

Sähkötekniset laskentaohjelmat.**Pituus-sarja (versio 1-3-4) ohjelman esittely**

Pituus-sarja 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.

Pituus-sarja ohjelmalla voidaan tarkistaa:

- + syötön automaattisen poiskytkentäajan toteutumista (laukaisuehtojen täyttyminen). Viallinen piiri tulee laukaista asennusstandardien mukaisessa ajassa. Johdon maksimipituus voidaan hakea iterointimakrolla.
- + johdon terminen oikosulkukestoisuuden (lyhytaikainen virtakestoisuus).
- + kaapelin kuormiteltavuuden ilmassa kun korjauskerroin (asennustapa ja ympäristön lämpötila) tunnetaan.
- + johdon suurin sallittu gG sulakkeen ylikuormitussuojana.

Lisäksi ohjelma laskee:

- + syöttävän verkon oikosulkuimpedanssin (suurin impedanssi pääkeskuksessa). Pääkeskuksen impedanssi voidaan myös ilmoittaa ohjelmalle. Sähköasennus standardissa SFS 6000 veloitetaan jakeluverkon haltijaa antamaan suunnittelijalle ja rakentajalle tarpeelliset tiedot liittymän mitoituksen ja suojauksen suunnittelua varten.
- + ryhmäjohtimen PE johtimen ja L johtimen impedanssit. PE johtimen jatkuvuusmittaus suoritetaan usein vastusmittauksena. Ohjelma antaa lasketun tuloksen (PE tai PE+L), jolloin voidaan tarkistaa mittauksen (tai miksei myös laskennan) oikeellisuus.
- + oikosulkumittauksen vertailuarvon. Oikosulkuvirtatesteillä voidaan mitata oikosulkuvirtoja. Mittaustulokset ovat joskus epävarmoja (johtuu mittaustavasta ja häiriöistä). Lisäksi mittauksia ei voi suorittaa vaikeimmissa olosuhteissa. Ohjelma laskee ”mittaustuloksen”. Kun laskenta ja mittaustulos ovat yhtä pitäviä, tulee sekä laskenta että mittaustulos tarkistettua.

Syöttävän verkon vaihtoehtoja on neljä:

- + välijänniteverkosta syötetty muuntaja
- + pienjänniteverkosta syötetty muuntaja
- + generaattori
- + pääkeskuksen impedanssi tunnetaan.

Käytettävissä on oikosulkusuoja vaihtoehdot:

- + IEC mukaiset palamiskäyrät aM ja gG
- + ABB kahvavarokkeet aM ja gG
- + Johdonsuojakatkaisijat, standardien mukaiset laukaisukäyrät tyypit B, C, D, K ja Z.
- + Katkaisijat. (edellyttää, että katkaisijan suojareleen laukaisukäyrä ja siihen liittyvä toleranssi tunnetaan.)

Kaapelivaihtoehdot:

- + MCMK, AMCMK, MMJ/NYY, NYY ja AMKA.
- + PVC ja PEX eristys

Keskustasoja on neljä. Lisäimpedanssien avulla voidaan keskustasoja lisätä tarpeen mukaan.

Ohjelma on varustettu sarja-sivulla ja siihen liittyvällä makrolla. Makron avulla voidaan laskea useamman lähdön arvot. Katso kuva alla.

Tulossivulla on käytettävissä neljä eri kielivaihtoehtoa: Suomi, Ruotsi, Englanti ja Saksa. Lisäksi voidaan lisätä vapaaehtoinen kieli. Käännöstö tulee tehdä.

Sarjasivu:

Valitse Ctrl-home niin koko taulukko lasketaan					Laske rivi: Valitse rivi sarakkeesta A ja LASKE									
Oikosulkusuoja tyypit					Laske valitut rivit: Maalaa rivit sarakkeessa A ja LASKE									
1	Sulake gG IEC 60269				Tyhjennä taulukko "Poista rivi" (Delet Rows) komennolla. Tämä estää taulukon tyhjien rivien laskemisen.									
2	Sulake aM IEC 60269													
3	ABB OFAA_GG_gG, 690 V				Kaaletyyppit: MC(C)MK									
4	ABB OFAA_AM_aM, 690 V				AMC(C)MK									
Huom! 35 A sulaketta ei tunneta, käytä 32 tai 40 A.					MMJ / NY Y									
					NAY Y									
					AMKA									
					LASKE									
Oikosulkusuoja		Laukaisu		Ryhmäjohto 1					TULOS				INFO	
Tyyppi	In	aika	Tyyppi	Rinnan	Poikkipinta L	Poikkipinta PE	lteroitu pituus	I2t suoja	I2t kaapeli	Sulake	Iz	I2t / Suoja	TILA	
	A	s		kpl	mm²	mm²	m	kA²	kA²	A	A			
1	10	5		1	1,5									Virhe lähtötiedoissa
2	10	4	MMJ / NY Y	1	1,5		62	0,028	0,049	6	11,8	I2t OK	OK	Virhe lähtötiedoissa
3	10	3	MC(C)MK	1	1,5		143	0,004	0,046	6	11,8	I2t OK	OK	
4	10	2	MMJ / NY Y	1	1,5		60	0,016	0,042	6	11,8	I2t OK	OK	
														Virhe lähtötiedoissa
1	40	5	AMC(C)MK	1	16		183	0,181	1,85	35	39	I2t OK	OK	
3	40	5	NAY Y	2	16	16	522	0,092	7,11	63	78,1	I2t OK	OK	
3	40	2	AMKA	2	25		791	0,054	7,19	80	99,8	I2t OK	OK	
														Virhe lähtötiedoissa
														Virhe lähtötiedoissa
														Virhe lähtötiedoissa
1	40	5	AMC(C)MK	1	16		183	0,181	1,85	35	39	I2t OK	OK	
3	40	5	NAY Y	2	16	16	522	0,092	7,11	63	78,1	I2t OK	OK	
3	40	2	AMKA	2	25		791	0,054	7,19	80	99,8	I2t OK	OK	
														Virhe lähtötiedoissa
1	200	5	AMC(C)MK	1	240		273	7,81	198,71	160	211,2	I2t OK	OK	
1	200	0,6	AMC(C)MK	1	240		143	3,31	145,03	160	211,2	I2t OK	OK	
1	200	0,4	AMC(C)MK	1	240		129	2,7	140,65	160	211,2	I2t OK	OK	
3	200	5	AMC(C)MK	1	240		344	4,96	198,71	160	211,2	I2t OK	OK	
3	200	0,6	AMC(C)MK	1	240		208	1,61	145,03	160	211,2	I2t OK	OK	
3	200	0,4	AMC(C)MK	1	240		188	1,31	140,65	160	211,2	I2t OK	OK	

Ohjelmaan kuuluu myös erillinen Pituus-tuki sovellus jolla voidaan laskea 1-johdin kaapelijärjestelmien (TN-verkko, NOKIA, nykyinen Prysmian) ja rinnakkaisten AMCMK ja MCMK kaapelien vikavirtoja ja impedansseja.

Ohjelmalla voidaan myös suorittaa erilaisia muunnoksia.

Seuraavilla sivuilla on kuva käyttöliittymistä ja ote käyttöoppaasta.

LÄHTÖTIEDOT

Syöttävän verkon valinta Välijänniteverkko syöttää

Välijänniteverkko 10,5 kV
 Verkon pienin oikosulkuvirta 10 kA
 Syöttävän kaapelin pituus 200 m
 Lisäimped. Rv / Xv mΩ / mΩ

Syöttävä 3v-muuntaja
 Ensiojännite 11 kV
 Toisiojännite kV 0,42
 Oikosulkuimpedanssi 6 u_k %
 Nollaimpedanssi 6,2 u_{ko} %
 Kuormitushäviöt 12 kW
 Liitäntä Kiskosilta Cu 2500 A
 Pituus 8 m

Pääkeskus
 Maadoitusjärjestelmä TN Muuntaja
 Verkon nimellijännite 400 V

Lisäimpedanssi
 Vaiheimped. Rv / Xv mΩ / mΩ
 Nollaimped. Ro / Xo mΩ / mΩ

Syöttävä johto 2
 Laji ja poikkipinta AMC(C)MK 240 mm² 1
 Eristys / Pe-johdin PVC PE 72 Cu
 Pituus 100 m k = 0,64
 Maksimi sulake ylikuormitussuojana 200 A gG Iz 224 A

Alakeskus
Syöttävä johto 3
 Laji ja poikkipinta MC(C)MK 16 mm² 1
 Eristys / Pe-johdin PVC PE 16 Cu
 Pituus 50 m k = 0,64
 Maksimi sulake ylikuormitussuojana 40 A gG Iz 54,4 A

Alakeskus
 Oikosulkusuoja Johdonsuojakatk. B 10 A
 Poiskytkentäaika 0,2 s
 Johd.katkaisija Ir-I> aika 8 s Oletusarvo
 Lisäimped. Rv / Xv mΩ / mΩ

