

## Sisältö

Sähkötöiden johtaja.....	20
Sähkölaitteistot ja tarkastukset .....	21
Käyttöönottotarkastuspöytäkirja .....	21
Sähkölaitteistoluokat.....	21
Määräaikaistarkastus.....	21
Varmennustarkastus.....	22
Ammattitaitoinen henkilö .....	22
Sähköpätevyys.....	22
Puutteet varmennustarkastuksessa .....	22
Standardeista poikkeaminen .....	22
Sähkötyöturvallisuus .....	22
Jännitetyöalue .....	22
Työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja.....	22
Sulakkeen vaihto.....	22
Valokaaren vaarat.....	22
Työmaadoittaminen .....	22
Asennukset eri tiloissa .....	23
Eristysresistanssi.....	23
Kylpy- ja suihkuhuonetilat .....	23
Maa- ja puutarhatalouden tilat .....	23
Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat.....	23
Pienvenesatama .....	23
Pienoisjännite .....	23
Saunan sähköasennukset .....	23
Sähköajoneuvon lataus .....	23
Palovaarallinen tila .....	23
Suojaava potentiaalitasaus.....	23
Lääkintätilat .....	23

**Esimerkki 1:**

Ryhmäkeskusta syöttää AMCMK-tyyppinen kaapeli, jonka pituus on 20m. Kaapeli on asennettu putkeen lämpöeristettyyn seinään. Kaapelia suojaa ylikuormitukselta 32A gG-tyyppinen sulake. Oikosulkuvirta pääkeskuksella on 1000A. Ryhmäkeskukselta lähtee 50 m pitkä MMJ- tyyppinen johto, joka on asennettu kaapelitikkaille, jossa on ennestään kolme rinnakkaista kaapelia ja jotka koskettavat toisiaan ympäristöön lämpötilan ollessa 30 °C. Ryhmäjohto syöttää kolmioon kytkettyä 9,5 kW resistiivistä kolmivaihekuormaa. Ryhmäjohton suojauksessa käytetään c-tyypin johdonsuoja-automaattia. Mitoita nousujohto sekä ryhmäjohto sulakkeineen. Saavutetaanko 0,4s automaattinen poiskytkentä valitulla mitoituksella?

**Esimerkki 2:**

Ryhmäkeskukselta on tarkoitus ottaa MMJ-tyyppisellä kaapelilla kolmivaiheisen,  $P = 9,5\text{kW}$  sähkölämpökojeen ( $\cos \phi = 1$ ) syöttö. Mitoita johto ja sitä ylikuormitukselta suojaavat D-tyypin tulppasulakkeet, kun asennus tapahtuu lämpöeristettyyn seinään, vieressä on 4 muuta täyteen kuormitettua virtapiiriä ja ilman lämpötila on + 30°C. Laske oikosulkuvirta ryhmäjohton päässä ja tutki toimiiko valintasi myös 0,4 s poiskytkentäajalla, kun ryhmäkeskukselle on laskettu silmukkaimpedanssiksi 1,22  $\Omega$  ja syötön pituus on 25 metriä?

Muuttuuko johdon mitoitus, jos käytetään C-tyypin johdonsuoja-automaattia D-tulppasulakkeen sijaan ja 0,4s poiskytkentäaika vaaditaan?

**Esimerkki 3:**

Jakokeskukselta lähtevä, kuivaan hiekkaan (lämmönjohtavuus 3 Km/W) asennettu AMCMK- tyyppinen kaapeli syöttää koneistamohallin ryhmäkeskusta 140A virralla. Mitoita kaapeli ja sitä suojaavat gG-tyypin sulakkeet, kun maan lämpötila on +10 ° C ja samassa kaapeliojassa on osan matkaa kaksi muuta täyteen kuormitettua maakaapelia 70 mm etäisyydellä toisistaan. Ryhmäkeskuksella syöttö kulkee seinällä pinta-asennuksena eikä viereisiä virtapiirejä ole. Ilman lämpötila koneistamohallissa on +40 ° C.

**Esimerkki 4:**

Pääosin hyllylle asennettu, 50A gG-sulakkeilla ylikuormitukselta suojattu AMCMK 3x25+10Cu nousujohton pituus on 60m. Laske riittääkö oikosulkuvirta 5s poiskytkentäajalla, kun oikosulkuvirta johdon alkupäässä on 1,2 kA? Onnistuuko ko. tapauksessa myös 0,4s poiskytkentä?

**Esimerkki 5:**

MMJ 5x6S asennetaan putkeen upotettuna lämpöeristettyyn seinään. Ympäristön lämpötila on 35 oC. Määritä johdon kuormitettavuus. Mikä on ylikuormitusuojakseen käytettävän gG-sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta?

**Esimerkki 6:**

SFS6000 sallii nousujohdolle 5s poiskytkentäajan. Laske monimittarikeskukseen (MMK) liitettävän nousujohton suurin sallittu pituus poiskytkennän ehtojen mukaan, kun oikosulkuvirta pääkeskuksella on 520A. Pääkeskuksen ja MMK:n välinen kaapeli MCMK 4x35+16 on asennettu maahan ja osin umpipohjaiselle kaapelihyllylle ja sen pituus on 48m. MMK:lta lähtevät nousujohtot ovat tyyppiä MMJ 5x10S ja ne on suojattu ylikuormitukselta 35A gG-sulakkeella.

**Esimerkki 7:**

Sähkölaitos uusii vanhan omakotitalon pääkeskusta syöttävän kaapelin talon ulkopuolella olevalta osaltaan. Uuden kaapelin tyyppi on AXMK 4x25 ja se on asennettu maahan. Kaapeliojassa on 70mm etäisyydellä toinen täyteen kuormitettu maakaapeli. Maan lämpötila on 15 °C ja lämmönjohtavuus 1,0 Km/W. Seinällä olevasta kytkentärasista lähtee vanha syöttökaapelin osa tyypiltään MCMK 3x4+4 ja se on asennettu lattian lämpöeristeen alle. Kuinka suuri saa syöttökaapelin alkupäässä oleva gG-tyypin sulake enintään olla, että se suojaa asennusta ylivirralla?

**Esimerkki 8:**

Nousukeskus kuluttaa virtaa 70 A,  $\cos \phi = 0,9$  ja  $U = 400V$ . Mitoita nousukaapeli ja sitä suojaavat gG-sulakkeet, kun lämpötila koko asennuksen matkalla on + 35°C. Kaapeli on asennettu rei'itetyille kaapelihyllylle pysty- ja vaakasuoraan kahdeksan muun kaapelin joukkoon (kaikki kiinni toisissaan), hyllyjä on asennettu kaksi päällekkäin 300mm etäisyydelle toisistaan. Nousujohtona käytetään AXMK- tyyppin kaapelia.

