

JAKOKESKUKSEN OIKOSULKUKESTOISUUS



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

SISÄLTÖ

- **TERMINOLOGIAN EROJA:**
 - a) **LASKENTASTANDARDIN IEC 60909 JA**
 - b) **JAKOKESKUSTENSTANDARDIN SFS-EN 61439-1 VÄLILLÄ**
- **OIKOSULKUVIRTOJEN MÄÄRITELMÄT**
- **KESKUSTEN OIKOSULKUKESTOISUUDEN VAATIMUKSET**
- **ESIMERKKIMITOITUS**



KESKUSTEN OIKOSULKUVIRRAT, SFS-EN 61439-1, 9.3



Keskusten pitää kestää oikosulkuvirran aiheuttamat termiset ja dynaamiset rasitukset

HUOM. 1 Oikosulkurasituksia voidaan pienentää käyttämällä virtaa rajoittavia laitteita.

Huomiot:

Lähtökohtaisesti virranrajoituksen saa huomioida

- Mutta jostain syystä osa tilaajista on suunnitteluohjeissa kieltänyt tämän?

Standardien mukaan: Kuka määrittää keskusten (rajoitetut) oikosulkuvirta-arvot?

SFS 6000 vaatii suunnittelijaa laskemaan prospektiiviset oikosulkuvirta-arvot, käytännössä ainakin keskuksille asti.

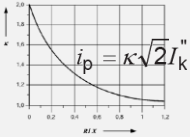


SFS-EN 61439-1 puolesta **3.8.10.2 rated peak withstand current I_{pk}** -arvosta lähtien arvot määrittää keskusvalmistaja. Vaihtoehtoiset tulkinnat ovat täten:

- Prospektiivinen arvo(t) ja keskusta suojaavat suojalaitteet toimitetaan keskusvalmistajalle, joka jatkaa eteenpäin rakenteen ja myös komponenttien määrittelyn osalta käyttäen hyödyksi virranrajoituksia ja yhteensovituksia...
- Tai ns. hyllytavaralla keskusvalmistaja on määrittänyt sallitut suojalaitteet tai arvot ja suunnittelija valitsee tämän mukaisesti soveltuvan keskuksen...

+ Rakennuttamistapa: Laajan kohteen kilpailutus vs. yksittäinen uusinta?
Virranrajoitusten määrittely vaatii tarkan tuotteen tietämistä ja toisaalta keskusratkaisuihin on useita vaihtoehtoja toteutuksen/yhteensovituksen kannalta.

TERMINOLOGIAA, PROSPEKTIIVINEN OIKOSULUVIRTA



SFS-EN 60909-0: 3.3 prospective short-circuit current

current that would flow if the short circuit were replaced by an ideal connection of negligible impedance without any change of the supply



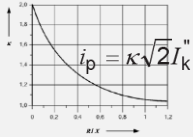
SFS-EN 61439-1: 3.8.7 prospective short-circuit current I_{cp}

the current which would flow, (RMS value for AC applications or the mean value in sustained condition for DC applications) if the supply conductors to the circuit are short-circuited by a conductor of negligible impedance located as near as practicable to the supply terminals of the assembly

Huomioita:

1. Miksi 60909 ei anna lyhennettä I_{cp} ? 60909 on laskentastandardi, eli laskentastandardin mukaisesti lasketut arvot ovat kaikki prospektiivisia ~ todennäköisiä, teoreettisia...
2. Miksi 60909 ei mainitse RMS:ää? Nämä on annettu erillisinä termeinä, kts. seuraavat sivut
3. Miksi 60909 ei mainitse AC:ta? 60909 soveltamisala on AC-virtojen laskenta

TERMINOLOGIAA, OIKOSULKUVIRRAN TEHOLLISARVO



SFS-EN 60909-0: 3.5 initial symmetrical short-circuit current I_k

rms value of the AC symmetrical component of a prospective short-circuit current, applicable at the instant of short circuit if the impedance remains at zero-time value

3.10 steady-state short-circuit current I_k

rms value of the short-circuit current which remains after the decay of the transient phenomena

Huomioita:

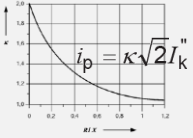
60909 jaottelee rms eli tehollisarvoa tarkemmin kuin 61439-1.

I_k kuvastaa tilannetta välittömästi oikosulkuvirran 1. siniaallon huipun aikaan ($t=0,005$ s)

I_k kuvastaa vakiintunutta tilannetta, yleensä 0,1 ... 0,5 sekunnin jälkeen.

➔ Mitä enemmän reaktanssia tai muita varautuneita energioita vapautuu, sitä suurempi I_k

TERMINOLOGIAA, OIKOSULKUVIRRRAN HUIPPUARVO



SFS-EN 60909-0: 3.8 peak short-circuit current i_p

maximum possible instantaneous value of the prospective short-circuit current



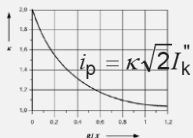
SFS-EN 61439-1: 3.8.10.2 rated peak withstand current I_{pk}

value of peak short-circuit current declared by the assembly manufacturer, that can be withstood under specified conditions

Huomioita:

Merkittävä ero sanamuotoilussa, mutta tarkoittavat käytännössä samaa.

TERMINOLOGIAA, RAJOITETTU HUIPPUARVO



SFS-EN 60909-0: 7 Calculation of initial short-circuit current 7.1.1...

While using fuses or current-limiting circuit-breakers to protect substations, the initial symmetrical short-circuit current is first calculated as if these devices were not available. From the calculated initial symmetrical short-circuit current and characteristic curves of the fuses or current-limiting circuit-breakers, the cut-off current is determined, which is the peak short-circuit current of the downstream substation.



SFS-EN 61439-1: 3.8.8 cut-off current / let-through current I_{lt}

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a switching device or a fuse

Note 1 to entry: This concept is of particular importance when the switching device or the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

Huomioita: Termit yhteneviä ja myös laskentastandardi "sallii" virranrajoituksen

TERMINOLOGIAA, KESKUKSEN RMS KESTOISUUS



61439-1: 3.8.10.3 rated short-time withstand current I_{cw}

RMS value of AC or mean value of DC short-time current, declared by the assembly manufacturer, that can be withstood under specified conditions, defined in terms of **current and time**

3.8.10.4 rated conditional short-circuit current I_{cc}

value of the **prospective short-circuit current**, declared by the assembly manufacturer, that can be withstood for the total operating time (clearing **time**) of the short-circuit protective device (SCPD) under specified conditions

Huomioita: I_{cw} ja I_{cc} ovat hyvin samankaltaisia, molemmissa oleellista määrittellä virta **ja aika**.

1. Mikä aika I_{cw} kanssa? Suojalaitteen toiminta-aika (~ I^2t -arvo)? Eikös tämä ole suojalaitteen rajoittama arvo silloin?

2. Kumman arvon siis sähkösuunnittelija määrittää keskusvalmistukselle?

- Allekirjoittaneen mielestä sähkösuunnittelija ei ilmoita kumpaakaan, mutta jos jotain (rajoitettua arvoa) on pakko ilmoittaa, niin ehkä mieluummin $I_{cc(1s)}$, koska se on selkeästi määritelty suojalaitteen rajoittamaksi...

61439-1, 9.3.2 Information concerning short-circuit withstand strength 1/2



For assemblies with a short-circuit protective device (SCPD) incorporated in the incoming unit, the assembly manufacturer shall declare the maximum allowable value of the prospective short-circuit current at the input terminals of the assembly.

If a circuit-breaker with a time-delay release is used as the short-circuit protective device, the assembly manufacturer shall state the maximum time-delay and the current setting corresponding to the indicated prospective short-circuit current.

