

Kabelberekening

[Gebaseerd op NEN 1010: 2020(nl)]



Inhoud

Uitgangspunten Kabelberekening.....	3
Functioneel:	3
Veiligheid:	3
Gegevens nodig om een goede berekening te maken:	3
Eisen uitschakeltijden	3
Verwachte kortsluitstroom	5
Voorbeeld:	5
Gegevens:.....	5
Werkwijze:	5
Uitschakelkarakteristieken	10
Bijlagen NEN 1010.....	13

Uitgangspunten Kabelberekening

Bij het berekenen van de minimale doorsnede van een kabel gaan we uit van de volgende eigenschappen:

Functioneel:
spanningsverlies

Veiligheid:

Uitschakelen binnen voorgeschreven tijd bij een fout naar aarde

Uitschakelen binnen voorgeschreven tijd bij een fout tussen actieve geleiders

Gegevens nodig om een goede berekening te maken:

- Maximaal gelijktijdig vermogen (stroom);
- Installatiemethode;
- Minimaal vereiste doorsnede ;
- Cosinus phi ($\cos \phi$);
- Type kabel;
- Maximaal toelaatbaar spanningsverlies.

Eisen uitschakeltijden

Stelsel	$50\text{ V} < U_0 \leq 120\text{ V}$ s		$120\text{ V} < U_0 \leq 230\text{ V}$ s		$230\text{ V} < U_0 \leq 400\text{ V}$ s		$U_0 > 400\text{ V}$ s	
	Wissel- spanning	Gelijk- spanning	Wissel- spanning	Gelijk- spanning	Wissel- spanning	Gelijk- spanning	Wissel- spanning	Gelijk- spanning
TN	0,8	^a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	^a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
<p>Indien de uitschakeling in TT-stelsels door een beveiligingstoestel tegen overstroom plaatsvindt en de beschermende vereffening is verbonden met alle vreemde geleidende delen binnen de installatie, mogen de maximale uitschakeltijden worden toegepast die gelden voor TN-stelsels.</p> <p>U_0 is de nominale spanning ten opzichte van aarde.</p> <p>^a Uitschakeling kan ook om andere redenen zijn vereist dan vanwege bescherming tegen elektrische schok.</p> <p>OPMERKING Indien uitschakeling door een toestel voor aardlekbeveiliging plaatsvindt, wordt verwezen naar de opmerking bij 411.4.4, OPMERKING 4 bij 411.5.3 en de opmerking bij 411.6.4 b).</p>								

