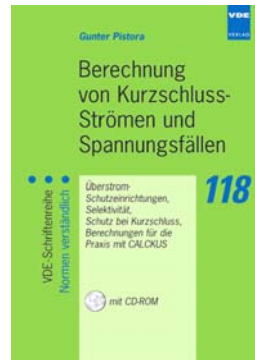




CALCKUS



**Berekenen van
Kortsluitstromen en
spanningsverlies**



Waarom zijn kortsluitstromen van belang?



Beveiliging tegen kortsluiting

Er wordt in de NEN1010 uitsluitend rekening gehouden met kortsluiting tussen actieve geleiders beveiligd door hetzelfde beveiligingstoestel.

434 - Beveiliging tegen kortsluitstroom

434.1 - Bepaling van de kortsluitstroom

De te verwachten kortsluitstroom moet worden bepaald voor elk relevant punt van de installatie. Dit kan gebeuren door berekening of meting.

533.3 - Beveiligingstoestellen tegen kortsluiting van leidingen (toelichting)

Bij de toepassing van het bepaalde in hoofdstuk 43 voor kortsluiting met een tijdsduur van ten hoogste 5 seconden moet rekening worden gehouden met zowel de laagste als de hoogste kortsluitstroom die kan optreden.

Indien de norm voor een beveiligingstoestel zowel een kortsluituitschakelvermogen bij normaal bedrijf als een maximaal kortsluituitschakelvermogen noemt, mag het beveiligingstoestel worden gekozen op basis van zijn maximale kortsluituitschakelvermogen voor de hoogste kortsluitstroom die kan optreden. Om operationele redenen kan het echter wenselijk zijn om het beveiligingstoestel te kiezen op basis van het kortsluituitschakelvermogen bij normaal bedrijf. Dit kan het geval zijn wanneer het beveiligingstoestel is geïnstalleerd aan het begin van de installatie.

T Voor nadere informatie om aan het bepaalde te voldoen, zie bijlage 53A



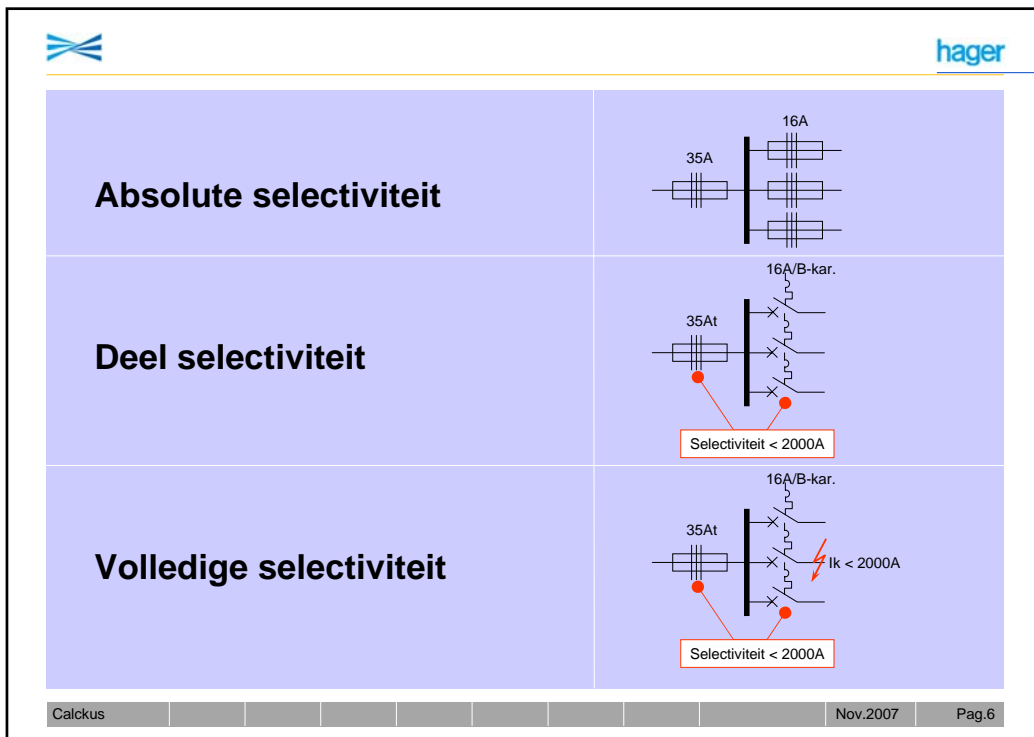
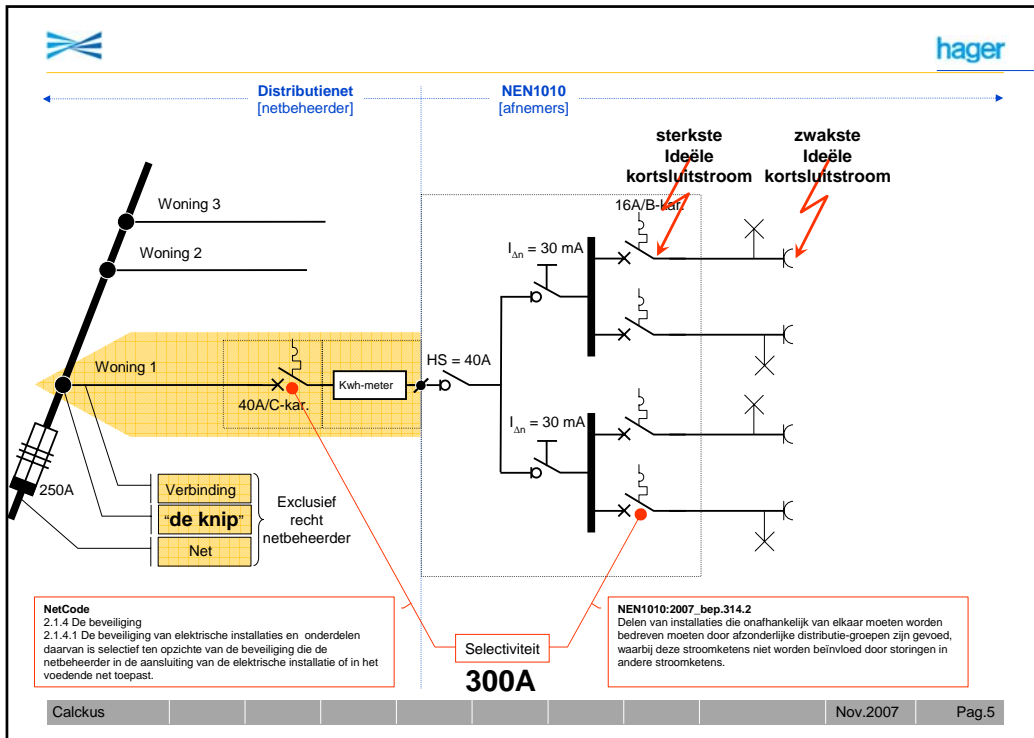
Beveiliging tegen kortsluiting

Er wordt in de NEN1010 uitsluitend rekening gehouden met kortsluiting tussen actieve geleiders beveiligd door hetzelfde beveiligingstoestel.

