat jakelukiskoihin erikoistuneet yritykset.

Opinnäytetyön lopussa on esimerkkikohde, jossa on hintavertailu kerrostalon nousujohtojen korvaamisesta virtakiskolla. Laskelmissa on otettu huomioon ai-noastaan materiaalikustannukset. Laskelmista selvisi, että kohteessa, jossa ei tarvita suuria tehoja nousujohtot tulevat halvemmaksi vaihtoehdoksi virtakiskoihin verrattuna.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electric Engineering
Option of House electricity

POHJOLAINEN, MIKA: Busbar trunking systems

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 1 page
November 2011

In this thesis there is a presentation of busbar trunking systems, its structure and its possible places of usage. Busbar trunking systems is a system where electric distribution is made with enclosed power rail. Electrical power can be transferred from power rail to consumption target with tap-off units.

Main idea of this thesis is to gather information about planning, measuring and assembly of busbar trunking systems. Usually specialized companies are doing both planning and installing.

At the end of the thesis there is an example target with a comparison of making riser with power rail instead of with wiring. Calculations are made from material costs only. The calculations showed that a target with little need of electric power is cheaper to make with wiring instead of with power rail.

Key words: Busbar trunking systems

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO.....	6
2.	JAKELUKISKOJÄRJESTELMÄ.....	7
2.1.	Jakelukiskojärjestelmän käyttökohteet.....	7
2.2.	Virtakiskon rakenne.....	8
2.3.	Läpiviennit.....	9
2.4.	Virranottimet.....	10
2.5.	Jakelukiskojärjestelmän edut ja haitat.....	11
2.6.	Standardit.....	12
3.	SUUNNITTELU	13
3.1.	Mitoitus.....	13
3.2.	Nollajohtimen valinta.....	16
3.3.	Yliaallot	16
3.4.	Jakelutien suunnittelu.....	17
3.4.1	Suoramoduuli	18
3.4.2	Kulmamoduuli.....	18
3.4.3	Haaroitukset	19
3.4.4	Vaiheenkääntäjä.....	19
3.5.	Valaistus	20
3.5.1	Valaistuksen toteutus virtakiskoilla	20
3.5.2	Valaistuksen toteutus kosketinkiskoilla.....	20
3.6.	Dokumentointi	21
4.	ASENNUS	22
4.1.	Kiskon kiinnitys	22
4.2.	Moduulin kiinnitys.....	23
4.3.	Tarkastukset	23

5. ESIMERKKIKOHDE	25
5.1. Kohteen tiedot.....	25
5.2. Mitoitus.....	26
5.3. Hintavertailu	27
6. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
LÄHTEET.....	30
LIITTEET	31

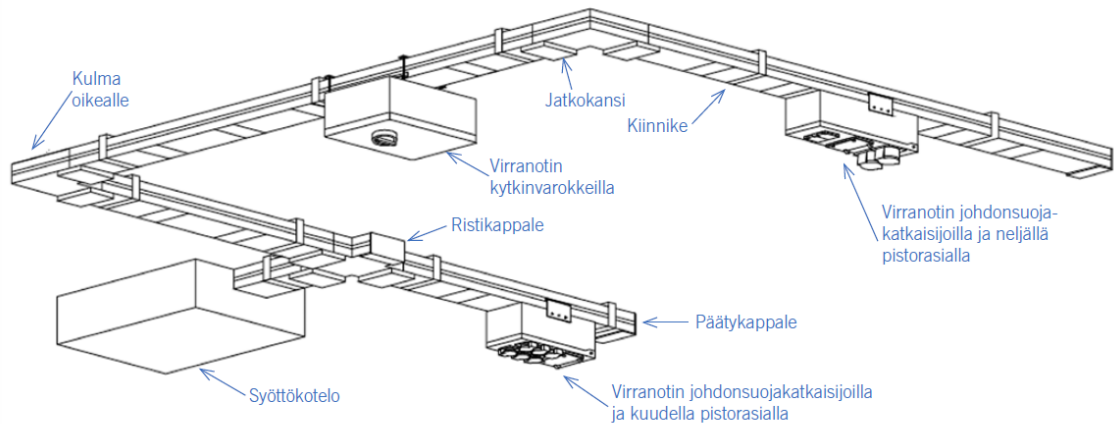
1. JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä kattava tietopaketti jakelukiskojärjestelmistä ja muuntojoustavista asennuksista. Lähdeaineiston vähyyden ja tekstin yhtenäisyyden vuoksi tässä opinnäytetyössä on keskitytty jakelukiskojärjestelmiin.

Jakelukiskojärjestelmiä käytetään enemmän tehdasympäristöissä kuin asuin- tai toimistorakennuksissa, mutta niiden käyttö on yleistymässä varsinkin suurissa kerrostaloissa. Jakelukiskojärjestelmässä kiinteistön jakokeskukset korvataan koko kiinteistön kattavilla virtakiskolla. Teho siirretään kulutuskohteille virranottimien avulla, joissa on ylivirtasuojat ja pistorasioita tai syöttökaapeli.

2. JAKELUKISKOJÄRJESTELMÄ

Jakelukiskojärjestelmällä tarkoitetaan sähkönjakelujärjestelmää, jossa sähköteho siirretään pääkeskukselta kulutuspisteille koteloituilla kiskoilla. Teho siirretään kulutuskohteille virranottimien avulla. Jakelukiskot rinnastetaan jakelukeskuksiksi, jolloin perinteinen keskusratkaisu venytetään koko kiinteistön kattavaksi kiskoratkaisuksi. Kuviossa 1 on esitetty yksinkertainen esimerkki jakelukiskojärjestelmästä.



