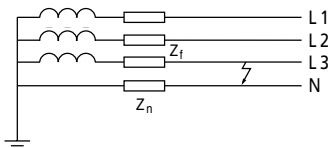


## KORTSLUITSTROMEN

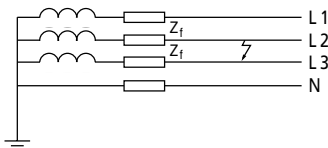
### Soorten kortsluitingen

#### fase-nul sluiting



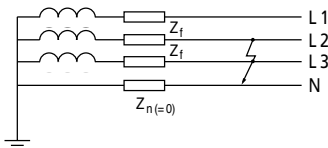
$$I_k = \frac{U_g}{\sqrt{3} \cdot (Z_f + Z_n)}$$

#### 2-fasen sluiting



$$I_k = \frac{U_g}{2 \cdot Z_f}$$

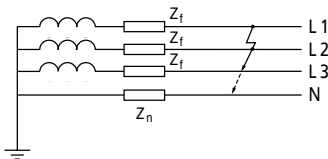
#### 2-fasen sluiting met nul



$$\text{maximaal } I_k = \frac{U_g}{\sqrt{3} \cdot Z_f}$$

( $Z_n = 0$ , dit is echter puur theoretisch)

#### 3-fasen sluiting (al dan niet met nul)



$$I_k = \frac{U_g}{\sqrt{3} \cdot Z_f}$$

#### Opmerking:

- in de formules is  $U_g$  steeds de gekoppelde spanning, d.w.z. de spanning tussen de verschillende fasen.
- de grootste kortsluitstroom treedt op bij een 3-fasen sluiting. Deze moet dan ook als uitgangspunt gekozen worden voor het maken van kortsluitstroomberekeningen.

## Effectieve waarde en piekwaarde

- belastingsstromen of kortsluitstromen worden doorgaans aangeduid met de effectieve waarde van de stroom.
- de piekstroom of de amplitude van een wisselstroom is groter dan de effectieve waarde: voor een zuiver sinusvormige stroom  $\sqrt{2}$  maal zo groot.
- kortsluitstromen hoeven niet sinusvormig te zijn: er kunnen inschakelverschijnselen optreden. De maximale piekstroom ('stootstroom') die ingeval van kortsluitingen kan optreden is:

$$\hat{i}_s = \sqrt{2} \cdot \kappa \cdot I_p$$

met:  $\hat{i}_s$  = stootstroom

$I_p$  = prospectieve kortsluitstroom  
(effectieve waarde)

$\kappa$  = stootfactor.

verband tussen de stootfactor  $\kappa$  en  $\cos \varphi$   
(NEN-EN-IEC 60439).

kortsluitstroom in [kA] (effectieve waarde)		$\cos \varphi$	$\kappa$	$\kappa\sqrt{2}$
groter dan	tot en met			
	5	0,7	1,1	1,5
5	10	0,5	1,2	1,7
10	20	0,3	1,4	2
20	50	0,25	1,5	2,1
50		0,2	1,6	2,2

## Berekening van kortsluitstromen

---

Voor een 3-fasen sluiting geldt de volgende formule opgesteld worden.

$$I_k = \frac{U_g}{\sqrt{3} \cdot Z_f}$$

Om de fase-impedantie  $Z_f$  te bepalen, dient eerst afzonderlijk de totale weerstand  $R_f$  en de totale reactantie  $X_f$  bepaald te worden. Er geldt dan:

$$Z_f = \sqrt{R_f^2 + X_f^2}$$

*Op de vaktechniekpagina van [www.et-installeur.nl](http://www.et-installeur.nl) vindt u een handig programma voor het berekenen van kortsluitstromen.*

### Transformatoren

Met behulp van de procentuele kortsluitspanning kan de impedantie van een transformator bepaald worden:

$$Z_T = \frac{\varepsilon_k \cdot U_g^2}{100 \cdot S_T}$$

met:  $\varepsilon_k$  : procentuele kortsluitspanning [%]

$U_g$ : gekoppelde spanning [V]

$S_T$ : vermogen van de transformator [kVA]

