

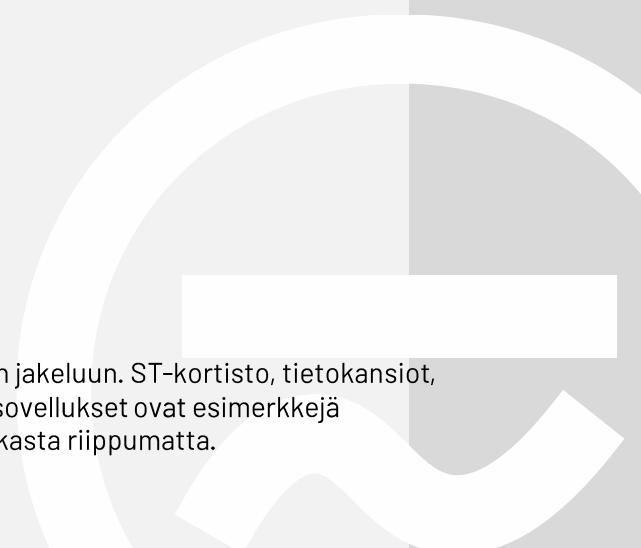


SUOJAUSTEN PERUSTEET

SUOJAUSTEN
PERUSTEET



SÄHKÖINFO panostaa sähköistysalalla tarvittavan tiedon digitaaliseen jakeluun. ST-kortisto, tietokansiot, Sähkömaailma-lehti, ohjelmistot, lomakkeet, verkkokurssit ja mobiilisovellukset ovat esimerkkejä tuotteista, joilla voit ylläpitää ja kehittää ammattitaitoasi ajasta ja paikasta riippumatta.



SISÄLTÖ

SFS 6000-1: PERUSPERIAATTEET

SFS 6000-5-51: YLEISET SÄÄNNÖT (DOKUMENTOINTI)

SFS 6000-4-41: SUOJAUS SÄHKÖISKULTA

- SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

SFS 6000-4-43: YLIVIRTASUOJAUS

- YLIKUORMITUSSUOJAUS (+ SFS 6000-5-52)

- OIKOSULKUSUOJAUS

- RINNANKYTKETYT JOHDOT

+ KYSYTTYÄ, TULKITTUA JA <https://www.skt-saatio.fi/> → Asennussuositukset



SFS 6000-1: VARMISTETTAVA SUOJAUS

Ensisijainen vaatimus: 131 Turvallisuuteen liittyvä suojaus

- Suojaus sähköiskuilta, lämmön vaikutuksilta, ylivirroilta, vikavirroilta, EMC-häiriöiltä ja syötön keskeytykseltä.
- **Suunnitteluvaiheessa on laskelmilla tai muilla tavoin osoitettava, että tämän luvun vaatimukset täyttyvät....**

Suunnittelun lähtötiedot 132.2 – 132.5

- Verkon ominaisuudet, kuormitukset, varavoima, ympäristö...

Suunnittelun lopputulokset 132.6 – 132.13

- Johtimet, johtojärjestelmä, suojalaitteet, ohjauslaitteet...



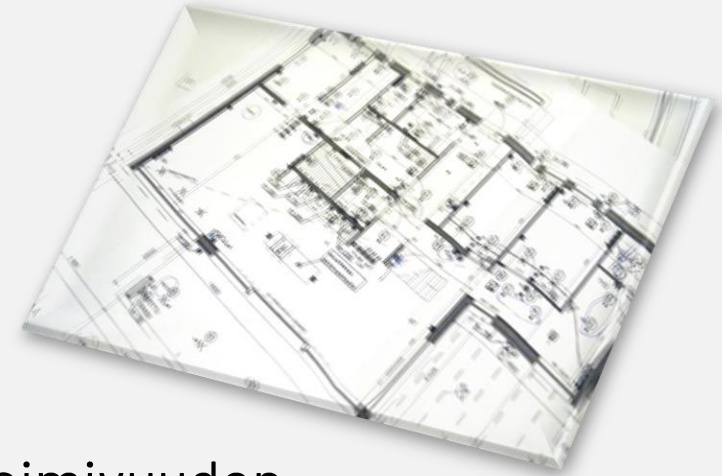


SFS 6000: JOHTIMIEN POIKKIPINNAT (SFS 6000-1, 132.6)

Johtimien poikkipinnat määritetään seuraavien tekijöiden perusteella sekä normaalissa käytössä että poikkeustilanteessa:

- a) suurin sallittu lämpötila
- b) sallittu jännitteen alenema
- c) oikosulku- ja maasulkuvirtojen todennäköisesti aiheuttamat mekaaniset rasitukset
- d) johtimiin kohdistuvat muut mekaaniset rasitukset
- e) vikavirtojen suojauksen toiminnan kannalta suurin sallittu impedanssi
- f) asennustapa





SFS 6000: DOKUMENTTIEN TIEDOT (SFS 6000-5-51, 514.5.1)

Tiedot, joita tarvitaan asennuksen suojausten toimivuuden tarkistamiseen ja jotka pitää selvittää jo suunnitteluvaiheessa:

- johtimien tyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet, joita tarvitaan suojausta tai jännitteen alenemaa koskevien laskelmien tekemiseen (yleensä riittää mitoituksessa käytetyt maksimipituudet)
- suojalaitteiden lajit, tyypit, mitoitusvirrat ja asettelut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt

Nämä tiedot pitää olla käytettävissä asennuksen jokaisesta piiristä.

SFS 6000: YLIVIRTA, YLIKUORMA, OIKOSULKU, VIKA...

SFS 6000-4-41, Vika(virta): Jännitteinen johdin osuu täysin "väärään" paikkaan

- Periaatteessa oikosulku/maasulku (L/N → PE eli L → Laiterunko → PE)
- Yleensä vaatimukset 0,4s/5s poiskytkennästä ja vikavirtasuojasta.

SFS 6000-4-43, Ylivirta: Johtimet on suojattava ylivirran vaikutuksilta

- 1. Ylikuormalta:** käytönaikainen lämpötila (Esimerkiksi MMJ 70 °C)
 - 1.1. Kuormavirta $I_b \leq$ Suojalaitteen $I_n \leq$ Johtimen kuormitettavuus I_z
 - 1.2. Suojalaitteen toleranssit on huomioitava: $I_2 \leq 1,45 \times I_z$
- 2. Oikosululta:** (L-L, L-N, L-PE(N)...) oikosulun aikainen lämpötila (MMJ 160 °C)
 - 2.1 Prospektiivinen oikosulkuvirta → $t = k^2 S^2 / I^2 =$ suurin sallittu oikosulun kesto aika
 - Standardi suosittelee 5 sekunnin katkaisuaikaa. Kaapelivalmistajat vaatii.
 - 2.2 Oikosulkuvirran huippuarvo yli 50 mm² yksijohdinkaapeleilla ja keskuksilla

SFS 6000-4-41: SUOJAUS SÄHKÖISKULTA

Sähköasennuksen jokaisessa osassa on noudatettava yhtä tai useampaa suojausmenetelmää...