Ryhmäjohto
 Laji ja poikkipinta MC(C)MK 1,5 mm² 1
 Eristys / Pe-johdin PVC PE 1,5 Cu
 Pituus 5 m k = 0,8
 Maksimi sulake ylikuormitussuojana 10 A gG Iz 15,2 A

Liitäntäjohto
 Laji ja poikkipinta MC(C)MK 1,5 mm² 1
 Eristys / Pe-johdin PVC PE 1,5 Cu
 Pituus 5 m k = 0,8
 Maksimi sulake ylikuormitussuojana 10 A gG Iz 15,2 A

Katkaisija ☐

LASKENNAN TULOS

Sk = 182 MVA

I = 88 A

Dyn11
 I = 2309 A
 Iz = 2500 A

Suoraan maadoit. järjestelmä

Zv 8,9 mΩ

ΣRjv / Rjo 81,8 mΩ
 ΣXjv / Xjo 11,4 mΩ
 369,9 mΩ 11,4 mΩ

Rjv 15,1 mΩ
 Xjv 7,3 mΩ
 Rjo 103,1 mΩ
 Xjo 7,3 mΩ

400 V TN
 Zv 23,8 mΩ
 Rjv 66,7 mΩ
 Xjv 4,1 mΩ
 Rjo 266,8 mΩ
 Xjo 4,1 mΩ

400 V TN
 Zv 86,9 mΩ
 Rjv 0,0 mΩ
 Xjv 0,0 mΩ
 Rjo 0,0 mΩ
 Xjo 0,0 mΩ

400 V TN
 Zv 86,9 mΩ

Impedanssi
 Rv 84,58 mΩ
 Xv 19,84 mΩ
 Ro 383,64 mΩ
 Xo 21,44 mΩ

Laukaisuvirta 50 A
Pienin vikavirta L-PE 50 A

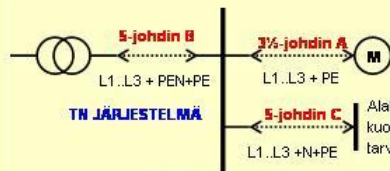
Ryhmäjohtojen pituus 103 m
 Pituuden iterointi

ITERATION

Mittauslaskennan oletusarvot
 Johtojen lämpötila 25 °C
 Jännitekerroin 1

Oikosulkuvirran mittaus
 82 Ik; A
 PE:n jatkuvuusmittaus 2,818 R; Ω
 PE 1,328 R; Ω 0,033 X; Ω
 PE+L 2,655 R; Ω 2,818 Z; Ω

1-johdin kaapelijärjestelmät



Tyyppi / käyttö

Johdin

Järjestelmä XZX 38 S

Johdin kuvio

Leveys 466 x korkeus 138 mm

L1 L2 L3 PEN L1 0 PE*

L3* L2 L1 PEN L3 L2 PE

Järjestelmän valinta

5-johdin B

AMMK (Al, PVC)

3x800

Verkon jännite 400 V

Kaapelijärjest. pituus 200 m

Jännitekerroin c 0,7

Ympäristölämpötila 25 °C

1,00

Järjestelmän kuormitettavuus

Vaaka

Pysty

2700

2400

Asennus. korjauskerr.

Oletusarvo 1,00

Korjauskerron

1,00

Ympäristö- ja käyttölämpötila 25/70 °C

Kuormitusvirta 1000 A

cosφ

0,8

Jännitteen alenema

2,64 %

Uh (V)

Un (V)

6,09

10,55

Maksimi sulake ylikuormitussuojana

Katkaisija

A

Valittu aika 0,2 s

Kiinnikeväli 250 mm

Terminen oikosulkukestoisuus johdin

136,0

kA

Dynaaminen oikosulkukestoisuus

80,0

kA

Resist. lämpötila

Oletusarvot

75

75

°C

Verkon impedanssi

Rv

1,49

mΩ

Xv

14,37

mΩ

Ro

2,29

mΩ

Xo

14,93

mΩ

Yksivaihe maasulku TN verkossa

Vikapiste y = 165,6 m kaapeliryhmän alkupäästä, TN verkko

Minimi 1-vaihevikavirta

I_{k1min}

3191

A

Vikapiste järjestelmän loppupäässä, keskimääräisellä impedanssilla

Minimi 3-vaihevikavirta

I_{k3min}

7519

A

Minimi 2-vaihevikavirta

I_{k2min}

6512

A

Impedanssit jatkolaskentaan TN

Rv / Ro

4,596

mΩ

Xv / Xo

23,380

mΩ

Järjestelmän keskimääräinen impedanssi

Rv / Ro

0,0133

Ω/km

0,0906

Ω/km

Xv / Xo

0,0330

Ω/km

0,4014

Ω/km

Rinnakkaiset kolmivaihekaapelit 3//...8//

Kaapelin valinta

AMCMK 3(4)x...AL, PVC (NAYCWY)