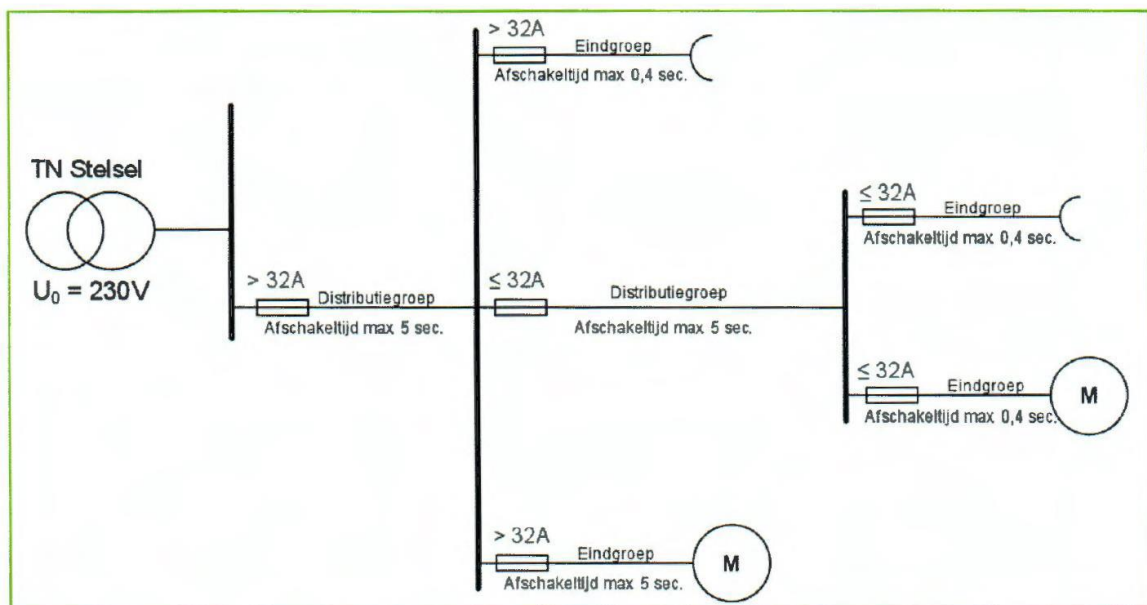
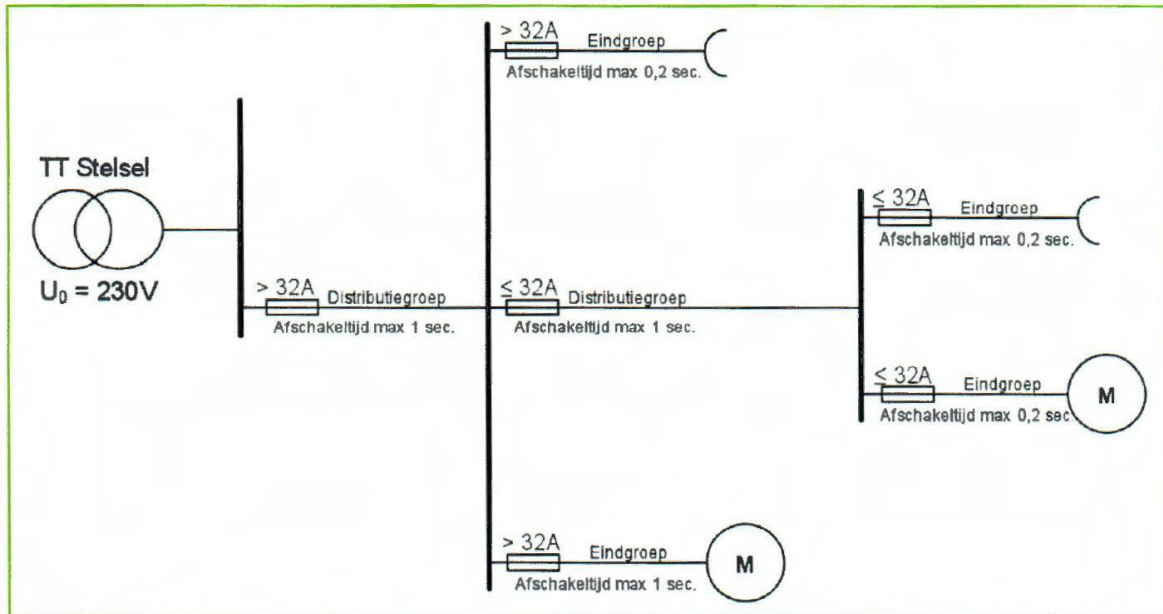
411.3.2.3 In TN-stelsels is een uitschakeltijd van ten hoogste 5 s toegelaten voor distributiegroepen en voor stroomketens die niet vallen onder 411.3.2.2.

411.3.2.4 In TT-stelsels is een uitschakeltijd van ten hoogste 1 s toegelaten voor distributiegroepen en voor stroomketens die niet vallen onder 411.3.2.2.

411.3.2.5 Voor situaties waarin het niet mogelijk is om met een beveiligingstoestel tegen overstroom de voeding te onderbreken in overeenstemming met 411.3.2 of een toestel voor aardlekbeveiliging voor dit doel niet geschikt is, wordt verwezen naar bijlage 41.D.

Echter, uitschakeling kan nodig zijn om andere redenen dan bescherming tegen elektrische schok.

411.3.2.6 Indien automatische uitschakeling in overeenstemming met 411.3.2.1 niet tot stand kan worden gebracht binnen de tijd die is voorgeschreven in 411.3.2.2, 411.3.2.3, of 411.3.2.4 (al naargelang wat van toepassing is), moet aanvullende beschermende potentiaalvereffening in overeenstemming met 415.2 worden toegepast.