Huomioita:

- Isommissa keskuksissa usein (kompakti)katkaisija pääkytkimenä, jolloin on varmistettava sen oikosulkukestoisuus ja yhteensovitus siitä eteenpäin.
- Pääkytkimenä toimivan katkaisijan aikahidastusten asettelulla voi olla merkitystä keskuksen oikosulkukestoisuudelle, varmista ennen muuttamista!

61439-1, 9.3.2 Information concerning short-circuit withstand strength 2/2



For assemblies where the short-circuit protective device is not incorporated in the incoming unit, the assembly manufacturer shall indicate the short-circuit withstand strength in one or more of the following ways:

- rated short-time withstand current (I_{cw}) together with the associated and rated peak withstand current (I_{pk});
- rated conditional short-circuit current (I_{cc}) including the current limiting characteristics of the upstream SCPD.

For times up to a maximum of 3 s, the relationship between the rated short-time current and the associated duration is given by the formula $I^2t = \text{constant}$, provided that the peak value does not exceed the rated peak withstand current.

Huomioita:

- $I^2t = \text{vakio}$ viittaus kohdistuu I_{cw} -arvoon, mutta sopii paremmin I_{cc} arvoon?
- Sulakesuojauksessa on tärkeää huomioida I^2t kasvaminen, jos poiskytkentäajat venyvät yli mainitun 3 sekunnin eli oikosulkuvirrat ovat pieniä!

SFS-EN 61439-1, 10.11.2 **Circuits of assemblies** which are **exempted from the verification of the short-circuit withstand strength**

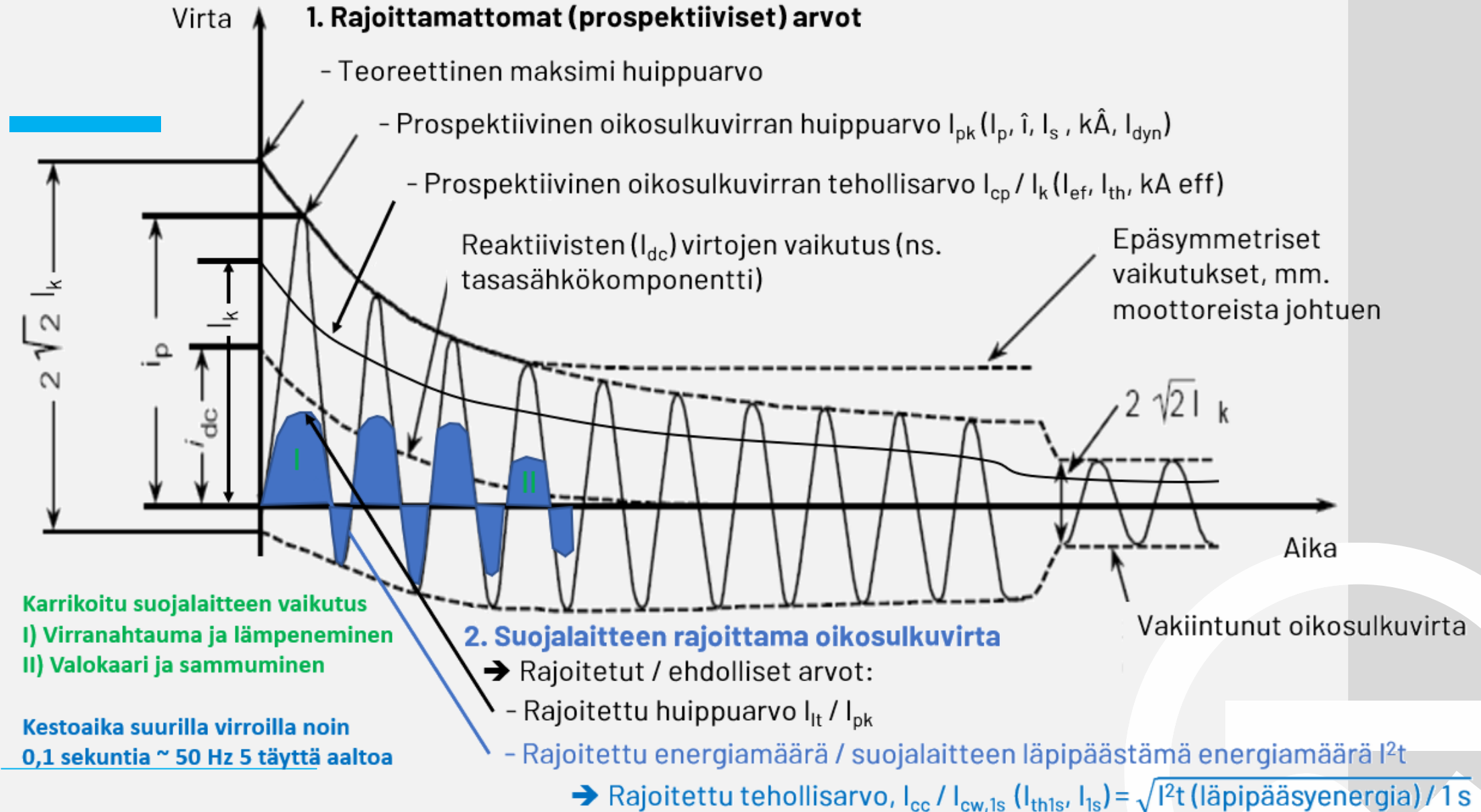


A verification of the short-circuit withstand strength is not required for the following:

- a) **Assemblies** having a rated short-time withstand current or rated conditional short-circuit current not exceeding 10 kA RMS for AC...;
- b) **Assemblies, or circuits of assemblies**, protected by current-limiting devices having a cut-off current not exceeding 17 kA with the maximum allowable prospective short-circuit current at the terminals of the incoming circuit of the assembly;

+ c) ja d) kohdat teholähteen/muuttajan rajoittamille tilanteille vastaavasti

HUOM. Tämä on vain keskuksen rakenteelle. Tarkat arvot (prospektiiviset) tarvitaan muiden komponenttien yhteensovitusta varten!



I_{cw} (? s) TAI I_{cc} (? s) MÄÄRITTÄMINEN

I_{cc} / I_{cw} arvot sidotaan aikaan ja on käytännössä siis energia-arvo:

Esim. I_{cw0,3s} = 10 kA → I²t = (10 000 A)² * 0,3 s = 30 000 000 A²s

Arvoja voidaan määrittää

a) I²t -käyrien avulla:

$$I_{cc(1s)}^2 \times 1 \text{ s} = I^2 t_{max} \text{ (suojan läpipääsyenergia)}$$