**Tabel 1:** Kortsluitstroom en kortsluitimpedantie transformatoren (400V)

$S_T$ [kVA]	$I_n$ [A]	$\varepsilon_k$ [%]	$I_k$ [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	16
630	909	4	23	10
1000	1443	6	24	9,6
1250	1804	6	30	7,7
1600	2309	6	38	6,0
2000	2887	6	48	4,8

Voor de transformator geldt:

de weerstand  $R_T$ : 
$$R_T = \frac{\epsilon_R \cdot U_g^2}{100 \cdot S_T}$$

de reactantie  $X_T$ : 
$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

**Tabel 2:** R en X van transformatoren

$S_T$ [kVA]	$\epsilon_k$ [%]	$Z_T$ [mΩ]	$\epsilon_R$ [%]	$R_T$ [mΩ]	$X_T$ [mΩ]
50	4	128	1,5	48	118
100	4	64	1,5	24	59
160	4	40	1,5	15	37
250	4	26	1,5	9,6	24
400	4	16	1,5	6,0	15
630	4	10	1,5	3,8	9,2
1000	6	9,6	1,5	2,4	9,3
1250	6	7,7	1,5	1,9	7,4
1600	6	6,0	1,5	1,5	5,8
2000	6	4,8	1,5	1,2	4,6

## kabels

Voor de bepaling van de weerstand van kabels dient van een 'koude' kabel, bij 20 °C, uitgegaan te worden.

$$R_k = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

met:  $\rho$  : soortelijke weerstand bij 20 °C [Ω.m]  
(koper:  $1,83 \cdot 10^{-8}$ , aluminium:  $3,08 \cdot 10^{-8}$ )

$l$  : lengte kabel [m]

$A$  : doorsnede kabel [m<sup>2</sup> =  $10^{-6}$  mm<sup>2</sup>]

De reactantie van kabel is afhankelijk van de configuratie van de kabel zelf. Voor laagspanningskabels kan van een aanname van 0,08 mΩ/m uitgegaan worden.

Tabel 3 geeft voor de standaard-doorsneden de weerstand per meter.

**Tabel 3:** Weerstand R van kabels (20 °C)

A [mm <sup>2</sup> ]	koper R per meter [mΩ/m]	aluminium R per meter [mΩ/m]
1,5	12,1	-
2,5	7,41	-
4	4,61	7,41
6	3,08	4,61
10	1,83	3,08
16	1,15	1,91
25	0,727	1,20
35	0,524	0,868
50	0,387	0,641
70	0,268	0,443
95	0,194	0,320
120	0,154	0,253
150	0,125	0,207
185	0,100	0,165
240	0,077	0,126
300	0,062	0,101
400	0,049	0,080
500	0,039	0,064

Tabel 3 geeft de weerstand per meter van koper en aluminium kabel bij een geleidertemperatuur van 20 °C. Om de weerstand te berekenen bij andere temperaturen, dient u de weerstandswaarde uit tabel 3 te vermenigvuldigen met de correctiefactor uit tabel 4.

**Tabel 4:** Correctiefactoren voor andere geleider-temperaturen dan 20 °C

Geleider temp. (°C)	Correctie factor	Geleider temp. (°C)	Correctie factor	Geleider temp. (°C)	Correctie factor
0	0,92	40	1,08	80	1,24
5	0,94	45	1,10	85	1,26
10	0,96	50	1,12	90	1,28
15	0,98	55	1,14	95	1,30
20	1,00	60	1,16	100	1,32
25	1,02	65	1,18	105	1,34
30	1,04	70	1,20		
35	1,06	75	1,22		

## railsystemen

Analoog aan kabels geldt voor de weerstand R van railsystemen:

$$R_r = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

met:  $\rho$  : soortelijke weerstand bij 20 °C [ $\Omega \cdot m$ ]  
(koper:  $1,83 \cdot 10^{-8}$ , aluminium:  $3,08 \cdot 10^{-8}$ )

$l$  : lengte rail [m]

$A$  : doorsnede rail [ $m^2 = 10^{-6} mm^2$ ]

De reactantie is minder eenduidig dan bij kabels en sterk afhankelijk van de configuratie.

Eerste schatting: 0,15 - 0,2 m $\Omega$ /m