Verwachte kortsluitstroom

Voldoet de waarde van de automaat voor de toepassing, lees in het stelsel dat aanwezig is?
Daarvoor moeten we de verwachte kortsluitstroom berekenen.

De weerstand van het kortsluitcircuit delen op de spanning en we hebben de stroom.

$$U = I \times R$$

$$I = U / R$$

$$R \times A = l \times \rho$$

$$R = \frac{l \times \rho}{A}$$

We gebruiken voor de rho (soortelijke weerstand) van koper niet 0,0175 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ maar 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, dat is de soortelijke weerstand bij ca. 90°C.

Voor aluminium gebruiken we 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Als we de minimale (kortsluit)stroom weten moeten we de minimale doorsnede uitrekenen.

We kunnen in de berekening dus de bekende getallen gebruiken door de formule om te bouwen naar bijvoorbeeld:

$$A = \frac{l \times \rho}{R}$$

Voorbeeld:

Gegevens:

Kabellengte	=	130 m
Vermogen	=	30 kW
cos φ	=	0,85
PV vermogen	=	22 kW = 32 A
Stroomstelsel	=	TN
Installatiemethode	=	door kabelgoot, enkele kabel

Werkwijze:

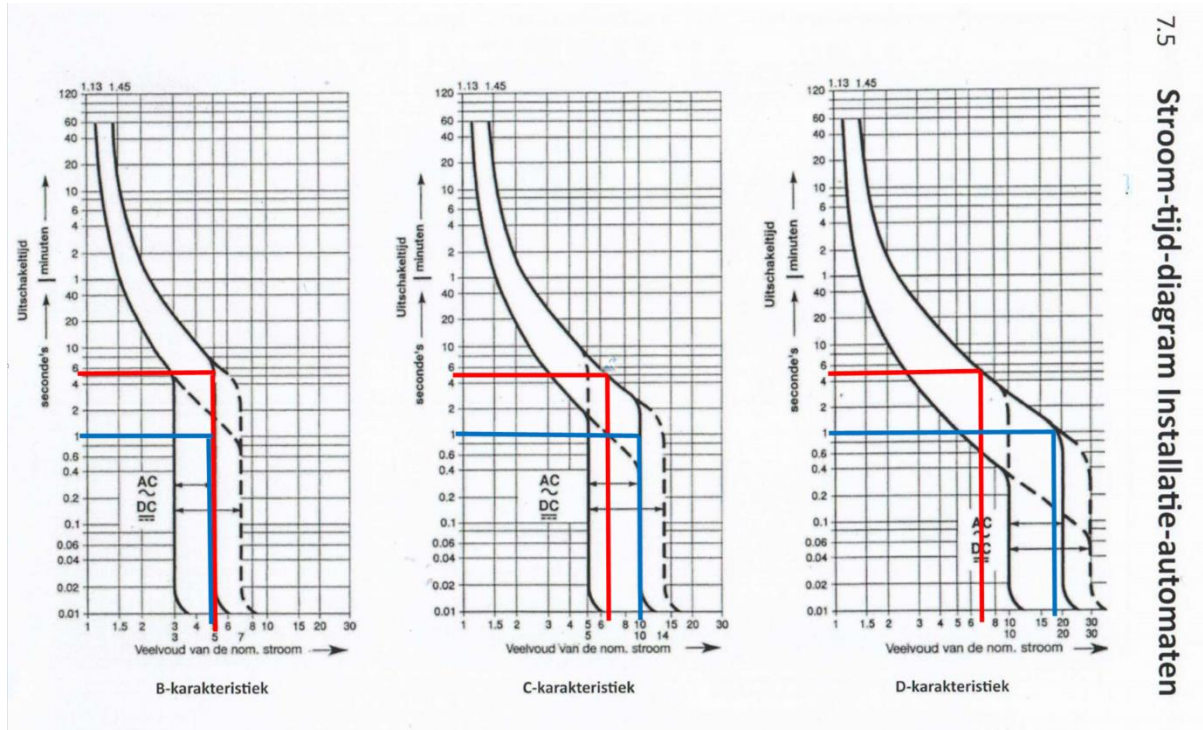
Bepaal de maximale (continue) belasting in Ampère.

$$30 \text{ kW} / \cos \phi = 30 / 0,85 = 35,3 / 0,69 = 51 \text{ A.}$$

Dat betekent dat we minimaal een automaat van 63 A gaan gebruiken.