Bijlage 53A

De zwakste ideële kortsluitstroom is de stroom die optreedt bij een kortsluiting in het punt dat het verst van de voeding is verwijderd; de sterkste ideële kortsluitstroom is de stroom die optreedt bij een kortsluiting op de plaats waar het beveiligingstoestel zich bevindt.

Bij het vervangen van beveiligingstoestellen tegen kortsluitstroom door beveiligingstoestellen van een ander fabrikaat of type (dus ook bij vervanging van smeltpatronen door andere smeltpatronen) is het noodzakelijk om met behulp van de door de fabrikant opgegeven bovengrens van de uitschakelkarakteristiek te controleren of nog aan de bepaling wordt voldaan.



**Netcode**

Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998

2.1.5 De elektrische installatie

2.1.5.4 De elektrische installatie is bestand tegen het door de netbeheerder ter plaatse verwachte kortsluitvermogen.



(Tekst geldend op: 06-03-2007)

Wet van 2 juli 1998, houdende regels met betrekking tot de productie, het transport en de levering van elektriciteit (Elektriciteitswet 1998)**Artikel 31**

1. Met inachtneming van de in artikel 26b bedoelde regels zenden de gezamenlijke netbeheerders aan de raad van bestuur van de mededingingsautoriteit een voorstel voor de door hen jegens afnemers te hanteren voorwaarden met betrekking tot:
 - a. de wijze waarop netbeheerders en afnemers alsmede netbeheerders zich jegens elkaar gedragen ten aanzien van het in werking hebben van de netten, het voorzien van een aansluiting op het net en het uitvoeren van transport van elektriciteit over het net,

§ 5.**Tariefstructuren en voorwaarden****Artikel 26b**

1. Bij ministeriële regeling worden regels gesteld met betrekking tot de tariefstructuren en voorwaarden als bedoeld in de artikelen 27 en 31.
2. De raad van bestuur van de mededingingsautoriteit brengt advies uit over het ontwerp van de in het eerste lid bedoelde regels.
3. Een krachtens het eerste lid vast te stellen ministeriële regeling treedt niet eerder in werking dan vier weken nadat het ontwerp aan beide kamers der Staten-Generaal is overgelegd. Het ontwerp wordt vergezeld door het over de ministeriële regeling uitgebrachte advies van de raad van bestuur van de mededingingsautoriteit.



Netcode

Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998

2.1.4 De beveiliging

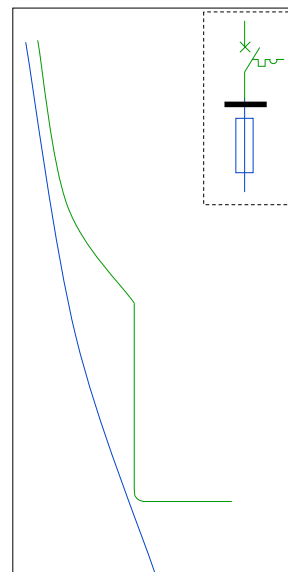
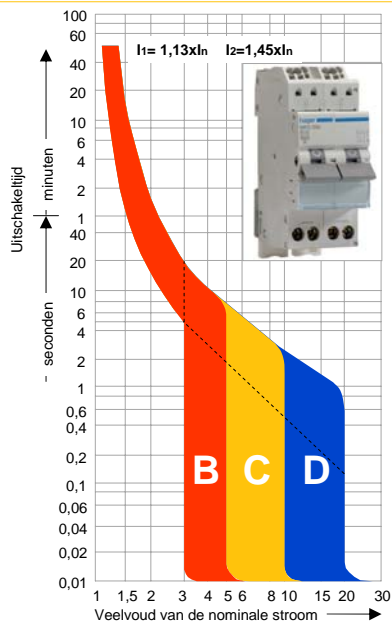
2.1.4.1 De beveiliging van elektrische installaties en onderdelen daarvan is selectief ten opzichte van de beveiliging die de netbeheerder in de aansluiting van de elektrische installatie of in het voedende net toepast.

2.1.4.2 Bij de dimensionering van de elektrische installatie wordt rekening gehouden met de door de netbeheerder toe te passen beveiliging.

2.1.4.3 De netbeheerder informeert de aangeslotene en overlegt met hem voor zover van toepassing bij eerste aansluiting en bij latere wijzigingen van het net omtrent:

- de beveiligingsfilosofie;
- de minimum en maximum waarde van het kortsluitvermogen tijdens de normale bedrijfstoestand;
- De wijze van sterpuntsbehandeling;
- de isolatiecoördinatie;
- de netconfiguratie;
- de bedrijfsvoering.

Voor zover de bovengenoemde gegevens nodig zijn voor de bedrijfsvoering van de aangeslotene worden deze in het aansluitcontract vastgelegd. Zowel de aangeslotene als de netbeheerder kunnen het vastgelegde maximale kortsluitvermogen slechts in overleg met elkaar aanpassen.





Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

7.5 Short-circuit protection and short-circuit withstand strength

7.5.1 General

ASSEMBLIES shall be so constructed as to be capable of withstanding the thermal and dynamic stresses resulting from short-circuit currents up to the rated values.

NOTE
The short-circuit stresses may be reduced by the use of current-limiting devices (inductances, current-limiting fuses or other current-limiting switching devices).

ASSEMBLIES shall be protected against short-circuit currents by means of, for example, circuitbreakers, fuses or combinations of both, which may either be incorporated in the ASSEMBLY or arranged outside it.

NOTE
For ASSEMBLIES intended for use in IT systems*, the short-circuit protective device should have a sufficient breaking capacity on each single pole at line-to-line voltage to clear a double earth fault.

When ordering an ASSEMBLY, the user shall specify the short-circuit conditions at the point of installation.

NOTE
It is desirable that the highest possible degree of protection to personnel should be provided in case of a fault leading to arcing inside an ASSEMBLY, although the prime object should be to avoid such arcs by suitable design or to limit their duration.

7.5 Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

7.5.1 Algemeen

Schakel- en verdeelinrichtingen moeten zo zijn geconstrueerd dat zij bestand zijn tegen de thermische en dynamische belastingen door kortsluitstromen tot de nominale waarden.

Schakel- en verdeelinrichtingen moeten zijn beveiligd tegen kortsluitstromen door bijvoorbeeld vermogensschakelaars, smeltveiligheden of combinaties van beide; deze kunnen in de schakel- en verdeelinrichting zijn ingebouwd of daarbuiten zijn aangebracht.