KUVIO 1. Asennusesimerkki (SKSCONNECTO 2010, 3)

2.1. Jakelukiskojärjestelmän käyttökohteet

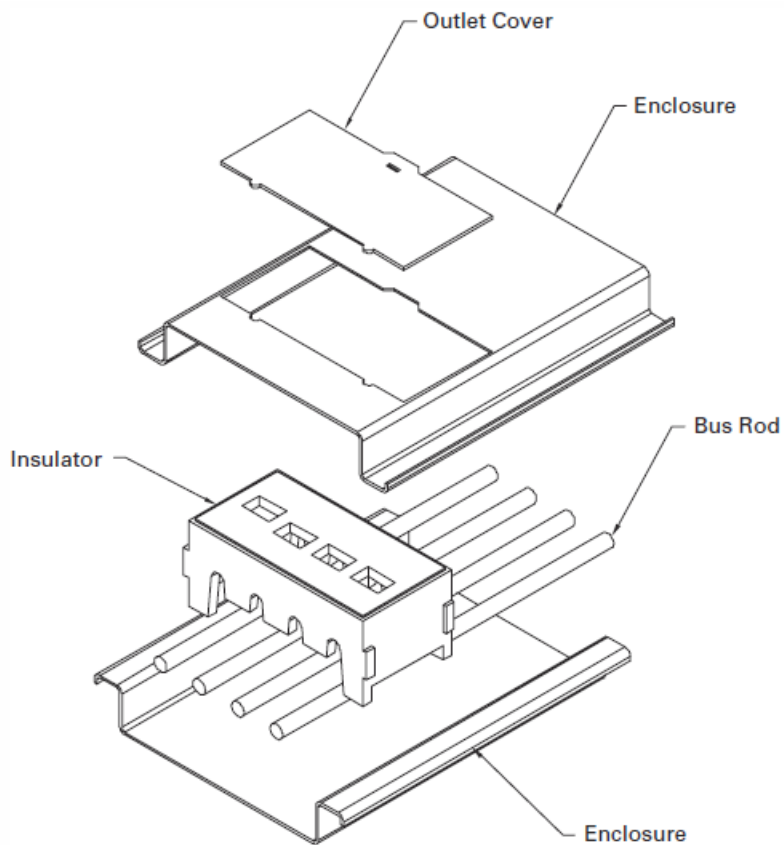
Jakelukiskojärjestelmän käyttöpaikkoja ovat esimerkiksi tehtaat, isot kerrostalot, toimistorakennukset, sairaalat ja muita paikkoja, joissa on käytössä suuritehoisia laitteita tai asennuksia halutaan muuttaa helposti. Virtakiskoja käyttämällä voidaan tehdä keskustiloista pienempiä. Johdonsuojaus on tehty virranottimissa, jotka on viety kulutuspisteiden lähelle. Myös jakeluteistä saadaan pienempiä virtakiskoilla verrattuna johdottamiseen. Monta paksua kaapelia vie virtakiskoa enemmän tilaa tikashyllyllä. (ST 51.14.)

Virtakiskoilla voidaan toteuttaa lähes koko kiinteistön sähkönjakelujärjestelmä. Virtakiskoista löytyy liittimet, joilla se voidaan kiinnittää muuntajaan ja siirtää tehoa pääkeskukselle. Pääkeskuksella virtakiskoon voidaan liittää kompensatioparisto ja siten yhdellä tai muutamalla virtakiskolla voidaan sähköistää koko kiinteistö. Ainoastaan virranottimista täytyy tehdä kaapelointi koneille tai pistorasioille. (ST 51.14.)

2.2. Virtakiskon rakenne

Virtakiskossa vaihe- ja nollajohtimet on sijoitettu kotelon sisään kuvion 2 mukaan. Kotelo toimii suojajohtimena, mutta erillisestä tilauksesta muutamat valmistajat tarjoavat erillistä suojajohdinta kiskona kotelon sisään. Virranottimia varten virtakiskossa on tasaisin välein kohtia, joihin virranottimen voi liittää. (Schneider 2010, 32.)

Virtakiskojen kotelointiluokka on vähintään IP 41, jotta kosketussuojaus toteutuisi, mutta eri valmistajat tarjoavat myös IP55 luokituksen virtakiskoja vaativiin tehdaskohteisiin. Virtakiskot ovat paloturvallisempia kuin kaapelit, koska niissä ei ole käytetty palavaa materiaalia eikä niistä synny palaessa myrkyllisiä kaasuja (Schneider 2010, 8).



KUVIO 2. Virtakiskon rakenne (Eaton 2010, 3)

2.3. Läpiviennit

Läpivienneissä on huomioitava virranottimien ja kiskon liitoskohdat. Niiden pitää olla vähintään 200 mm päässä läpivientikohdasta. Paloturvallisen seinän läpivienneissä on huomioitava, että virtakisko kestää vähintään yhtä kauan paloa kuin seinä, mistä se viedään läpi. Valmistajilla on erilaisia ratkaisuja palosulkuihin.

2.4. Virranottimet

Sähköteho siirretään virtakiskoista kulutusasteille virranottimien avulla. Virranottimissa on johdonsuojat, kuten sulakkeet tai johdonsuojakatkaisijat. Virranottimien turvallisuus on varmistettu pääkytkimellä (kuvio 3), jonka täytyy olla auki virranottimen kannen aukaisemiseksi. Virranotin voi olla myös ilman pääkytkintä ja kanta aukaistaessa siitä tulee jännitteetön. Virranottimessa voi olla pistorasioita tai kaapelilähtöjä. Virranottimessa voi myös olla mukana energi-anmittaus (kuvio 4). Eri valmistajien virtakiskoissa on erilaiset liitännät virranottimille, joten virranottimia ei pysty käyttämään kuin tietyn valmistajan virtakiskoissa. (Schneider, 2010 45; SKSCONNECTO 2010, 8.)



KUVIO 3. Kytkimellinen virranotin (SKSCONNECTO 2010, 14)



KUVIO 4. Virranotin energianmittauksella varustettuna (SKSCONNECTO 2010, 8)

2.5. Jakelukiskojärjestelmän edut ja haitat

Virtakiskot ovat helppo ja nopea asentaa, minkä avulla säästetään työtunneissa verrattuna johdottamalla tehtyyn järjestelmään. Virtakiskojen asennus on nopeampaa kuin kaapeloiminen, koska kaapeleita joudutaan laittamaan usein lukumäärällisesti enemmän. Materiaalikustannukset ovat virtakiskoissa suuremmat kuin johdottamalla tehdyssä järjestelmässä. Virtakiskot ovat täysin valmistaja-kohtaisia, joten eri valmistajan osia ei pysty kytkemään toisen valmistajan virtakiskoihin kiinni.