**Esimerkki 9:**

Kiinteistölle suunnitellun lisärakennuksen tehontarve on 28 kW ( $U=400V$ ,  $\cos \varphi = 0,88$ ). Mitoita uudisrakennuksen ryhmäkeskusta syöttävä TN-S järjestelmän AMCMK- tyyppinen nousujohto ja sitä ylikuormitukselta suojaavat gG-tyypin sulakkeet, kun: Alku- ja loppupäästään kaapeli asennetaan pinnalle puuseinään. Ilman lämpötila on + 30 oC. Rakennusten välillä kaapeli on kaivettu maahan upotettuun suojaputkeen. Maan lämpöresistiivisyyden arvo on 1,0 km/W ja lämpötila + 15 oC. Vain maahan asennuksen osalla on viereinen virtapiiri (putkien välinen etäisyys on 0,25 m) Liittymän pääkeskuksella, josta asennettava nousujohto lähtee, on oikosulkuvirtaa 430A. Laske oikosulkuvirran määrä ryhmäkeskuksella ja tutki sen riittävyys 5s poiskytkentäajalla, kun nousun pituus on 25m.

**Esimerkki 10:**

Kolmivaiheisen laitteen tehontarve on 42 kW ( $\cos \varphi = 0,9$ ). Määritä sille syöttävä kaapeli ja sitä ylikuormitukselta suojaavat gG-tyypin sulakkeet. Kaapeli on asennettu osin yksin puuseinän pinnalle ja osin tikashyllylle kolmen muun täyteen kuormitetun kaapelin viereen, jotka kaikki koskettavat toisiaan. Ilman lämpötila on koko asennuksen matkalla + 30 °C. Syöttönä käytetään PEX-eristeistä alumiinikaapelia.

**Esimerkki 11:**

Jos liittymän luona on 300A oikosulkuvirtaa, niin miten pitkä voi maahan 70 cm syvyyteen upotettu ryhmäkeskusta syöttävä MCMK 4x6+6 nousujohto poiskytkennän ehtojen toteutumisen kannalta olla, kun sen ylikuormitussuoja on C-tyypin 25A johdonsuojakatkaisija. (Sallitaan 5s poiskytkentäaika).

**Esimerkki 12:**

Tehtäväsi on laskemalla selvittää vanhan kiinteistön poiskytkennän ehtojen toteutumista. Rakennuksen pääkeskukselle on laskettu 152A oikosulkuvirtaa. Siitä edelleen ryhmäkeskusta syöttävä ryhmäjohto on tyypiltään AMCMK 3x16+10 Cu ja sen pituus on 123 metriä. Miten pitkän pakastinta syöttävän (vikavirtasuojakytkintä ei ole) pistorasiaryhmän (MMJ 3x2,5) voi ryhmäkeskukselta oikosulkuvirran riittävyden suhteen enintään ottaa (0,4s), kun sen ylivirtasuojana on C-tyyppin johdonsuojakatkaisija, jonka nimellisvirta on 10A. Minkä kokoiset gG-tyyppin sulakkeet enintään sallitaan nousujohdon lähtöön, niin että poiskytkentä tapahtuu enintään viidessä sekunnissa?

**Esimerkki 13:**

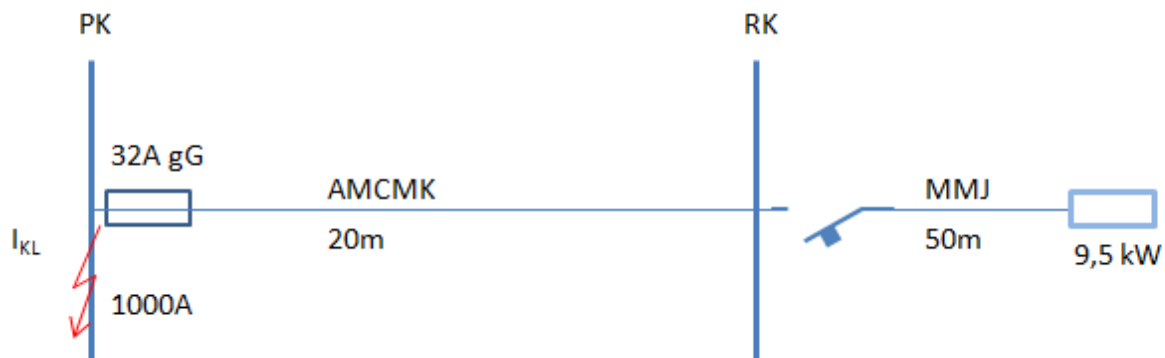
16 A 5-napaisen voimapistorasian syöttö on MMJ 5x2,5S. Se on asennettu rei'ittämättömälle hyllylle, jossa on viisi muuta täyteen kuormitettua kaapelia kiinni toisissaan. Ympäristön lämpötila on +35 oC ja hylly läpäisee lämpöeristetyn seinän, jonka paksuus on 0,2m. Minkä kokoinen C-tyyppin johdonsuojakatkaisija toimii asennuksen ylikuormitussuojana? Laske paljonko on silmukkaimpedanssia ko. pistorasialla, kun johdon pituus on 40m. Lähtöpään keskuksen oikosulkuvirta on 140A. Toimiiko poiskytkentä valitsemallasi ylikuormitussuojalla 0,4 sekunnissa?

**Esimerkki 14:**

Mikä on suurin johtopituus, MMJ 3x1,5S johdolle kun 0,4s poiskytkentä vaaditaan ja oikosulkuvirta ennen suojaa on 110 A , kun

- suojana käytetään 10 A gG-sulaketta?
- käytettäessä johdonsuojaa C10 A?
- käytettäessä johdonsuojaa C16 A ja johto MMJ 3x2,5S?

### Esimerkki 1 Ratkaisu:



- Määritetään nousujohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa
  - Suojaava sulake on 32A gG, joka vaatii taulukon B.52-1 mukaan 35A kuormitettavuuden (Tai  $1,6 \cdot 32 \leq 1,45 I_z \rightarrow I_z \geq 35,3 \text{ A}$ , koska gG:lle,  $I_n > 16\text{A}$  pätee  $I_z = k \cdot I_n$ ;  $k=1,6$ )
  - Asennus lämpöeristeen sisään: Referenssiasennustapa A.52-1 :A/A2- $\rightarrow$  A52-2 sarake 2:  
35 mm – 69 A  
25 mm<sup>2</sup>- 56A  
16 mm<sup>2</sup>-43A
  - lämpötilan korjauskerroin A52-14,  $t = 30 \text{ oC}$ ,  $k=0,94$
  - Ryhmitys A52-17,  $k = 1$
- Lasketaan nousujohdon tarvittava kuormitettavuus ja valitaan sitä vastaava poikkipinta  
Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{35\text{A}}{0,94 \times 1,0} = 37,2\text{A}$$

- Valitaan kohdan 1 perusteella nousujohdoksi AMCMK 3x16 +10 Cu.
- Lasketaan kuormituksen ottama virta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{9500 \text{ W}}{\sqrt{3} 400\text{V} 1,0} = 13,7 \text{ A}$$

Huom: Kuorman kytkentä (Tähti/kolmio) ei vaikuta kuormitusvirran laskentaan.