Bij het bestellen van een schakel- en verdeelinrichting moet de gebruiker de omstandigheden bij kortsluiting ter plaatse van de opstelling opgeven.



Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

BOUWBESLUIT

AFDELING 2.7. ELEKTRICITEITS- EN NOODSTROOM-VOORZIENING

Artikel 2.49

Een voorziening voor elektriciteit voldoet aan bij ministeriële regeling aangewezen voorschriften.

AFDELING 1.3. VOORZIENINGEN VOOR ELEKTRICITEIT, NOODSTROOM, GAS EN WATER

Artikel 1.3

Een voorziening voor elektriciteit of noodstroom als bedoeld in artikel 2.49 van het besluit voldoet voor lage spanning aan NEN 1010.

NEN 1010:2005

NORMATIEVE VERWIJZINGEN

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn.

• **NEN-EN-IEC 60439-1:2000**,

Laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen – Deel 1: Gehele of gedeeltelijke aan typeproeven onderworpen samenstellingen

Samenstellen van schakel- en verdeelinrichtingen voor laagspanning

WETTELIJK VERPLICHT

NEN-EN-IEC 60439-1



Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

Kortsluitvastheid:

- **Thermisch:** bestand tegen temperatuurverhoging
 - Stationaire kortsluitstroom x tijd

NEN-EN-IEC 60439-1 4.3 **Nominale korte-duurstroom (I_{kw}) (van een stroomketen van een schakel- en verdeelinrichting)**
 De nominale korte-duurstroom (I_{kw}) van een stroomketen van een schakel- en verdeelinrichting is de effectieve waarde van de korte duurstroom (door de fabrikant toegekend) die deze stroomketen zonder schade kan voeren. Tenzij de fabrikant anders aangeeft, bedraagt de tijd 1 sec.

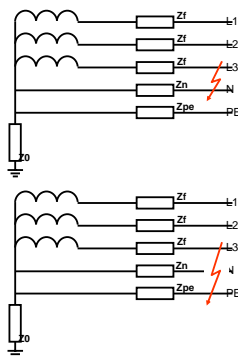
- **Dynamisch:** bestand tegen optredende krachten
 - Stootkortsluitstroom kleiner of gelijk aan 10 msec

NEN-EN-IEC 60439-1 4.4 **Nominale grensstroompiek (I_{pk}) (van een stroomketen van een schakel- en verdeelinrichting)**
 De nominale grensstroompiek (I_{pk}) van een stroomketen van een schakel- en verdeelinrichting is de waarde van de piekstroom (door de fabrikant toegekend) waartegen de stroomketen voldoende bestand is.



Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

Soort kortsluiting: 1-fase



L - N

$$I_k = \frac{U_f}{Z_l + Z_n}$$

$$I_k = \frac{U_L}{\sqrt{3} (Z_l + Z_n)}$$

L - PE

$$I_k = \frac{U_f}{Z_l + Z_{pe}}$$

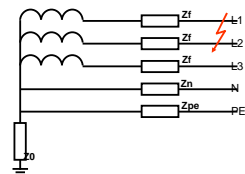
$$I_k = \frac{U_L}{\sqrt{3} (Z_l + Z_{pe})}$$

Meest voorkomende kortsluiting



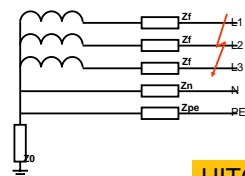
Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

Soort kortsluiting: **2-fase en 3-fase**



L1 - L2

$$I_k = \frac{U_L}{Z_f + Z_l}$$



L1 - L2 - L3

$$I_k = \frac{U_L}{\sqrt{3} Z_f}$$

UITGANGSPUNT

Ongunstigste situatie = hoogst voorkomende kortsluitstroom
'worst-case' **'3-fase kortsluiting'**



Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

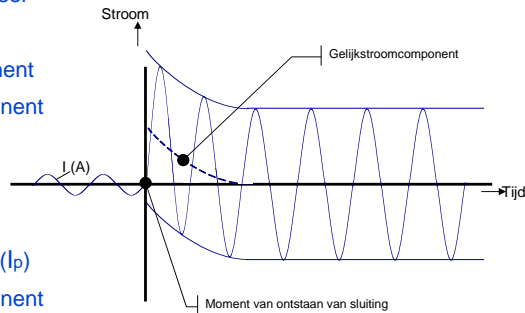
- ❖ **De hoogte van de kortsluitstroom wordt bepaald door de sterkte van het openbare net**
- ❖ **De kortsluitstroom wordt beperkt door;**
 - Transformatoren
 - Kabels en leidingen
 - Railsystemen
 - Smoorspoelen



Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

Verloop van de kortsluitstroom:

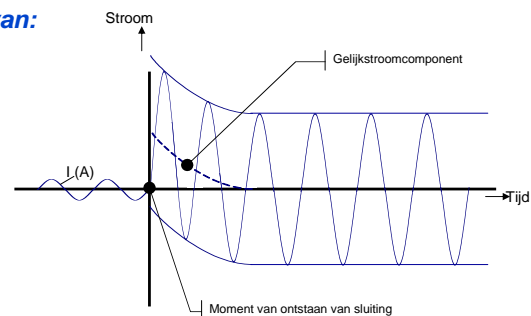
- ❖ Na de sluiting: een transient verschijnsel
 - ⇒ Asymmetrisch verloop
 - gelijkstroom component
 - wisselstroom component
- ❖ Na enige tijd: stationaire toestand
 - ⇒ Symmetrisch verloop
 - alleen wisselstroom (I_p)
 - wisselstroom component