Virtakiskoasennusten muunneltavuus on sen moduulirakenteessa. Kiskoihin voi lisätä virranottimia katkaisematta kiskosta jännitettä. Virranottimia voidaan sijoittaa kiskoon moneen paikkaan ja niiden avulla voidaan siirtää tehoa esimerkiksi pistorasioille. Kiskostoa voi jatkaa tai haaroittaa, milloin säästyy johdottamistyötä keskukselta asti. Heikkona puolena moduulirakenteessa on, ettei niitä pysty taivuttamaan. Pienienkin esteiden ohittamiseen tarvitaan vähintään kaksi erilais-

ta moduulia, jotka pahimmassa tapauksessa joudutaan tilaamaan tehtaalta erikseen.

2.6. Standardit

Jakelukiskojen valmistamiseen ja testaukseen on olemassa standardit SFS-EN 60439-1/2005 Jakokeskukset ja SFS-EN 60439-2/1993 Jakelukiskojärjestelmien erityisvaatimukset. Testeissä testataan lämpenemisrajoja, oikosulkukestävyyttä, sähköisiä ominaisuuksia ja rakenteen kestävyyttä. SFS 6000-5-52/2007 Johtojärjestelmät määrittää jakelukiskojen ulkoasennuksiin, jännitteenalenemaan, liitoksiin, paloturvallisuuteen ja muiden laitteistojen läheisyyteen liittyviä asioita. Jakelukiskojärjestelmät rinnastetaan jakokeskuksiin, joten niihin pätee myös standardista SFS 6000-8-810/2007 Jakokeskukset muut kohdat paitsi asennuskorkeusvaatimukset. Valmistajilla on omat asennusohjeet virtakiskojen asentamiseen ja niitä on noudatettava.

3. SUUNNITTELU

Virtakiskojärjestelmän suunnitteluun on tehty muutamia ohjelmia. Bid Manager Eatonilla, CanBrass Schneiderilla ja myös AutoCad ohjelmistoon on olemassa sovellukset. Suunnittelussa on tehtävä yhteistyötä muiden suunnittelijoiden kanssa (LVI, valaistus), jotta eri järjestelmien tilanvaraukset saadaan sovitettua kohteeseen.

Jakelukiskourakoitsijat toteuttavat jakelukiskojärjestelmät kohteisiin yleensä alusta loppuun. Urakoitsijoille annetaan kohteesta pohjapiirustukset, huonekorkeudet ja alustavat suunnitelmat laitteista, joita kohteeseen on tulossa ja myös suunniteltujen laitteiden tehot. Urakoitsijat tekevät annettujen tietojen perusteella suunnitelman kohteen järjestelmästä ja laskevat urakkahinnan. Asennustyön jakelukiskourakoitsija tekee itse tai joku toinen sähköurakoitsija tekee sen aliorakointina. Virtakiskoista ei ole tästä syystä yleisiä yksikköhintoja esillä, koska kaikki urakat hinnoitellaan urakkakohtaisesti. (Savolainen, 2011.)

3.1. Mitoitus

Virtakiskot on mitoitettava huolellisesti. Uuden kohteen kaikki tarpeet eivät välttämättä ole täysin tiedossa, joten suunnittelun perusteeksi otetaan tällöin likimääräiset tehontarpeet ja käyttöasteet. (ST 51.14) Saatujen tietojen perusteella järjestelmä hieman ylimitoitetaan, jotta järjestelmää on mahdollista laajentaa myöhemmin ilman suurempia lisäkuluja.

Virtakiskolle on laskettava kokonaisteho siihen liitettävistä laitteista. Virtakiskon virta saadaan laskettua kaavalla 1 (AEG KB Busbar systems 800A...6000A 2010, 6). Lämpimästä ympäristöstä johtuva virran korjauskerroin täytyy ottaa

huomioon. Schneider Canaliksen (2010, 108) lämpötilakerrointaulukko on esitetty taulukossa 1. Kaavalla 1 saatu virtakiskon kokonaisvirta on jaettava lämpötilakertoimella. Saadun tuloksen perusteella valitaan virtakisko, joka pystyy siirtämään kohteen vaatiman virran.

$$I_b = \frac{P * \alpha}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} \quad (1)$$

$\cos \varphi$ = Tehokerroin

I_b = Virtakiskon virta

α = Käyttöaste

P = Virtakiskon laitteiden kokonaisteho

U = Pääjännite

TAULUKKO 1. Lämpötilan korjauskertoimet

Ympäristön lämpötila (°C)	Korjauskerroin
35	1
40	0,97
45	0,93
50	0,90
55	0,86

Käyttöaste α määräytyy kuormien tyyppien ja määrän mukaan. Standardin SFS-EN 60439-1 Jakokeskukset määrittää kertoimeksi taulukon 2 mukaiset arvot. AEG:n (2010, 6) ohjeissa suositellaan käyttämään enintään kerrointa 0,7. Virtakiskossa, jossa on moottoreita tai valaisimia olisi suositeltavaa käyttää käyttöasteena enintään 0,6. Jos virtakisko syöttää ainoastaan yhtä konetta, on käyttöasteen oltava 1.

TAULUKKO 2. Tasoituskertoimet SFS-EN 60439-1 mukaan

Päävirtapiirien lukumäärä	Nimellinen tasoituskerroin
2-3	0,9
4-5	0,8
6-9	0,7
10 tai enemmän	0,6

Pitkien virtakiskojen suunnittelussa on huomioitava jännitteenalenema. SFS 6000-5-525 (2007) suositellaan, ettei jännitteenalenema olisi enempää kuin 4 % sähköasennuksen nimellisjännitteestä.

