

Sähkötekniset laskentaohjelmat.

Vikavirrat (1-0-19)ohjelman esittely

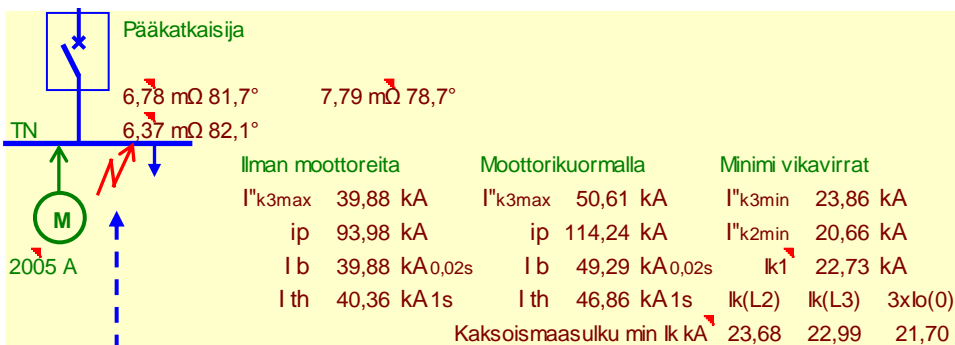
Vikavirrat ohjelma on Microsoft Excel ohjelmalla tehty laskentasovellus. Ohjelmat toimitetaan ©Microsoft Office Excel 2007 XML-pohjaisessa, makroja sisältävässä tiedostoformaattissa (. XLSM). Jos sinulla on käytössä vanhempi versio Excel ohjelmasta, ilmoita siitä tilauksen yhteydessä.

Vikavirrat ohjelmalla lasketaan säteittäisen pienjänniteverkon oikosulkuvirtoja joita käytetään virtapiirin komponenttien (kiskosillat, katkaisijat, keskuksset jne.) mitoitusarvojen määrittelyyn. Laskennasta saatavilla virta-arvoja voidaan myös käyttää suojareleiden asetteluarvojen määrittämiseen. Vikavirrat (oikosulkuvirrat) lasketaan käyttäen IEC 60909 menetelmiä.

Laskettavan verkon kytkentä selviää parhaiten käyttöliittymästä. Laskenta aloitetaan välijännitekeskuksesta jonka jälkeen tulee päämuuntaja ja kolme keskustasoa. Käyttöliittymän sivulla 2 on välimuuntajan ja kahden keskustason osio jota voidaan käyttää erikseen tai kytkeä valinnaisesti sivun 1 keskuksiin. Sivulla 3 on erillinen osio jolla voidaan laskea yksivaiheisen muuntajan vikavirtoja.

Tulos2 sivulla on käyttöliittymä jolla voidaan laskea sulakkeen rajoittava vaikutus.

Ohjelmalla lasketaan jokaiselle keskukselle seuraavat vikavirrat:



- keskuksen maksimi-, minimi- ja nolлайmpedanssi ja niiden kulmat.
- I_{k3max} , kolmivaiheinen maksimi alkuoikosulkuvirta moottorikuormalla ja ilman moottorikuormaa.
- i_p , sysäysoikosulkuvirta moottorikuormalla ja ilman moottorikuormaa.
- I_b , on 20 ms kolmivaiheinen katkaisuvirta.
- I_{th} , 1s terminen ekvivalentti oikosulkuvirta. I_{k3min} , minimi kolmivaiheinen oikosulkuvirta.
- I_{k2min} , minimi kaksivaiheinen oikosulkuvirta.
- I_{k1} , minimi yksivaiheinen oikosulkuvirta (yksivaiheinen maasulku) TN-verkossa.
- $I_{k(L2)}$, $I_{k(L3)}$ ja maasulkuvirta $3xI_o$, kaksivaiheisen maasulun (vaiheet L2, L3 ja maa) vikavirrat.