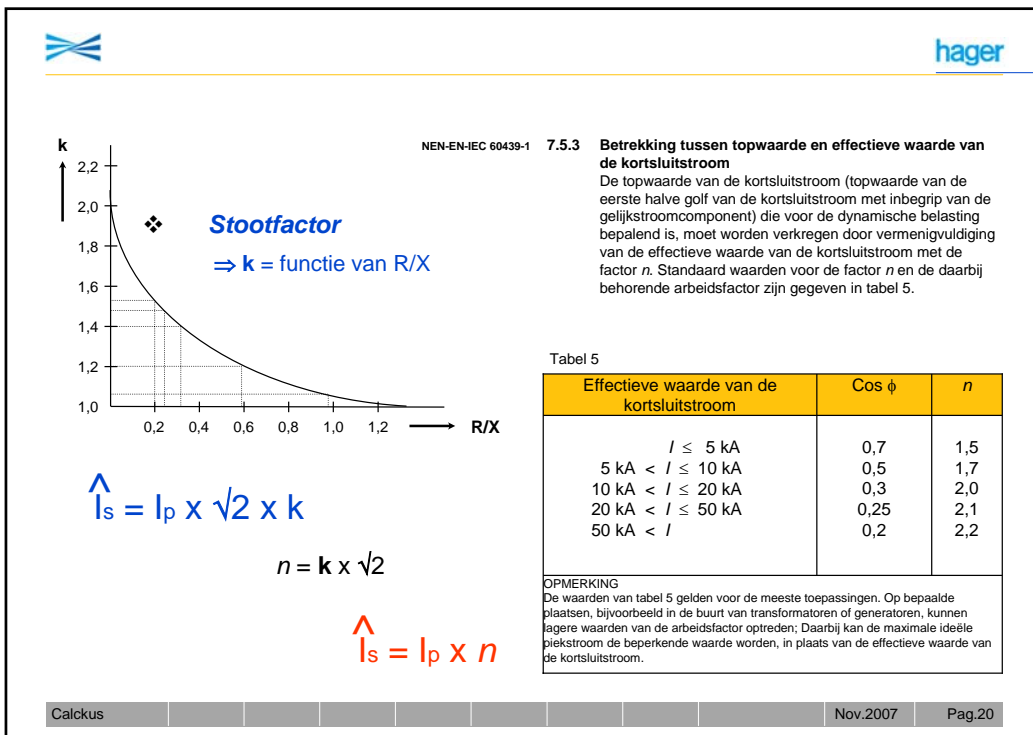
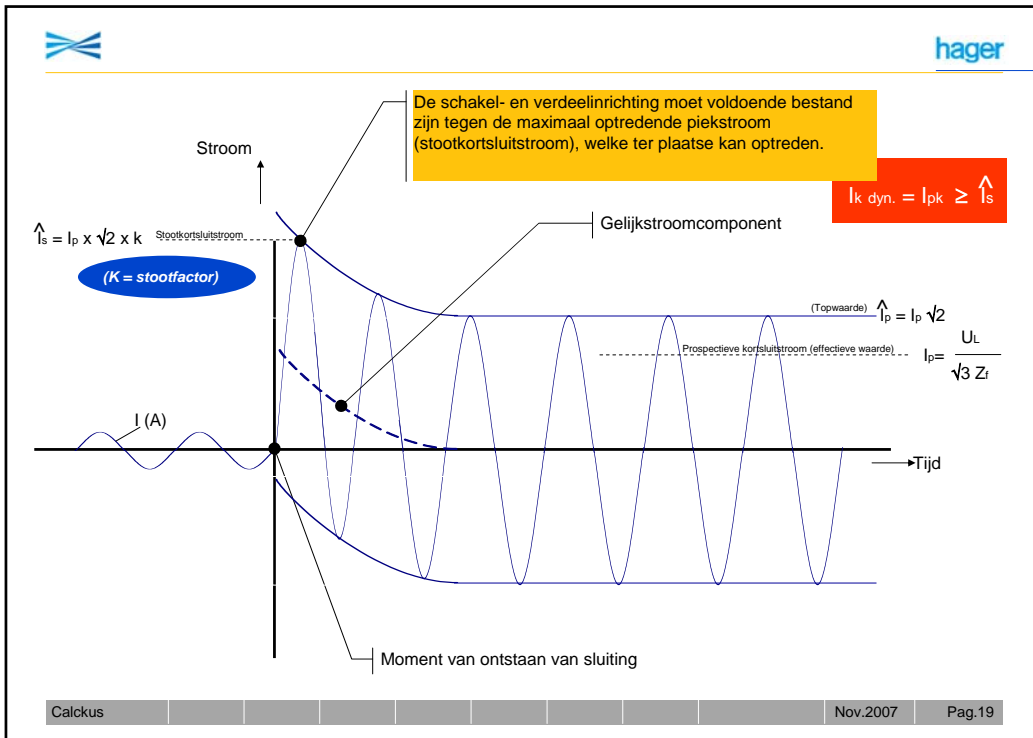


Kortsluitvastheid en beveiliging tegen kortsluiting

Gelijkstroom component afhankelijk van:

- ❖ Moment van ontstaan van de sluiting
 - ⇒ stroom door nul: $I_{DC} = 0$
 - ⇒ spanning door nul: $U_{DC} = \max$
- ❖ Verhouding van R en X
 - ⇒ alleen X:
 - $I_{DC} = \max = I_k$
 - Asymmetrisch verschijnsel is blijvend
 - ⇒ alleen R:
 - $I_{DC} = 0$
 - Symmetrisch verloop







Kortsluitstroom berekening

Bepaling verschillende impedanties

- ❖ Net: $R_n = 0,1 \quad X_n = \frac{U_n^2}{P_{Kort}}$
- ❖ Transformator:
 $R_t = \frac{U_R}{100} \times \frac{U_{nom}^2}{P_{Nom}}$
 $X_t = \frac{U_k}{100} \times \frac{U_{nom}^2}{P_{Nom}}$
 $U_k = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} \quad U_R = \frac{P_k}{P_n} \times 100 \text{ in } \%$



Kortsluitstroom berekening

Bepaling verschillende impedanties

- ❖ Kabels: X_k is ongeveer 0,1 ohm/km (verwaarloosbaar)

$$R_k = \rho \frac{L}{A}$$

ρ = specifieke weerstand koper: 0,0175 mm/m

L = lengte in meters

A = doorsnede in mm²



Kortsluitstroom berekening

Bepaling verschillende impedanties

- ❖ Railsystemen: $X_R = 0,02$ milli ohm/m

$$R_r = \rho \frac{L}{A}$$

- ❖ Generator: $X_g = \frac{X_{d''}}{100} \times \frac{U_n^2}{P_n}$

$X_{d''}$ = sub transiënte reactantie



Kortsluitstroom berekening

Bepaling verschillende impedanties

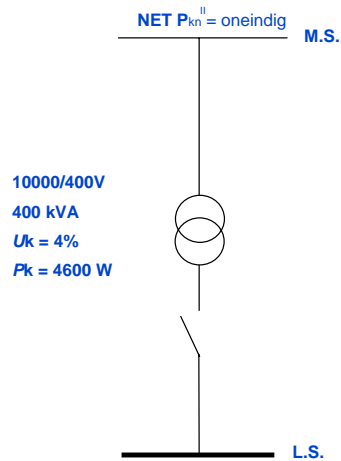
- ❖ Smoorspoel: $X_s = \frac{U_k U^2}{100 P_{nom}}$ ohm / fase

- ❖ Asynchrone motor: $X_m = \frac{I_n}{I_a} \times \frac{U_n^2}{P_n}$



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld

Voedende net: $X_n = 0$, daar $P_{kn} = \text{oneindig}$

$$R_n = 0,1 \times X_n = 0$$

Transformator: De kortsluit-weerstandspanning is:

$$U_R = \frac{P_k}{P_t} \times 100 = \frac{4,6}{400} \times 100 = 1,15\%$$

De kortsluit-reactantiespanning is:

$$U_X = U_k^2 - U_R^2 = 4^2 - 1,15^2 = 3,83\%$$



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld

De transformatorreactantie is:

$$X_t = \frac{U_x \cdot U^2}{P_t \cdot 10^5} = \frac{3,83 \cdot 400^2}{400 \cdot 10^5} = 15,32 \text{ milli ohm}$$