Valitaan suojaava sulake, kuormitusvirtaa seuraavaksi suurempi johdonsuoja C16.

4. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa

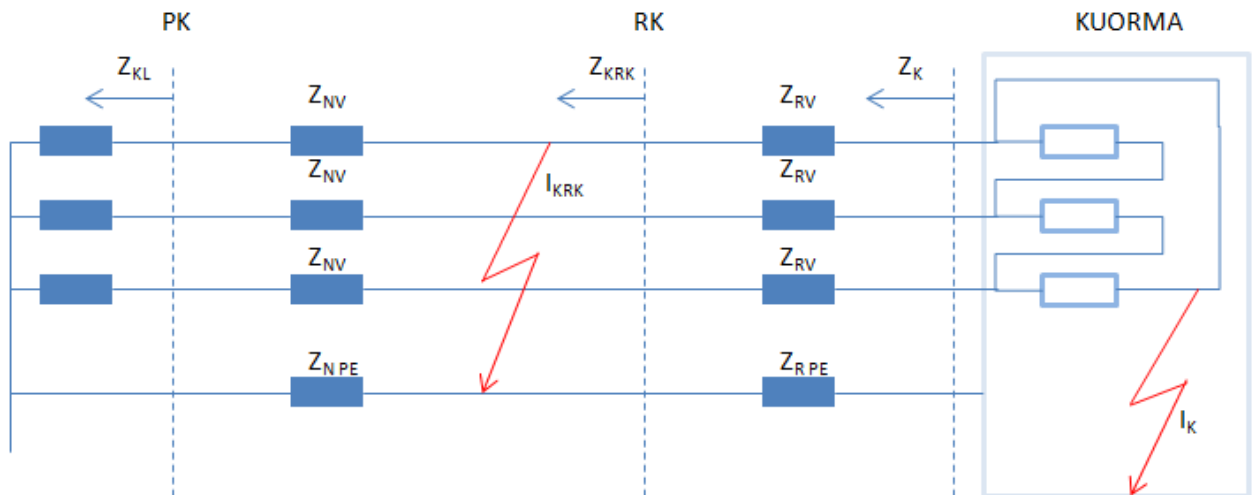
- Johdonsuoja-automaateille  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ , joten  $1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z \rightarrow I_z \geq I_n$ :  $I_z \geq 16A$  asennusolosuhteissa
- A.52-1 ref. asennustapa E, kupari, PVC-eristerinen  $\rightarrow$  A.52-4  
2,5 mm<sup>2</sup> – 26 A  
1,5 mm<sup>2</sup> – 19 A
- Lämpötilasta aiheutuva korjauskertoin A.52-14  $k=0,94$
- Ryhmityksestä aiheutuva korjauskertoin A.51-20,  $k=0,8$

5. Lasketaan kuormitettavuus ja valitaan tarvittava poikkipinta

Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{16A}{0,94 \times 0,8} = 21,3A$$

Valitaan kohdan 5 perusteella ryhmäjohdoksi MMJ 5x2,5S.



6. Lasketaan, toimiiko suojaus kuormalla tapahtuvassa 1-vaiheoikosulussa 0,4s :ssa.

- Lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_{KL} = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KL}} = \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} 1000 A} = 0,22 \Omega$$

- katsotaan taulukosta (4) vaiheessa 2 valitun 4x16 Al- kaapelin vaihejohtimen impedanssi  $Z_{NV}$ : 2,326  $\Omega$ /km, 20m pituudelle se on 0,02 km \* 2,326  $\Omega$ /km = 0,046  $\Omega$
- katsotaan taulukosta (4) 10 Cu- PE-johtimen impedanssi  $Z_{NPE}$ : 2,246  $\Omega$ /km, 20m pituudelle se on 0,02 km \* 2,246  $\Omega$ /km = 0,045  $\Omega$
- Lasketaan impedanssi ryhmäkeskuksella:  $Z_{KRK} = 0,22 + 0,046 + 0,045 \Omega = 0,311 \Omega$ , (jolloin oikosulkuvirta RK:lla on)

$$I_{KRK} = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRK}} = \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} 0,311 \Omega} = 706 A$$

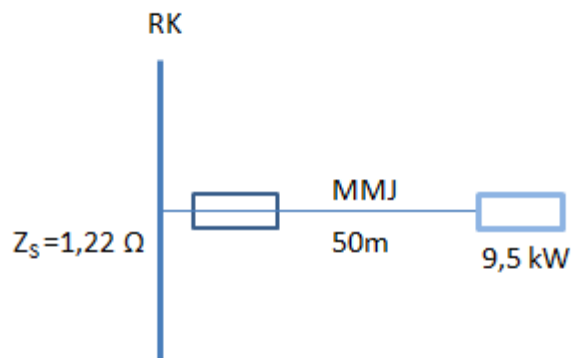
- katsotaan taulukosta (4) vaiheessa 5 valitun 5x2,5 Cu kaapelin vaihejohtimen impedanssi  $Z_{RV}$ : 8,770  $\Omega$ /km, 50m pituudelle se on 0,05 km \* 8,770  $\Omega$ /km = 0,439  $\Omega$ ,  $Z_{RPE}$  on sama kuin  $Z_{RV} = Z_{RPE} = 0,439 \Omega$

- Lasketaan impedanssi kuormalla:  $Z_k=0,311+0,439+0,439 \Omega = 1,189 \Omega$ , jolloin oikosulkuvirta kuormalla on

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRR}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 1,189 \Omega} = 184,7 A$$

7. Todetaan taulukon (3) perusteella, että C16-automaatti vaatii toimiakseen 0,4s:ssa 160A oikosulkuvirran, joka on pienempi kuin laskettu 184,7A, joten suojaus toimii alle 0,4s:ssa.

### Esimerkki 2 Ratkaisu:



1. Lasketaan kuormituksen ottama virta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{9500 W}{\sqrt{3} 400V 1,0} = 13,7 A$$

Valitaan suojaava sulake, kuormitusvirtaa seuraavaksi suurempi D 16.

2. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa

$$I_2 \leq 1,45 * I_z, \text{ ja } I_2 = k * I_n;$$

Tulppasulakkeille pätee

$$I_n \leq 4A \quad \rightarrow k=2,1$$

$$4A \leq I_n \leq 10A \quad \rightarrow k=1,9$$

$$10A \leq I_n \leq 25A \quad \rightarrow k=1,75$$

$$I_n > 25A \quad \rightarrow k=1,6$$

$$\text{joten } 1,75 * 16 \leq 1,45 * I_z \rightarrow I_z \geq 19,3A$$

- Määritellään korjauskertoimet: A.52.1 ref. asennustapa A/A2, PVC  $\rightarrow$  A.52-2

$$2,5 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 19A$$

$$4 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 24A$$

$$6 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 31A$$

$$10 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 41A$$

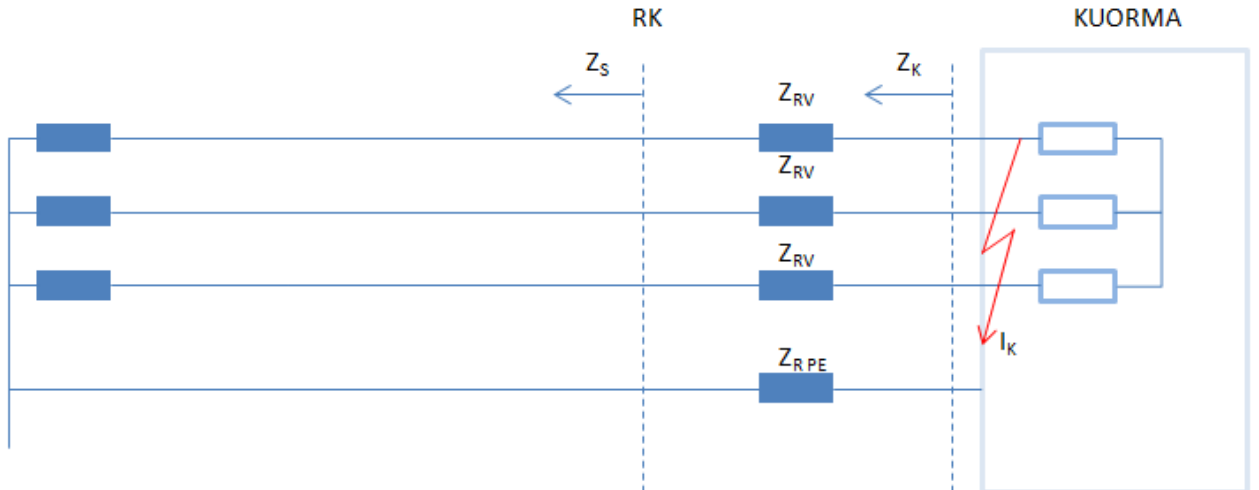
$$A.52-14, \text{ ilman lämpötila } k=0,94$$

$$A.52-17 \text{ ryhmitys, } k=0,6$$

3. Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{19,3}{0,94 \times 0,6} = 34,2A$$

Valitaan kohdan 2 perusteella MMJ 5x10S.



4. Lasketaan, toimiiko suojaus kuormalla tapahtuvassa 1-vaiheoikosulussa 0,4s :ssa.

- katsotaan taulukosta (4) 10Cu- kaapelin vaihe- ja PE-johtimen impedanssi  $Z_{NPE}$ : 2,246  $\Omega$ /km, 25m pituudelle se on  
 $0,025 \text{ km} * 2,246 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,056\Omega$
- Lasketaan impedanssi kuormalla:  $Z_K = 1,22 + 0,056 + 0,056 \text{ } \Omega = 1,332 \text{ } \Omega$ , jolloin oikosulkuvirta kuormalla on

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRRK}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} 1,332 \text{ } \Omega} = 164,9 \text{ A}$$

5. Todetaan taulukon (3) perusteella, että D16-tulppasulake vaatii toimiakseen 0,4s:ssa 110A oikosulkuvirran, joka on pienempi kuin laskettu 164,9A, joten suojaus toimii alle 0,4s:ssa.
6. Jos tulppasulakkeiden sijaan valittaisiin C- johdonsuoja-automaatti, ja poiskytkentävaatimus säilyy,
  - $I_2 = 1,45 * I_n$ , joten  $1,45 * I_n \leq 1,45 * I_z \rightarrow I_z \geq I_n$ :  $I_z \geq 16A$
  - Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{16}{0,94 \times 0,6} = 28,4A$$

- Tämän perusteella A.52-2 mukaan 6 mm<sup>2</sup> Cu olisi riittävä. Katsotaan taulukosta (4) 6Cu- kaapelin vaihe- ja PE-johtimen impedanssi  $Z_{NPE}$ : 3,660  $\Omega$ /km, 25m pituudelle se on  
 $0,025 \text{ km} * 3,660 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,0915\Omega$

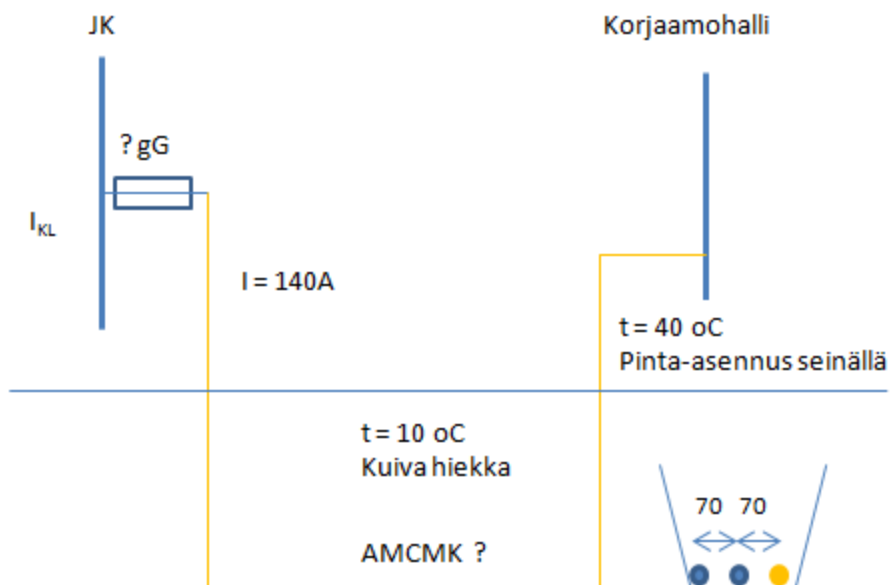


- Lasketaan impedanssi kuormalla:  $Z_k=1,22+0,0915+0,0915 \Omega = 1,403 \Omega$ , jolloin oikosulkuvirta kuormalla on

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRR}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 1.403 \Omega} = 156,6 A$$

joten se ei riitä 0,4s poiskytkentäajalle. Kaapelin poikkipinta on säilytettävä 10 mm<sup>2</sup> suuruisena.