Laskettuja arvoja voidaan esimerkiksi käyttää seuraavasti verkon osien mitoittamiseen:

Muuntajaliitännän mitoitusarvot
 $I_n = 2749 \text{ A}$ $I_{dyn} = 94 \text{ kA}$ $I_{th}(1s) = 40 \text{ kA}$

Katkaisijoiden mitoitusarvot
 $I_n =$ $U_e = 400 \text{ V}$
 $I_{cu} = I_b$ $I_{cs} = I_b$ $I_{cw} = I_{th}$
 $I_{cm} = I_p$ $I_{cw1s} = 10 \text{ kA}$
 $I_{su} = I_b / \sqrt{3}$ Uusi aika s 0,5 14 kA

Keskuksien mitoitusarvot
 $I_n =$ $I_{th}(1s) = I_{th}$ $I_{dyn} = I_p$

Ote käyttöoppaasta

4.1 Yleistä

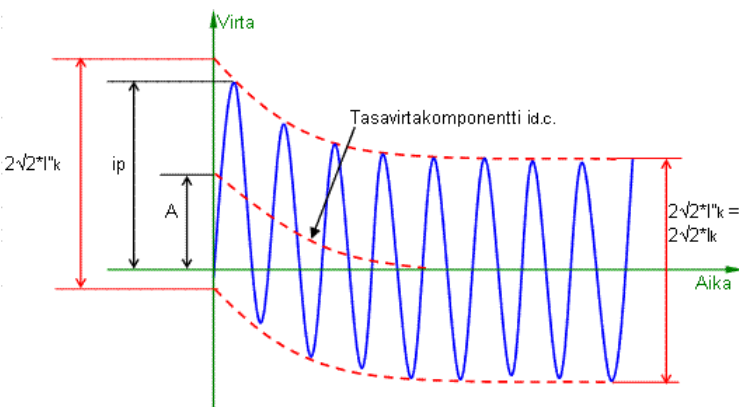
Sähkölaitteiden tulee kestää oikosukuvirtojen aiheuttamat termiset ja mekaaniset (dynaamiset) vaikutukset. Jotta mitoitusarvot ja verkon suojalaitteiden asetusarvot voidaan määrittää, tulee verkon eri osien oikosulkuvirrat laskea. Ohjelma laskee minimi- ja maksimioikosulkuvirrat pääsääntöisesti IEC 60909 sääntöihin ja kaavoihin perustuen. Maksimivirtoja voidaan käyttää sähkölaitteiden mitoittamiseen ja minimivirtoja suojien valitsemiseen ja asettelemiseen.

Laskentaan liittyy muutamia ehtoja:

- Oikosulun aikana oletetaan että verkossa ei tapahdu muutoksia.
- Muuntajien väliottokytkimet oletetaan olevan keskiasennossa. Tämä on mahdollista kun käytetään muuntajan impedanssin korjauserrointa K_T .
- Valokaariresistanssia ei huomioida. Kun lasketaan minimioikosulkuvirtoja, voidaan valokaari huomioida pienentämällä jännitekerrointa c .
- Verkon kapasitanseja ja staattisia (ei pyörivät) kuormia ei huomioida. Poikkeuksen tekevät nollaimpedanssit kun lasketaan symmetrisillä komponenteilla.

Laskennan lopputulos ei näin ollen voi täsmällisesti korreloida todellisuuden kanssa. Tulokset ovat kuitenkin riittävän tarkkoja sähkölaitteiden mitoittamiseen ja suojien valitsemiseen sekä niiden asetteluarvojen määrittämiseen.

Tarkempia ohjeita oikosulkuvirtojen laskennasta löytyy IEC60909-0; -1; -2; -3; ja -4 normeista.



Käyttöliittymä sivu 1

Välijännitekeskus

Nimellisjännite 10,5 kV
 Maksimi oikosulkuteho 400 MVA
 Minimi oikosulkuteho 200 MVA
 R / X -suhde 0,1

Välijännitekaapeli

3-johd.kaap.12/20 kv
 Al 240
 Pituus / Rinn.kaap. lkm 200 m kpl 1
 Vaiheresistanssi 0,124 Ω/km
 Vaiheinduktanssi 0,355 mH/km
 Laskenn. käyt. R lämpöt. 160 C°
 Lämpötila jossa R ilmoit. 20 C°

Muuntaja

Dyn TN
 Teho kVA 2000
 Ensio- / toisiojännite 10,5 0,42 kV
 Oikosulkupedanssi 6 %
 Nollaimpedanssi 6,4 %
 Kuormitushäviöt 16 kW