Jännitteenalenema lasketaan kertomalla valmistajan antama jännitteenalenema virtakiskon pituudella ja virralla. Taulukossa 3 on osa Schneider Electricin (2010, 106) jännitteenalenema taulukosta, missä jännitteenalenema on jokaista sataa metriä virtakiskoa kohti ja se kerrotaan kiskoa kuormitettavalla virralla. Schneider Electric on määrittänyt, että jos kuorma on kiskoston päässä, on taulukon 3 arvot kerrottava kahdella.

TAULUKKO 3. Jännitteenalenema (Schneider 2010, 106)

Cos φ	Yksikkö	Nimellisvirta		
		800 A	1000 A	1250 A
1	V/100 m/A	0,0083	0,0060	0,0049
0,9	V/100 m/A	0,0081	0,0060	0,0050
0,8	V/100 m/A	0,0076	0,0056	0,0047

Esimerkkinä 40 m pituinen pääjännitteeltään 400 V ja nimellisvirraltaan 800 A kiskosto, missä 650 A kuorma on kiskoston päässä ja cos φ on 0,9. Jännitteenalenema olisi $0,0081 \text{ V/100 m/A} * 2 * 40 \text{ m} / 100 * 650 \text{ A} = 4,212 \text{ V}$. Prosentteina jännitteenalenema olisi $4,212 \text{ V} / 230 \text{ V} * 100 = 1,83 \%$.

3.2. Nollajohtimen valinta

Nollajohtimen suuruuden valinnassa täytyy ottaa huomioon epätasaiset kuormat vaiheilla ja harmoniset yliaallot. Nollajohtimessa alkaa kulkea virtaa epätasaisien kuormien ja harmonisten yliaaltojen vaikutuksesta. Muutamat valmistajat antavat mahdollisuuden valita nollajohtimen koon vaihejohtimiin verrattuna. Kokovaihtoehtoja on kolme: vaihejohtimen kanssa samankokoinen (100 %), 150 % vaihejohtimen koosta tai 200 % vaihejohtimen koosta (Eaton 2007, 17).

3.2.1 Yliaallot

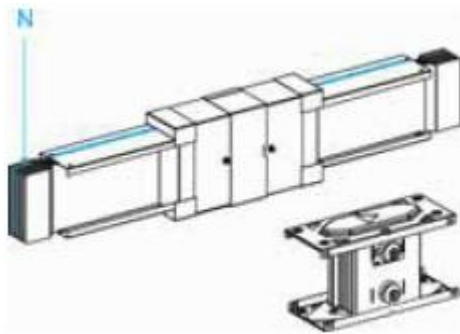
Laitteet, joiden verkosta ottama virta ei ole siniaaltoa, aiheuttavat verkkoon yliaaltoja. Esimerkkinä yliaaltojen tuottajasta ovat tietokoneiden hakkuriteholähteet. Kun jännitteen tai virran käyrämuoto poikkeaa sinimuodosta, voidaan matemaattisesti erottaa perusaalto ja yliaallot toisistaan. Kaikki parittomat kolmella jaottomat yliaaltovirrat summautuvat tähtipisteessä nollaksi. (Leena Korpinen, 3)

Harmonisiksi yliaalloiksi kutsutaan parittomia kolmella jaollisia yliaaltoja. Näiden yliaaltojen hankaluutena on se, etteivät ne summaudu tähtipisteessä nollaksi vaan ne vahvistavat toisiaan virraksi. Kolmannen yliaallon haittavaikutuksia muuntajissa ovat kupari- ja rautahäviöiden lisääntyminen ja mahdollinen äänitason nouseminen. Kaapeleissa ja johtimissa syntyy lämpenemistä ja 4-johdin järjestelmissä muodostuu myös 150 Hz magneettikenttä. Moottoreissa lämpötila lisääntyy ja se voi aiheuttaa mekaanista värähtelyä. Kolmella jaolliset yliaallot saattavat myös aiheuttaa vikoja elektroniikalle. Yliaaltojen suuruus voidaan mitata analysaattorilla ja niitä voidaan vähentää liittämällä yliaaltosuodattimet kiinteistön sähköverkkoon. (Ketola, J)

3.3. Jakelutien suunnittelu

Jakelutietä suunnitellessa on kannattavaa pitää kiskon reitit mahdollisimman yksinkertaisina. Mitä vähemmän mutkia ja turhia läpivientejä, sitä helpompi ja nopeampi se on asentaa. Yksinkertaisilla moduuleilla virtakiskoa rakennettaessa voidaan pienet suunnittelu ja asennusvirheet korjata, kun käännökset ovat standardin kokoisia ja suorilla osuuksilla säädetään käännösten paikat. Virtakiskot ovat valmistajakohtaisia, eikä niitä voida käyttää ristiin toisen valmistajan virtakiskojen kanssa.

Suuria kohteita suunniteltaessa on huomioitava lämpölaajeneminen. Yli 30 metriä pitkillä suorilla osuuksilla täytyy käyttää laajentumisosa lämpölaajenemisen haittojen estämiseksi (kuvio 5). (Schneider 2010, 151)

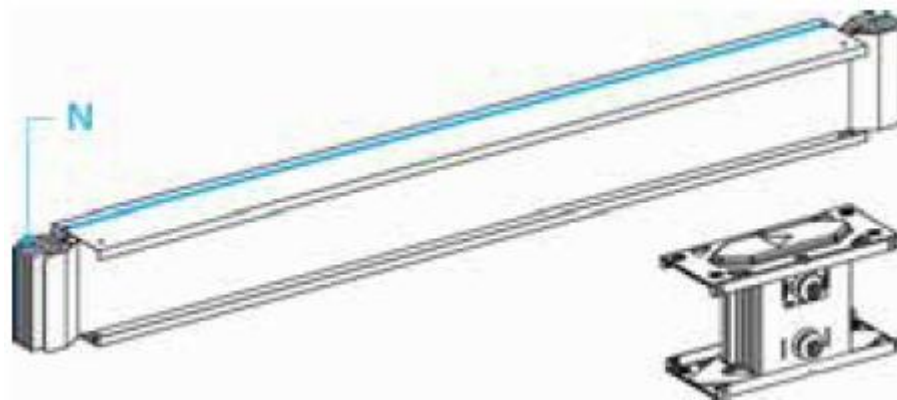


KUVIO 5. Laajentumisosa (Schneider 2010, 55)