300+88 mm²

4 //

Verkon jännite 400 V

Kaapelin pituus 200 m

Jännitekerroin c 0,7

Ympäristölämpötila 25 °C

1,00

Kaapeliryhmän kuormitt.

1131

A

Asennus. korjauskerr.

Oletusarvo 0,7

Ympäristö- ja käyttölämpötila 25/70 °C

Kuormitusvirta 1000 A

cosφ

0,8

Jännitteen alenema

3,15 %

Uh (V)

Un (V)

7,28

12,61

Maksimi sulake ylikuormitussuojana

Katkaisija

A

Laukaisuaika 1 s

Alku

Loppu

Terminen oikosulkukestoisuus

34,90

14,74

kA; 1 s (Isc)

Johdinlämpötila PVC

70

160

°C

Johdinlämpötila PEX

90

250

°C

Lämpötila kons.johdin

70

250

°C

Dynaaminen oikosulkukestoisuus

60,0

kA

Resist. lämpötila

Oletusarvot

75

75

°C

Verkon impedanssi

Rv

1,49

mΩ

Xv

14,37

mΩ

Ro

2,29

mΩ

Xo

14,93

mΩ

Impedanssit jatkolaskentaan IT

Rv / Ro

6,36

mΩ

Xv / Xo

3,65

mΩ

37,26

mΩ

3,75

mΩ

Impedanssit jatkolaskentaan IT, alakeskussyöttö

Rv / Rpe

6,36

mΩ

Xv

3,65

mΩ

10,30

mΩ

Impedanssit jatkolaskentaan IT, muuntaja pääkeskus liitäntä

Rv

6,36

mΩ

Xv

3,65

mΩ

$$y = \frac{n}{2(n-1)} \cdot L$$

Yksivaihe maasulku TN verkossa

Vikapiste y = 133,3 m kaapeliryhmän alkupäästä, TN verkossa

Minimi 1~ vikavirta

I_{k1min}

5234

A

Vika kaapeliryhmän loppupäässä TN ja IT verkko

Minimi 3-vaihevikavirta

I_{k3min}

8,22

kA

Minimi 2-vaihevikavirta

I_{k2min}

7,12

kA

A. Katkaisijassa laukaiseva maasulkusuoja.

Vikapiste y = 133,3 m kaapeliryhmän alkupäästä, IT verkossa

Minimi 2~ maasulku

I_{k2min}

4562

A

B. Katkaisijassa ei ole maasulkusuoja tai suoja on yhteinen sulake.

Vikapiste y = 133,3 m kaapeliryhmän alkupäästä, IT verkossa

Minimi 2-vaihe maasulku

I_{k2min}

4573

A

Pituus-tuki

Esimerkkejä kertoimen valinnasta

VIEREKKÄISET JÄRJESTELMÄT

$$\leq 0,5 L \quad k=0,96$$

2 järjestelmää vierekkäin
1-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

$$\leq 0,5 L \quad k=0,91$$

2 järjestelmää vierekkäin
2-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

$$\leq 0,5 L \quad k=0,91$$

2 järjestelmää vierekkäin
2-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

$$\leq 0,5 L \quad k=0,91$$

2 järjestelmää vierekkäin
2-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

PÄÄLLEKKÄISET JÄRJESTELMÄT

Hyllyjen väli vähintään 300 mm

$$k=0,87$$

Väli $\leq 1,5 L$
2 järjestelmää päällekkäin
3-riviä, 3-4 kaapelia vaakarivissä

$$k=0,8$$

Väli $\leq 1,5 L$
2 järjestelmää päällekkäin
4-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

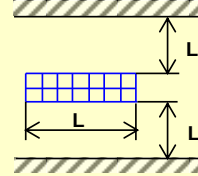
$$k=0,8$$

Väli $\leq 1,5 L$
2 järjestelmää päällekkäin
4-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