Kiskosto tai kaapeli

Kisko Cu 3150 A
 Pituus / johdinmateriaali 5 m Cu
 Laskenn. käyt. R lämpöt. 160,0 C°
 Lämpötila jossa R ilmoit. 20,0 C°
 Vaiheresistanssi 0,0150 Ω/km
 Vaiheinduktanssi 0,1000 Ω/km
 Nollaresistanssi 0,1049 Ω/km
 Nollareaktanssi 0,4000 Ω/km

Pääkeskus

Suoraan maadoit. järjestelmä TN
 Moottorikuorma 1000 kW
 Moottorijännite 400 V
 Hyötysuhde 0,9
 cosφ 0,8
 Käyn.virta / nimellisvirta 5

Syöttökaapeli 1

AMC(C)MK 1// 25
 Pituus / johdinmateriaali m Al
 Laskenn. käyt. R lämpöt. 160,0 C°
 Lämpötila jossa R ilmoit. 20,0 C°
 Vaiheresistanssi 1,201 Ω/km
 Vaihereaktanssi 0,082 Ω/km
 Nollaresistanssi 6,931 Ω/km
 Nollareaktanssi 0,082 Ω/km

Alakeskus 1

Suoraan maadoit. järjestelmä TN
 Moottorikuorma 0,001 kW
 Hyötysuhde 0,9
 cosφ 0,8
 Käyn.virta / nimellisvirta 5

Syöttökaapeli 2

AMC(C)MK 1// 25
 Pituus / johdinmateriaali m Al
 Laskenn. käyt. R lämpöt. 160,0 C°
 Resistanssin lämpötila 20,0 C°
 Vaiheresistanssi 1,201 Ω/km
 Vaihereaktanssi 0,082 Ω/km
 Nollaresistanssi 6,931 Ω/km
 Nollareaktanssi 0,082 Ω/km

Alakeskus 2

Suoraan maadoit. järjestelmä TN
 Moottorikuorma 0,001 kW
 Hyötysuhde 0,9
 cosφ 0,8
 Käyn.virta / nimellisvirta 5

LASKENNAN TULOKSIA

Palauta perustilaan

Oletusarvot: 50 Hz, c = 1,1, c = 1,0

Vikavirrat oikosulussa pääkeskuksen kiskossa

I³k_{max} 22,0 kA
 I³k_{min} 11,0 kA
 I³k_{max} 1595 A, I³k_{min} 954 A
 L1 L2 L3
 I²k_{min} 477 477 954 A
 Kaksoismaasulku min 547 531 501 A
 Maasulku min L1 525 0 525 A

Kielen valinta
 Suomi

Resistanssien lämpötila
 Maksimi virtojen laskenta 20
 Jännitekerroin c
 c maksimi 1,1
 c minimi 0,7

Reaktanssin tai impedanssin muuntaminen
 mH/km = 0,0000 Ω/km
 Ω/km = 0,0000 mH/km

Pienjännitepuolen nimellisjännite 400 V
 Kaukana generaattorista

Muuntajaliitännän mitoitusarvot
 I_n = 2749 A I_{dyn} = 94 kA I_{th}(1s) = 40 kA

Katkaisijoiden mitoitusarvot
 I_n = U_e = 400 V
 I_{cu} = I_b I_{cs} = I_b I_{cw} = I_{th}
 I_{cm} = I_p I_{cu1s} = 10 kA
 I_{su} = I_b / √3 Uusi aika s 0,5 14 kA

Keskusien mitoitusarvot
 I_n = I_{th}(1s) = I_{th} I_{dyn} = I_p

Ilman moottoreita

I ³ k _{max}	39,88 kA	I ³ k _{max}	50,61 kA	I ³ k _{min}	23,86 kA
ip	93,98 kA	ip	114,24 kA	I ² k _{min}	20,66 kA
I _b	39,88 kA 0,02s	I _b	49,29 kA 0,02s	Ik1	22,73 kA
I _{th}	40,36 kA 1s	I _{th}	46,86 kA 1s	Ik(L2)	Ik(L3)
Kaksoismaasulku min Ik kA 23,68 22,99 21,70					