$$I_{cc(1s)} = \sqrt{\frac{I^2 t_{max}}{1 \text{ s}}}$$

b) eri ajoille (3 sekuntiin asti) jostain tunnetusta I_{cw} tai I_{cc} -arvosta

$$I_{cw1s}^2 \times 1 \text{ s} = I_{cw0,3s}^2 \times 0,3 \text{ s}$$

$$I_{cw1s} = \sqrt{\frac{I_{cw0,3s}^2 \times 0,3 \text{ s}}{1 \text{ s}}}$$

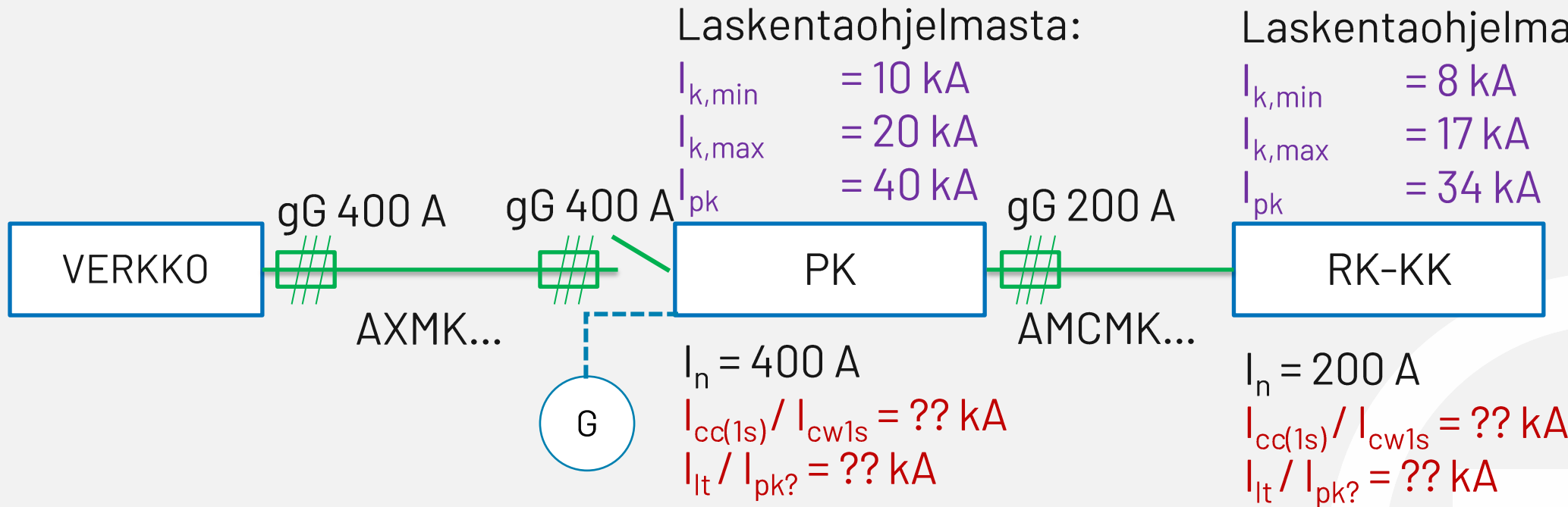
+ kaikenlaisia tulkintoja on näkynyt I/t -käyrästä tai huippuarvon rajoituskäyrästä määrittämiseen...

ESIMERKKI

HUOM. Esimerkin oikosulkuvirrat korkeita, yleensä noin puolet näistä... Lähellä isoa muuntajaa/gen?

Laskentaohjelma antaa rajoittamattomat arvot

HUOM. Laskentastandardin $I_k \sim$ jakokeskusstandardin I_{cp}



RAJOITETUT ARVOT?

OIKOSULKUVIRRRAN HUIPPUARVON LASKEMINEN

SFS 61439-1 Taulukossa 7 annetaan n -kertoimet huippuarvon laskemiseksi.

Myös laskentastandardien (esim. SFS 60909-1) mukaisia tuloksia voi käyttää.

Taulukko 7 Kertoimen n^a arvot (9.3.3)

$$I_{pk} = n * I_k \text{ (tai } I_{cp} \dots)$$

| Oikosulkuvirran tehollisarvo kA | $\cos \phi$ | n |
|------------------------------------|-------------|-----|
| $I \leq 5$ | 0,7 | 1,5 |
| $5 < I \leq 10$ | 0,5 | 1,7 |
| $10 < I \leq 20$ | 0,3 | 2 |
| $20 < I \leq 50$ | 0,25 | 2,1 |
| $50 < I$ | 0,2 | 2,2 |

^a Taulukon arvot pätevät useimpiin sovelluksiin. Erityisissä paikoissa, esim. muuntajan tai generaattorin läheisyydessä, voi tehokerroin saada pienempiä arvoja, jolloin prospektiivisen virran huippuarvo voi tulla rajoittavaksi arvoksi oikosulkuvirran tehollisarvon sijasta.

HUOM. TÄMÄ ON VANHA TAULUKKO!
 Uudemmassa SFS-EN 61439-1:ssä I_{cw} -arvolle ei ole määritelty aikaa → 1 sekunnin arvo??
 Tähän esimerkkiin on muunnettu 0,3 s arvot 1 s arvoiksi

SFS-E 61439-1: TAULUKKO 9.3-T1 JA ESIMERKIN KESKUKSET

Ohjeellinen taulukko keskusvalmistajille, ei suunnittelijoiden verkonlaskentaan!

| Keskuksen mitoitusvirta I_{nA} A | Lyhytaikainen mitoituskestovirta (oikosulkuvirran tehollisarvo keskuksen syöttöliittimissä) I_{cw} 0,3 s tai I_{cc} kA | Mitoituskestovirran huippuarvo I_{pk} kA |
|--|---|--|
| ≤125* | <2,0 | <3,0 |
| > 125 ≤ 250 | 5,0 | 7,5 |
| > 250 ≤ 400 | 6,3 | 10,7 |
| > 400 ≤ 630 | 12,5 | 25,0 |
| > 630 ≤ 800 | 16,0 | 32,0 |
| > 800 ≤ 1000 | 20,0 | 40,0 |
| > 1000 ≤ 1600 | 25,0 | 52,5 |
| > 1600 ≤ 2000 | 31,5 | 66,2 |
| > 2000 ≤ 2500 | 40,0 | 84,0 |
| > 2500 ≤ 3150 | 50,0 | 105 |
| > 3150 | valmistajan ja käyttäjän/ tilaajan sopimuksen mukaan | |

* Pienillä < 125 A keskuksilla oikosulunkestävyyden arvolla ei ole yleensä merkitystä.