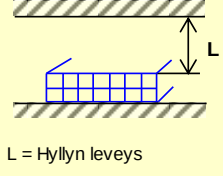
Voimakaa pelihylly = 2-riviä, 6-8 kaapelia vaakarivissä

Asennustavat jossa korjauskerroin =1

Vaaka-asennus

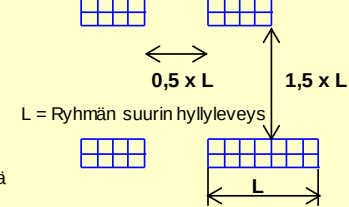


Pysty-asennus seinällä



L = Hyllyn leveys

Useampien järjestelmien asentaminen lähekkäin

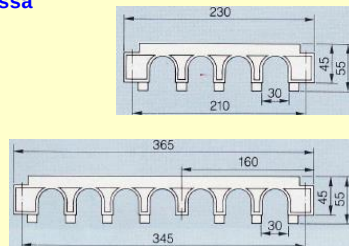


L = Ryhmän suurin hyllyleveys

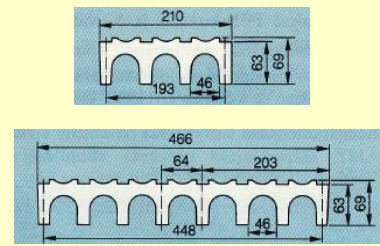
Korjauskertoimet kahdelle tai useammalle lähekkäiselle kaapelijärjestelmälle vaaka-asennuksessa

Päällekkäisten vaakarivien lukumäärä	Kaapelien lukumäärä yhdessä vaakarivissä	
	3...4	6...8
1	1,00	0,96
2	0,95	0,91
3	0,87	0,84
4	0,82	0,80
5	0,79	0,77
6	0,77	0,75

300 mm² kiinnikkeiden mitat

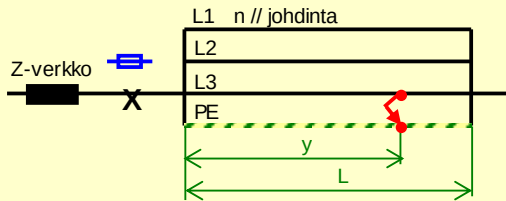


800 mm² kiinnikkeiden mitat

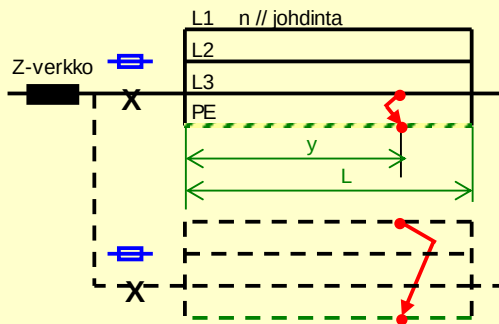


Yksivaiheviassa epäedullisin vikakohta ei ole kaapeliryhmän päässä kun rinnakkaisia johtimia on enemmänkin 2 kpl.

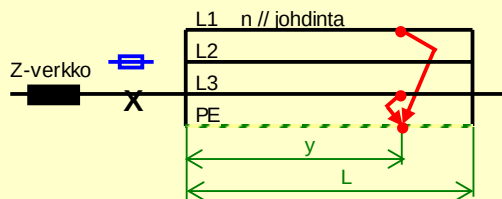
TN verkko 1-vaiheviaka



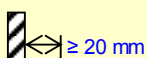
B. IT verkko 2-vaiheviaka kahdessa kaapeliryhmässä



A. IT verkko 2-vaiheviaka omassa kaapeliryhmässä



	Hyllyjen lkm	Kaapelien lukumäärä					
		1	2	3	4	6	9
Tikas, tuet, kiinnikkeet yms	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
Koskettaen	2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
	3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70



Oikosulkuvirtojen muuntaminen impedanssiksi, TN verkko

1. Menetelmä sisältää epätarkkuuksia joten paras tapa on pyytää sähköä toimittavalta yhtiöltä impedanssi liityntäpisteessä seuraavasti:
Toimittaja ei voi laskea vikavirtaa ilman alla olevia arvoja.

Keskusimpedanssi TN verkko

Vaiheimpedanssi R_v / X_v mΩ mΩ
Nollaimpedanssi R_o / X_o mΩ mΩ

Sähkön toimittajalta saatuja arvoja voi suoraan käyttää Pituus ohjelmassa.

2. Toinen tapa on selvittää syöttävän muuntajan koko ja syöttävät kaapelit ja näillä arvoilla laskea laukaisuehtojen täyttyminen.