Kaapelin kuormitettavuus ilmassa SFS 6000-5-52
 I_z = 51 A PVC k = 0,62

Ilman moottoreita

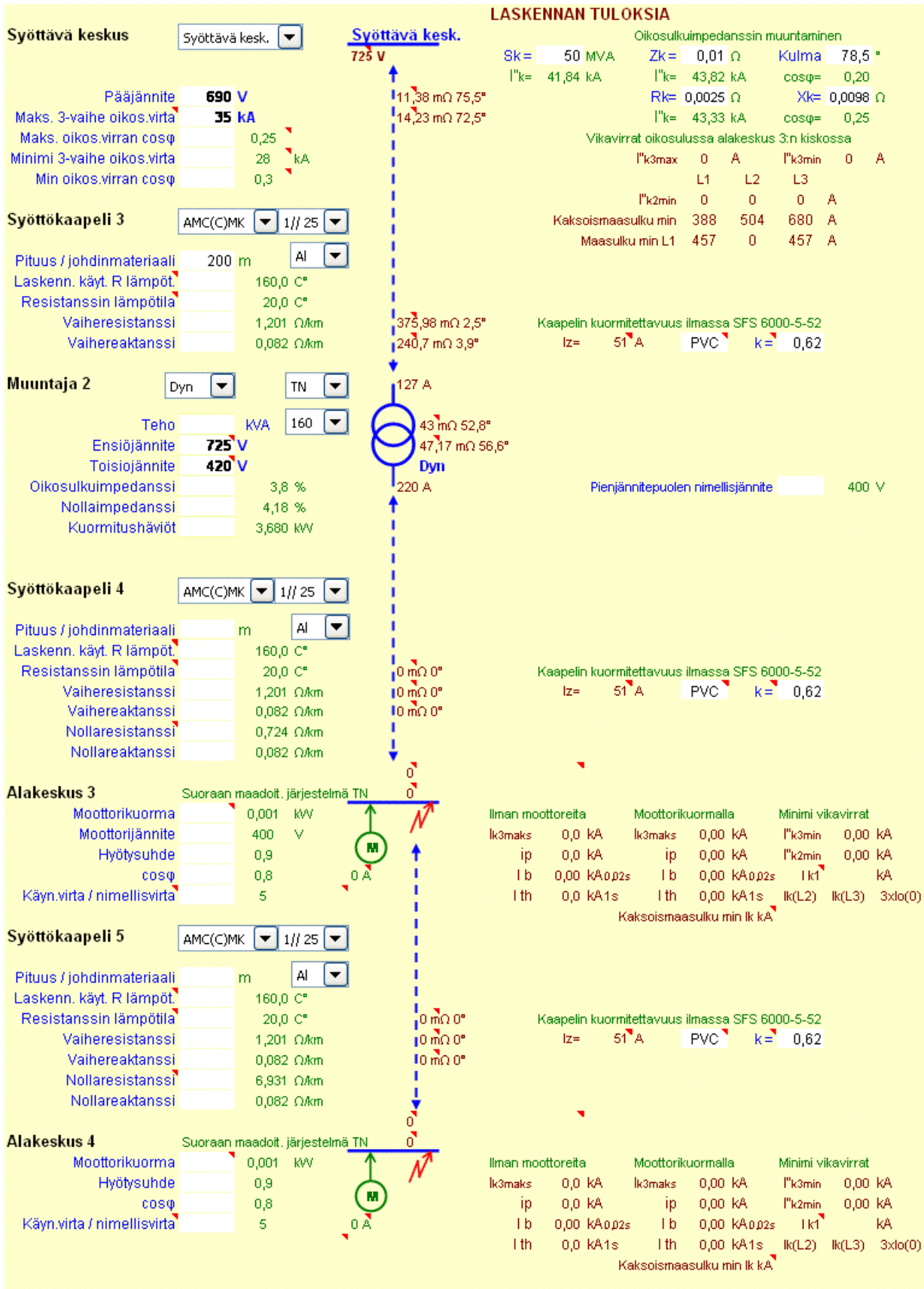
I ³ k _{maks}	0,00 kA	I ³ k _{maks}	0,00 kA	I ³ k _{min}	0,00 kA
ip	0,00 kA	ip	0,00 kA	I ² k _{min}	0,00 kA
I _b	0,00 kA 0,02s	I _b	0,00 kA 0,02s	Ik1	kA
I _{th}	0,00 kA 1s	I _{th}	0,00 kA 1s	Ik(L2)	Ik(L3)
Kaksoismaasulku min Ik kA					