### Esimerkki 3 Ratkaisu:



1. Valitaan suojaava sulake, kuormitusvirtaa seuraavaksi suurempi gG 160 A.
2. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa

$$I_2 \leq 1,45 * I_z, \text{ ja } I_2 = k * I_n;$$

gG- sulakkeille pätee

$$I_n \leq 4A \quad \rightarrow k=2,1$$

$$4A \leq I_n \leq 16A \quad \rightarrow k=1,9$$

$$I_n > 165A \quad \rightarrow k=1,6$$

$$\text{joten } 1,6 * 160 \leq 1,45 * I_z \rightarrow I_z \geq 176,5A$$

- Määritellään korjauskertoimet:

- Maassa:

- A.52.1 ref. asennustapa D, PVC , Alumiini->A.52-2 sarake 8

$$120 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 255A$$

$$150 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 280A$$

$$185 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 330A$$

$$240 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 375A$$

$$A.52-15, \text{ maan lämpötila } k=1,05$$

A.52-18 ryhmitys, k=0,75

A52-16, kuiva hiekka k=0,63

- Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{176,5 A}{1,05 \times 0,75 \times 0,63} = 354,8 A$$

- Seinällä:

- A.52.1 ref. asennustapa C, PVC , Alumiini->A.52-2 sarake 6

120 mm<sup>2</sup> -> 209A

150 mm<sup>2</sup> -> 240A

185 mm<sup>2</sup> -> 274A

240 mm<sup>2</sup> -> 323A

A.52-15, lämpötila k=0,82

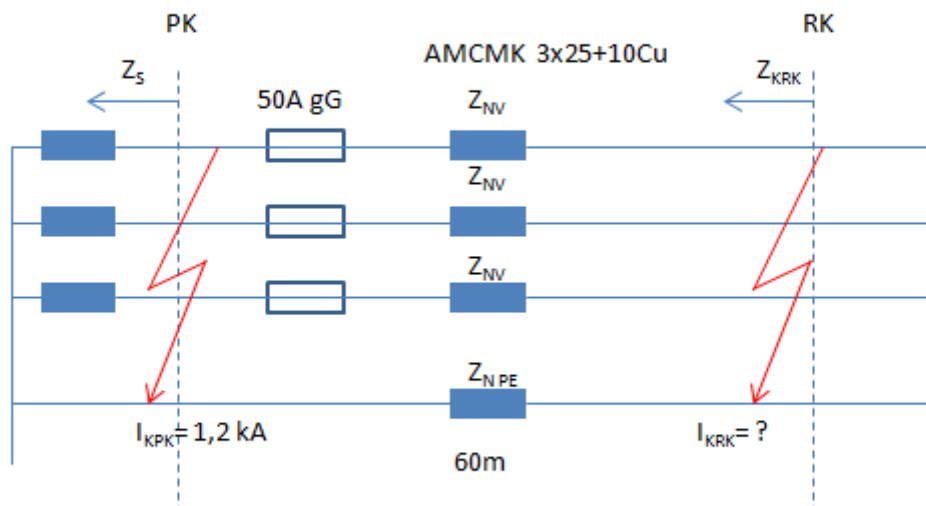
A.52-17 ryhmitys, k=1,0

- Tarvittava kuormitettavuus

$$I_z = \frac{176,5 A}{1,0 \times 0,82} = 215,2 A$$

Näin ollen 150 mm<sup>2</sup> riittäisi, mutta maassa oleva osuus edellyttää suurempaa poikkipintaa, joten valitaan AMCMK 3x240+72 Cu ja suojaava sulake 160A gG.

#### Esimerkki 4 Ratkaisu:



1. Lasketaan, toimiiko suojaus ryhmäkeskuksella tapahtuvassa 1-vaiheoikosulussa 0,4s :ssa.

- Lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_{KL} = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KL}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} 1200 \text{ A}} = 0,183 \Omega$$

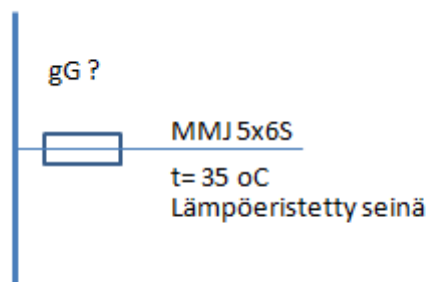
- Lasketaan nousujohdon impedanssi, katsotaan taulukosta (4) 25 Al- kaapelin vaihe- ja PE- johtimen impedanssi :  $Z_{NV} = 1,492 \Omega/\text{km}$ ,  $Z_{NPE} = 2,246 \Omega/\text{km}$ . 60m pituudelle ne ovat  $0,060 \text{ km} * 1,492 \Omega/\text{km} = 0,0895 \Omega$  ja  $0,060 \text{ km} * 2,246 \Omega/\text{km} = 0,135 \Omega$

2. Lasketaan syötön impedanssi kuorman luona:  $Z_K = 0,183 + 0,0895 + 0,135 \Omega = 0,408 \Omega$ , jolloin oikosulkuvirta kuormalla on

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRK}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} 0,408 \Omega} = 539,0 \text{ A}$$

3. Todetaan taulukon (2) avulla, että gG- sulake 50A vaatii 5s poiskytkentäajalla 250A virran ja 0,4s ajalla 470A virran, eli sekä 5s että 0,4s poiskytkentä toteutuu valitulla mitoituksella.

### Esimerkki 5 Ratkaisu:



1. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa
2. – korjauskertoimet:
  - A.52-1 ->A/A2 sarake 2
  - 6 mm<sup>2</sup> Cu -> 31A
  - Lämpötila A52-14; k=0,88
  - Ryhmä A.52-17; k=1,0
  - Kuormitettavuus

$$I_z = 0,88 \times 1,0 \times 31A = 27,3A$$

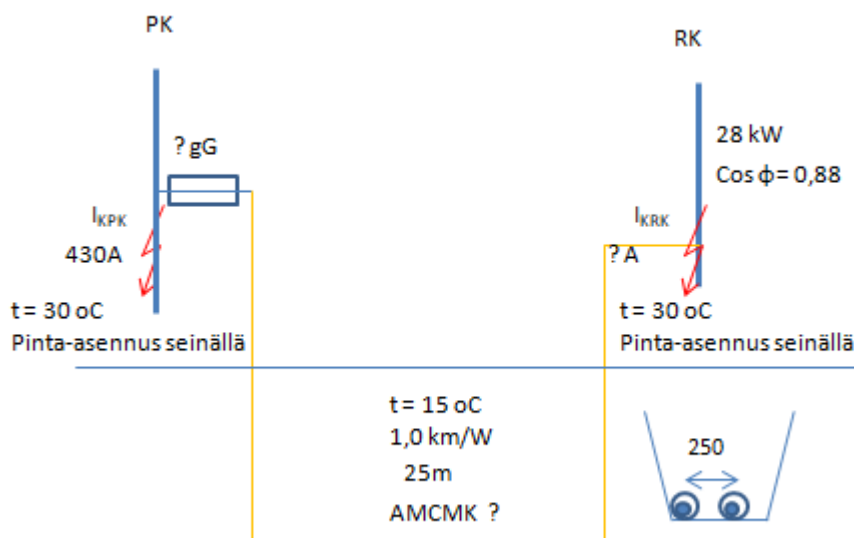
Suurin ylikuormitukselta suojaava sulake

B52-1

In	Kuormitettavuus vähintään
16A	-> 18 A
20A	-> 22 A
25 A	-> 28 A

Todetaan, että suurin ylikuormitukselta suojaava sulake on 20 A gG

### Esimerkki 9 Ratkaisu: SFS6000:2017 mukaan



1. Lasketaan kuormituksen ottama virta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{28000 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,88} = 46,0 \text{ A}$$

- valitaan seuraava sulakekoko 50 A gG.

2. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z, \text{ ja } I_2 = k \cdot I_n;$$

gG- sulakkeille pätee

$$I_n \leq 4 \text{ A} \quad \rightarrow k=2,1$$

$$4 \text{ A} \leq I_n \leq 16 \text{ A} \quad \rightarrow k=1,9$$

$$I_n > 16 \text{ A} \quad \rightarrow k=1,6$$

joten  $1,6 \cdot 50 \leq 1,45 \cdot I_z \rightarrow I_z \geq 55,2 \text{ A}$  (Tai D1:  $43 \cdot 1 = 55 \text{ A}$ )

3. Määritellään korjauskertoimet:

- Maassa:

- B.52.1 ref. asennustapa D, PVC, Alumiini  $\rightarrow$  B.52-4 sarake 7

10 mm<sup>2</sup> -> 39 A  
 16 mm<sup>2</sup> -> 50A  
 25 mm<sup>2</sup> -> 64A  
 maan lämpötila +15 ; B.52-15 k=1,05  
 B.52-19 ryhmitys, k=0,90  
 B52-16, 1,0 Km/W; k=1,18

- Tarvittava kuormitettavuus maahan asennuksessa

$$I_z = \frac{55,2 A}{1,05 \times 0,905 \times 1,18} = 49,5 A$$

Ehdellisen perusteella AMCMK 4x16+10 olisi riittävä.

- Seinällä

- B.52.1 ref. asennustapa C, PVC , Alumiini->B.52-4 sarake 6
  - o 10 mm<sup>2</sup> -> 44 A
  - o 16 mm<sup>2</sup> -> 59A
  - o 25 mm<sup>2</sup> -> 73A

ilman lämpötila 30oC; B52-14; k=1,00  
 ryhmitys B52-17;k=1,00

- Tarvittava kuormitettavuus seinälle asennuksessa

$$I_z = \frac{55,2 A}{1,00 \times 1,00} = 55,2 A$$

Tämän kohdan perusteella AMCMK 4x16+10 on myös riittävä, joten tämä kaapeli valitaan.

- lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_{KL} = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KL}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 430 A} = 0,511 \Omega$$

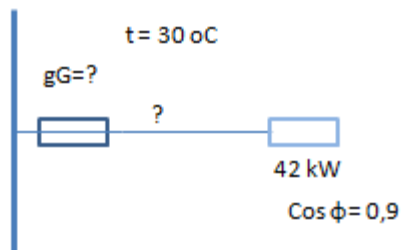
- Lasketaan nousujohdon impedanssi, katsotaan taulukosta (4) 16 Al/10 Cu- kaapelin vaihe- ja PE-johtimen impedanssi : Z<sub>NV</sub>= 2,326Ω/km, Z<sub>NPE</sub>= 2,246Ω/km. 25m pituudelle ne ovat 0,025 km \* 2,326Ω/km =0,058Ω ja 0,025 km \* 2,246Ω/km =0,056Ω

- Lasketaan syötön impedanssi ryhmäkeskuksen luona: Z<sub>KRK</sub>=0,511+0,058+0,056 Ω = 0,625 Ω, jolloin oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella on

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRR}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 0,625 \Omega} = 351,4 A$$

- Todetaan taulukon (2) avulla, että gG- sulake 50A vaatii 5s poiskytkentäajalla 250A virran eli 5s poiskytkentä toteutuu valitulla mitoituksella.

### Esimerkki 10 Ratkaisu: SFS6000:2017 mukaan



1. Lasketaan kuormituksen ottama virta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{42000 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 0,9} = 67,4 \text{ A}$$

- valitaan seuraava sulakekoko 80 A gG.

2. Määritetään ryhmäjohdon tarvittava kuormitettavuus asennusolosuhteissa

$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ , ja  $I_2 = k \cdot I_n$ ;

gG- sulakkeille pätee

$I_n \leq 4 \text{ A}$                       ->  $k=2,1$

$4 \text{ A} \leq I_n \leq 16 \text{ A}$             ->  $k=1,9$

$I_n > 16 \text{ A}$                       ->  $k=1,6$

joten  $1,6 \cdot 80 \leq 1,45 \cdot I_z \rightarrow I_z \geq 88,3 \text{ A}$  (Tai D1:2017 taulukko 43.1 = 88A)

3. Määritellään korjauskertoimet:

Puuseinällä

SFS600:B.52.1, Asennustapa C, Alumiini, PEX, ->kuormitettavuus perusarvo B.52.5 sarake 6

16 mm<sup>2</sup>                              ->76A

25 mm<sup>2</sup>                              ->90A

35 mm<sup>2</sup>                              ->112A

Ilman lämpötila;30 oC ;  $k=1,00$

Ryhmitys; B.52.17;  $k=1,00$

- Tarvittava kuormitettavuus seinälle asennuksessa

$$I_z = \frac{88 A}{1,00 \times 1,00} = 88A$$

Tämän kohdan perusteella AXCMK 4x25+16, mutta osoittautuu, että

Tikkailla:

SFS600:B.52.1, Asennustapa E, Alumiini, PEX, ->kuormitettavuus perusarvo B.52.13

16 mm<sup>2</sup> ->77A

25 mm<sup>2</sup> ->97A

35 mm<sup>2</sup> ->120A

Ilman lämpötila 30 oC ; k=1,00

Ryhmitys B.52.20: k=0,80

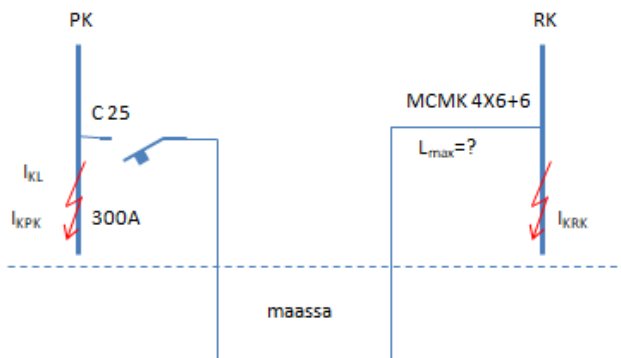
- Tarvittava kuormitettavuus tikasennuksessa

$$I_z = \frac{88 A}{1,00 \times 0,8} = 110A$$

Tämän kohdan perusteella tarvitaan AXCMK 4x35+16, joka valitaan suojaavan sulakkeen ollessa 80 A gG.