RK-KK

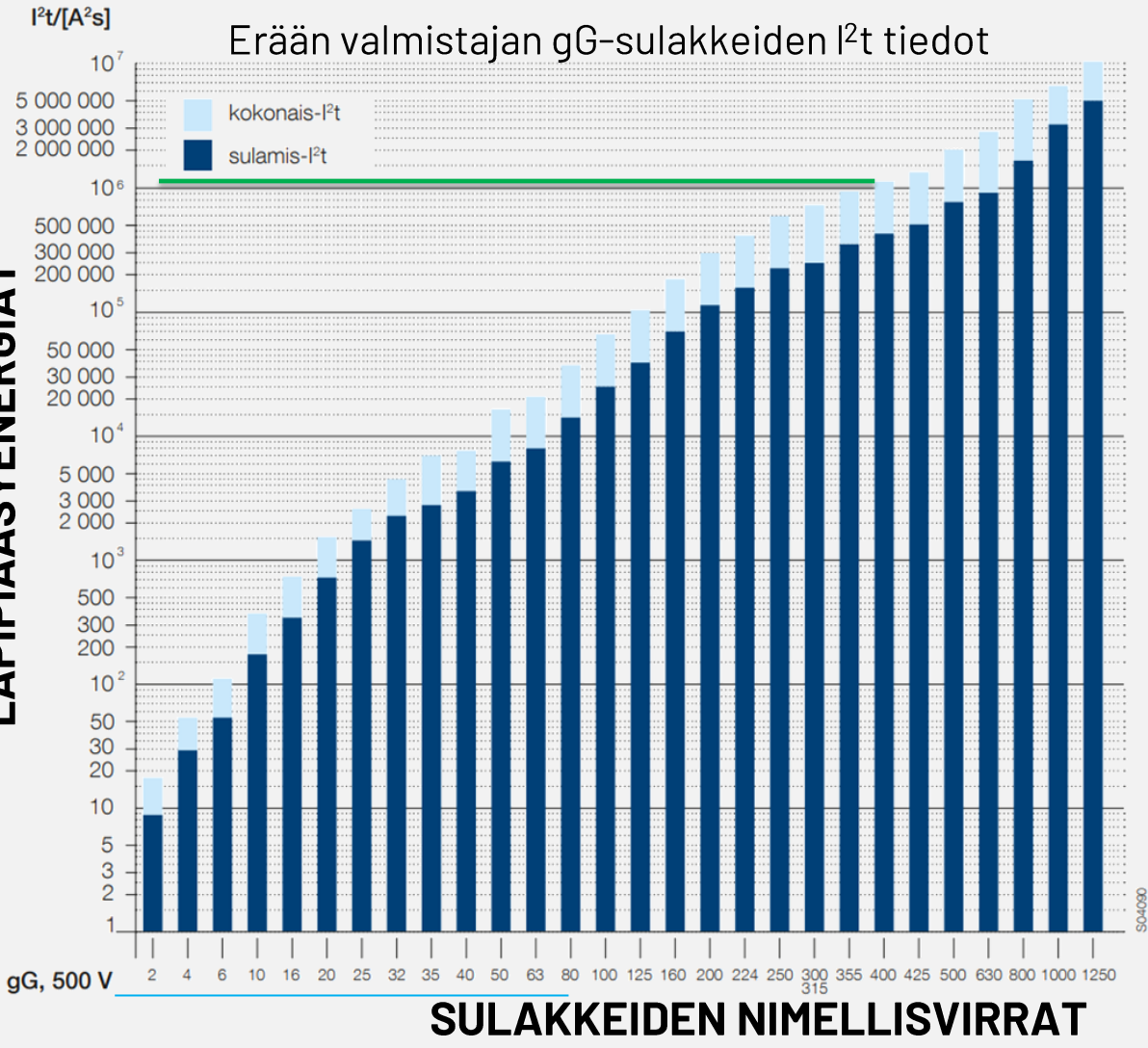
$I_n = 200$ A
 $I_{cw 0,3s}$ tai $I_{cc} \leq 5,0$ kA
 → $I_{cc(1s)} / I_{cw1s} = 2,8$ kA
 $I_{lt} / I_{pk} \leq 7,5$ kA
 Onko ok?

PK

$I_n = 400$ A
 $I_{cw 0,3s}$ tai $I_{cc} \leq 12,5$ kA
 → $I_{cc(1s)} / I_{cw1s} = 6,9$ kA
 $I_{lt} / I_{pk} \leq 25,0$ kA
 Onko ok?

PK, I_{CC}

ERÄÄN VALMISTAJAN SULAKKEIDEN LÄMPIÄÄSYENERGIAT



I_{CC} -arvon voi laskea keskusta suojaavan suojan suurimman lämpiyäsyenergian avulla.

$$I_{CC(1s)}^2 \times 1 s = I^2 t (suoja)$$

$$I_{CC(1s)} = \sqrt{\frac{I^2 t (suoja)}{1 s}}$$

PK

$$I_{CC(1s)} = \sqrt{\frac{1\ 100\ 000\ A^2 s}{1 s}}$$

$$I_{CC} = 1\ 048,8\ A \sim 1,1\ kA \dots (T1 = 6,9\ kA)$$

RK-KK, I_{cc} ?

Esimerkki gG200A:

Rajoittamaton $I_{k3vmax} = 17 \text{ kA}$

$I^2t (\text{gG200A}) = 350\,000 \text{ A}^2\text{s}$

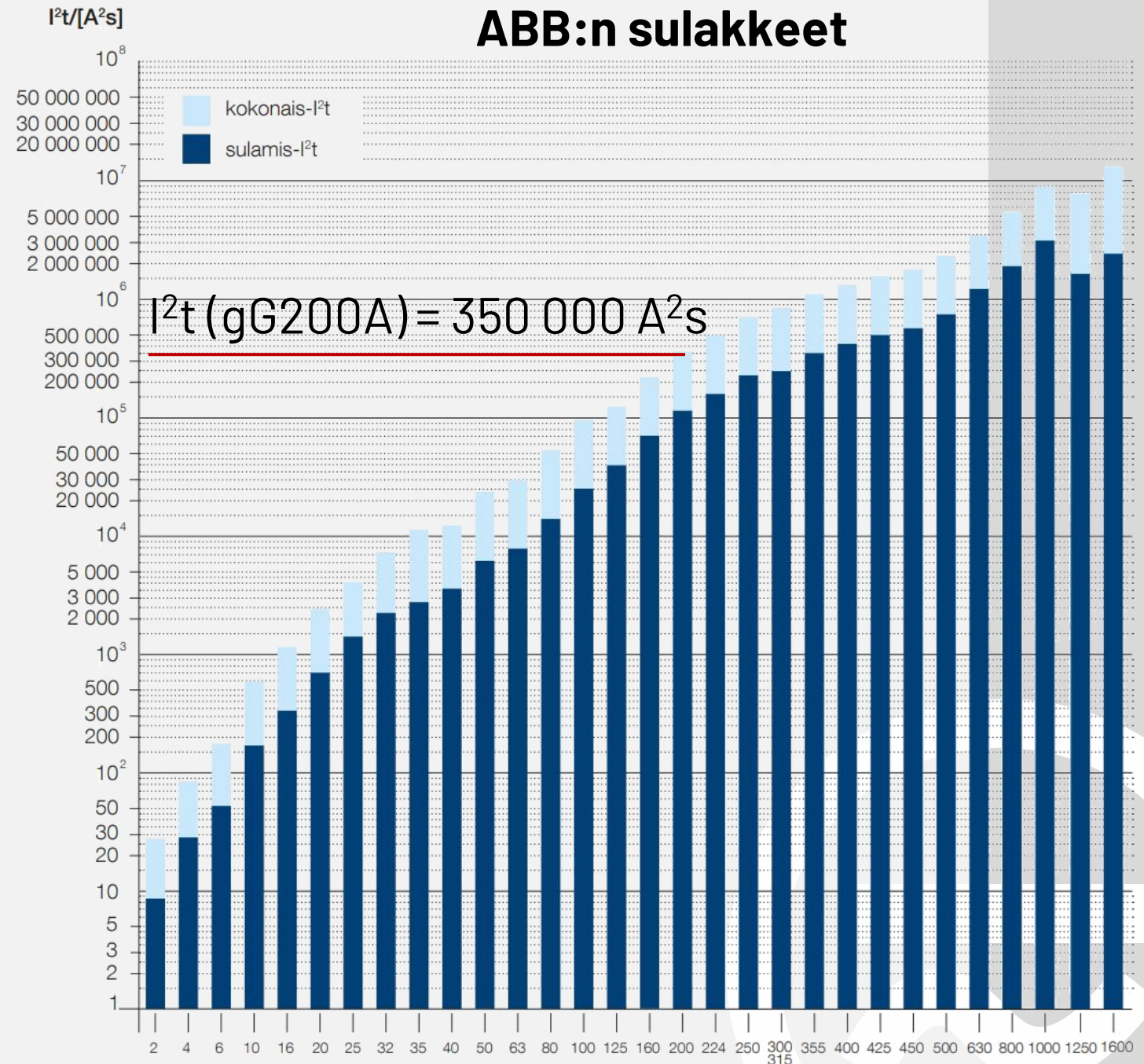
$$\rightarrow I_{cc(1s)} = \sqrt{\frac{350\,000 \text{ A}^2\text{s}}{1 \text{ s}}} = 591 \text{ A}$$

$$\rightarrow I_{cc(1s)} = 0,59 \text{ kA}$$

9.3-T1 2,8 kA, olisi ok

Entä varavoiman vaikutus?