Als er motoren zijn aangesloten waardoor we een C-karakteristiek moeten gebruiken gaan de dus uit van een automaat C63.

In het rekenvoorbeeld gaan we uit van een C63 automaat.



uit de karakteristieken van de automaten kunnen we de volgende waarden afleiden:

Voor 5 s:

B-karakteristiek: $5 \times I_n$ (315 A)

C-karakteristiek: $7 \times I_n$ (441 A)

D-karakteristiek: $7 \times I_n$ (441 A)

Voor 0,2 s:

B-karakteristiek: $5 \times I_n$ (315 A)

C-karakteristiek: $10 \times I_n$ (630 A)

D-karakteristiek: $10 \times I_n$ (630 A)

Voor de waarde voor G_g of G_L patronen kan je de bijbehorende waarde uit de grafiek voor smeltpatronen toepassen.

A

Uitgaande van een TN-stelsel en een onderverdeler van klasse II kunnen we rekenen met een uitschakeltijd van 5 s, want een fout naar aarde heeft geen effect op de aanraakspanning op de verdeler.

B

Hebben we een klasse I onderverdeler moeten we rekenen met een uitschakeltijd bij een fout naar aarde van 0,4 s en een uitschakeltijd bij een fout tussen de actieve geleiders van 5 s.

A

Eerst kijken we wat de grootste invloed kan hebben op de berekening, de lengte van de kabel of de belasting.

Bij een lange kabel zou het de minimale kortsluitstroom en spanningsverlies zijn en bij een korte kabel met hoge belasting kijken we naar de minimale doorsnede op basis van de toegestane stroom.

Dus minimale kortsluitstroom bij uitschakelen fout naar aarde:

C63 automaat geeft voor 5 s een I_k van $7 \times 63 = \text{ca. } 441 \text{ A}$.

C63 automaat geeft voor 0,2 s een I_k van $10 \times 63 = 630 \text{ A}$.

Gg patroon geeft voor 5 s een I_k van ca. 270 A.

Gg patroon geeft voor 0,2 s een I_k van ca. 580 A.

Gg patroon geeft voor 0,4 s een I_k van ca. 490 A.

Berekening voor fout tussen actieve geleiders

Bij een fout tussen 2 actieve geleiders (niet een driefasekortsluiting):

Maximale impedantie bedraagt $R = 230 / 441 = 0,52 \Omega$ (R = U / I)

Minimale doorsnede bedraagt $A = (260 \times 0,0225) / 0,52 = 11,25 \text{ mm}^2$ ($A = (I \times \rho) / R$)

Volgens Bijlage 52.G moet je voor *spanningsverliezen* uitgaan van een leidingtemperatuur van 90°C.

De reactantie (λ) hebben we niet meegenomen in de berekening.

Bij geen nadere specificaties nemen we 0,08 mΩ/m en een sin phi van 0,6.

De ohmse waarde wordt dan $\lambda \cdot 130 \cdot \sin\phi = 0,08/1000 \cdot 130 \cdot 0,6 = 0,00624 \Omega$ ($A = 11,26 \text{ mm}^2$).

Merk op dat bij grondkabels tot 25 mm² de aders alle even dik zijn, daarna ½ aderdoorsnede met een minimum 25 mm²

Op basis van kortsluitstroom en lengte volgt nu een kabel in de handelsmaat van **minimaal** 16 mm².

Nu gaan we kijken naar wat bij 52 A de minimale doorsnede is voor een kabel, gemonteerd in een kabelgoot volgens tabel 52.A.3 en 52.B.5 komen we op een minimale doorsnede van 10 mm², dus 16 mm² voldoet.