De transformatorweerstand is:

$$R_t = \frac{U_R \cdot U^2}{P_t \cdot 10^5} = \frac{1,15 \cdot 400^2}{400 \cdot 10^5} = 4,6 \text{ milli ohm}$$

Om de stootfactor te kunnen bepalen, berekenen we de verhouding van de ohmse tot de inductieve weerstand van de transformator:

$$\frac{R_t}{X_t} = \frac{4,6}{15,32} = 0,3$$



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld

We berekenen nu de effectieve waarde van de asymmetrische drie-fase kortsluitstroom:

$$I_k'' = \frac{U}{Z \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{4,6^2 + 15,32^2} \cdot \sqrt{3}} = 14,45 \text{ kA}$$

De stootkortsluitstroom bedraagt:

$$I_s = k \cdot I_k'' \cdot \sqrt{2} = 1,44 \cdot 14,45 \cdot \sqrt{2} = 29,30 \text{ kA}$$

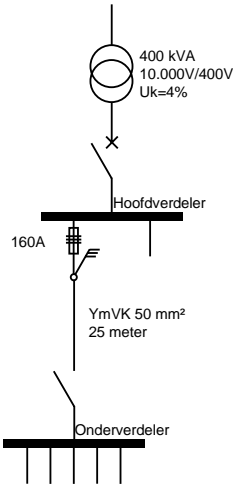
Dit betekent dat de L.S. verdeler geschikt moet zijn voor:

- ❖ Thermisch: 14,45 kA gedurende 1 sec;
- ❖ Dynamisch: 29,30 kA topwaarde.



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld d.m.v. tabellen



$$I_k = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} \times \frac{100\%}{U_k}$$

$$I_k = \frac{400 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3}} \times \frac{100\%}{4\%}$$

$$I_k = 14.433 \text{ A} = 14,4 \text{ kA}$$

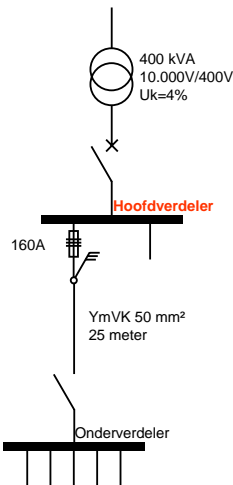
Het kortsluitvermogen op de klemmen van de trafo Bedraagt 14,4 kA. De verbinding tussen trafo en hoofdverdeelinrichting is doorgaans gering en dus te verwaarlozen.

Trafo [kVA]	I _n [A]	U _k [%]	I _k [kA]	Z ₁ [mΩ]
50	72	4	1,8	128
100	144	4	3,6	64
160	231	4	5,8	40
250	361	4	9	26
400	577	4	14,4	16
630	909	4	22,7	10
630	909	6	15,2	15
800	1154	6	19,2	12
1000	1443	6	24,1	9,6
1250	1804	6	30,1	7,7
1600	2309	6	38,5	6,0
2000	2887	6	48,1	4,8



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld d.m.v. tabellen



I_k therm. ≥ 14,4 kA
I_k dyn. ≥ 28,8 kA

Effectieve waarde van de kortsluitstroom	Cos φ	n
I ≤ 5 kA	0,7	1,5
5 kA < I ≤ 10 kA	0,5	1,7
10 kA < I ≤ 20 kA	0,3	2,0
20 kA < I ≤ 50 kA	0,25	2,1
50 kA < I	0,2	2,2

OPMERKING
De waarden van tabel 5 gelden voor de meeste toepassingen. Op bepaalde plaatsen, bijvoorbeeld in de buurt van transformatoren of generatoren, kunnen lagere waarden van de arbeidsfactor optreden. Daarbij kan de maximale ideale piekstroom de beperkende waarde worden, in plaats van de effectieve waarde van de kortsluitstroom.

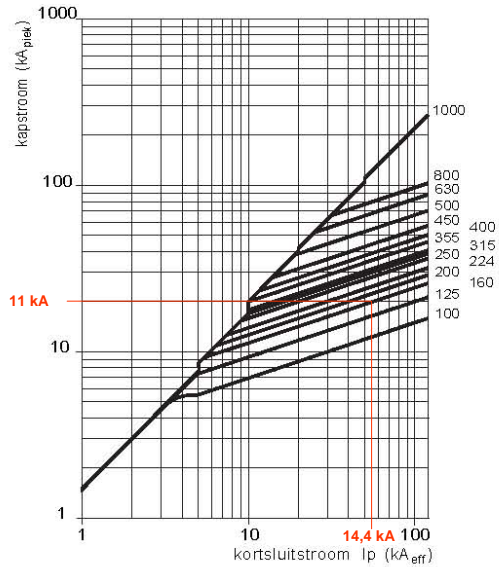
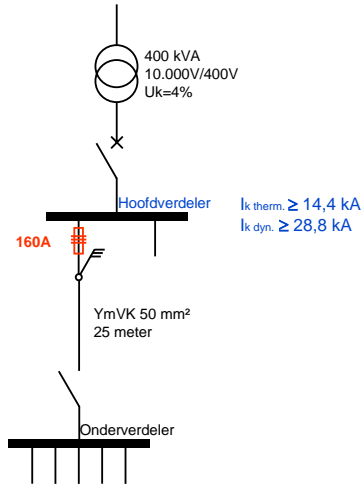
$$\hat{I}_s = I_k \text{ therm.} \times n$$

$$\hat{I}_s = 14,4 \times 2,0 = 28,8 \text{ kA}$$



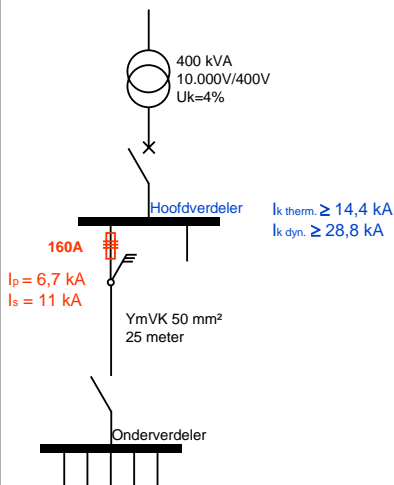
Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld d.m.v. tabellen



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld d.m.v. tabellen



Uit de karakteristiek van de patroon valt af te lezen dat een smeltpatroon van 160A een kortsluitstroom met een effectieve waarde van 14,4 kA kapt op ca. 11 kA. Dit is de stootkortsluitstroom die voor de dynamische belasting maatgevend is. De verhouding tussen de stootkortsluitstroom en de effectieve Waarde vinden we weer terug in tabel 5