Jokaisessa tilassa, minne tulee virtakisko ja joissa on virranottimia, pitäisi olla katkaisija virtakiskolle, jolloin tapaturman sattuessa virtakisko saadaan jännitteettömäksi. Pystysuorassa virtakiskossa virranottimia, joissa on sulakkeita tai kytkimiä, ei saa laittaa yli kahden metrin korkeuteen hoitotasosta (SFS 6000-8-810.4). Läpivienneissä on otettava huomioon, etteivät kiskojen liitokset mene seinän sisään ja, että seinän ja liitoksen väliin jää riittävästi tilaa. (ST 51.14, 4)

3.3.1 Suoramoduuli

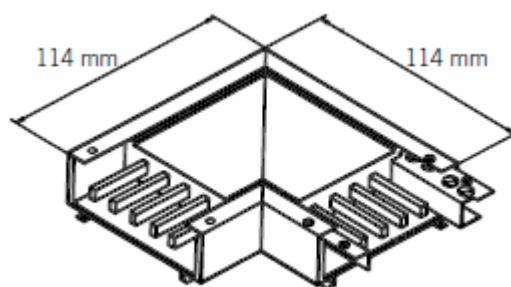
Suorien virtakiskomoduurien standardipituudet vaihtelevat valmistajasta riippuen kolmen ja neljän metrin välillä. Suorissa virtakiskomoduuleissa on yleensä virranottimille paikat, mutta valmistajilta löytyy myös suorja moduuleita, missä ei ole paikkaa virranottimelle (kuvio 6).



KUVIO 6. Suora virtakiskomoduli (Schneider 2010, 51)

3.3.2 Kulmamoduuli

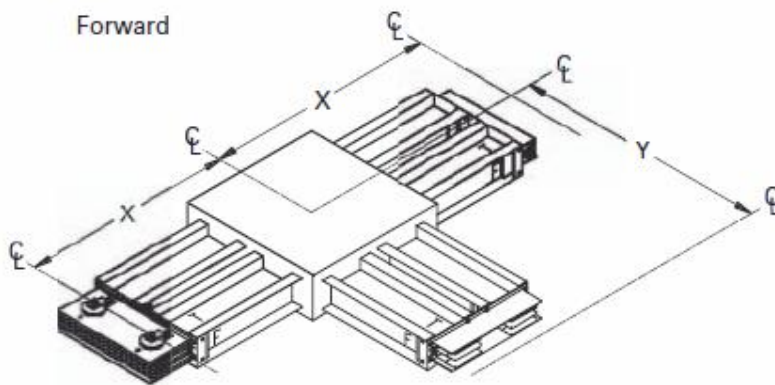
Kulmamoduulilla voi kääntää virtakiskon vasemmalle, oikealle (kuvio 7), ylös tai alas. Normaalit kulmat ovat 90° kulmassa, mutta markkinoilla on myös kulmapaloja, joiden kulmaa voi säätää 91° ja 179° välillä.



KUVIO 7. Kulma oikealle (SKS CONNECTO 2010, 6)

3.3.3 Haaroitukset

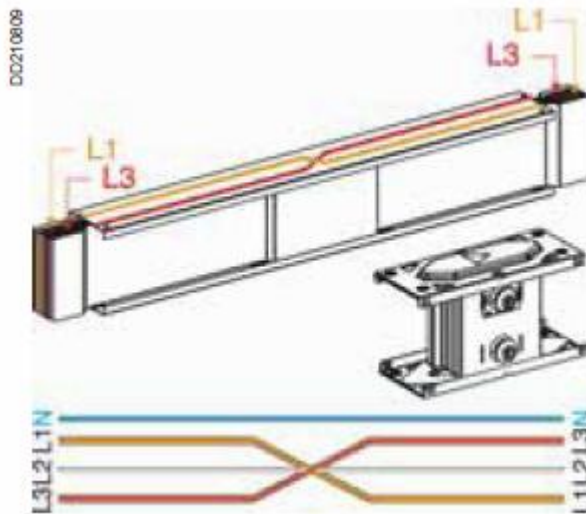
Virtakiskon voi haaroittaa esimerkiksi T-moduulilla (kuvio 8). Virtakiskon voi myös haaroittaa ristimoduulilla. Haaroittamisen avulla on mahdollista esimerkiksi tehdä yksi pääkisko, josta haaroitetaan eri tiloja. Tällä tavalla säästetään monilta ylimääräisiltä käänöksiltä. Tällöin kiskoston huollon tai muutostöiden aikana ei tarvitse tehdä koko kiinteistöä jännitteettömäksi.



KUVIO 8. T-moduuli (Eaton Low Voltage busbar trunking 2011, 23)

3.3.4 Vaiheenkääntäjä

Jos vaiheessa vaiheiden kuormitus ei ole tasainen, voidaan käyttää Schneider Electric:n moduulia, jossa L1 ja L3 menevät ristiin kuvion 9 mukaisesti.



KUVIO 9. Vaiheiden ristiinvaihtaja (Schneider 2010, 55)

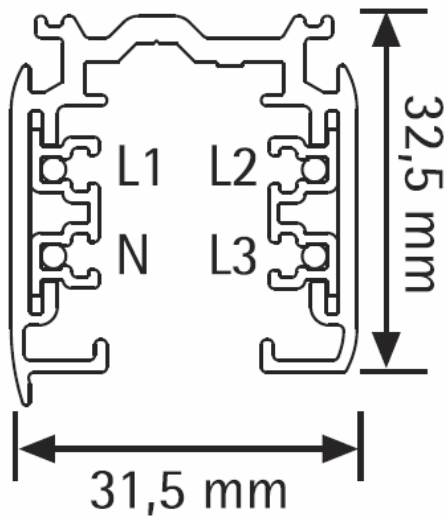
3.4. Valaistus

3.4.1 Valaistuksen toteutus virtakiskoilla

Virtakiskoihin on mahdollista liittää valaisimia. Joillain valmistajilla on pieniä virtakiskoja, jotka ovat tarkoitettu valaisinkiskoiksi. Virtakiskojen heikkous valaistuksen rakentamiseen on valaistuksen ohjauksen rajalliset mahdollisuudet.