- **syötön automaattinen poiskytkentä (411)**
 - kaksoiseristys tai vahvistettu eristys (412)
 - sähköinen erotus syöttämään yhtä kulutuslaitetta (413)
 - pienoisjännite (SELV ja PELV)(414)
 - esteet ja sijoittaminen kosketusetäisyyden ulkopuolelle (41B)
 - teholähteen tai muuttajan kyky turvata vikatilanne (41D)
- + *lisäsuojauksena: lisäpotentiaalintasaus (415.2)*
- + *IT-jakelut (411.6)*



SFS 6000-4-41, 411: SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

Taulukkoa 41.1 on noudatettava, kun kyseessä on...

Järjestelmä	$50\text{ V} < U_0 \leq 120\text{ V}$ s		$120\text{ V} < U_0 \leq 230\text{ V}$ s		$230\text{ V} < U_0 \leq 400\text{ V}$ s		$U_0 > 400\text{ V}$ s	
	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0,8	a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

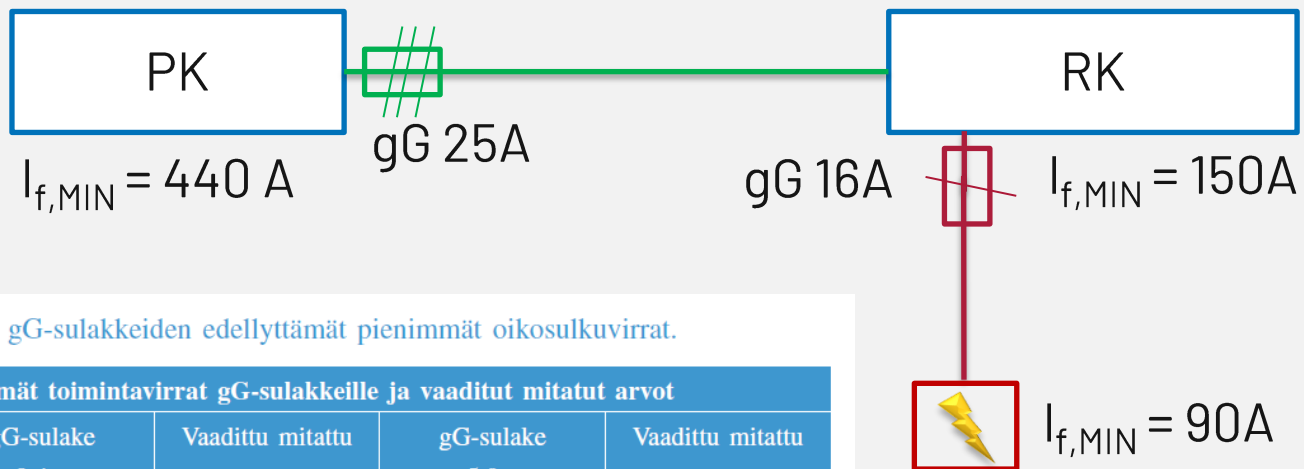
- pistorasiaryhmäjohdot 63A mitoitusvirtaan asti, sekä
- kaikki kiinteästi asennettujen laitteiden ryhmäjohdoilla, jotka on suojattu 32A nimellisvirtaan asti.

Muille suurivirtaisille ryhmille sekä pääjohdoille vaaditaan **5 s** vian poiskytkentäaika.

Vikasuojaus voidaan toteuttaa ylivirtasuojilla **tai vikavirtasuojilla.**



ESIMERKKI: 0,4/5 s VIKAVIRTASUOJALLA



TAULUKKO 41.5. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat.

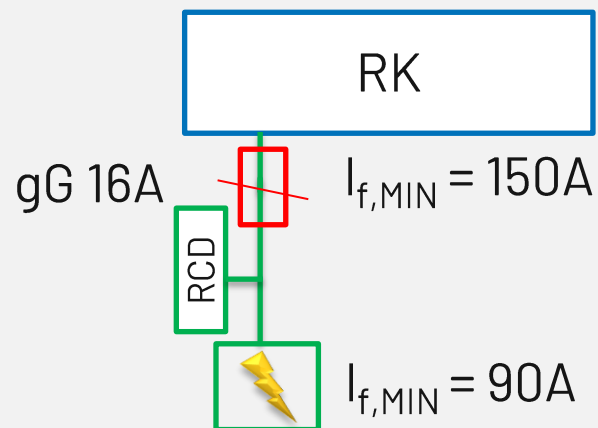
Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaadittu mitattu arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake	Vaadittu mitattu	gG-sulake	Vaadittu mitattu
A	0,4 s	arvo	5,0 s	arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3

Vika: PK-RK 5s OK

Vika: RK-Pistorasia 0,4s ei toteudu

HUOM. Oikosulku- ja ylikuormitussuojaukset varmistettava erikseen.

ESIMERKKI: 0,4/5 s VIKAVIRTASUOJALLA



RK-Pistorasia 0,4s toteutuu vikavirtasuojan avulla.



HUOM. Oikosulku- ja ylikuormitussuojaukset varmistettava erikseen!

Taulukko 531A.2 Vikavirtasuojan toiminta-ajat (s) vikavirran ollessa sinimuotoista vaihtovirtaa

Tyyppi	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	Vikavirtasuojien toiminta-ajat (s), kun vikavirta on sinimuotoista vaihtovirtaa						
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ tai $0,25 A^a$	$5A - 200 A^b$	500 A	
Yleinen tyyppi	Kaikki arvot	< 0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Maksimi-laukaisu-ajat
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S-tyyppi	≥ 25	> 0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Minimi-ajat, jolloin laite ei toimi
		> 0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

ESIMERKKI: 0,4/5 s VIKAVIRTASUOJALLA**SFS 6000-4-43, 435.1 YHDELLÄ SUOJALAITTEELLA TOTEUTETTU SUOJAUS**

Kun suojalaite toteuttaa suojauksen sekä ylikuormitukselta että oikosululta, ja täyttää lukujen 433 ja 434 asianomaisten kohtien vaatimukset, ja sen katkaisukyky on vähintään yhtä suuri kuin suojalaitteen asennuskohdassa esiintyvä prospektiivinen oikosulkuvirta, suojalaitteen katsotaan suojaavan kuormituspuolen johtimet myös oikosulkuvirralla.