Spanningsverlies uitgaande van een voeding naar een onderverdeler waar nog wat spanningsverlies na komt gaan we uit van maximaal 3%.

Bij een gelijke belasting van de fasen rekenen we met de enkele kabellengte.
Zie formule uit NEN 1010 bijlage 52.G.

$$U_v = (0,0225 \cdot 130/16 \cdot 0,85) \times 52 = 8,08 \text{ V } (= 3,51 \%)$$

Dat willen we niet, maar 3%, dus wordt het $3,51 / 3 * 16 = 18,72 \text{ mm}^2 \rightarrow 25 \text{ mm}^2$

Voor de aangesloten PV-installatie geldt 1,5 %, maar moeten we uitgaan van de stroom van de omvormer, gesteld op 32 A. Dus bij 25 mm² wordt dat 3,18 V (= 1,38 %)

Bij toepassing van 25 mm² krijgen we de volgende waarden:

$$R = (l \times \rho) / A \quad (260 \times 0,0225) / 25 = 0,234 \Omega$$

$$I_k = 230 / 0,234 = 982 \text{ A (minimaal vereist is 441 A, dus voldoet voor fout tussen actieve geleiders)}$$

$$U_v = 0,0225 \cdot 130/25 \cdot \cos \varphi \cdot 52 = 5,17 \text{ V (2,3 \%)} \text{ bij 52 A en}$$
$$(2,3 / 52) \times 32 = 1,42 \% \text{ bij PV-stroom (<1,5\%)}$$

Berekening voor fout tussen fase en aarde

De maximale uitschakeltijd bedraagt 0,4 s.

Bij een C63 geldt dan $10 \times 63 = 630 \text{ A}$

De berekende I_k van 982 A voldoet dus ook aan de beveiliging tegen een fout naar aarde.

Bij een TT-stelsel

Hier gelden de uitschakeltijden 1 s voor fout tussen actieve geleider en 0,2 bij fout tussen fase en aarde.

Bij een TT-stelsel kunnen we voldoen we aan bijna alles, behalve aan de 0,2 seconde uitschakeltijd bij een kortsluiting naar aarde.

Kortsluitstroom bij een fout naar aarde bij een aardverspreidingsweerstand van $0,6 \Omega$ en de kabel van 25 mm^2 .

$I_k = 230 / (0,234 + 0,6) = 275,8 \text{ A}$ (terwijl we bij een automaat 630 A nodig hebben).

Aardlekschakelaar

Dit gaat dus zonder aardlekschakelaar niet lukken, zonder kabel is de stroom maximaal $230 / 0,6 = 383 \text{ A}$.