Pienillä poikkeamilla syöttävässä verkossa on vain vähän merkitystä laskettavaan tulokseen. Pituus-ohjelman oletus arvoja voi käyttää.

3. Koska usein tunnetaan pääkeskuksen oikosulkuvirta, lasketaan alla virtaa vastaavat impedanssit. Arvot ovat Pituus-ohjelmaan sovitettuja likiarvoja joita ei tule käyttää muihin laskentoihin. Tulokset ovat käyttökelpoisia kun oikosulkuvirta on TN verkossa 200-4000 A.

Oikosulkuvirta 3224 A. Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta TN verkossa
Jännitekerroin c 0,7 Oikosulkuvirran laskennassa käytetty jännitekerroin.
Verkon pääjännite 400 V

Keskusimpedanssi

Impedanssi R_{vo} / X_{vo} mΩ mΩ mΩ **Kulma** °
Kopioi vain arvot Kopioi vain arvot

R_{vo} ja X_{vo} on (vaiheimpedanssi + nollaimpedanssi) / 2. Voi käyttää vain Pituus ohjelmassa, solut R_v ja X_v .

Impedanssi, resistanssi ja reaktanssi

Impedanssi mΩ ° mΩ mΩ
R = mΩ X = mΩ Z = mΩ Kulma °

Resistanssin muuntaminen eri lämpötilaan.

Oma valinta Oletusarvo
Lämpötilakerroin 1/°C °C
Resistanssi ja lämpötilassa mΩ
Uusi lämpötila ja resistanssi °C mΩ 70 °C

Induktanssi ja reaktanssi

Taajuus Hz
Induktanssi mH/km Reaktanssi Ω/km
Reaktanssi Ω/km Induktanssi mH/km

Kuormitusvirran vaikutus johdon käyttölämpötilaan

Ympäristön lämpötila °C
Sallittu kuormitusvirta A Johtimen käyttölämpötilassa °C

Uusi kuormitusvirta A jolloin uusi käyttölämpötila on **35,3 °C**

Uusi käyttölämpötila °C jolloin uusi kuormitusvirta on **1161,6 A**

Pituus-tuki

Ols-Consult Oy

”Otteita käyttöoppaasta”

2.2 Yleistä

Syötön automaattisen **poiskytkennän ja/tai potentiaalitasauksen** tulee rajoittaa kosketusjännitteen nousu sellaiseen arvoon ja aikaan, että siitä ei aiheudu haitallisia fysiologisia vaikutuksia henkilölle, joka koskettaa samanaikaisesti kosteltavia johtavia osia (SFS 6000). Tämä edellyttää että maadoitusjärjestelmän toteutus sekä suojajohtimien ja suojalaitteiden ominaisuudet sovitetaan yhteen.

Pituusohjelmalla tarkistetaan sulakkeella tai katkaisijalla suojatun piirin automaattisen poiskytkennän toteutumista. Lisäksi ohjelma tarkistaa johdon lyhytaikaisen virtakestoisuuden, ilmoittaa johdon kuormitusvirran ilmassa ja johdon suurimman sallitun sulakkeen ylikuormitussuojana.

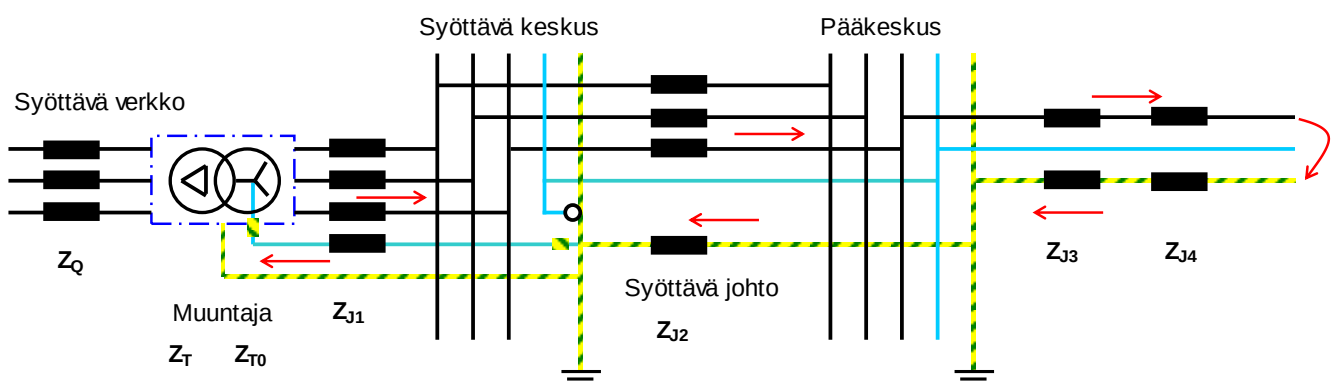
TN verkossa lasketaan pienin vikavirta käyttäen menetelmää ”symmetriset komponentit”. Menetelmä edellyttää nollaimpedanssin käyttämistä. Tarkka nollaimpedanssin arvo saadaan vain mittaamalla valmis asennus. Nollaimpedanssi määritetään ohjelmassa siten että tulokset ovat aina varmalla puolella.