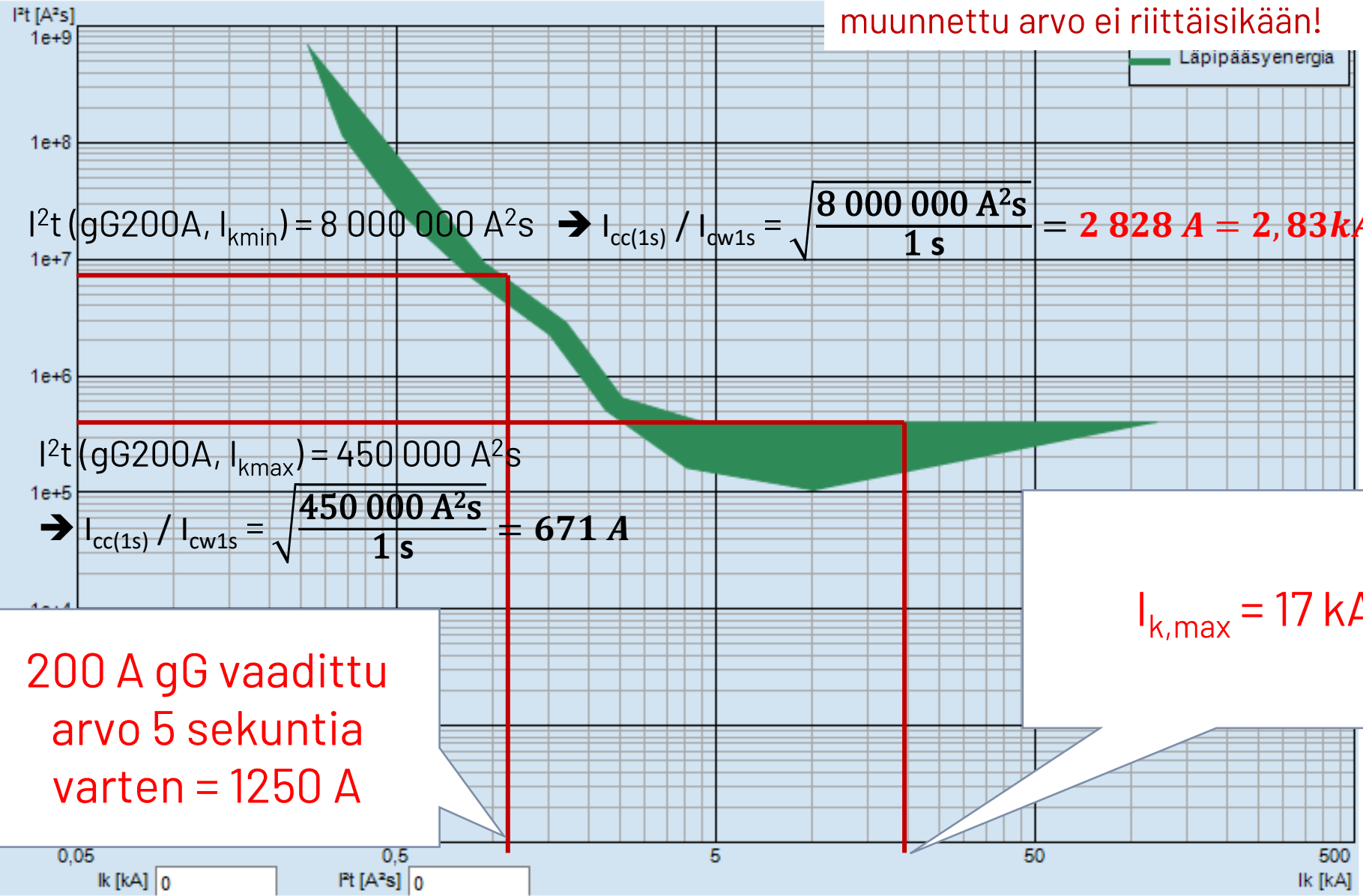
ABB:n sulakkeet



RK-KK I_{cc} I^2t perusteella?

Eli 2,8 kA 9.3-T1 mukainen I_{cw} 0,3s → 1 s
muunnettu arvo ei riittäisikään!

HUOM. Sulakkeet
päästävät energiaa
läpi enemmän
pienillä
oikosulkuvirroilla.
→ 5 sekunnin arvolla
tehtävä mitoitus
varavoimajakelun
mahdollisuuden
takia?



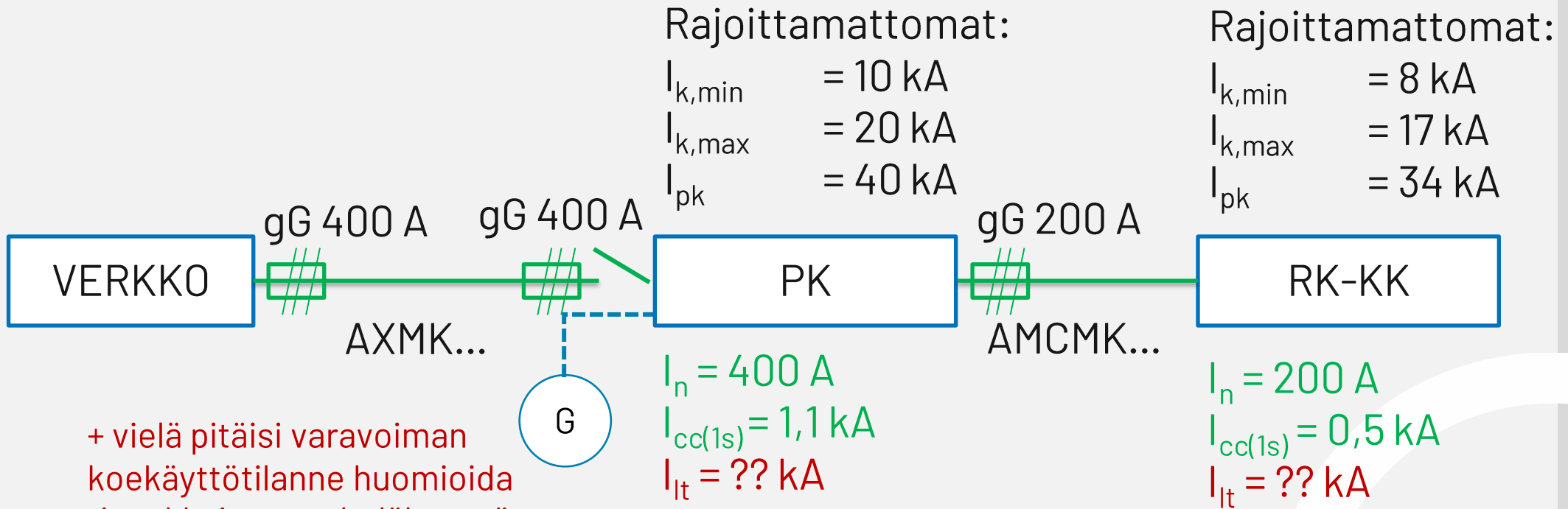
$$I^2t(gG200A, I_{kmin}) = 8\,000\,000\text{ A}^2\text{s} \rightarrow I_{cc(1s)} / I_{cw1s} = \sqrt{\frac{8\,000\,000\text{ A}^2\text{s}}{1\text{ s}}} = 2\,828\text{ A} = 2,83\text{ kA}$$

$$I^2t(gG200A, I_{kmax}) = 450\,000\text{ A}^2\text{s} \rightarrow I_{cc(1s)} / I_{cw1s} = \sqrt{\frac{450\,000\text{ A}^2\text{s}}{1\text{ s}}} = 671\text{ A}$$