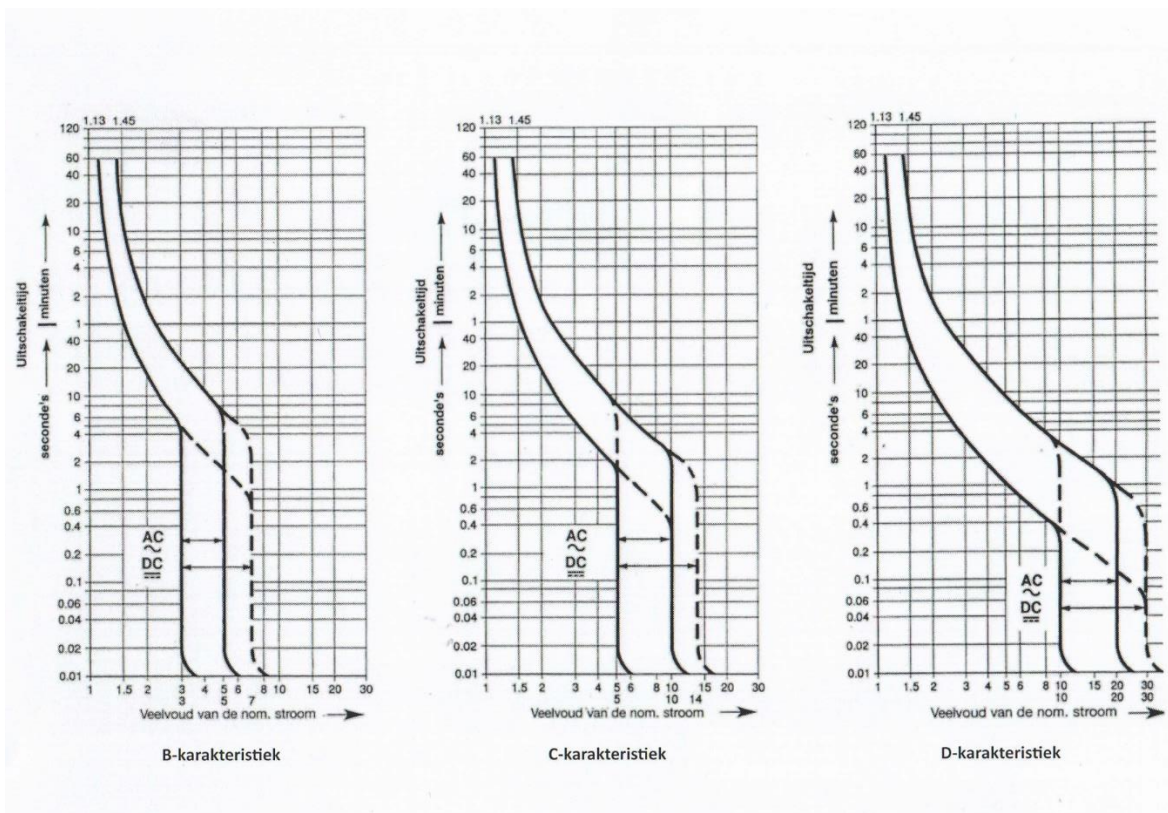
Oplossing:

Dan kan je een 300 mA aardlekschakelaar toepassen, dan voldoe je dus altijd aan de eis van uitschakeltijd 0,2 s bij een fout naar aarde, tot een weerstand van 166Ω .

Uitschakelkarakteristieken

Automaten schakelen uit binnen 0,2 s bij:

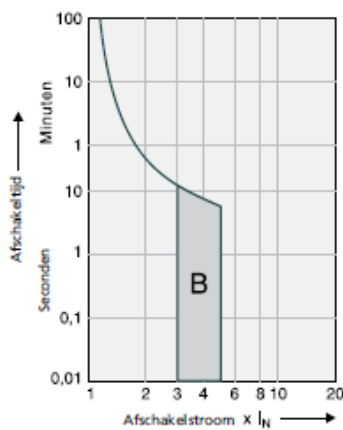
Karakteristiek	Factor I_n
B	5
C	10
D	20



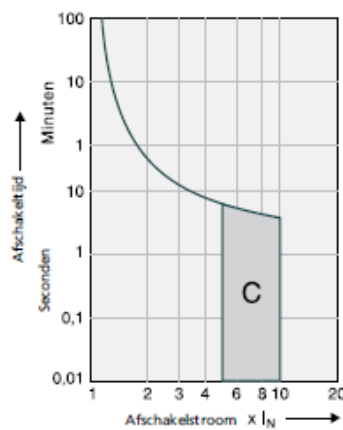
7.5 Stroom-tijd-diagram Installatie-automaten

Installatie-automaat PLS..., PLZ..., afschakelkarakteristieken (IEC/EN 60898)

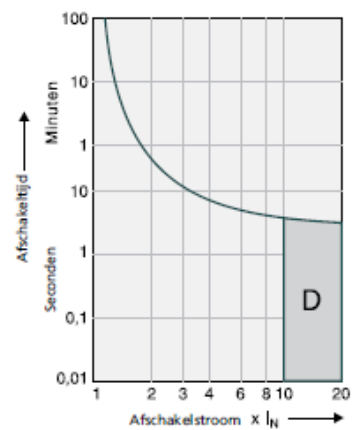
Afschakelkarakteristiek B



Afschakelkarakteristiek C



Afschakelkarakteristiek D



Snel (B), traag (C) en zeer traag (D).

Time-current curves - NH Size 01 and 1