Effectieve waarde van de kortsluitstroom	Cos φ	n
$I \leq 5 \text{ kA}$	0,7	1,5
$5 \text{ kA} < I \leq 10 \text{ kA}$	0,5	1,7
$10 \text{ kA} < I \leq 20 \text{ kA}$	0,3	2,0
$20 \text{ kA} < I \leq 50 \text{ kA}$	0,25	2,1
$50 \text{ kA} < I$	0,2	2,2

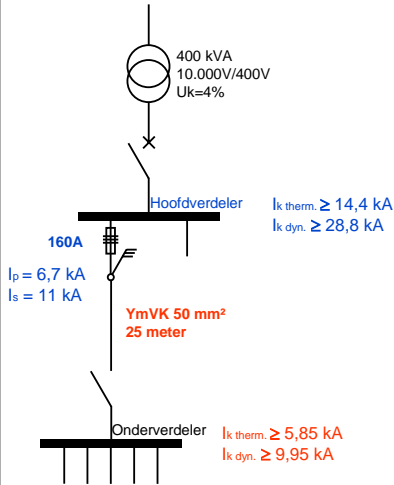
OPMERKING
De waarden van tabel 5 gelden voor de meeste toepassingen. Op bepaalde plaatsen, bijvoorbeeld in de buurt van transformatoren of generatoren, kunnen lagere waarden van de arbeidsfactor optreden; Daarbij kan de maximale ideale piekstroom de beperkende waarde worden, in plaats van de effectieve waarde van de kortsluitstroom.

$$I_{k \text{ therm.}} = \frac{\hat{I}_s}{n} = \frac{11 \text{ kA}}{1,7} = 6,7 \text{ kA}$$



Kortsluitstroom berekening

Rekenvoorbeeld d.m.v. tabellen



De voedingskabel naar de onderverdeler dempt de kortsluitstroom. Op basis van onderstaande tabel kunnen we bepalen hoeveel;

Doorsnede	Doorsnede	Kabellengte in meters									
1,5	2,5										
2,5	4										
4	6		1					2	3	4	5
6	10		1					2	3	4	6
10	16		1	2				3	5	7	10
16	25		2	3	5			8	11	16	24
25	35		3	4	5	8		13	18	25	38
35	50		4	5	7	11	18	25	35	53	70
50	70		5	6	10	15	24	35	50	75	100
70	95		6	9	12	18	30	42	60	90	120
95	120		8	11	15	23	38	53	72	113	151
120	150		8	12	16	24	40	57	81	122	164
150	185		10	14	19	29	48	67	96	145	194
185	240		12	18	24	36	60	84	120	180	241
240	300		13	20	26	39	66	91	130	195	260
300	380		15	23	30	46	77	108	154	231	308
380	480		19	28	38	57	96	134	192	288	384
480	600		24	36	48	72	120	168	240	360	480

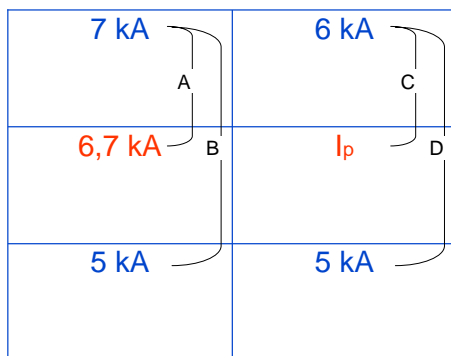
I _{cc} stroomopwaarts I _p kA										
100	65	51	42	30	19	14	10	7	5	
90	62	49	41	29	19	14	10	7	5	
80	58	47	39	29	18	13	10	6	5	
70	52	44	37	28	18	13	10	6	5	
60	47	40	35	27	18	13	9	6	5	
50	41	36	32	25	17	13	9	6	5	
45	38	34	30	24	17	13	9	6	5	
40	35	32	28	23	16	13	9	6	5	
35	31	28	26	21	16	12	9	6	5	
30	27	25	23	20	15	12	9	6	5	
25	23	22	20	18	14	11	9	6	5	
22	21	20	19	18	13	11	9	6	5	
15	14	14	13	12	11	9	7	6	4	
10	10	10	9	9	8	7	6	5	4	
7	7	7	7	6	6	5	5	4	3	
5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	
4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	

7 kA	6 kA
6,7 kA	I_p
5 kA	5 kA

Interpoleren $\Rightarrow I_p = 5,85 \text{ A}$



Interpoleren



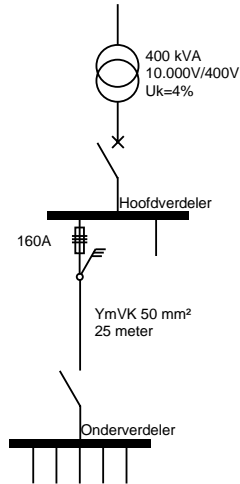
$$A : B = C : D$$

$$(7-6,7) : (7-5) = (6-I_p) : (6-5)$$

$$0,3 : 2 = (6-I_p) : 1$$

$$0,3 = 12 - 2 I_p$$

$$I_p = 11,7 / 2 = 5,85 \text{ kA}$$



De hoofdverdeler moet geschikt zijn voor:

- ❖ Thermisch: 14,4 kA gedurende 1 sec;
- ❖ Dynamisch: 28,8 kA topwaarde.

De onderverdeler moet geschikt zijn voor:

- ❖ Thermisch: 5,85 kA gedurende 1 sec;
- ❖ Dynamisch: 9,95 kA topwaarde.



$$I_k = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} \times \frac{100\%}{U_k}$$

Trafo [kVA]	I _n [A]	U _k [%]	I _k [kA]	Z _t [mΩ]
50	72	4	1,8	128
100	144	4	3,6	64
160	231	4	5,8	40
250	361	4	9	26
400	577	4	14,4	16
630	909	4	22,7	10
630	909	6	15,2	15
800	1154	6	19,2	12
1000	1443	6	24,1	9,6
1250	1804	6	30,1	7,7
1600	2309	6	38,5	6,0
2000	2887	6	48,1	4,8



$$\hat{I}_s = I_p \times n$$

Effectieve waarde van de kortsluitstroom	Cos ϕ	n
$I \leq 5 \text{ kA}$	0,7	1,5
$5 \text{ kA} < I \leq 10 \text{ kA}$	0,5	1,7
$10 \text{ kA} < I \leq 20 \text{ kA}$	0,3	2,0
$20 \text{ kA} < I \leq 50 \text{ kA}$	0,25	2,1
$50 \text{ kA} < I$	0,2	2,2

OPMERKING

De waarden van tabel 5 gelden voor de meeste toepassingen. Op bepaalde plaatsen, bijvoorbeeld in de buurt van transformatoren of generatoren, kunnen lagere waarden van de arbeidsfactor optreden; Daarbij kan de maximale ideale piekstroom de beperkende waarde worden, in plaats van de effectieve waarde van de kortsluitstroom.