200 A gG vaadittu
arvo 5 sekuntia
varten = 1250 A

$I_{k,max} = 17\text{ kA}$

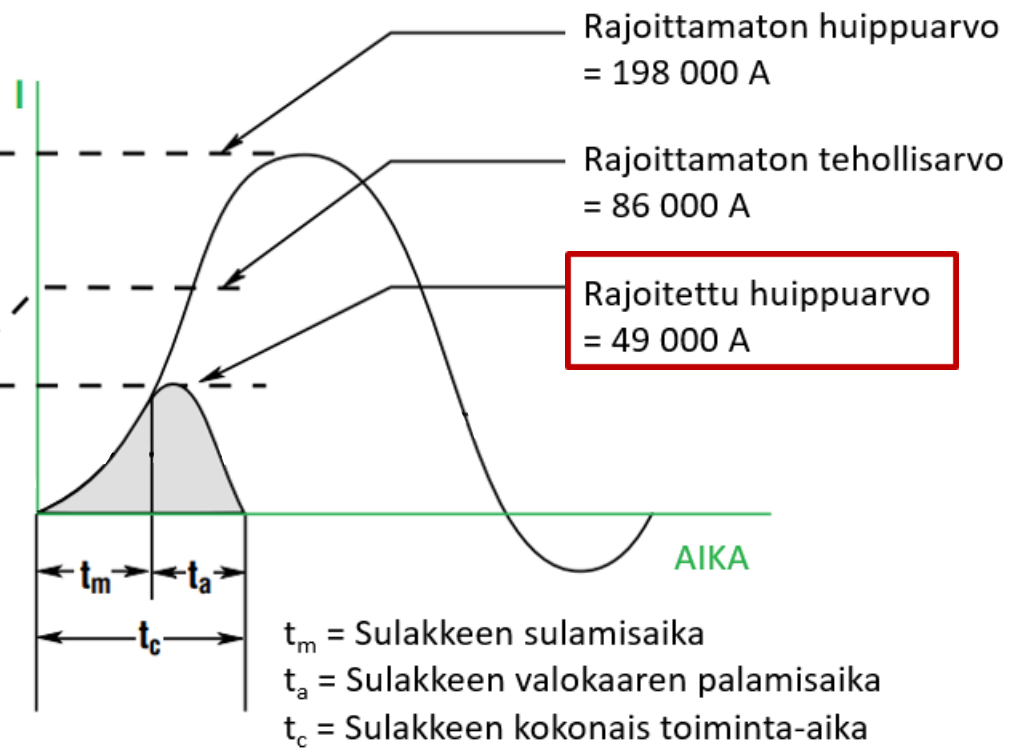
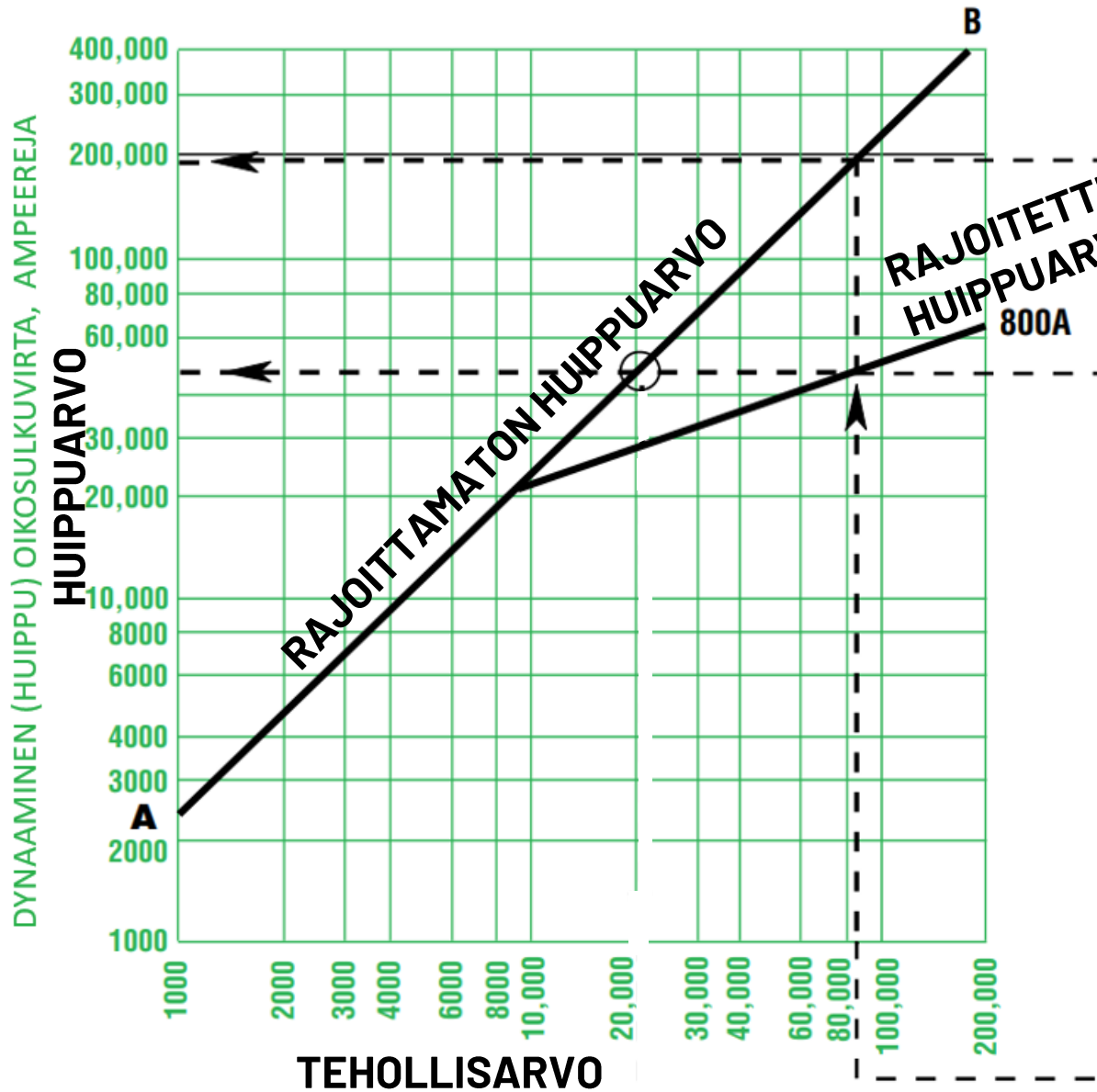
ESIMERKIN VÄLITULOS: RAJOITETUT TEHOLLISARVOT



+ vielä pitäisi varavoiman koekäyttötilanne huomioida rinnakkaisena teholähteenä...