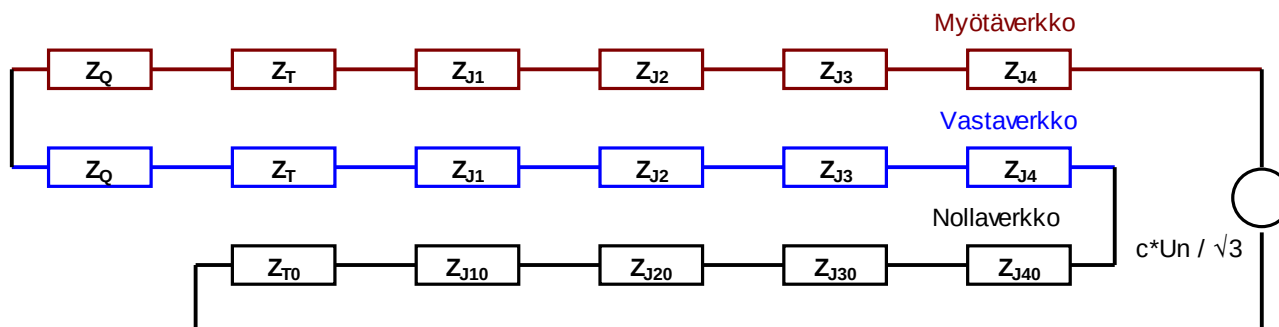
IT järjestelmässä ensimmäinen maasulku ei aiheuta laukaisua (poikkeuksena on laukaiseva maasulun valvonta). Määräysten mukaan tulee ensimmäisessä viassa käyttää hälyttävää eristystilan valvontalaitetta ja toinen vika tulee sitten laukaista vikapiiri säädetyssä ajassa (SFS 6000). Toinen vika on jännitelähteen kannalta katsoen vaiheiden välinen oikosulku jolloin laskentaan voidaan soveltaa tavanomaisia sähkötekniikan laskentakaavoja. Ohjelma laskee vikaa olettaen että molemmat viat sattuvat kahdessa samanlaisessa piirissä.

Ohjelma laskee myös PE jatkuvuusmittauksessa tarvittavat resistanssi arvot ja oikosulkumittauksen liittyvät referenssi arvot.

4.2. Kytkenäkaavio, sijaiskytkentä ja vikavirtojen laskenta

TN verkko





Yllä on esitetty kytkentäkaavio ja sijaiskytkentä kun laskenta suoritetaan menetelmällä ”symmetriset komponentit”, 1-vaiheinen maasulku. Ohjelmassa impedansseja on huomattavasti enemmän

Vikavirta saattaa jakautua PE:n, N:n ja muiden maadoitus reittien välillä. Laskennassa emme huomioi vikavirran jakaantumista vaan sen oletetaan kulkevan PE johtimissa.

Epäsymmetrisiä jännite- tai virtajärjestelmiä lasketaan tavanomaisesti laskentamenetelmällä jota kutsutaan ”symmetriset komponentit”. Siinä epäsymmetrinen järjestelmä jaetaan kolmeen symmetriseen osajärjestelmään; myötä- (Z_1), vasta- (Z_2) ja nollajärjestelmä (Z_0). Yksivaiheisen maasulun vikavirta (I_{k1}) saadaan kaavasta:

$$I_{k1} = \frac{c \cdot 3 \cdot U_n}{\sqrt{3}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0)} \quad \text{Kaava 1}$$

jossa:

U_n on verkon pääjännite ja c jännitekerroin.

Z_1 , Z_2 ja Z_0 on myötä-, vasta- ja nollaimpedanssit

Kun ollaan ”kaukana generaattorista” ja laskettavassa verkossa ei ole tahtikoneita on $Z_1 = Z_2$.