### Esimerkki 11 Ratkaisu: SFS6000:2017 mukaan



#### Tapa 1:

1. lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_{KL} = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KPK}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 300 A} = 0,732 \Omega$$

2. Lasketaan paljonko ryhmäjohto saa enintään lisätä impedanssia

- Katsotaan D1 taulukosta 41.4a C25 vaatima oikosulkuvirta 0,4s poiskytkentäajalla: 250A
- Kokonaisimpedanssi (syöttö + nousujohto) saa siis olla enintään

$$Z_N = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} * 250 A} = 0,879 \Omega$$

- Nousujohdon osuus ( $R_V + R_{PE}$ ) saa olla

$$Z_N = (0,879 - 0,732) \Omega = 0,147 \Omega$$

eli puolet tästä vaihejohtimelle, koska sama kuin PE:  $0,147 \Omega / 2 = 0,0735 \Omega$

- Katsotaan taulukosta D1: 41.6 6mm<sup>2</sup> Cu impedanssi vaihejohtimelle 3,660  $\Omega/km$
- Lasketaan maksimipituus

$$L_{max} = \frac{0,0735 \Omega}{3,660 \Omega/km} = 0,020 km = 20 m$$

Tapa 2: Lasketaan kaavalla D1: 4.7

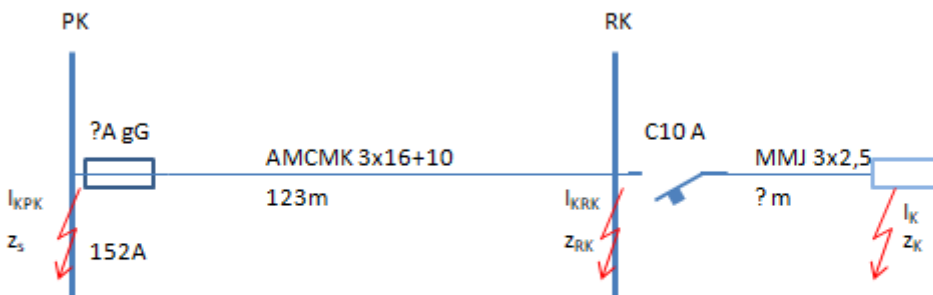
$$l = \frac{\frac{c \times U}{\sqrt{3} \times I_K} - Z_V}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 400V}{1,73 \times 250 A} - 0,732 \Omega}{2 \times 3,660 \Omega/km} = 0,020 km = 20 m$$

jossa

$I_k$  = suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta annetussa ajassa,  $Z_v$  = verkon impedanssi ennen suojalaitetta,  $z$  = johdon impedanssi

Huom!: asennustapa (maahan) ei vaikuta oikosulkuvirta- tai poiskytkentäaikatarkasteluissa!

**Esimerkki 12 Ratkaisu: SFS6000:2017 mukaan**



1. lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_S = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KPK}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 152 A} = 1,445 \Omega$$

2. Katsotaan taulukosta D1: 41.6 nousujohdon impedanssi,  $Z_v = 2,326 \Omega/km$  ja  $Z_{PE} = 2,246 \Omega/km$ , se on 123m pitkälle johdolle  $Z_v = 0,286 \Omega$  ja  $Z_{PE} = 0,276 \Omega$
3. Lasketaan impedanssi RK:lle asti  
 $Z_{RK} = 1,445 + 0,286 + 0,276 \Omega = 2,007 \Omega$
4. C10 vaatima oikosulkuvirta 0,4 s:lle taulukosta 41.4a = 100A, sitä vastaava impedanssi on

$$Z_K = \frac{c U}{\sqrt{3} I_K} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 100 A} = 2,197 \Omega$$

5. Ryhmäjohdon impedanssi ( $Z_v + Z_{PE}$ ) saa olla enintään  $Z_K - Z_{RK} = 2,197 - 2,007 \Omega = 0,19 \Omega$ , eli  
 $Z_v = 0,190 \Omega / 2 = 0,095 \Omega$  ja  $Z_{PE} = 0,190 \Omega / 2 = 0,095 \Omega$
6. Katsotaan taulukosta D1: 41.6 ryhmä impedanssi kilometriä kohden,  $Z_v = 8,770 \Omega/km$  ja  $Z_{PE} = 8,770 \Omega/km$
7. Lasketaan suurin pituus

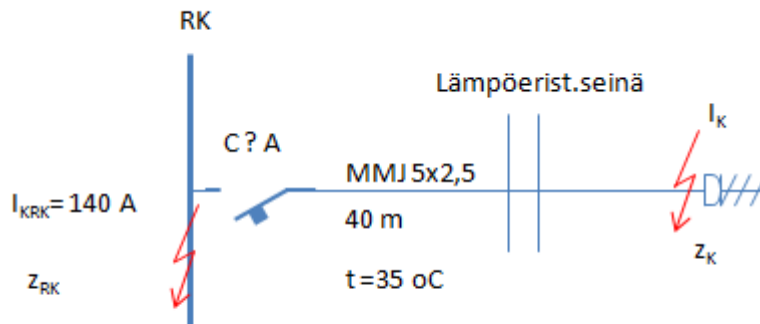
$$l = \frac{0,095 \Omega}{8,770 \Omega/km} = 10,8 m \approx 11 m$$

8. RK:lla esiintyy oikosulkuvirta

$$I_{KRR} = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_{KRR}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 2,007 \Omega} = 109,4 A$$

9. Suurin gG-sulake RK:lla esiintyvälle oikosulkuvirralla taulukosta 41.5 5s poiskytkentäajalle on 25 A gG.

### Esimerkki 13 Ratkaisu: SFS6000:2017 mukaan



1. Lasketaan johdon kuormitettavuus

- Asennustapa B52.1: E -> korj.kerros ilma B52.14 ja ryhmitys B52.20 sekä taulukko 52.X asennusolosuhteiden muutos (s.231)

k ilma = 0,94

k ryhmä = 0,71

k seinä, 200 mm lämpöeristeen läpi = 0,68

Kuormitettavuus perusarvo B52.10 : 2,5 mm<sup>2</sup> Cu : 25A

Kaapelin todellinen kuormitettavuus  $I_z = 0,94 \times 0,71 \times 0,68 \times 25A = 11,3 A$

2. Valitaan suojalaite:

Koska suojalaite on johdonsuoja, voidaan valita  $I_n \leq I_z \rightarrow C 10 A$

(Jos suoja olisi gG-sulake, pitäisi katsoa taulukko 43.1 -> gG 6A, ja jos suoja olisi tulppasulake, pitäisi laskea  $k \times I_n \leq 1,45 \times I_z$  ;  $4A \leq I_n \leq 10A$  ;  $k=1,9 \rightarrow I_n = 0,76 I_z$ , eli pitäisi valita tulppasulake, jonka nimellisvirta on pienempi tai enintään yhtäsuuri kuin  $0,76 \times 11,3 = 8,6A \rightarrow 6A$ .)

3. lasketaan syöttävän verkon impedanssi pääkeskuksella

$$Z_S = \frac{c U}{\sqrt{3} I_{KPK}} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 140 A} = 1,569 \Omega$$

4. Katsotaan taulukosta D1: 41.6 johdon impedanssi,  $Z_v = 8,770 \Omega/\text{km}$  ja  $Z_{PE} = 8,770 \Omega/\text{km}$ , se on 40m pitkälle johdolle  $Z_v = 0,351 \Omega$  ja  $Z_{PE} = 0,351 \Omega$
5. lasketaan silmukkaimpedanssi pistorasiolla  $Z_k = 1,569 + 0,351 + 0,351 \Omega = 2,271 \Omega$  ja oikosulkuvirta

$$I_K = \frac{c U}{\sqrt{3} Z_K} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} 2,271 \Omega} = 96,7 A$$

6. Koska C10 tarvitsee taulukon 41.4a mukaan 100A oikosulkuvirtaa toimiakseen 0,4s:ssa, ei suojaus täytä tätä vaatimusta tällä mitoituksella.