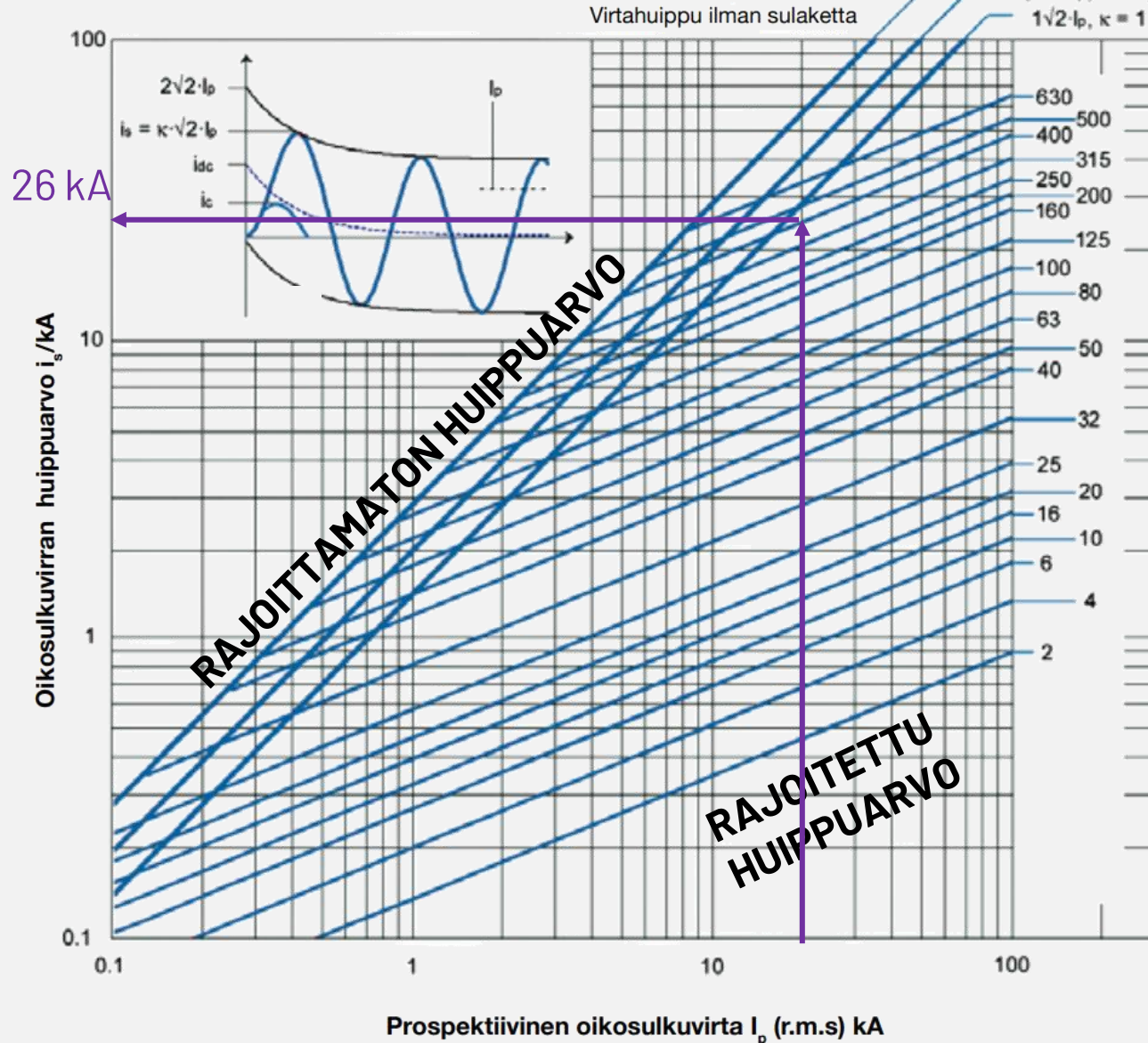
Nyt tiedetään suojalaitteiden läpipääsyenergiat I^2t , joista on laskettu $I_{cc(1s)}$ arvot. Entä rajoitetut huippuarvot?

HUIPPUARVON RAJOITUKSEN PERIAATE TARKEMMIN



PROSPEKTIIVINEN (LASKENNALLINEN) OIKOSULKUVIRTA (TEHOLLISSARVO, RMS) AMPEEREJA

PK, RAJOITETTU HUIPPUARVO I_{lt}



PALJON TASASÄHKÖKOMPONENTTIA

EI TASASÄHKÖKOMPONENTTIA

$2\sqrt{2} \cdot I_p, \kappa = 2$
 $1,4\sqrt{2} \cdot I_p, \kappa = 1,4$
 $1\sqrt{2} \cdot I_p, \kappa = 1$

Rajoittamattomat:

$I_{k,max} = 20 \text{ kA}$

$I_{pk} = 40 \text{ kA}$

PK

Suojaava sulake

$I_n = 400 \text{ A}$

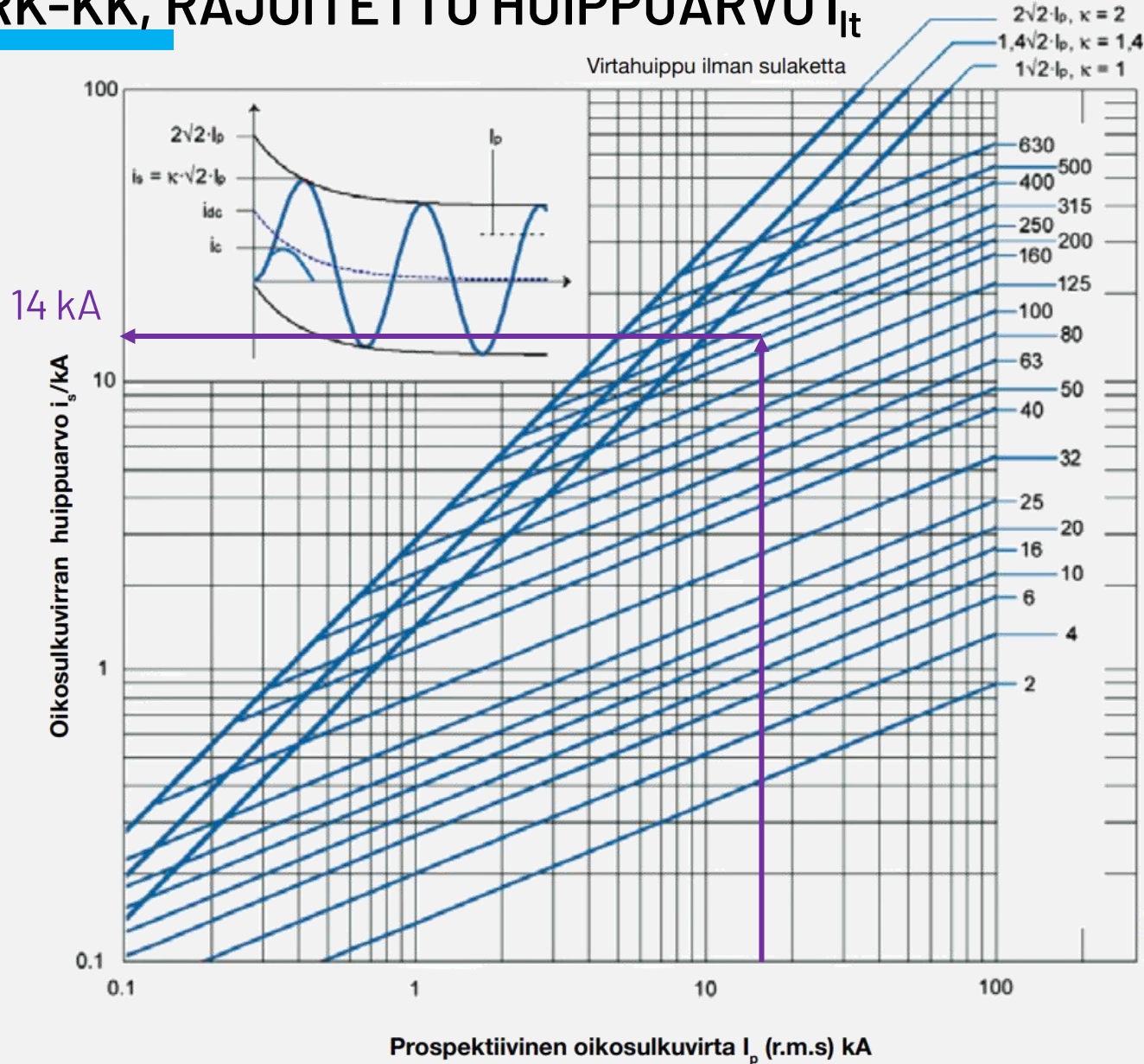
Rajoitettu huippuarvo

$I_{lt} = 26 \text{ kA}$

⇒ Tässä esimerkissä T1-taulukon arvot eivät riittäisi:

$I_{pk} \leq 25 \text{ kA}$

RK-KK, RAJOITETTU HUIPPUARVO I_{lt}



Laskenta:

$$I_{k,max} = 17 \text{ kA}$$

$$I_{pk} = 34 \text{ kA}$$

RK-KK

Suojaava sulake

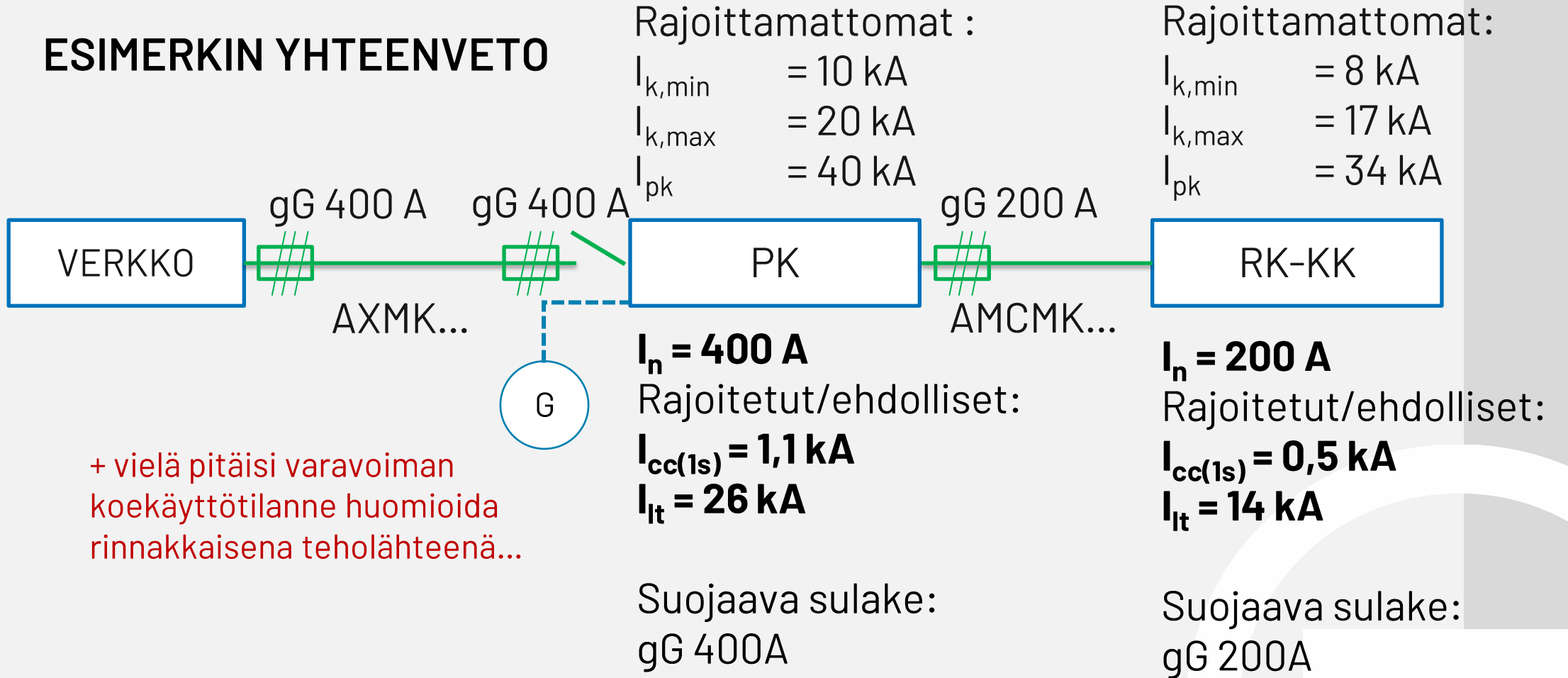
$$I_n = 200 \text{ A}$$

$$I_{lt} = 14 \text{ kA}$$

⇒ Tässä esimerkissä T1-
taulukon arvot eivät
riittäisi:

$$I_{pk} \leq 7,5 \text{ kA}$$

ESIMERKIN YHTEENVETO



+ vielä pitäisi varavoiman koekäyttötilanne huomioida rinnakkaisena teholähteenä...

Vai olisiko parempi kirjata suusanallisesti...

1. Prospektiivinen/laskennallinen rajoittamaton a) tehollisarvo ja b) huippuarvo
2. Suojalaitteen XYZ A rajoittama a) tehollisarvo ja b) huippuarvo

ENTÄ JOS PK:N SYÖTTÖ 2x200 A?

Rinnankytkennän vaikutus:

- Miten oikosulkuvirta jakautuu?
- Ei välttämättä tasaisesti?

➔ Tarkasteltava miten tulee suuremmat arvot

- Jakautuneella 1/n oikosulkuvirralla ja kerrotaan n:llä
- Oikosulku menee vain yhden suojan läpi

Tässä esimerkissä suurimmat arvot tulisivat

Rajoitettu $I_{lt} = 26 \text{ kA}$ (gG 200 A, $I_{k,max}/2$ eli 10 kA kohdalta * 2)

Rajoitettu I_{cc} :

I^2t (gG 200 A, 5s vaadittu 1,25 kA) = 1 000 000 A²s

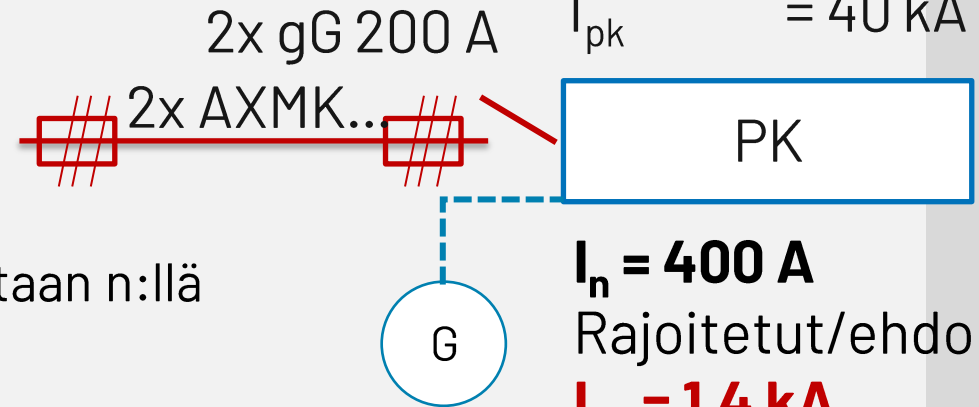
$$\rightarrow I_{cc(1s)} = \sqrt{\frac{2 \times 1\,000\,000 \text{ A}^2\text{s}}{1 \text{ s}}} = 1\,414 \text{ A} \sim 1,4 \text{ kA}$$

Rajoittamattomat :

$$I_{k,min} = 10 \text{ kA}$$

$$I_{k,max} = 20 \text{ kA}$$

$$I_{pk} = 40 \text{ kA}$$



$I_n = 400 \text{ A}$

Rajoitetut/ehdolliset:

$I_{cc} = 1,4 \text{ kA}$

$I_{lt} = 26 \text{ kA}$

Suojaava sulake:

gG 2x200A