Doorsnede CU	Doorsnede Al	Kabellengte in meters																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1,5	2,5																			
2,5	4																			
4	6																			
6	10																			
10	16	1	2																	
16	25	2																		
25	35	3	4																	
35	50	4	5	7																
50	70	5	8	10	15															
70	95	6	9	12	18	30														
95	120	8	11	15	23	38	53													
120	150	8	12	16	24	40	57	81												
150	185	10	14	19	29	48	67	96	145											
185	240	12	18	24	36	60	84	120	180	241										
240	300	13	20	26	39	65	91	130	195	260										
300		15	23	30	46	77	108	154	231	308										
		19	28	38	57	96	134	192	288	384										
		24	36	48	72	120	168	240	360	480										
Icc stroomopwaarts in kA																				
100		65	51	42	30	19	14	10	7	5										
90		62	49	41	29	19	14	10	7	5										
80		58	47	39	29	18	13	10	6	5										
70		52	44	37	28	18	13	10	6	5										
60		47	40	35	27	18	13	9	6	5										
50		41	36	32	25	17	13	9	6	5										
45		38	34	30	24	17	13	9	6	5										
40		35	32	28	23	16	13	9	6	5										
35		31	28	26	21	16	12	9	6	5										
30		27	25	23	20	15	12	9	6	5										
25		23	22	20	18	14	11	9	6	5										
22		21	20	19	18	13	11	9	6	5										
15		14	14	13	12	11	9	7	6	4										
10		10	10	9	9	8	7	6	5	4										
7		7	7	7	6	6	5	5	4	3										
5		5	5	5	5	5	4	4	3	3										
4		4	4	4	4	4	3	3	3	2										



Calckus

- Informationen
 - Info Deinstallation
 - Liesmich
 - Lizenzvereinbarungen
 - Programminformation Calckus

- Informationen
- Kurzschluss-Strom
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Ik1min, Ik1max, Ik3)
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Netzersatzbetrieb)
 - 1poliger Kurzschluss (Ik1min und Ik1max)
 - 1poliger Kurzschluss (vereinfachte Berechnung)

- Informationen
- Kurzschluss-Strom
- Spannungsfall
 - Leitung mit einer Last (WS und DS)
 - Leitung mit verteilter Last (DS)

Calckus-Zubehör

- Berechnungen
- Info Deinstallation
- Programminformation



- Informationen
- Kurzschluss-Strom
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Ik1min, Ik1max, Ik3)
- Spannungsfall
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Netzersatzbetrieb)
 - 1poliger Kurzschluss (Ik1min und Ik1max)
 - 1poliger Kurzschluss (vereinfachte Berechnung)

Berechnung von Kurzschluss-Strömen im TN-System (DIN VDE 0102)

Netzdaten: U_N [kV]: 20, I_{k1max} [kA]:, I_{k1min} [kA]:, U_{L1} [kV]: 400, U_S [kV]: 400, Netzspannung [kV]:, Spannungsfaktor cmac: 1.05

Optionen Transformatoren - Länge L1 bzw. Länge L2: Mit Berücksichtigung der Länge L1 für Transformator T1, Ohne Berücksichtigung der Länge L1 für Transformator T1, Parallelbetrieb, Ja, Nein

Netzeinspeisung: Knoten S, Trafos T1, T2

Verhältnis R₀/X₀: Nicht bekannt, bekannt

Berechnungsergebnisse Netz: R₀max [mΩ], X₀max [mΩ], Z₀max [mΩ], R₀min [mΩ], X₀min [mΩ], Z₀min [mΩ]

Operieren: Drucken/Speichern/Netzschaltplan, Auswahl Leitertemperatur: 90

Buttons: Berechnen Netz/Knoten S, Info T2/Trafo T1, Länge L2/Länge L1, Details >>

hager

Informationen

Kurzschluss-Strom

Spannungsfall

- 1- und 3poliger Kurzschluss (Ik1min, Ik1max, Ik3)
- 1- und 3poliger Kurzschluss (Netzersatzbetrieb)
- 1poliger Kurzschluss (Ik1min und Ik1max)
- 1poliger Kurzschluss (vereinfachte Berechnung)

Berechnung kleinster einpoliger und größter dreipoliger Kurzschluss-Strom im TN-System - Netzersatzbet...

Bemessungsdaten Generator: $U_G = U_n [V]$ (400), $S_{IG} = S_n [kVA]$, $Ik_{3G} [A]$, Faktor K (Ik_{1G}/Ik_{3G})

Ergebnisse Generator: $Ik_{1G} [A]$, $Z_{Gmax} [m\Omega]$, $Z_{Gmin} [m\Omega]$, $I_{IG} = I_n [A]$

Typ (Bezeichnung):

Länge L1: NYM/NYY, NYD/Y 4..., NYD/WY 3..., NYD/WY 3...

Länge L2: NYM/NYY, NYD/Y 4..., NYD/WY 3..., NYD/WY 3...

Länge L3: NYM/NYY, NYD/Y 4..., NYD/WY 3..., NYD/WY 3...

Länge L4: NYM/NYY, NYD/Y 4..., NYD/WY 3..., NYD/WY 3...

Länge L5: NYM/NYY, NYD/Y 4..., NYD/WY 3..., NYD/WY 3...

n	Länge [m]	Querschnitt	Zk,1min [mΩ]	Ik,1min [A]	Zk,3 [mΩ]	Ik,3 [A]
1						

Projekt: _____

Buttons: Berechnen, Löschen, Drucken, Details >>, Programm beenden, Hilfe Eingabe Längen, Speichern, Optionale Angaben

Nov.2007 Pag.41

hager

Informationen

Kurzschluss-Strom

Spannungsfall

- 1- und 3poliger Kurzschluss (Ik1min, Ik1max, Ik3)
- 1- und 3poliger Kurzschluss (Netzersatzbetrieb)
- 1poliger Kurzschluss (Ik1min und Ik1max)
- 1poliger Kurzschluss (vereinfachte Berechnung)

Berechnung einpoliger Kurzschluss-Ströme im TN-System (DIN VDE 0102) - ausführliche Berechnung

Netzdaten: Kurzschlussleistung [MVA], Netzspannung [V], Spannungsfaktor $cnac$ (1,05)

Auswahl Transformatoren: Transformator 1, Transformator 2

Ergebnisse Transformator 1: $R_{TK} [m\Omega]$, $X_{TK} [m\Omega]$, $Z_{TK} [m\Omega]$