Kaapelin kuormitettavuus ilmassa SFS 6000-5-52
 I_z = 83 A PVC k = 1,00

Ilman moottoreita

I ³ k _{maks}	0,00 kA	I ³ k _{maks}	0,00 kA	I ³ k _{min}	0,00 kA
ip	0,00 kA	ip	0,00 kA	I ² k _{min}	0,00 kA
I _b	0,000 kA 0,02s	I _b	0,00 kA 0,02s	Ik1	kA
I _{th}	0,00 kA 1s	I _{th}	0,00 kA 1s	Ik(L2)	Ik(L3)
Kaksoismaasulku min Ik kA					

Käyttöliittymä sivu 2



Käyttöliittymä sivu 3

1-vaihe muuntaja

Syöttävä keskus

420 V

Pääjännite	420 V
Min. vaiheimpedanssi	7 mΩ
Imped. kulma	82 °
Maks. vaiheimpedanssi	7 mΩ
Imped. kulma	82 °

Syöttökaapeli 6

MC(C)MK 1//16 Cu

Pituus / johdinmateriaali 100 m Cu

Laskenn. käyt. R lämpöt. 50 C°

Resistanssin lämpötila 20,0 C°

Vaiheresistanssi 1,150 Ω/km

Vaihereaktanssi 0,082 Ω/km

LASKENNAN TULOKSIA

Oikosulkuvirran muuntaminen impedanssiksi Oletusarvot

Ikmax = 5 kA cosφ = 0,7

Zkmin 53,35 mΩ 45,6°

Ikmin = 3 kA cosφ = 0,8

Zkmax 56,58 mΩ 36,9°

Jännitekerroin c

c maksimi 1,1

c minimi 0,7

Kaapelin kuormitettavuus ilmassa SFS 6000-5-52

Iz = 53 A PVC k = 0,62

128,82 mΩ 3,6°

115,29 mΩ 4,1°

1-vaihe muuntaja 3

TN

Teho kVA 63

Ensiöjännite 420 V

Toisiojännite 230 V

Oikosulkuimpedanssi 3,2 %

Kuormitushäviöt 1,575 kW

Pienjännitepuolen nimellijännite 230 V

150 A

27,75 mΩ 38,6°

274 A

Syöttökaapeli 7

MC(C)MK 1//120 Cu

Pituus / johdinmateriaali 30 m Cu

Laskenn. käyt. R lämpöt. 50 C°

Resistanssin lämpötila 20,0 C°

Vaiheresistanssi 0,156 Ω/km

Vaihereaktanssi 0,074 Ω/km

PE johtimen resistanssi 0,268 Ω/km

Kaapelin kuormitettavuus ilmassa SFS 6000-5-52

Iz = 204 A PVC k = 0,70

5,69 mΩ 23°

5,19 mΩ 25,3°

8,04 mΩ

8,99 mΩ

112,45 mΩ 12,4°

103,45 mΩ 13,5°

116,12 mΩ 12°

106,71 mΩ 13°

Ikmin 1,43 kA L-N Ith 2,45 kA

Ikmax 2,45 kA L-N ip 3,46 kA

Ikmin 1,39 kA L-PE

Ikmax 2,37 kA L-PE

Ote käyttöoppaasta

Alakeskus 5

Suoraan maadoit. järjestelmä TN

Syöttökaapeli 8

MC(C)MK 1//6 Cu

Pituus / johdinmateriaali 243 m Cu

Laskenn. käyt. R lämpöt. 63 C°

Resistanssin lämpötila 20,0 C°

Vaiheresistanssi 3,080 Ω/km

Vaihereaktanssi 0,093 Ω/km

PE johtimen resistanssi 3,080 Ω/km

Kaapelin kuormitettavuus ilmassa SFS 6000-5-52

Iz = 28 A PVC k = 0,62

1875,21 mΩ 1,5°

748,78 mΩ 1,7°