Laskentamenetelmä edellyttää nollaimpedanssien käyttöä. Katso tarkemmin kohta 4.6. Tarkka nollaimpedanssi saadaan vain mittaamalla valmis asennus. Ohjelmassa käytetään seuraavia likiarvoja:

$$R_o = R_v + 3 \cdot R_{pe}$$

$$\text{Kiskosillat: } X_o = 4 \cdot X_v$$

$$\text{Kaapelit: Konsentrisella johtimella varustetut kaapelit } X_o = X_v \text{ ja kerratut kaapelit } X_o = 4 \cdot X_v$$

Jossa:

R_o on nollaresistanssi

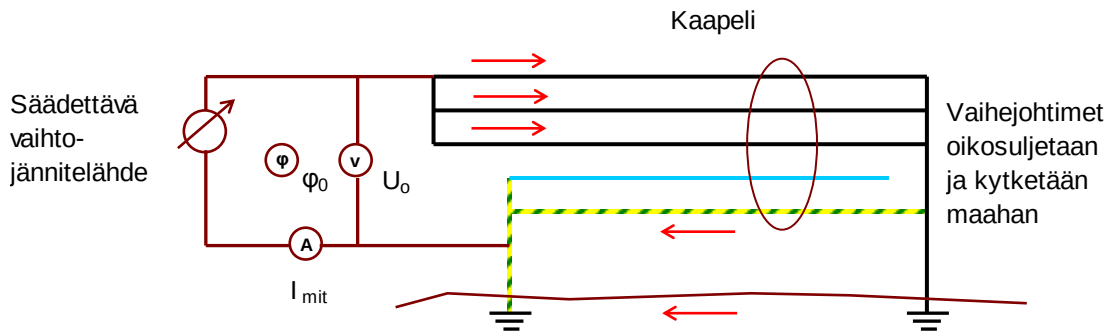
R_v on vaiheresistanssi

R_{pe} on pe johtimen resistanssi

X_o = nollareaktanssi

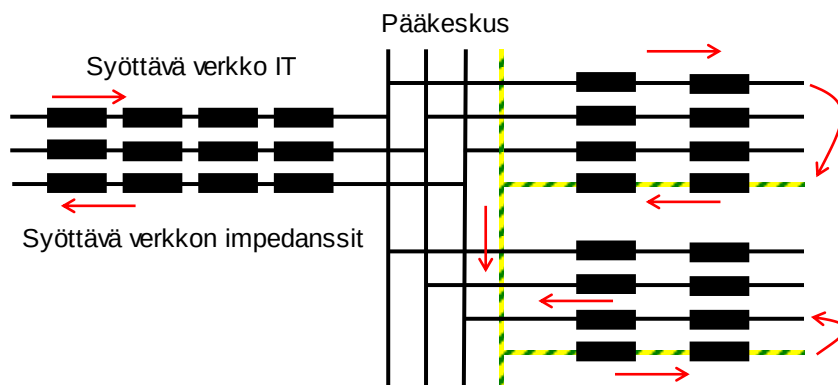
X_v = vaihereaktanssi

Kolmivaihejohdon tarkka nollaimpedanssi voidaan vaan saada vain mittaamalla valmis asennus.



IT verkko

Vian oletetaan tapahtuvan kahdessa samanlaisessa piirissä eri vaiheissa. Kuten alla olevasta sijaiskytkennästä nähdään, muodostuu oikosulkuimpedanssi Z_k keskusta syöttävän verkon vaiheimpedansseista $\times 2 + 2 \times$ johtojen vaiheimpedansseista $+ 2 \times$ johtojen pe impedansseista



Vikavirta saattaa jakautua PE:n ja muiden maadoitus reittien välillä. Laskennassa emme huomioi vikavirran jakaantumista vaan sen oletetaan kulkevan PE johtimissa.

Vikavirta lasketaan kaavalla:

$$I_{2k} = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot Z_k} \quad \text{Kaava 3}$$

jossa:

U_n on verkon pääjännite ja c jännitekerroin.

Z_k on piirin impedanssien vektorisumma.

Syöttävän verkon impedanssi muodostuu seuraavien vaiheimpedanssien vektorisummasta:

Verkkoimpedanssi

Muuntajaimpedanssi

Muuntajan ja keskuksen välisistä liitännäjohtojen (ja/tai kiskosillan) impedanssista

Mahdolliset syöttävät johdot muuntajakeskuksesta laskettavaan pääkeskukseen