HUOM.  Jos suojalaite toimii ylikuormitussuojana ja sen katkaisukyky on riittävä, se yleensä suojaa myös oikosulkuvirran lämpövaikutuksilta. 

ESIMERKKI: 0,4/5 s VIKAVIRTASUOJALLA

SFS 6000-5-53, 531.3.5.3.1: POISKYTKENTÄ 0,4s/5s VVS:N AVULLA

Kun vikavirtasuojaa käytetään syötön automaattisen poiskytkentään (yleensä 0,4s tai 5s):

1. Koko johdin on suojattava, eli vikavirtasuojapiirin syöttöpisteeseen.
2. Vikavirtaa oltava vähintään 5x mitoitusvirta (5x30, 5x300mA...)
3. Suositus: huomioidaan vikavirtasuojien välinen selektiivisyys

Pelkkänä vikasuojana (ei siis lisäsuojauksena) vikavirtasuojapiiri voi olla tyyppiä A, F tai B, sen mitoitusvirta voi olla mikä vaan ja se voi olla myös aikahidastettua S-tyyppiä. **Kunhan poiskytkentäaika toteutuu.**

Vikavirtasuojien testaus varmistettava.

SFS 6000-4-41, 411.3.3: LISÄSUOJAUS (VIKAVIRTASUOJA 30mA)

Vikavirtasuojaa (max. 30mA) on käytettävä lisäsuojauksena piirin suojalaitteen nimellisvirran ollessa

- + 32A asti maallikoiden käyttämissä pistorasioissa,
- o 32A asti ulkona käytettävät pistorasiat tai siirrettävät laitteet,
- + sekä asuntojen ja niihin liittyvien piha-alueiden vaihtosähköllä toimiville **valaisinryhmäjohtoille.**

Lisäsuojaus voidaan jättää tarvittaessa pois. (Liite 41X)



SFS 6000-4-41, LIITE 41X, OHJEITA LISÄSUOJAUKSEN KÄYTTÖÖN

Asunnoissa ja vastaavissa tiloissa lisäsuojaus voidaan jättää pois pistorasioista, jotka pysyvästi syöttävät määrättyä laitetta, ja laitteen syötön katkeamisesta voi aiheutua suurta haittaa.

→ Jääkaapit, pakastimet, ensisijaiset lämmityslaitteet...

Teollisissa, kaupallisissa ja julkisissa rakennuksissa... vikavirtasuojaus voidaan jättää pois pistorasioista, jotka syöttävät seuraavan tyyppisiä laitteita:

- teollisuuskoneita ja vastaavia, jotka on kiinnitetty paikalleen
- mekaanisesti paikalleen kiinnitettyjä valaisimia, sähkömoottoreita ja vastaavia laitteita
- sähkökatkoksille herkkiä laitteita kuten tietoliikennelaitteita, palvelimia ja vastaavia
- laitteita, joiden vuotovirta on niin suuri, että se voi aiheuttaa ongelmia, esim. hitsauslaitteita...

Jos pistorasian käyttötarkoitus ei ole selkeästi havaittavissa, on käytettävä opaskilpeä, esim. "Vain hitsauslaitteen liittämiseen". Lisäksi samassa huonetilassa on oltava vikavirtasuojalla suojattuja pistorasioita.

SUOJAUS SÄHKÖISKUILTA ERIKOISTILOISSA- JA ASENNUKSISSA

SFS 6000-7-XXX ja SFS 6000-8-XXX annetaan erikoisasennuksille lisävaateita, jotka täydentävät SFS 6000-4-41 vaatimuksia. Huomion arvoista on, että näissä vikavirtasuojaa voidaan vaatia myös palolta suojaamiseen, ei sähköiskulta suojaamiseen.

Viimeaikaisia muutoksia/havaintoja:

- 705: Aurinkosähköinvertterit maatiloilla, vikavirtasuojaus??
- 712:2022, Latausasemissa IEC 62955 mukainen 6 mA DC-tunnistin
- 753:2017, Lämmityskaapelit ja -elementit 300 mA → 30 mA

VIIMEAIKOINA TULKITTUA JA KYSYTTYÄ

Missä sanotaan, että peruseristetyt johtimet eivät saa olla kosketeltavissa?

FI SFS 6000-4-41, Liite 41 A, 41A.1: ”Eristyksen tarkoitus on estää jännitteisten osien koskettaminen. Pelkkä perusesitys ei yksinään täytä sähköiskulta suojauksen vaatimusta, vaan vaaditaan myös vikasuojauksen toteuttaminen. Peruseristetyt johtimet eivät saa olla maallikoiden kosketeltavissa.” FI

Suositusryhmältä:

- [5/2023](#) Tasasähköjärjestelmä, sähköiskulta suojaaminen sähköasemaympäristössä
- [4/2022](#) Vikavirtasuojien testaus keskusvalmistajan toimesta
- [8/2021](#) Sähköajoneuvot - poiskytkentä tasasähkövirran ylittäessä 6 mA

SFS 6000-4-43, 433: YLIKUORMITUSSUOJAUS

I_B = Suunniteltu virta

- Todellinen kuormitus, esimerkiksi kotitalous pistorasiat 16A (yleensä)

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

I_z = Johtimen kuormitettavuus

- Johdin- ja eristemateriaali
- Asennustavat (A,B,C...)
- Ympäristön olosuhteet
- Rinnakkaiset piirit...

I_2 = Ylikuormitussuojan toimintarajavirta (yläraja)

- Johdonsuoja 16A: $I_2 = 16A$ (B, C ja D tyypeillä)
→ I_z vähintään 16A
- gG 16A: $I_2 = 1,6 \times 16A = 25,6A$
→ I_z vähintään $25,6A / 1,45 = 17,6A \sim 18A$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

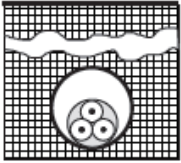
I_n = Ylikuormitussuojan nimellisvirta

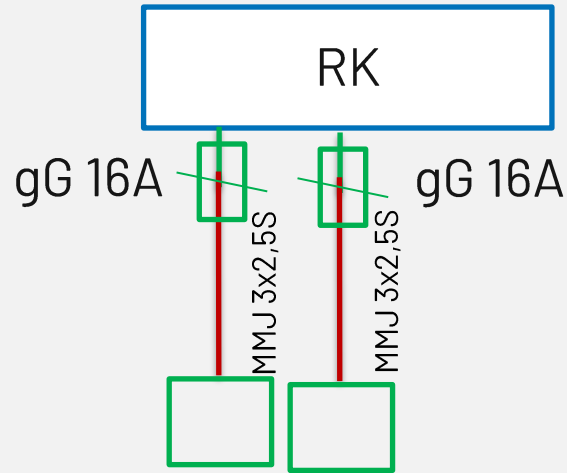
- C16A = 16A
- gG 16A = 16A

gG -sulakkeen toimintarajavirrat (SFS-EN 60269-1)

