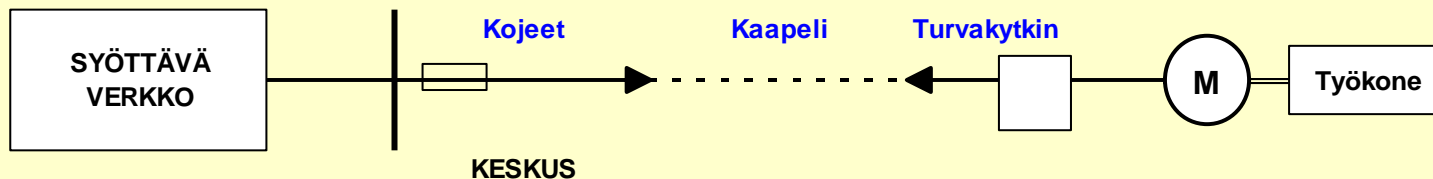

MITOITUS-OHJELMA

ESIMERKKI

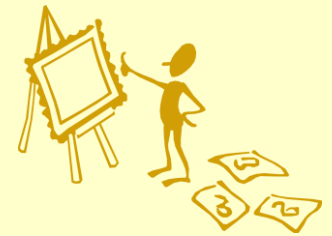
Yleistä

Sähkön turvallinen käyttö edellyttää aina mitoitusta joka voidaan suorittaa vain laskemalla. Tietenkin huolellinen ja osaava suunnittelu sekä asennus ovat yhtä tärkeitä osia sähkön turvallisessa käytössä.

Pienjänniteverkon kojeet ja kaapelit mitoitetaan:



1. Kestämään piirissä tavanomaisesti kulkevat virrat, käynnistysvirta ja kuormitusvirta. Lämpötilat ei saa nousta yli sallittujen arvojen.
2. Kestämään dynaamisesti piirissä esiintyvät oikosulkuvirrat
3. Kestämään termisesti piirissä esiintyvät oikosulkuvirrat.
4. Niin että jännitteen alenema kuormitusvirralla ja käynnistysvirralla pysyvät sallituissa rajoissa.



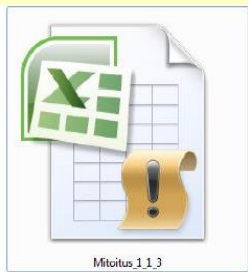
Yleistä

5. Niin että suojat erottavat vikaantuneen piirin, ennen kuin vikaantunut piiri aiheuttaa ihmisille ja eläimille vaaraa. Asennusmääräykset tulee täyttyä.
6. Niin että tarvittava suojien välinen selektiivisyys saavutetaan.
7. Niin että piirin laitteiden välinen suojauskoordinaatio varmistetaan.



Sähköistyksen suunnitteluun liittyy luonnollisesti myös muita tekijöitä kuten käyttöympäristön huomioiminen kun kojeita valitaan, työkoneen ja moottorin yhteensovittamiseen liittyvät asiat, kustannuksiin liittyvät valinnat jne.

AVATAAN MITOITUS-OHJELMA



Kaksois-klikkaa kuvaketta



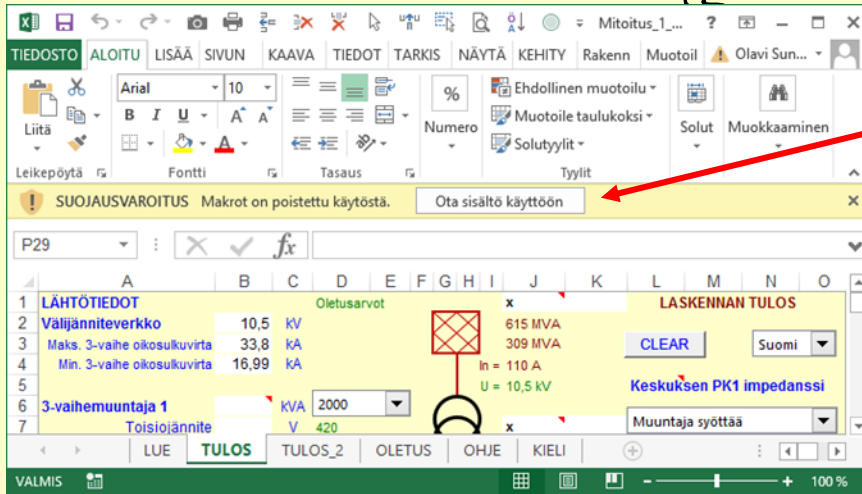
The screenshot shows an Excel spreadsheet with a ribbon at the top containing tabs like 'TIEDOSTO', 'ALOITU', 'LISÄÄ', 'SIVUN', 'KAAVA', 'TIEDOT', 'TARKIS', 'NÄYTÄ', 'KEHITY', 'Rakenn', 'Muotoil', and 'Olavi Sun...'. A yellow warning bar at the top reads 'SUOJAUSVAROITUS Makrot on poistettu käytöstä. Ota sisältö käyttöön'. The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	LÄHTÖTIEDOT														
2	Välijänniteverkko	10,5	kV							615 MVA					
3	Maks. 3-vaihe oikosukuvirta	33,8	kA							309 MVA					
4	Min. 3-vaihe oikosukuvirta	16,99	kA							In = 110 A					
5										U = 10,5 kV					
6	3-vaihemuuntaja 1		kVA	2000											
7	Toisiojännite		V	420											

Other visible text in the spreadsheet includes 'Oletusarvot', 'LASKENNAN TULOS', 'CLEAR', 'Suomi', 'Keskuksen PK1 impedanssi', and 'Muuntaja syöttää'.