3.4.2 Valaistuksen toteutus kosketinkiskoilla

Kosketinkiskoissa on samantapainen moduulirakenne kuin virtakiskoissakin. Valikoimasta löytyy suoria, mutkia ja haaroittimia niin kuin virtakiskoistakin. Suurin ero on virranottimissa, joita voi laittaa kosketinkiskossa koko kiskon pituudelle, kun taas virtakiskossa niitä voidaan asentaa ainoastaan tiettyihin paikkoihin. Kuviossa 10 on poikkileikkauskuva kosketinkiskosta.



KUVIO 10. Kosketinkiskon poikkileikkaus (Nordic alumium 2011, 5)

Kosketinkiskoihin on tehty valmius valaistuksen ohjaamiseen. Esimerkiksi KNX ja DALI väylät on mahdollista liittää kosketinkiskoon. Kosketinkiskot on mahdollista liittää virtakiskojen rinnalle valaistusta varten, kun tarvitaan valaistukseen erilaisia valaistustilanteita tai muunneltavuutta valaistukseen. (Global trac, s. 7.)

3.5. Dokumentointi

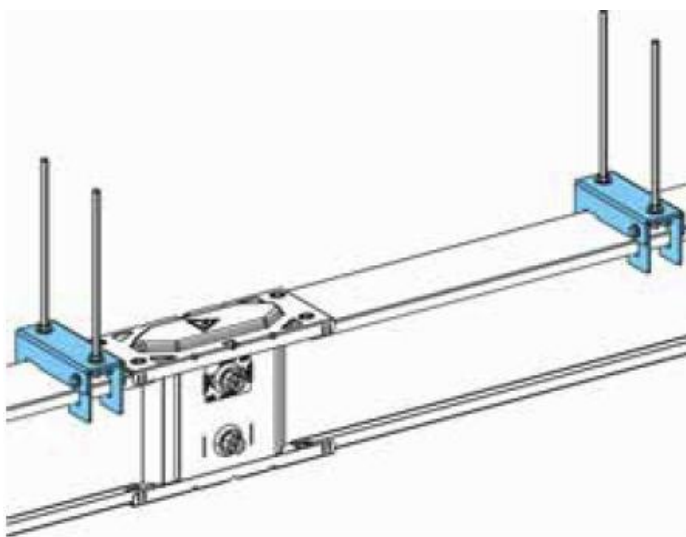
Jakelukiskojärjestelmään kuuluu samat dokumentit kuin mihin tahansa muuhunkin sähköasennukseen. Dokumentteihin kuuluu sähköpiirustukset ja käyttöönottotarkastuspäiväkirja. Lisäksi jakelukiskon mukana tulee valmistajan vaatimusten vakuustodistus.

4. ASENNUS

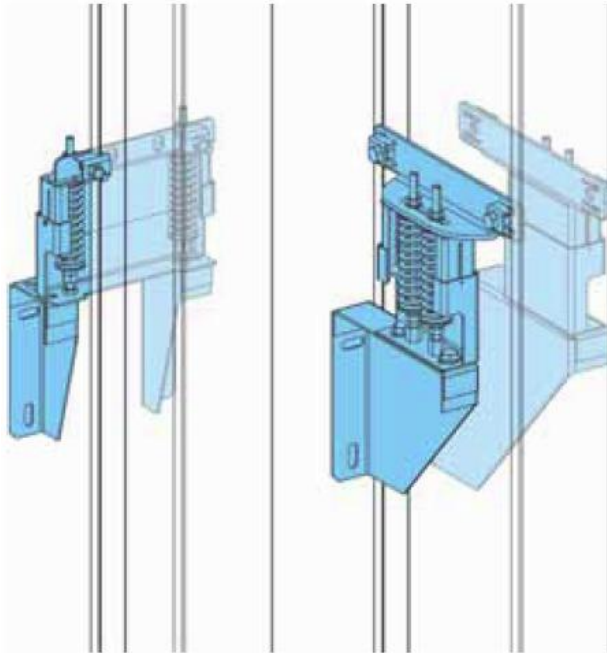
Virtakiskojen asennus on tehtävä huolellisesti, koska muuten johtimet eivät ole kunnolla kiinni toisissaan. Valmistajilla on omat ohjeet virtakiskojen kiinnittämiseen ja niitä pitää noudattaa tarkasti.

4.1. Kiskon kiinnitys

Virtakiskot kiinnitetään seiniin tai kattoihin siihen tarkoitetuilla kiinnikkeillä. Esimerkkinä Schneider Electric:n vaaka- ja pystykiinnikkeet (kuviot 11 ja 12). Kiskot kiinnitetään toisiinsa suoraan tai välikappaleen avulla. Kiinnitykset on kiristettävä kunnolla ja siitä syystä monissa virtakiskomalleissa on momenttipultit, joiden pää irtoa saavutettuaan oikean momentin. Kaikki irrotettavat suojalevyt on kiinnitettävä asentaessa, esimerkiksi virranotinpaikkojen suojalevyt ja kiskon päädyt, jotta suojausluokitukset pitävät. (Schneider, 32,136.)



KUVIO 11. Vaakakiinnikkeet (Schneider, 65)



KUVIO 12. Pystykiinnikkeet (Schneider, 86)

4.2. Moduulin kiinnitys

Virtakiskojärjestelmään laitteiden lisääminen on tehty helpoksi ja vaivattomaksi. Kiskostoa ei tarvitse tehdä jännitteettömäksi virranottimen lisäämisen ajaksi. Virranottimien katkaisijan pitää olla auki-asennossa kiskostoon kiinnittäessä. Kiinnittäessä virranotinta ensimmäisenä virtakiskossa yhdistyvät suojajohdin ja vasta sen jälkeen muut johtimet. (Eaton 2007, 29.)