Mitoitusvirta I_N	Alempi toimintarajavirta	Ylempi toimintarajavirta = I_2	Aika
2 A ja 4 A	$1,5 I_N$	$2,1 I_N$	1 h
6 A ja 10 A	$1,5 I_N$	$1,9 I_N$	1 h
$13 A \leq I_N \leq 63 A$			1 h
$63 A < I_N \leq 160 A$	$1,25 I_N$	$1,6 I_N$	2 h
$160 A < I_N \leq 400 A$			3 h
$400 A < I_N$			4 h

YLIKUORMITUSSUOJAUS ESIMERKKI

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	D1
	
1	7
Kupari	
1,5	18
2,5	24



D1 Käsikirja

Maalaji	Lämpöresistiivisyys (K*m/W)
Kuiva hiekka (kosteus 0 %)	3,0
Kuiva sora tai savi	1,5
Puolikuiva sora, suomuta ja hiekka (kosteus 10 %)	1,2
Puolikuiva savi ja kostea sora	1,0
Kostea savi ja hiekka (kosteus 25 %)	0,7

MMJ PUTKESSA 3x2,5S
LATTIALÄMMITETYSSÄ
LATTIASSA
2 VIEREKKÄIN

$$I_z = 24 * 0,75 * 0,79 * 0,85$$

$$= 12,1 \text{ A , EI HYVÄ!}$$

Taulukko B.52.16 Korjauskertoimet ympäröivän maan muulle lämpöresistiivisyydelle kuin 1,0 K·m/W

Lämpöresistiivisyys, K·m/W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Korjauskertoimen	1,1	1,0	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63

Taulukko B.52.18 Korjauskertoimet useammalle kuin yhdelle monijohdinkaapelille tai yksijohdinkaapelien ryhmälle, kaapelit on asennettu suoraan maahan – (Taulukoiden B.52.2 – B.52.3 mukainen asennustapa D, yksi- tai monijohdinkaapelit)

Kaapelien välinen etäisyys a mm	Vierekkäisten kolmijohdinkaapelien tai vierekkäisten yksijohdinkaapeliryhmien lukumäärä							°C	PVC
	2	3	4	5	6	8	10		
0	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46		
								30	0,85

htir

YLIKUORMITUSSUOJAUS RINNAKKAISTEN PIIRIEN VAIKUTUS

SFS 6000-5-52, 523.5: *”Jos tiedossa olevista käyttöolosuhteista johtuen kaapeli tai eristetty johdin luultavasti kuormittuu korkeintaan 30 % arvostaan, se voidaan jättää ottamatta huomioon valittaessa muun ryhmän korjauskerrointa.”*



Mutta joku raja, kaapelieristeet heikentävät lämmön johtumista ja SFS 6000-5-52 standardi ei tunne tällaista asennustapaa...



YLIKUORMITUSSUOJAUS

ERIKOKOISET RINNAKKAISET PIIRIT

B.52.5 Erikokoisia johtimia sisältävät ryhmät

HUOM. Ryhmää, jossa on johdinkokoja, jotka poikkeavat toisistaan enemmän kuin kolme vierekkäistä standardisoitua poikkipintaa, pidetään eri poikkipintoja sisältävänä ryhmänä. Samanlaisia kaapeleita sisältävänä ryhmänä pidetään ryhmää, joiden kuormitettavuus perustuu samoihin käyttölämpötilan maksimiarvoihin, ja johtimien poikkipinnat eroavat toisistaan enintään kolme vierekkäistä standardipoikkipintaa.

B.52.5.1 Putkissa tai johtokanavissa olevat ryhmät

Ryhmästä johtuva turvallinen korjauskerroin erikokoisia eristettyjä johtimia tai kaapeleita putkessa tai johtokanavassa sisältäville ryhmille on

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

F on ryhmityksestä johtuva korjauskerroin

n on monijohdinkaapelien tai piirien lukumäärä ryhmässä.

YLIKUORMITUSSUOJAUS

LÄMPÖERISTEEN LÄPIVIENTI, SFS 6000-5-52, 523.8

Lämpöeristeen paksuus mm	Korjauskerroin
50	0,89
100	0,81
200	0,68
400	0,55
500	0,50

Taulukossa 52.X on esitetty korjauskertoimet referenssimenetelmän C mukaiselle kuormitettavuudelle, jotka soveltuvat korkeintaan 10 mm² johdinpoikkipinnoille ja lämmöneristeelle, jonka lämmönjohtavuus on suurempi kuin 0,0625 Wm/K.

Kysyttyä: Taulukko 52.X on määritelty C-asennustavalle. Entä jos kaapelihylly (E-asennustapa) viedään lämpöeristeen läpi ehjänä?

Allekirjoittaneen tulkinta: Lämpöeristeen läpiviennit tarkastellaan C-asennustavalla tässäkin tapauksessa, koska kaapelihylly ei varsinaisesti heikennä tilannetta, vaan ehkä parantaa lämpöä johtavana rakenteena.

+ pitää vielä huomioida rinnakkaisten piirien vaikutus...

SFS 6000-4-43, 434: OIKOSULKUSUOJAUS

t = aika, jossa johto saavuttaa suurimman sallitun **oikosulun aikaisen lämpötilan**.

Jos $t < 0,1$ sekuntia: I^2t -tarkastelu

$$t = (k \cdot S / I)^2$$

S = johtimen poikkipinta mm²

k = johdinkerroin huomioi:

- Johdin materiaali
- Johtimen "kokoluokka"
- Johdin eriste
- Oikosulun alkulämpötila
- Oikosulun loppulämpötila (suurin sallittu lämpötila)

I^2t eli läpipääsyenergia

Suojalaitteen läpipäästämä suurin energia ei saa ylittää johtimien kestävä energiaa:

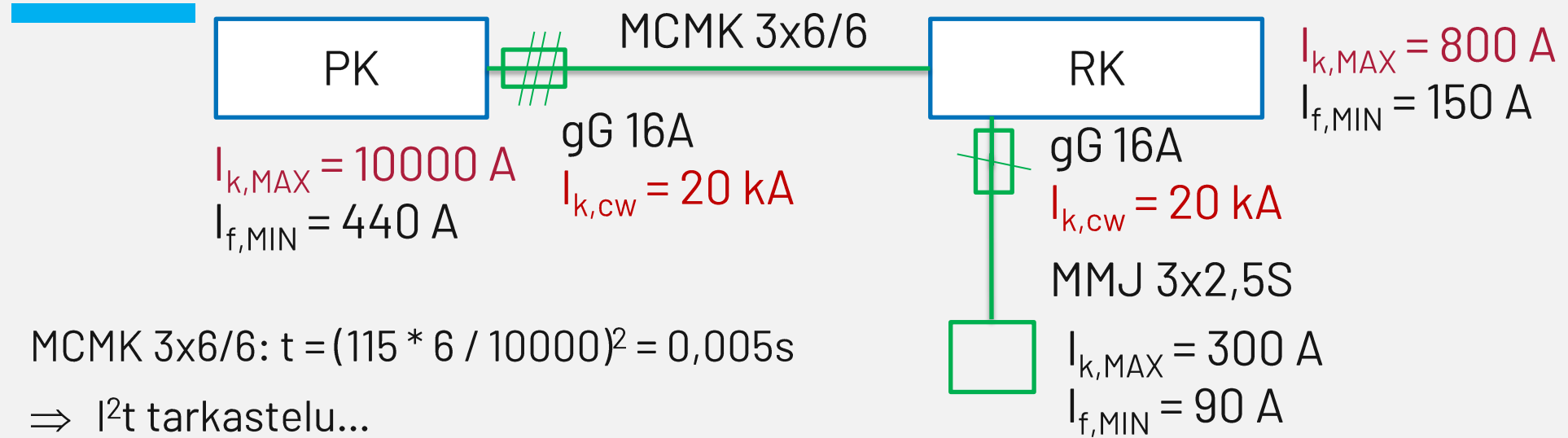
I^2t , suojalaite $< I^2t$, johto

Suojan ylempi energiaraja $I^2t < (I_{cw,johto(1s)})^2$

I = tehollinen oikosulkuvirta (laskennallinen)

- Edeltävän verkon teho
- Edeltävän verkon ominaisuudet

OIKOSULKUSUOJAUS, ESIMERKKI



MCMK 3x6/6: $t = (115 * 6 / 10000)^2 = 0,005\text{s}$

⇒ I^2t tarkastelu...

MMJ 3x2,5S: $t = (115 * 2,5 / 800)^2 = 0,13\text{s}$

⇒ Tarkastetaan että ylivirtasuojia toimii nopeammin kuin 0,13 sekunnissa

Ja sama tarkastelu vielä vähimmäisoikosulkuvirroilla.



RINNANKYTKETYT JOHTIMET

SFS 6000-4-43, 434.4, ... oikosulkusuojaus

Yksi suojalaite voi suojata useita rinnankytkettyjä johtimia oikosululta, jos kyseinen suojalaite varmistaa suojauksen toimimisen silloinkin, kun vika sattuu yhden rinnankytketyn johtimen hankalimmassa kohdassa.

Oikosulkuvirran jakautumiseen eri johtimien välille on kiinnitettävä huomiota.

Vikakohtaan voi tulla virtaa rinnankytketyn johtimen kummastakin päästä.



RINNANKYTKETYT JOHTIMET

SFS 6000-4-43, 434.4, ... oikosulkusuojaus jatkuu

Jos yhden suojalaitteen käyttö ei ole tehokasta, pitää noudattaa yhtä tai useampaa seuraavista menettelyistä:

- a. Johto asennetaan siten, että pienennetään kaikkien rinnankytkettyjen johtimien oikosulun vaara minimiin esimerkiksi mekaanisella suojauksella. Lisäksi johtimet pitää asentaa siten, että minimoidaan henkilöriskit ja paloriskit.
- b. Kahdelle rinnankytketylle johtimelle oikosulkusuojalaite sijoitetaan kunkin rinnankytketyn johtimen alkuun.
- c. Useamman kuin kahden rinnankytketyn johtimen oikosulkusuojalaitteet sijoitetaan kunkin johtimen alkuun ja loppuun.

RINNANKYTKETYT JOHTIMET

SFS 6000-4-43, 433.4, ... ylikuormitussuojaus

433.4.1 Tasainen virranjako johtimien välillä

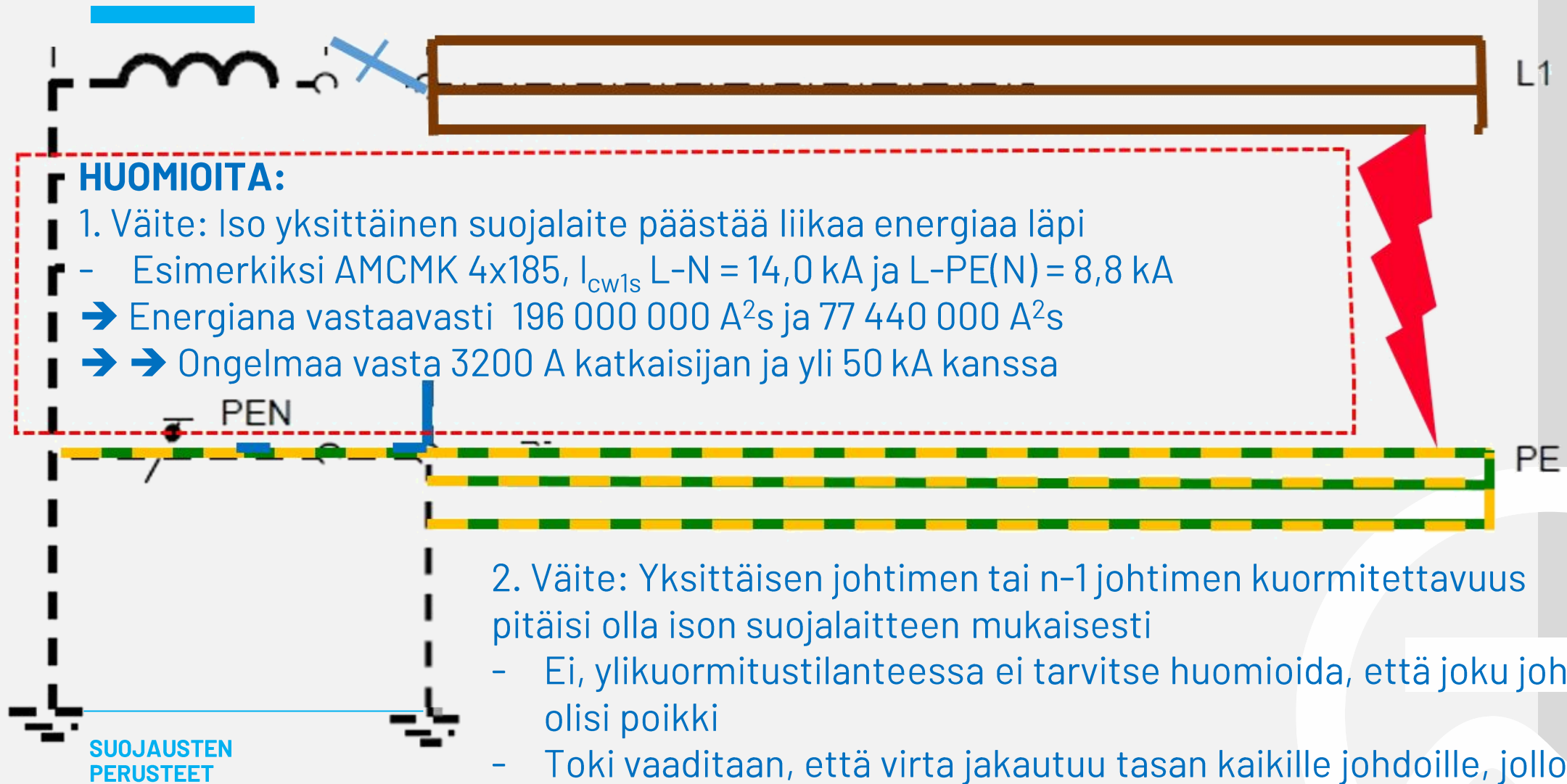
Kun yksi suojalaite suojaa useita rinnankytkettyjä johtimia, joissa virta jakautuu tasaisesti, kohdassa 433.1 käytetty virran arvo I_z on eri johtimien kuormitettavuuksien summa.