Yleistä

Otetaan makrot käyttöön



SOVELLUS ON VALMIS KÄYTTÖÖN.

LUE sivulla on lisenssisopimus.

Mitoitusohjelma on Ols-Consult Oy:n omaisuutta ja käyttäjä saa ohjelman ostaessaan lisenssin käyttää ohjelmaa ja sen mukana tulleita käyttö-ohjeita.

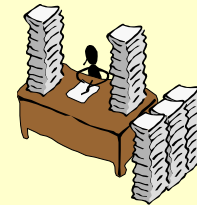
Yleistä

TULOS sivulla on 3 osiota

Ensimmäisessä osiossa on pääverkko joka alkaa syöttävästä välijänniteverkosta ja päättyy 4-keskustason jälkeen kuormaan. Muuntaja on kolmivaiheinen, kytkentäryhmä Dyn 11 ja nollaimpedanssi on kiinteästi 1,05 * oikosulkuimpedanssi. Keskustaso voidaan jättää pois kirjoittamalla syöttökaapelin pituudeksi 0 m. Alin keskustaso on aina ryhmäkeskus, josta käsin tarkistetaan kuormituksien keskuslähtöjä. Lähtöarvoja valitaan valikoilla tai syötetään lukuarvoina. Lähtöarvoille annetaan oletusarvot aina kuin se on mahdollista.

Toisessa osiossa voidaan:

- 1.Määrittää sulakkeen virranrajoitus ja selektiivisyys
- 2.Laskea valaisinryhmän jännitteen alenema
- 3.Summata virtoja
- 4.Muuntaa impedansseja, induktansseja ja resistansseja
- 5.Laskea kuormitusvirran vaikutusta johtimen lämpötilaan.
6. Laskea sallittu oikosulkuvirta eri ajoille.



Kolmannessa osiossa voidaan:

- 1.Laskea muuntajan kytkentävirtasysäys
- 2.Laskea jännitteen alenema moottorin käynnistyksessä

TULOS_2 sivu

Tällä sivulla voidaan "jatkaa" verkkoa niin että pienjännitepuolella on kaksi tai kolme muuntajaa sarjassa. Muuntajat voivat olla 1- tai 3-vaiheisia. 3-vaiheisina kytkentäryhmä on Dyn 11 ja nollaimpedanssi on kiinteästi 1.05 * oikosulkuimpedanssi.

Yleistä

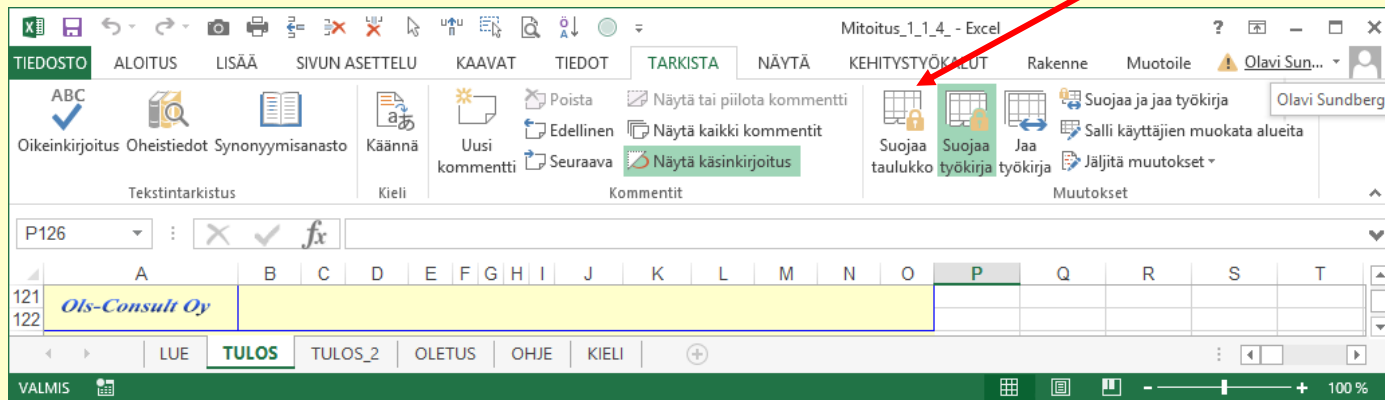
OLETUS sivulle on kerätty laskennassa käytettäviä oletusarvoja. Valtaosa oletusarvoista voidaan muuttaa oletussivulla. Oletusarvolla lasketaan siinä tapauksessa että tulossivulla ei ole annettu muuta arvoa. Oletussivua kannattaa käyttää myös projektikohtaisten arvojen asettamiseen.

OHJE sivulla on ohjelman käyttöön liittyviä. Sivun tavallaan lyhennelmä käyttöoppaasta. Sivulla sisältyy myös muutamia asioita joita ei löydy käyttöoppaasta.