4.3. Tarkastukset

Virtakiskoille tehdään käyttöönottotarkastus SFS 6000-6-61 mukaan. Ensin tehdään aistinvarainen tarkastus järjestelmän ollessa jännitteetön. Virtakiskojen aistinvaraisessa tarkastuksessa oleellisinta on tarkistaa, ettei kiskostossa ole mekaanisia vaurioita ja että piirustukset ja varoituskilvet löytyvät. Myös kiinnitys

täytyy tarkistaa ja sen tarkastamista helpottaa momenttipultit, joiden pää tip-puu pois oikean momentin saavutettuaan.

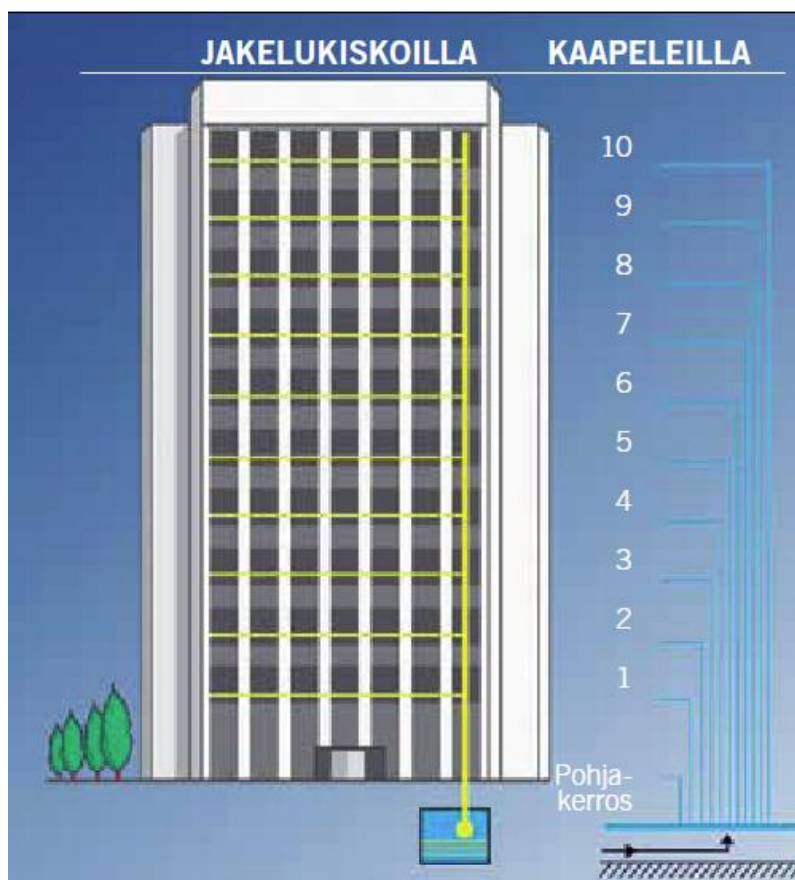
Virtakiskon ollessa jännitteetön tehdään suojajohtimen jatkuvuusmittaus ja asennuksen eristysresistanssin mittaus. Sen jälkeen kytketään jännitteet ja testataan syötön automaattisen poiskytkennän toiminta. Myös kaikkien kiskostossa kiinni olevien vikavirtasuojien toiminta on tarkastettava. Tarkastuksesta tulee tehdä käyttöönottotarkastuspäiväkirja.

5. ESIMERKKIKOHDE

Seuraavaksi on tehty vertailu kerrostalon nousujohtojen korvaamisesta virtakiskoilla. Virtakiskoina käytetään tässä SKSCONNECTO:n (2010) virtakiskoja. Nousujohtimina käytetään DRAKA:n (2011) kaapeleita.

5.1. Kohteen tiedot

Kuvion 13 rakennus on asuinkerrostalo, jonka kerroskorkeus on 3 metriä. Pääkeskus sijaitsee pohjakerroksessa. Jokaisen asunnon tehontarve on 10 kW ja jokaisessa kerroksessa on 4 asuntoa.



KUVIO 13. Esimerkkikohde (SKSCONNECTO 2010, 3)

5.2. Mitoitus

Jokaisen kerroksen vaatima tehontarve on 40 kW, joten koko rakennuksen tehontarve on 400 kW. Kaavalla 1 laskien saadaan pääsulakkeen koko, mikä on sama kuin virtakiskon koko. Käyttöasteena käytetään taulukko 2:sen arvoa 0,6, kun päävirtapiirejä on yli 10.

$$I = \frac{400 \text{ kW} * 0,6}{\sqrt{3} * 0,4 \text{ kV} * 0,95} = 365 \text{ A}$$

Pääsulakkeen ja virtakiskon nimellisvirran täytyy olla suurempi kuin 365 A, joten valitaan niiden kooksi 400 A. Huoneiston pääsulake lasketaan myös kaavalla 1, mutta käyttöasteena on käytettävä ykköstä.

$$I = \frac{10 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 0,4 \text{ kV} * 0,95} = 15,2 \text{ A}$$

Nousujohtojen suojaksi valitaan 25A sulake selektiivisyyden vuoksi. Nousujohdon poikkipinta-ala määräytyi standardin SFS 6000 liitteen 52A mukaan. Korjauskertoimet SFS 6000 taulukon A.52-17 mukaisesti. Korjauskertoimella 0,72 laskettuna nousujohdon on kestettävä 21,1 A virta, jolloin taulukon A.52-4 mukaan tulee valitaan poikkipinnaltaan 6 mm² johto.