433.4.2 Virran epätasainen jakautuminen rinnankytkettyjen johtimien välillä

Jos yhden johtimen käyttö vaihetta kohti on epäkäytännöllistä, ja rinnankytkettyjen johtimien virrat ovat erisuuruiset, on kunkin johtimen kuormitettavuus ja suojaus käsiteltävä erikseen.

HUOM. Rinnankytkettyjen johtimien virtojen katsotaan olevan erisuuruiset, **jos virrat poikkeavat yli 10 % kunkin johtimen suunnitellusta virrasta.**

RINNANKYTKETYT YHDELLÄ SUOJALAITTEELLA 1/2



HUOMIOITA:

1. Väite: Iso yksittäinen suojalaite päästää liikaa energiaa läpi

- Esimerkiksi AMCMK 4x185, I_{cw1s} L-N = 14,0 kA ja L-PE(N) = 8,8 kA

→ Energiana vastaavasti 196 000 000 A²s ja 77 440 000 A²s

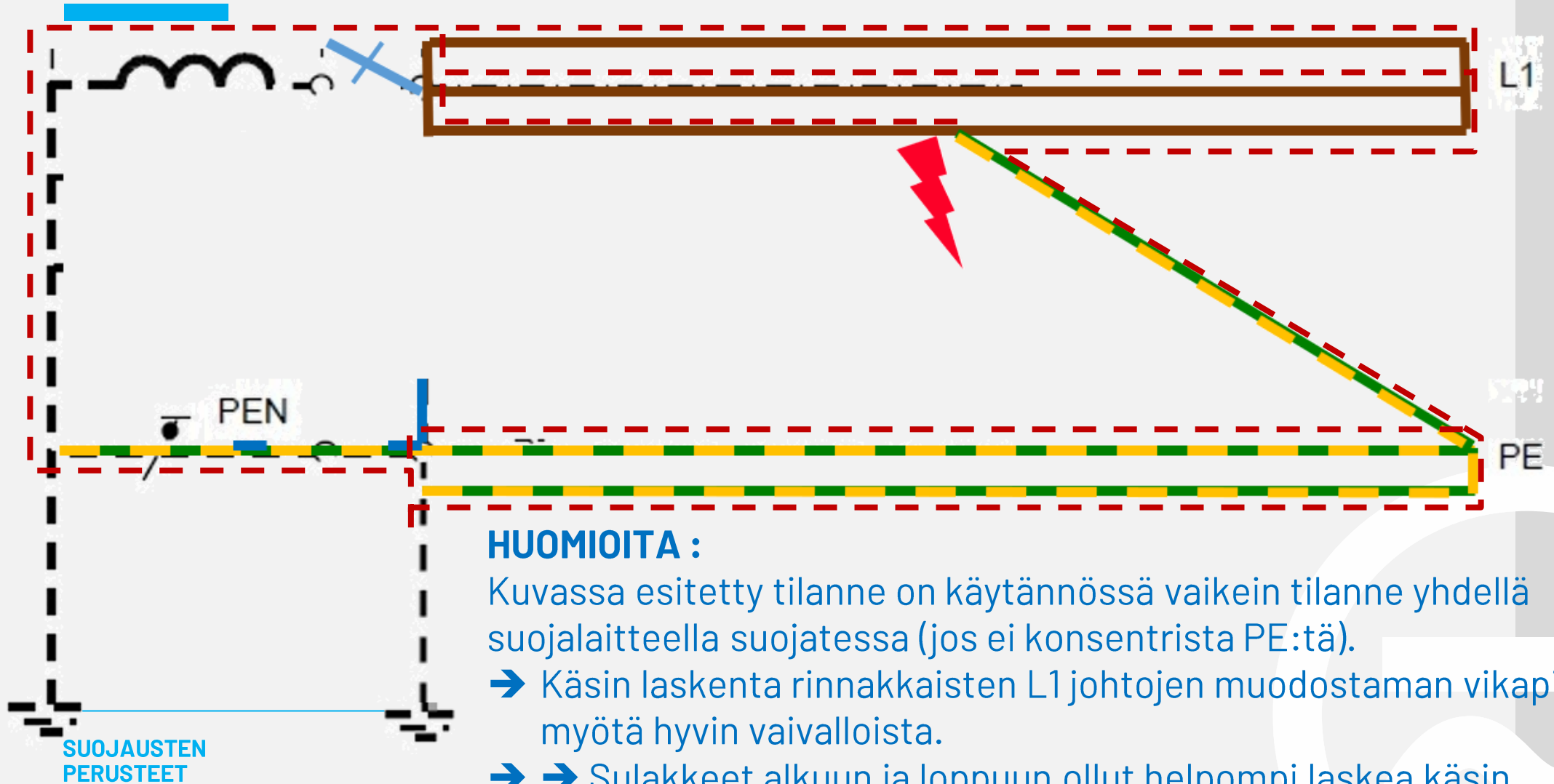
→ → Ongelmaa vasta 3200 A katkaisijan ja yli 50 kA kanssa

2. Väite: Yksittäisen johtimen tai n-1 johtimen kuormitettavuus pitäisi olla ison suojalaitteen mukaisesti

- Ei, ylikuormitustilanteessa ei tarvitse huomioida, että joku johto olisi poikki

- Toki vaaditaan, että virta jakautuu tasan kaikille johdoille, jolloin koko johtoreitin kuormitettavuus on johtojen summa.