Ergebnisse Knoten S: $R_{k,1min} [m\Omega]$, $X_{k,1min} [m\Omega]$, $Z_{k,1min} [m\Omega]$, $I_{k,1min} [A]$

Verhältnis $R_{D,0,0}$: Nicht bekannt, bekannt

Berechnungsgebiete Netz: $R_{Dmin} [m\Omega]$, $X_{Dmin} [m\Omega]$, $Z_{Dmin} [m\Omega]$

Leitungsart	Leitung	n	Länge [m]	gn	Zk,max [mΩ]	Ik,max [kA]	Zk,1min [mΩ]	Ik,1min [kA]
Leitungsart L1	Auswahl Kabel/Leitungen L1							
Leitungsart L2	Auswahl Kabel/Leitungen L2							
Leitungsart L3	Auswahl Kabel/Leitungen L3							
Leitungsart L4	Auswahl Kabel/Leitungen L4							
Leitungsart L5	Auswahl Kabel/Leitungen L5							

Projektbezeichnung: _____

Anmerkungen zum Projekt: _____

Buttons: Berechnen Netz/Trafa, Berechnung SKQ, Rücksetzen, Optionale Angaben, Iglo Eingabe, Optionen Speichern/Drucken, Auswahl Leitertemp.

Nov.2007 Pag.42

hager

- Informationen
- Kurzschluss-Strom
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Ik1min, Ik1max, Ik3)
- Spannungsfall
 - 1- und 3poliger Kurzschluss (Netzersatzbetrieb)
 - 1poliger Kurzschluss (Ik1min und Ik1max)
 - 1poliger Kurzschluss (vereinfachte Berechnung)

Berechnung kleinster einpoliger Kurzschluss-Strom im TN-System - vereinfachte Berechnung

Daten Anschluss-Stelle: Projekt:

Netzspannung [V]: 400

Impedanz Zv [mOhm]:

Berechnung Zv:

Auswahl Kabel/Leitungen	n	Länge [m]	Querschnitt	InG	Impedanz [mOhm]	R-Term [A]
Auswahl Kabel/Leitungen L1 NYM/NYY NAYY NYD/WY3... NYD/WY3...	1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Auswahl Kabel/Leitungen L2 NYM/NYY NAYY NYD/WY3... NYD/WY3...	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Auswahl Kabel/Leitungen L3 NYM/NYY NAYY NYD/WY3... NYD/WY3...	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Auswahl Kabel/Leitungen L4 NYM/NYY NAYY NYD/WY3... NYD/WY3...	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Auswahl Kabel/Leitungen L5 NYM/NYY NAYY NYD/WY3... NYD/WY3...	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Abschaltströme Ia für Schmelzsicherungen und LS-Schalter bei Uo = AC 230 V (Uo=400 V (Uo=230 V))

Kriterium Ik1min > Ia	Betriebsklasse gG (gI, gL)		LS-Schalter (wird erreicht durch Schnellabschaltung t=0,1 s oder t=0,1 s)			
	ta = 5 s	0,4 s	Charakteristik B ta=0,4 s; ta=5 s (5In)	Charakteristik C ta=0,4 s; ta=5 s (10In)	Charakteristik D ta=0,4 s; ta=5 s (20In)	Charakteristik K ta=0,4 s; ta=5 s (12In)
Länge L1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Länge L2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Länge L3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Länge L4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Länge L5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Berechnen Diagramm beenden Löschen Speichern Drucken Spannungsfall

Calculus Nov.2007 Pag.43

hager

- Informationen
- Kurzschluss-Strom
- Spannungsfall
 - Leitung mit einer Last (WS und DS)
 - Leitung mit verteilter Last (DS)

Berechnung einfach belastete Drehstromleitung/Kabel

Berechnung Spannungsfall eines einfach endbelasteten Kabels oder einer Leitung auf der Basis der Leistung. Der errechnete Betriebsstrom (Belastungsstrom) ist maßgebend für die Auswahl des Querschnitts unter Beachtung von VDE 0298 Teil 4.

Nennspannung [V]: 400

Kabel/Leitung (Bauart)
 NYM/NYY NAYY

Drehstrom Wechselstrom

Eingabedaten						Ergebnisse	
n	Leistung		Länge [m]	qn	Temp.	Ib [A]	Spannungsfälle [%]
	[kW]	cos phi					
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Angaben zum Objekt:

Projekt:

Betriebsmittel/Verbraucher:

Anschluss-Stelle:

Kabel/Leitung (Bauart):

Überstrom-Schutzeinrichtung:

Berechnen Löschen Drucken
 Schließen Angaben löschen Details >> Speichern

Calculus Nov.2007 Pag.44

hager

- Informationen
- Kurzschluss-Strom
- Spannungsfall
 - Leitung mit einer Last (WS und DS)
 - Leitung mit verteilter Last (DS)

Berechnung mehrfach punktwise belastete Drehstromleitung/Kabel

Nennspannung [V] 400

Länge	n	Leistung [kW]	cos phi	Länge [m]	qn	Temp.	Summe P [kW]	Ib [A]	Teilspannungsfälle [V]	Summe M [V]	Summe WS [V]
Länge L1	<input type="checkbox"/> N0M1NYY <input type="checkbox"/> N0YY										
Länge L2	<input type="checkbox"/> N0M1NYY <input type="checkbox"/> N0YY										
Länge L3	<input type="checkbox"/> N0M1NYY <input type="checkbox"/> N0YY										
Länge L4	<input type="checkbox"/> N0M1NYY <input type="checkbox"/> N0YY										

Angaben zum Objekt/Projekt:

Firma/Name: _____
 Straße/Postfach: _____
 Postleitzahl/Ort: _____

Berechnung max. zulässige Stromkreislänge für Abzweige am Ende der Längen L1 bis L4
 Abzweig nach L1 | Abzweig nach L2 | Abzweig nach L3 | Abzweig nach L4 | Info

Projekt:

Länge L1
 Anschluss-Stelle: _____
 Zielbezeichnung: _____
 Kabel/Leitung (Bauart): _____
 Überstrom-Schutzrichtung: _____

Länge L2
 Betriebsmittel/Verbraucher: _____
 Kabel/Leitung (Bauart): _____
 Überstrom-Schutzrichtung: _____

Länge L3
 Betriebsmittel/Verbraucher: _____
 Kabel/Leitung (Bauart): _____
 Überstrom-Schutzrichtung: _____

Länge L4
 Betriebsmittel/Verbraucher: _____
 Kabel/Leitung (Bauart): _____
 Überstrom-Schutzrichtung: _____

Berechnen | Längen festlegen | Angaben festlegen | Speichern | Netzschaltplan
 Programm beenden | Alle Angaben löschen | Details >> | Drucken | Leitung

Calculus Nov.2007 Pag.45

Bedankt
 voor uw aandacht

 Thank you
 for your attention