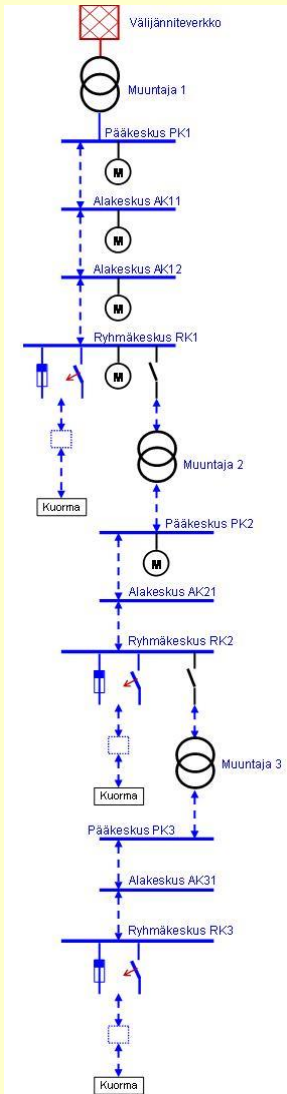
KIELI sivu on sanakirja jossa käännetään tulossivun tekstiosuudet. Sivulle on mahdollisuus lisätä yksi vapaa valinnainen lisäkieli. Tämä edellyttää käännöstyön tekemistä.

Sivut on suojattu (paitsi KILELI sivu) ilman salasanaa. Halutessasi voit poistaa suojauksen. Tee kuitenkin aina varmuuskopio sovelluksesta.

Työkirjassa on 14 kpl laskentasivuja jotka on piilotettu ja suojattu salasanaalla.



Mitoitus ohjelman rakenne.



Viereinen kuva esittää laskettavan verkon. Muuntaja 1 ja sen keskuksien käyttöliittymä on [TULOS](#) sivulla. Käyttöliittymä muuntajille 2 ja 3 on [TULOS_2](#) sivulla.

Keskustasoja voidaan ohittaa yksinkertaisesti kirjoittamalla syöttökaapelin pituudeksi 0 m. Poiskytkentä ehtoja tarkastellaan aina ryhmäkeskuksessa käsin.

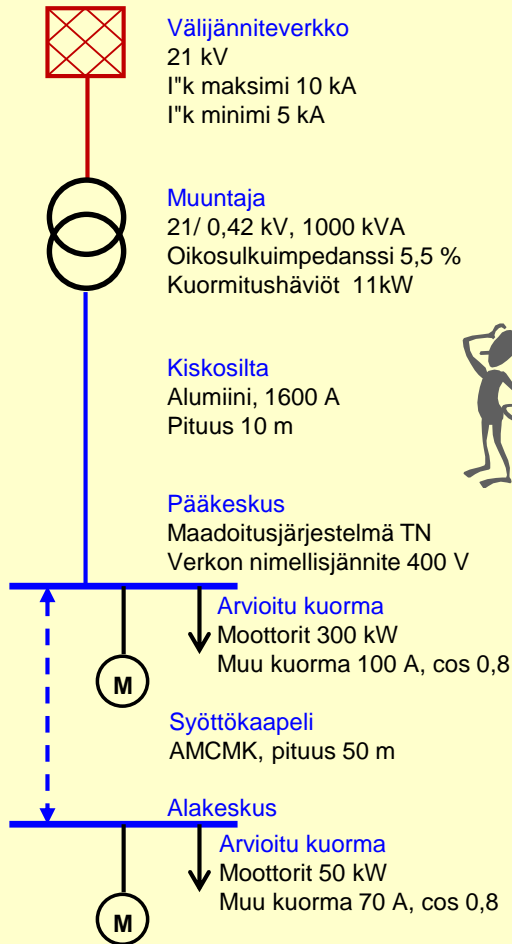
Muuntajia on mahdollista kytkeä sarjaan kolme. Muuntaja 1 on aina kolmivaiheinen. Muuntajat 2 ja 3 voivat olla joko 3- tai 1-vaiheisia.

Laskenta perustuu pääsääntöisesti verkon eri komponenttien impedanssien tuntemiseen (laskemiseen). Impedanssit summataan vikakohtasta katsoen. Jännite jaetaan impedanssien vektorisumalla ja näin saadaan vikavirta. [Eli ohmin laki](#) $U=I \cdot Z$.

Verkon maadoitusjärjestelmäksi voidaan valita TN tai IT. Muuntaja erottaa verkon osat toisistaan, joten valinta tulee tehdä jokaiselle muuntajalle erikseen.



MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki



Valitaan kieleksi Suomi ja painetaan kerran CLEAR painiketta. Clear makro poistaa aikaisemmin syötetyt laskennan lähtöarvot.

Valitaan että muuntaja syöttää pääkeskusta

LASKENNAN TULOS

CLEAR

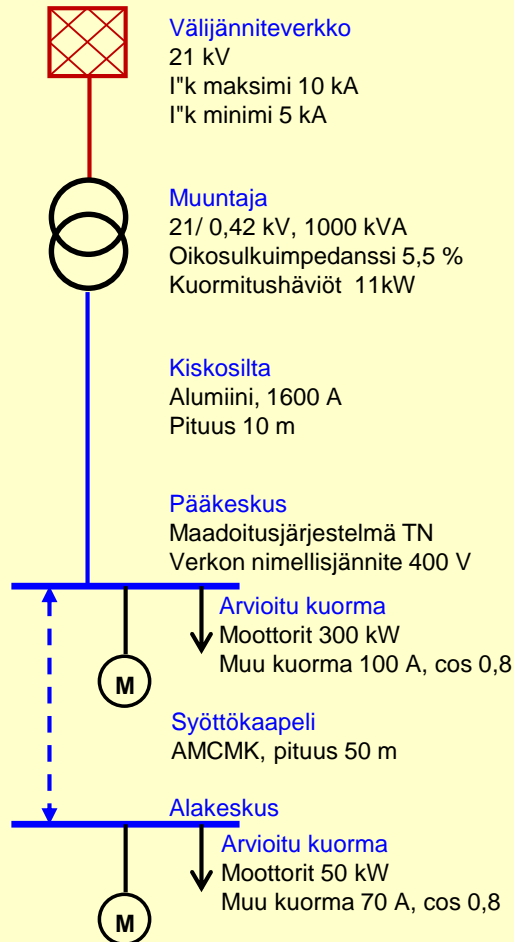
Keskuksen PK1 impedanssi

Muuntaja syöttää

Syötetään esimerkin arvot ohjelmaan:

1. Välijänniteverkon jännite sekä maksimi ja minimi oikosulkuvirta. Esimerkin tapauksessa voidaan käyttää oletusarvoja.
2. Välijännitekaapeli laji ja pituus voidaan tarvittaessa valita OLETUS sivulta. Oletusarvona on AHXCMK 185 Al kaapeli 100 m. Välijänniteverkon impedanssi muodostaa hyvin pienen osuuden verkon impedanssista kun lasketaan pienintä vikavirtaa. Pääkeskuksen maksimi oikosulkuvirran laskennassa impedanssilla on vähän suurempi merkitys.
3. Valitse muuntaja ja syötä arvot. Toisiojännitteenä ja oikosulkuimpedanssina voi käyttää oletusarvoja. Laskenta käyttää muuntajan nolaimpedanssina 1,05*oikosulkuimpedassi.
4. Valitse kiskosilta ja syötä pituus.
5. Valitse maadoitusjärjestelmä ja anna verkon nimellisjännite. Esimerkin tapauksessa voi käyttää oletusarvoa. Kaikki vikavirtalaskennat suoritetaan verkon nimellisjännitteellä.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki



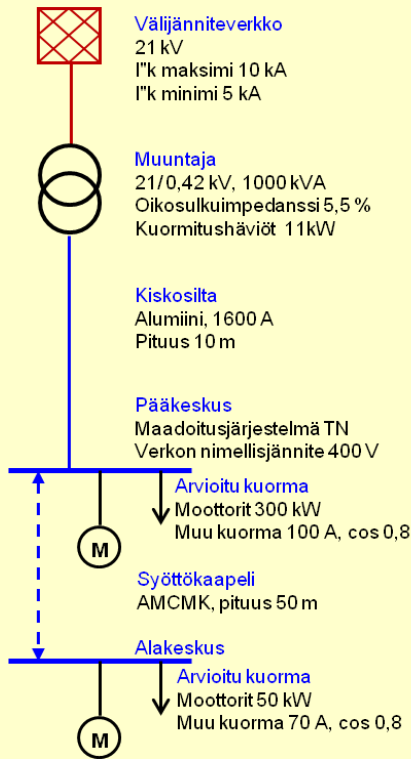
Jatketaan esimerkin arvojen syöttämistä...

6. **Syötetään pääkeskuksen ja alakeskuksen kuormat ohjelmalle.** Kuormat on jaettu kahteen osaan moottori ja muu kuorma. Moottorikuorma huomioidaan kun lasketaan keskuksen oikosulkuvirtoja.
7. **Valitaan alakeskussyötölle kaapeli.** Esimerkissä on määritelty että käytetään AMCMK kaapelia ja keskuksen kuormaksi ohjelma on laskenut 170 A. Oletetaan että kaapeli asennetaan "ilmaan" ja ympäristön lämpötilasta ja asennustavasta johtuva korjauskerroin on 0,69. Lisäksi olemme ajatelleet käyttää sulakelähtöä (OESA). Huomioimme alakeskuksen kasvun tulevaisuudessa ja valitsemme sulakkeeksi 250 A. Pienin kaapeli joka sallii 250 A sulakkeen ylikuormitussuojana on näillä arvoilla 2 // AMCMK 4x120+41.

Kaapelityyppejä on valittavissa MCMK, AMCMK, MMJ, MK ja AMKA

Nyt meillä on käytössä joukko tuloksia joita voidaan käyttää kun laitteita mitoitetään ja valitaan (kts. seuraava sivu).

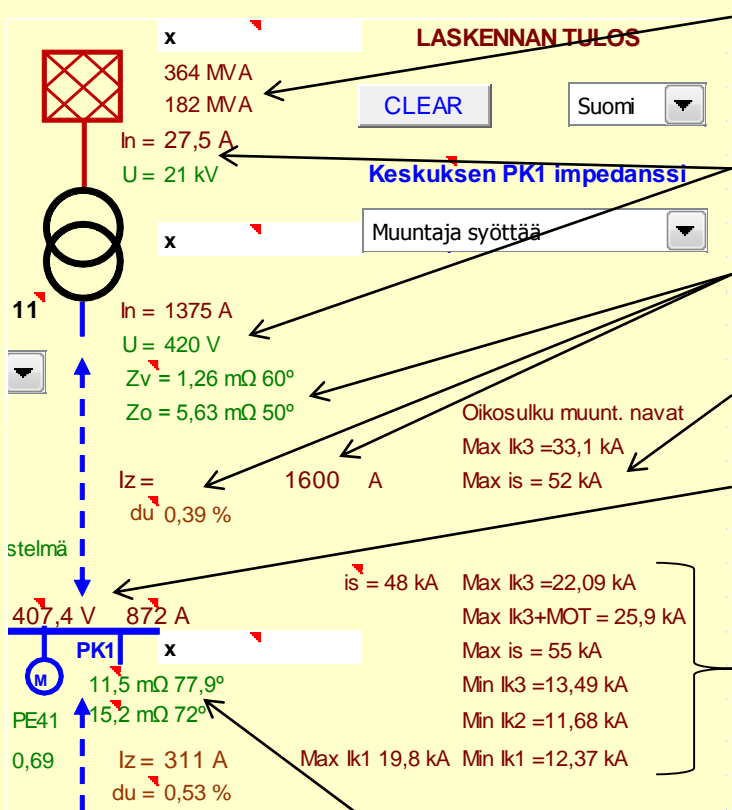
MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki



LÄHTÖTIEDOT		Oletusarvot	x	LASKENNAN TULOS	
Välijänniteverkko	kV	21		364 MVA	
Maks. 3-vaihe oikosulkuvirta	kA	10		182 MVA	<input type="button" value="CLEAR"/>
Min. 3-vaihe oikosulkuvirta	kA	5		In = 27,5 A	Suomi <input type="button" value="v"/>
				U = 21 kV	
3-vaihemuuntaja 1	kVA	1000	<input type="button" value="v"/>		Keskuksen PK1 impedanssi
Toisiojännite	V	420			Muuntaja syöttää <input type="button" value="v"/>
Oikosulkuimped. uk (Zk)	%	5,5			
Kuormitushäviöt Pk	kW	11			
Liitäntä keskuksen	Kiskosilta Al	1600 A	<input type="button" value="v"/>		
	Pituus	10 m			
Maadoitusjärjestelmä	TN	Suoraan maadoit. järjestelmä			
Verkon nimellisjännite	V	400			
Pääkeskus	Moottorikuorma	300 kW	601 A		
Muu kuormitusvirta ja cos	100 A	0,8			
Syöttävät johto	AMCMK	2//120	PE41		
	Pituus	50 m	k = 0,69		
Maks. sulake ylikuormitussuojana	In =	250 A			
Keskus	Moottorikuorma	50 kW	100 A		
Muu kuormitusvirta ja cos	70 A	0,8			
Syöttävät johto	AMCMK	240	PE72		
	Pituus	m	k = 0,69		

Dyn 11	In = 1375 A	U = 420 V	Zv = 1,26 mΩ 60°	Zo = 5,63 mΩ 50°	Iz = 1600 A	du = 0,39 %	is = 48 kA	Max Ik3 = 33,1 kA	Max is = 52 kA
PK1	407,4 V	872 A	11,5 mΩ 77,9°	15,2 mΩ 72°	Iz = 311 A	du = 0,53 %	Max Ik3 = 22,09 kA	Max Ik3+MOT = 25,9 kA	Max is = 55 kA
M	405,2 V	170 A	15,8 mΩ 56,1°		Iz = 242 A		Min Ik3 = 13,49 kA	Min Ik2 = 11,68 kA	Min Ik1 = 12,37 kA
M							Max Ik3 = 16,11 kA	Max Ik3+MOT = 18,04 kA	Max is = 28,9 kA
							Min Ik3 = 9,4 kA	Min Ik2 = 8,14 kA	Min Ik1 = 5,58 kA

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki



Maksimi ja minimi oikosulkuteho.

Muuntajan ylä ja alajännitepuolen jännite ja nimellisvirrat.

Liitännän impedanssi, nimellisvirta ja jännitteen alenema ilmoitetulla kuormitusvirralla.

Oikosulkuvirrat muuntajan navoissa.

Käytetään kiskosillan ja muuntajan mitoituksiin.

Pääkeskuskiskon kuormitusvirta ja kuormitettu jännite.

Kuormitetussa jännitteessä ei huomioidaan välijännitepuolta joten todellinen jännite on vähän pienempi.

Oikosulkuvirrat pääkeskuksen kiskostossa.

Maksimi virtoja käytetään pääkeskuksen ja sen kojeiden mitoituksiin ja minimivirtoja suojiin asetteluun.

Pääkeskuskiskon vaihe- ja nollaimpedanssi (nollaimpedanssi vain TN verkossa)

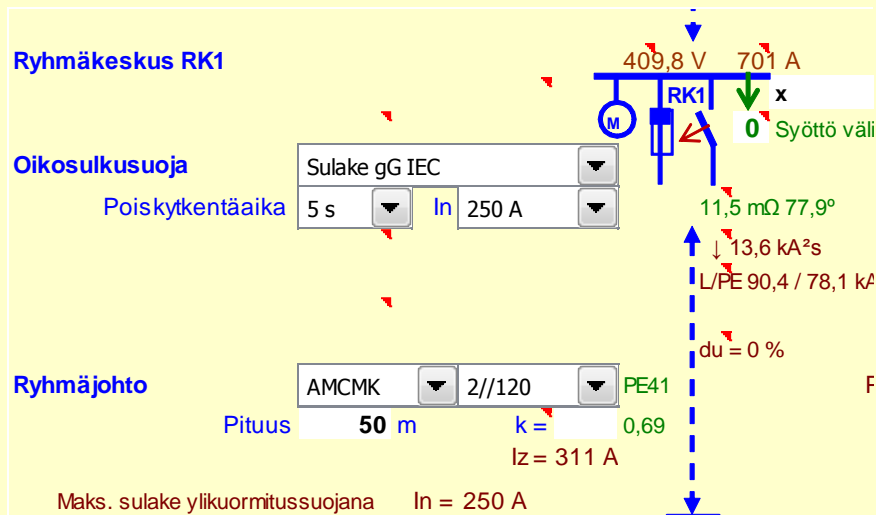
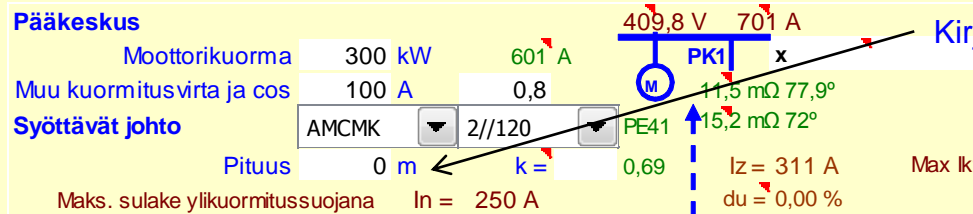


Muuttamalla arvoja voidaan tarkastella eri lähtöarvojen vaikutusta laskennan tuloksiin. Herkkyystarkastelu on tärkeä ominaisuus suunnittelussa.