RINNANKYTKETYT YHDELLÄ SUOJALAITTEELLA 2/2

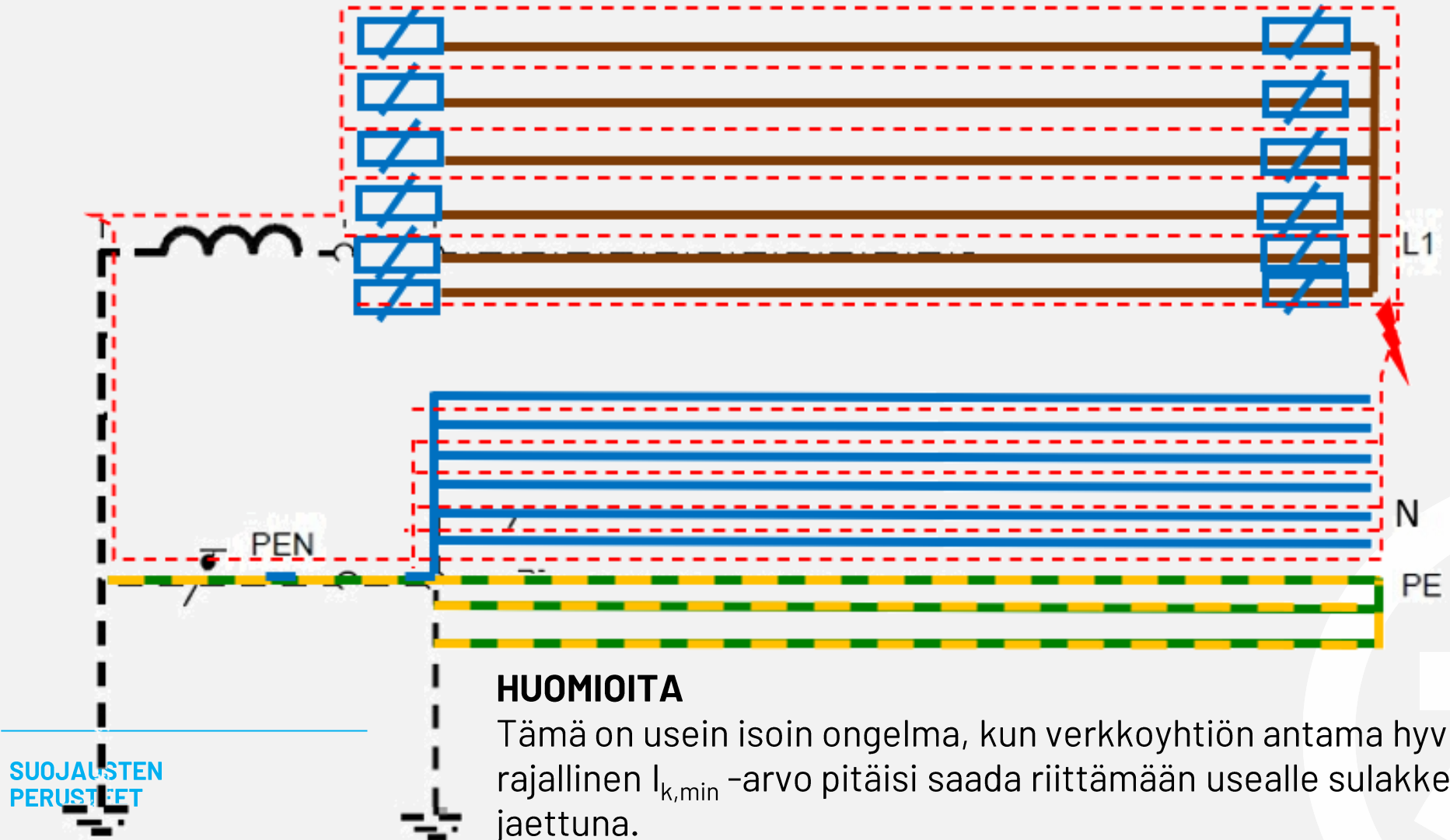


HUOMIOITA :

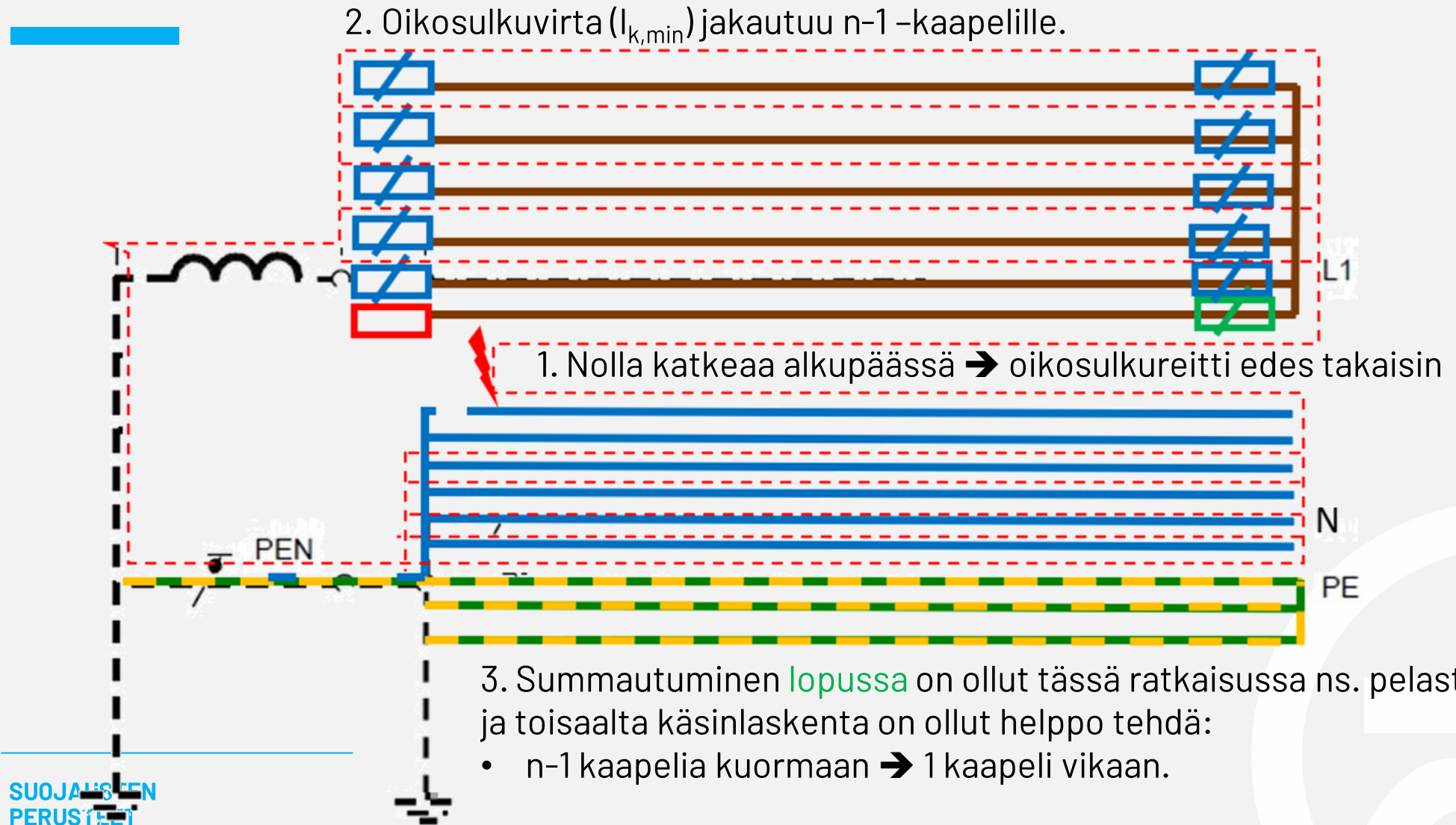
- Kuvassa esitetty tilanne on käytännössä vaikein tilanne yhdellä suojalaitteella suojatessa (jos ei konsentrista PE:tä).
- ➔ Käsin laskenta rinnakkaisten L1 johtojen muodostaman vikapiirin myötä hyvin vaivalloista.
 - ➔ ➔ Sulakkeet alkuun ja loppuun ollut helpompi laskea käsin