## Sähkötöiden johtaja

### Sätköturvallisuuslaki 1135/2016, 57§

Nimettävä ennen toiminnan aloittamista, Uusi sähkötöiden johtaja on nimettävä kolmen kuukauden kuluessa siitä, kun toiminnanharjoittajan nimeämä johtaja vaihtuu tai on estynyt hoitamasta tehtävänsä muuten kuin lyhytaikaisen poissaolon vuoksi.

Huom! Sähkösuunnittelu ei ole luvanvaraista-> ei tarvitse nimetä sähkötyönjohtajaa

### Sätköturvallisuuslaki 1135/2016, 58§

Sähkötöiden johtajan tulee olla toiminnanharjoittaja tai tällaista toimintaa harjoittavan palveluksessa. Sama henkilö saa olla nimettynä enintään kolmen toiminnanharjoittajan sähkötöiden johtajaksi samanaikaisesti.

Toiminnanharjoittajan on annettava sähkötöiden johtajalle riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä. Sähkötöiden johtajalla tulee olla tosiasiallinen mahdollisuus huolehtia tehtävästään.

### **Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 95§**

Pakkokeinot

## **Sähkölaitteistot ja tarkastukset**

**Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (1434/2016)**

### **Käyttöönottotarkastuspöytäkirja**

**Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 21.12.2016/1434**

## **Sähkölaitteistoluokat**

**Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 44§**

Luokka 1a

Sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa

Luokka 1b

Muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3.

Luokka 2c

(Yli 1000 V osia sisältävä sähkölaitteisto)

Samaan sähkölaitteistoon kuuluvat kaikki yhtenäiselle alueelle (kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle) rakennetut saman haltijan sähkölaitteistot, siis yli 1000 V laitteistojen lisäksi myös kiinteistön muu sisäinen jakeluverkko ja ne rakennukset, ulkoalueet yms. joissa on vain enintään 1000 V laitteistoja.

Luokka 2d

(Liittymistehoaltaan yli 1600 kVA enintään 1000 V sähkölaitteisto)

Sähkölaitteisto on luokkaa 2c vastaava enintään 1000 V jännitteinen kokonaisuus. Virtaan perustuvien liittymissopimusten osalta 230/400 V järjestelmässä 1600 kVA vastaa 2300 A virtaa.

Luokka 3c

(Sähkönjakeluverkko, joka edellyttää sähköverkkolupaa)

Verkonhaltijan verkoilla tarkoitetaan kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän ulkopuolisia jakelu- ja siirtoverkkoja.

## **Määräaikaistarkastus**

**Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 49§**

## **Varmennustarkastus**

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016, 45§

## **Ammattitaitoinen henkilö**

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016, 73§

## **Sähtöpätevyys**

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016, 66-69§

## **Puutteet varmennustarkastuksessa**

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016, 97§

## **Standardeista poikkeaminen**

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016, 85§

## **Sähtötyöturvallisuus**

### **Jännitetyöalue**

Jännitetyöalueen ulkoraja alle 1000V:lla = ei kosketusta

SFS6002

### **Työnaikainen sähtöturvallisuuden valvoja**

SFS6002

### **Sulakkeen vaihto**

Maallikko: pienjännitteellä enintään 25A virrattomana tai virrallisena jos ei mahdollista ilman haittaa, jos ei oikosulkuvaaraa ja on kosketussuojaus)

Opastettu: maallikolle sallitut ja kahvat jännitteettömänä tai jännitteellisenä jos on välilevyt ja riittävät etäisyydet, ei oikosulkuvaaraa,

Ammattitaitoinen: henkilö edelliset, suurjännitesulakkeen vaihto, kahvat jos oikosulun vaara, >25A tulppa ja kahvat moottorilähdöissä, kahvat ja >63A tulppa virrallisena

SFS6002- 7.4.1

### **Valokaaren vaarat**

SFS6002

### **Työmaadoittaminen**

SFS 6002/6.2.5

## **Asennukset eri tiloissa**

### **Eristysresistanssi**

SFS6000-6-61.3.3

$U \leq 500V$ , koejännite 500V DC,  $\geq 1 M\Omega$ , vanhat ennen 1994  $1k\Omega$ /nimellisjännitteen V

### **Kylpy- ja suihkuhuonetilat**

SFS6000-7-701

### **Maa- ja puutarhatalouden tilat**

SFS6000-7-705

### **Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat**

SFS6000-8-804

### **Pienvenesatama**

SFS6000-709

### **Pienoisjännite**

SFS6000-4-41

SELV < 50VAC / 120VDC toisio maasta erotettu

PELV < 50VAC / 120VDC toisio maadoitettu

FELV toiminnallinen pienoisjännite

### **Saunan sähköasennukset**

SFS6000-7-703

### **Sähköajoneuvon lataus**

SFS6000-722

### **Palovaarallinen tila**

SFS6000-4-422

### **Suojaava potentiaalitasaus**

SFS6000-411.3.1.2

### **Lääkintätilat**

SFS60007-710

Kupari, yksivaihe	Kupari, 3-vaihe, 4-johdin	Kupari, 3-vaihe, 5-johdin
MCMK 2x1,5/1,5	MCMK 3x1,5/1,5	MCMK 4x1,5/1,5
MCMK 2x2,5/2,5	MCMK 3x2,5/2,5	MCMK 4x2,5/2,5
MCMK 2x6/6	MCMK 3x6/6	MCMK 4x6/6
	MCMK 3x10/10	MCMK 4x10/10
	MCMK 3x16/16	MCMK 4x16/16
		MCMK 4x25/16
		MCMK 4x35/16
		MCMK 4x50/25
		MCMK 4x70/35
		MCMK 4x95/50
		MCMK 4x120/70
		MCMK 4x150/70
		MCMK 4x185/95
		MCMK 4x240/120
		MCMK 4x300/150




	Alumiini, 3-vaihe, 4-johdin	Alumiini, 3-vaihe, 5-johdin
	AMCMK 3x16/10	AMCMK 4x16/10
	AMCMK 3x25/16	AMCMK 4x25/16
	AMCMK 3x35/16	AMCMK 4x35/16
	AMCMK 3x50/16	AMCMK 4x50/16
	AMCMK 3x70/21	AMCMK 4x70/21
	AMCMK 34x95/29	AMCMK 4x95/29
	AMCMK 3x120/41	AMCMK 4x120/41
	AMCMK 3x150/41	AMCMK 4x150/41
	AMCMK 3x185/57	AMCMK 4x185/95
	AMCMK 3x240/72	AMCMK 4x240/57