Miten arvoja käytetään mitoituksiin selviää OHJE sivulta ja käyttöoppaasta.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki

Tarkastetaan seuraavaksi alakeskuslähdön laukaisuehdot.



Ryhmäkeskuksesta tulee näin ”pääkeskus”.

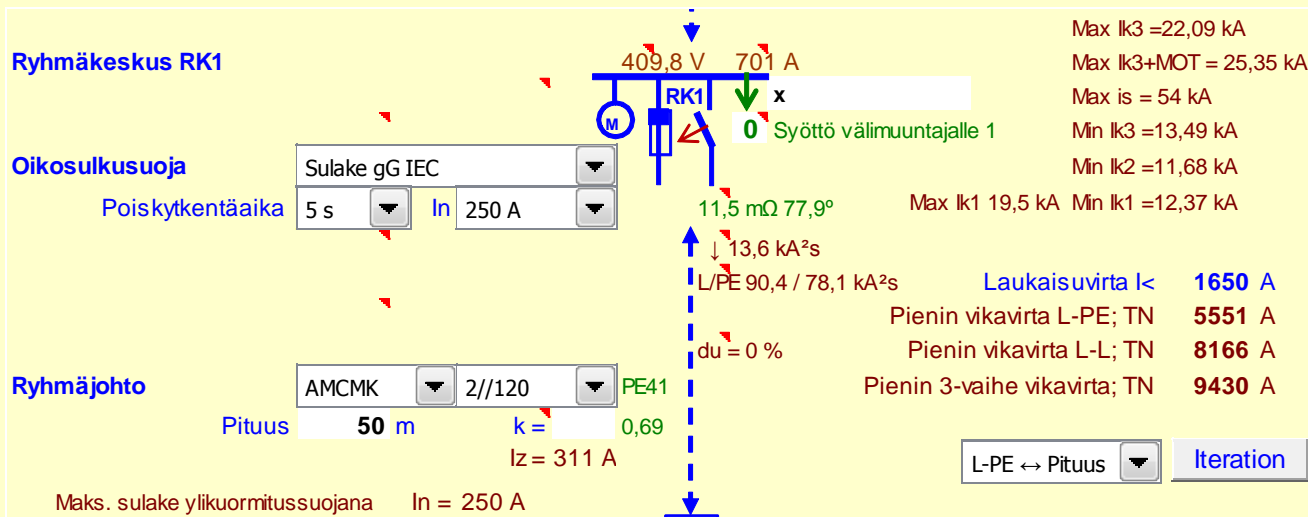
Valitse oikosulkusuoja

Esimerkissä ei oltu määritelty sulakevalmistajaa joten käytetään IEC:n mukaisia sulamisvirtakäyriä. I_n on 250 A ja laukaisuajaksi valitaan määräysten sallima 5 s.

Valitse kaapeliksi AMCMK 2//120 ja pituudeksi 50 m.

Oikosulkusuojaksi voi valita: Katkaisija, IEC sulakkeet gG ja aM, johdonsuojakatkaisijat B,C,D,K ja Z, ABB OFAA_GG;OFAA_AM;OFAF_H ja OFAF_AM, SIEMENS 3NA3 gG; 3ND1,2 aM; gG tulpat ja IFÖ nopeat - ja gG-tulpat .

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki



Tulos.

Sulakkeen laukaisuvirta on 5 s = 1650 A. Pienin vikavirta alakeskuksen oikosulussa on 5551 A. Eli poiskytkentäehdot täyttyvät.

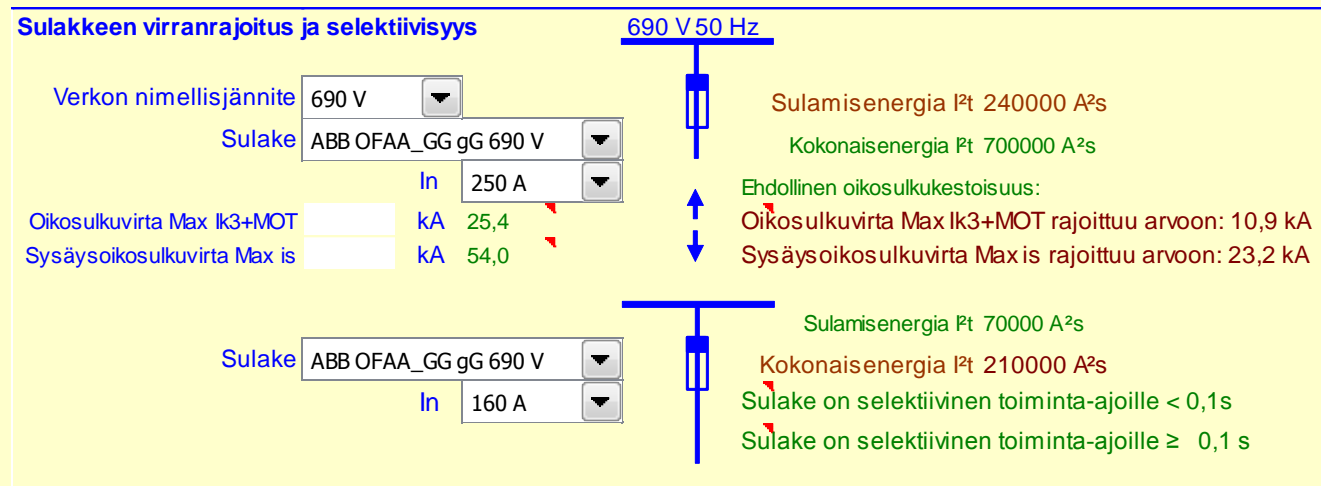
Kun muutetaan poiskytkentäaika 0,1 s, saadaan sulakkeen laukaisuvirraksi 4500 A. Ts. sulake laukeaa alle 0,1 s.