RINNANKYTKETYT SULAKKEET, 1. ONGELMA

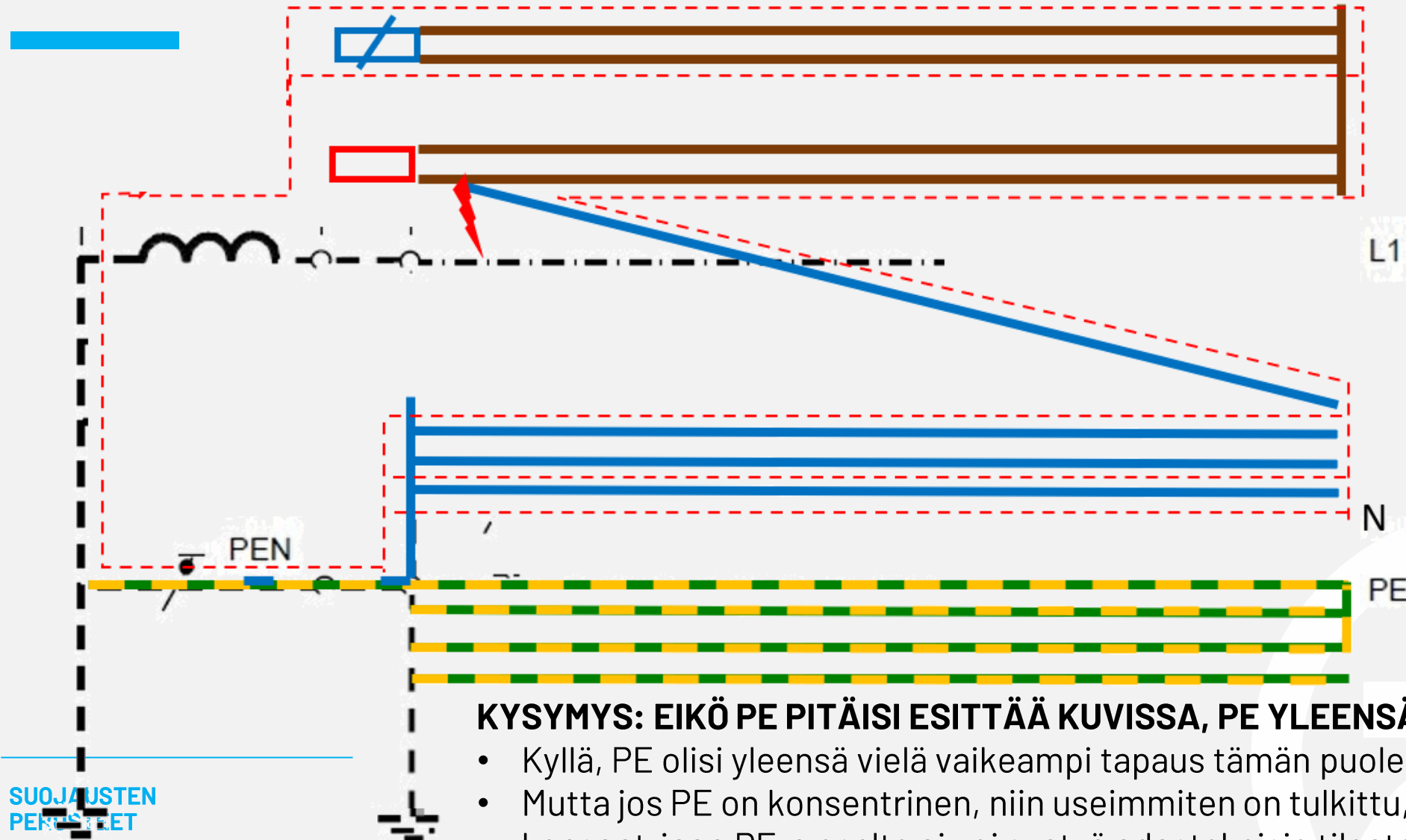
1. Oikosulkuvirta (I_{kmin}) jakautuu n-kaapelille.



RINNANKYTKETYT SULAKKEET, LISÄONGELMAT



2x SUOJAT JA 4x KAAPELIT



KYSYMYS: EIKÖ PE PITÄISI ESITTÄÄ KUVISSA, PE YLEENSÄ "PUOLIKAS"?

- Kyllä, PE olisi yleensä vielä vaikeampi tapaus tämän puolesta.
- Mutta jos PE on konsentrinen, niin useimmiten on tulkittu, että konsentrinen PE:n osalta ei voi syntyä edestakaisia tilanteita.