748,44 mΩ

874,92 mΩ

1860,27 mΩ 1,4°

1598,17 mΩ 1,7°

1864,02 mΩ 1,4°

1801,52 mΩ 1,7°

Ikmin 0,09 kA L-N Ith 0,16 kA

Ikmax 0,16 kA L-N ip 0,22 kA

Ikmin 0,086 kA L-PE

Ikmax 0,16 kA L-PE

Alakeskus 6

Suoraan maadoit. järjestelmä TN

Käyttöliittymä Tulos2

Sulakkeen oikosulkuvirtarajoitus

Rajoitettavat arvot

Alkuoikosulkuvirta I^{"k} **5 kA, rms**
 Sysäysoikosulkuvirta ip **16 kA, peak**

Tarkista arvot

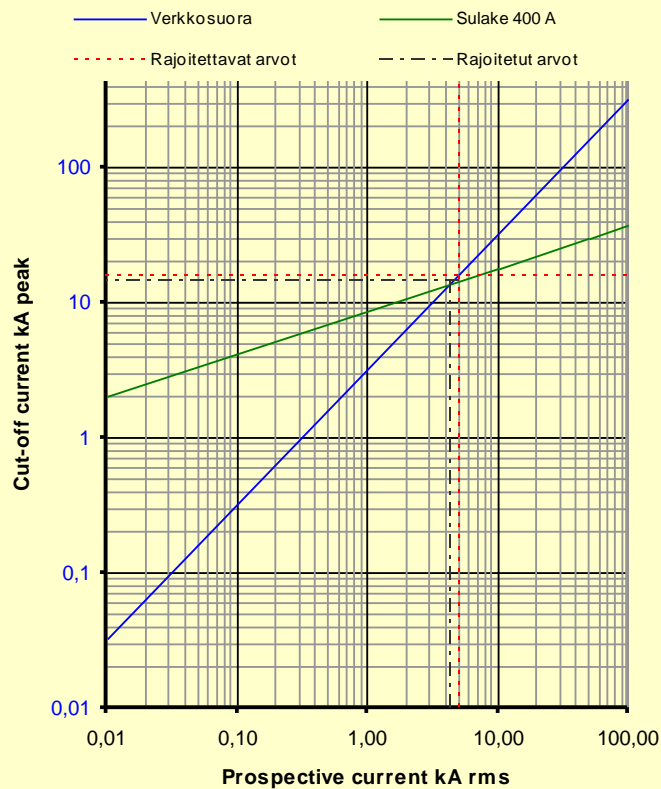
Sulake In gG **400 A**
 Rajoituskäyrän 1-piste **50 I^{"k1} kA**
 30 ip1 kA
 Rajoituskäyrän 2-piste **10 I^{"k2} kA**
 18 ip2 kA

Rajoituskäyrän arvot

$$i_p = k \cdot I_k^n \quad k = 0,317 \quad n = 967,6$$

Sulake rajoittaa

Alkuoikosulkuvirta I^{"k} **4,5 kA, rms**
 Toleranssi ± % **5** 4,3 4,7 kA, rms
 Sysäysoikosulkuvirta ip **14,4 kA, peak**
 Toleranssi ± % **5** 13,7 15,1 kA, peak



Yleistä sulakkeen virranrajoituksesta

Sulake on tehokas virtaa rajoittava komponentti.

Virranrajoituskyky perustuu varokkeen sisällä syntyvän valokaariresistanssin nopeaan kasvuun. Hiekka sitoo valokaarissa syntyvää lämpöä ja samanaikaisesti paine varokkeen sisällä kasvaa jolloin varokeliuska katkeaa.

Kun sulake toimii johdon ainoana suojana on käytettävä gG tyyppisiä sulakkeita

aM sulakkeita voidaan käyttää jos piirissä on erillinen ylivirtasuojaja katkaisukomponentti. (esimerkiksi sulake-kontaktori-lämpörele)

Sulakkeilla, niin kuin kaikilla muillakin komponenteilla, on valmistukseen liittyvät toleranssit jotka on syytä huomioida. Tyypillisinä arvoina voidaan pitää ± 5...10 %.

Sulakevalmistajien esitteistä löytyy standardien mukaan piirretyt virranrajoituskäyrät. Tarkista että käytettävän sulakkeen tyyppi ja käyrästä vastaavat toisiaan.

Virtaa rajoittavat katkaisijat

Katkaisijoiden virranrajoitus perustuu kosketinrakenteeseen, laukaisunopeuteen ja valokaaren hyväksi käyttöön.*

Valmistajien esitteistä löytyy katkaisijoiden virranrajoituskäyriä Käyrästöjen lukemiseen pätee samat säännöt kuin sulakkeille

Katkaisijoiden virranrajoituskäyriä ei voi käsitellä matemaattisesti joten rajoitusarvot on luettava käyristä. Tarkemmissa mitoituksissa on hyvä neuvotella valmistajan kanssa.