Kun painetaan iterointi painiketta saadaan kaapelin maksimipituudeksi (5 s laukaisuaajalla) 231 m jolla laukaisuehdot vielä täyttyvät. Eli laukaisuvirta on yhtä suuri kuin pienin yksivaiheinen vikavirta L-PE.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki

Sulake rajoittaa oikosulkuvirtaa. Alakeskuksen mitoitus arvot saadaan kun tunnetaan rajoituksen suuruus. Oletetaan että sulake on ABB tyyppiä OFAA_GG 250 A.

Lisäksi oletamme että alakeskuksessa käytetään ABB OFAA_GG tyyppisiä sulakkeita. Selvitämme samalla mikä on alakeskuksen suurin selektiivinen sulake.



Tulos.

Alakeskuksen dynaaminen mitoitusarvon minimi on siis 23,2 kA. 1s termisenä mitoitusarvon minimiarvona on sulakkeen 1 s laukaisuvirta eli n. 2300 A.

Sulake ei ole hyvä ylikuormitussuoja joten keskuksen nimellisvirta on syytä valita samaksi kuin sulakkeen I₂ virta eli 400 A. Sulake saattaa sallia tämän virran 3 tuntia laukeamatta.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki

Virheellisesti suoritetun mitoituksen seuraukset ovat yhtä vakavia tapahtuupa vika 1,5 mm² tai 240 mm² johdossa.

Oletamme seuraavassa että pääkeskuksessa on ohjausjännitemuuntajana 8 kVA:n yksivaihemuuntaja joka on kytketty vaiheiden väliin ensiöpuolella ja muuntajan toisiopuoli on maadoitettu. Ohjausjännitteen nimellisarvo on 230 V.

Moottorilähdössä on 10 A C-typin johdonsuojakatkaisija ja ohjauskaapelina käytetään 1,5 mm² Cu kaapelia. Miten pitkä kaapeli saa olla jotta poiskytkentä ehdot täyttyvät?

TULOS sivulla:

Pääkeskus

Moottorikuorma	300 kW	601 A
Muu kuormitusvirta ja cos	100 A	0,8
Syöttävät johto	AMCMK	2//120
Pituus	0 m	k = 0,69

409,8 V 701 A

PK1

11,5 mΩ 77,9°

15,2 mΩ 72°

Iz = 311 A

Kirjoita alakeskuskaapelin pituudeksi 0 m.



Ryhmäkeskus RK1

409,8 V 701 A

RK1

1

Syöttö välimuuntajalle 1

Kytetty

Oikosulkusuoja

Sulake gG IEC

Kytke jännite tulossivulle 2, kirjoittamalla soluun 1.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki

Siirrytään TULOS_2 sivulle:

SYÖTTÄVÄN MUUNTAJAN JÄLKEINEN VÄLIMUUNTAJA

LÄHTÖTIEDOT

Ryhmäkeskus 1 (TULOS)

Muuntajan syöttökaapeli MK A 6 PE6
Pituus 5 m k = 0,9
Maks. sulake ylikuormitussuojana In = 20 A

Välimuuntaja 1

1-vaiheinen
Teho kVA 8
Ensiö ja toisio jännite 400 V 241 V
Oikosulkuimped. uk (Zk) % 3,3
Kuormitushäviöt Pk kW 0,25

Liitäntä keskuksen

MKA 16 PE16
Pituus 5 m k = 0,9
Maks. sulake ylikuormitussuojana In = 40 A

Maadoitusjärjestelmä

TN Suoraan maadoit. järjestelmä
Verkon nimellisjännite V 230

Pääkeskus 2

Muu kuormitusvirta ja cos A

Syöttävät johto

MCMK 120 PE70

Oletusarvot

409,8 V

RK1
Iz = 28 A
du = 0,15 %
U = 400 V
In = 20 A



In = 33,2 A
U = 241 V

Iz = 50 A
du = 0,00 %

241 V 0 A



261,9 mΩ 18,9°
Iz = 201 A

LASKENNAN TULOS

Valitse ensin muuntaja ja kirjoita sen jälkeen muuntajan ensiö- ja toisiojännitteet. Ohjelma laskee ensiö- ja toisiovirrat, joiden perusteella voit valita liitäntäjohtot.

Keskuksen PK2 1-vaihe impedanssi

Muuntaja syöttää

Valitse maadoitusjärjestelmäksi TN ja verkon nimellisjännitteeksi 230 V.