On myös syytä tarkistaa, ettei jännitteenalenema nouse liian suureksi 6 mm² johtimilla. Kaavalla 2 saadaan jännitteenalenemaksi 0,875 %, joka ei ylitä standardin vaatimuksia.

$$\Delta U = 100 * \rho * P * \frac{s}{A * U^2} \quad (2)$$

ΔU = jännitteenalenema

ρ = Johtimen resistiivisyys

P = Teho

s = Kaapelin pituus

A = Johtimen poikkipinta-ala

U = Pääjännite

$$\Delta U = \frac{100 * 0,021 \mu\Omega m * 10 kW * 0,04 km}{6 mm^2 * (0,4 kV)^2} = 0,875 \%$$

Liitteessä 1 on yksinkertaistettu nousujohtokaavio. Kaapelia kuluu nousujohtoihin noin 880 metriä. Nousujohtoksi valitaan Draka:n (2011) MMJ 5x6S kaapeli.

SKSCONNECTO:n JL400 virtakiskomoduulin pituus on 3 metriä, jolloin niitä tarvittaisiin 11 kappaletta. Sen lisäksi tarvitaan päätykappale, syöttökappale ja 40 virranotinta.

5.3. Hintavertailu

Hintavertailussa käytetään SCSCONNECTO:lta saatuja yksikköhintoja virtakiskoille ja niiden lisätarvikkeille. Kaapelin hintatiedot on otettu Ecom taloushallintaohjelmiston avulla maahantuojien hinnoista (Ecom 2011). Virtakiskon yhteiskustannuksiksi tulisi 22 832 €. Taulukossa 4 on eroteltuna kustannukset. Kaapelia vaadittiin 880 metriä ja kaapelin metrihinnalla 10,5 € kaapelin kustannuk-

siksi tulisi 9 450 €. Materiaalikustannukset ovat tässä esimerkissä 13 382 € kalliimmat virtakiskoilla kuin kaapeloinnilla.

TAULUKKO 4. Virtakiskon hinnat

Moduuli	Yksikköhinta (€)	Kappalemäärä	Hinta (€)
JL630 kisko	500	11	5500
Päätykappale	12	1	12
Virranotin	400	40	16000
Syöttökappale	1100	1	1100
Kiinnike	10	22	220

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän kokoisessa kohteessa kaapelointi tulisi huomattavasti edullisemmaksi kuin virtakiskot. Vaikka virtakiskojen asentaminen on nopeampaa kuin 40 nousukaapelin vetäminen, ei työtunneista kertyvistä kustannuksista saada hintaeroja kuin vähän tasoitettua. Teollisuuskiinteistössä, jossa tehontarpeet ovat suurempia, alkavat hintaerot tasoittua.

Suurin etu virtakiskoille on muunneltavuus. Teollisuuskiinteistössä voidaan kiskosta pidentää tai lisätä muutama virranotin nopeasti ja helposti uusien koneiden syöttöjä varten. Uusien johtojen kaapeloiminen keskukselta uusille koneille on paljon työläämpää. Kerrostaloja harvemmin laajennetaan rakentamisen jälkeen.

Virtakiskojen kanssa nousukuilun koko voidaan pitää melko pienenä. JL400 virtakiskon koko on 142 * 82 mm. Jos 40 6 mm² kaapelia ovat kiinni toisissaan ja niistä tehdään 10 * 4 rivistö ja yhden kaapelin halkaisija on 17 mm, vaativat kaapelit 170 * 68 mm tilaa. Mitä lähempänä kaapelit ovat toisiaan, sitä enemmän niiden lämpeneminen vaikuttaa kuormitettavuuteen.

Suurimpana ongelmana työn tekemisessä oli lähdeaineiston vähyys. Suurin osa jakelukiskojärjestelmiä käsittelevästä kirjallisuudesta oli valmistajien tuoteluetteiloja, joissa oli eri osien teknisiä tietoja. Virtakiskojärjestelmät tehdään pääosin tilaustyönä ja niistä lasketaan urakkahinta. Urakkahinta pitää sisällään materiaalikustannukset ja asennustyön, joten virtakiskoista ei ole yleisiä hinnastoja.

LÄHTEET

AEG Finland Oy. 2010. KB jakelukiskojärjestelmät 800...6000 A. Tulostettu 22.10.2010. <http://www.aegfinland.fi/sahkonjakelu/jakelukisko.html>.

Draka. 2011. MMJ 450/750 V. Tulostettu 22.4.2011.
http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/navigaatio/Tuotteet/Kiinteistoverkot/Asennus-_ja_kumikaapelit/Asennuskaapelit/index.jsp

Eaton. 2007. Mempower Product Guide. Tulostettu 8.2.2011.
<http://www.eaton.com/EatonCom/ProductsServices/MEM/Products/LVBusbarTrunking/index.htm>

Eaton. 2010. 100-Ampere Busway. Tulostettu 6.11.2010.
<http://www.eaton.com/EatonCom/Markets/Electrical/Products/ElectricalDistribution/Busway/index.htm>

Eaton. 2011. Low Voltage busbar trunking. Tulostettu 8.2.2011.
<http://www.eaton.com/Electrical/USA/ProductsandServices/ElectricalDistribution/Busway/LowVoltage/index.htm>

Ecom taloushallintaohjelmisto. 2011. Luettu 3.5.2011. www.ecom.fi

Ketola, J. 2010. Yliaallot. Luento. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Leena Korpinen. 2011. Yliaalto-opus. Tulostettu 23.3.2011.
www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/ylialto-opus.pdf

Nordic alumium. 2011. GLOBAL Trac. Tulostettu 8.3.2011
<http://nordicaluminium.a1netti.com/index.php?id=9>

Schneider electric. 2010. Canalis KTA, Prefabricated busbar trunking. Tulostettu 19.12.2010. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi>

Savolainen, S. SKS Connecto tuotepäällikkö. 2011. Puhelinneuvottelu 11.4.2011.

SKSCONNECTO. 2010. SKS jakelukiskojärjestelmät. Tulostettu 31.10.2010.
http://www.sks.fi/download/sks_jakelukiskojarjestelmat.

ST 51.14 Jakelukiskojärjestelmät. 2008.

Standardi SFS-EN 60439-1/2005. Jakokeskukset.

Standardi SFS-EN 60439-2/1993. Jakelukiskojärjestelmien erityisvaatimukset.

Standardikokoelma SFS 6000/2007.

Nousujohtokaavio