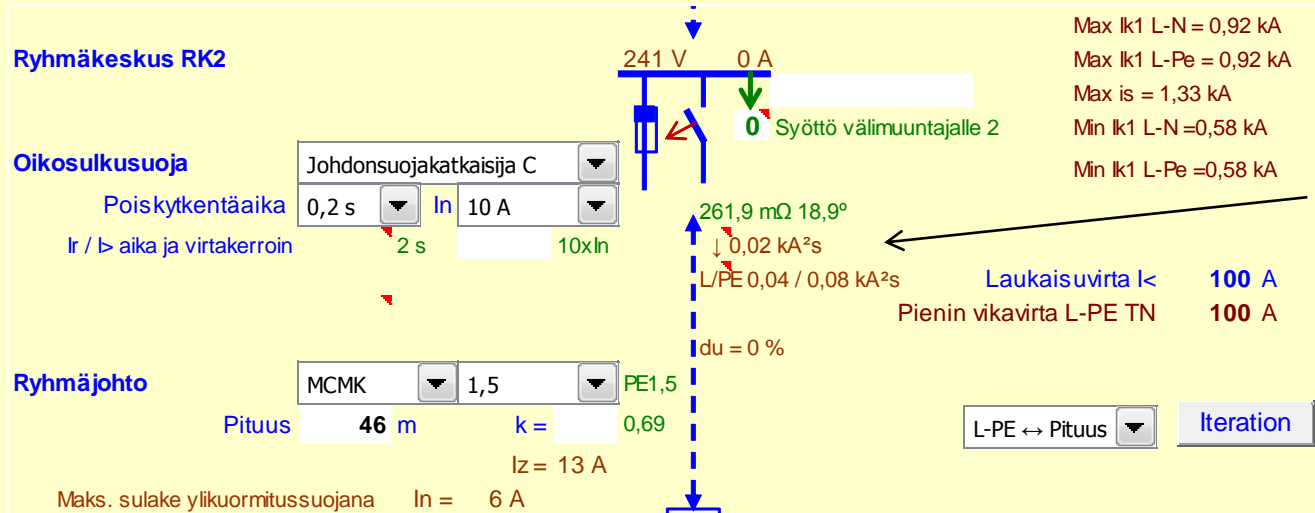
Max Ik1 L-N = 0,92 kA
Max Ik1 L-Pe = 0,92 kA
Max is = 1,33 kA
Min Ik1 L-N = 0,58 kA
Min Ik1 L-Pe = 0,58 kA



Tulokseksi sait ohjausjännitejakelun oikosulkuvirrat.

MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki

Varmista että alakeskussyöttöjen kaapelipituudet on 0 m. Ryhmäkeskuksessa voimme sen jälkeen tarkistaa miten pitkä kaapeli voi olla jotta poiskytkentäehdot toteutuvat.



Ohjelma tarkistaa että suoja ei päästä läpi enempää I^2t kuin kaapelin lyhytaikainen virtakestoisuus (terminen oikosulkukestoisuus) sallii.

Kuten tuloksesta huomataan on kaapelin sallittu pituus suhteellisen vaatimaton (46 m). Vastaavasti B-typin johdonsuojakytkin antaa 102 m. 10 A sulakkeella (IFÖ gG proppu) ja 0,4 s laukaisuajalla on sallittu pituus 85 m.

2,5 mm² kaapelilla ovat vastaavat pituudet 75 / 166 / 139 m.



MITOITUS-ohjelman käyttö, esimerkki:

Moottorin jännitealenema käynnistyksessä.

Oletetaan että alakeskukseen liitetään 30 kW moottori. Moottorikaapeliksi on valittu MCMK 3x16+16. Kaapelin pituus on 65 m. Moottorin arvoina käytetään ohjelman oletusarvoja.

1. Verkko on jo syötetty ohjelmalle edellisen esimerkin yhteydessä. Valitaan kaapeli, ilmoitetaan pituus ja valitaan moottori.

Moottorin navoissa jännitteen alenema on n. 10,7 % tai 62,8 V.

Kaapeli ja verkon impedanssi muodostaa ”käynnistysvastuksen” joten todellinen käynnistysvirta on n.363 A.

Lisäksi ohjelma laskee keskuksien jännitteen aleneman ja moottorin käynnistysmomentin suhteen nimelliseen käynnistysmomenttiin (n.80%).

JÄNNITTEEN ALENEMA MOOTTORIN KÄYNNISTYKSESSÄ

Välijänniteverkko	21 kV
Min. 3-vaihe oikosulkuvirta	5 kA
3-vaihe muuntaja 1	1000 kVA
Toisiojännite	420 V
Oikosulkuimped. uk (Zk)	5,5 %

Liitäntä keskukseen Kiskosilta AI 1600 A

Pääkeskus		
Kuormitusvirta ja cos	701 A	0,80
Syöttävä johto	AMCMK 2//120 mm ²	

Keskus		
Kuormitusvirta ja cos	153 A	0,52
Syöttävä johto		

Keskus		
Kuormitusvirta ja cos	0 A	
Syöttävä johto		

Moottorikeskus		
Kuormitusvirta ja cos	0 A	

Moottorikaapeli	MCMK	16
Eristys / Kerroin	PVC	k = 0,64
Pituus	65 m	lz = 85 A

Moottori		
Teho	30 kW	
Nimellisjännite	400 V	Oletusarvot
Nimellisvirta	A	58
Käynnistysvirta U=100%	A	403
Käynnistysvirran cosφ		0,5
Nimellisvirran cosφ		0,84

