

CURSUSBOEK

VERDER  
MET  
NEN 1010

Elektroraad

- Galvanistraat 51
- 6716 AE Ede
- T 0318 - 631 670
- E [info@elektroraad.nl](mailto:info@elektroraad.nl)
- [www.elektroraad.nl](http://www.elektroraad.nl)

## Verder met NEN 1010

Cursusboek bij de gelijknamige cursus

7<sup>e</sup> druk september 2022

© copyright Elektroraad Opleidingen B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgaven mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

# Inhoudsopgave

<b>VOORWOORD</b>	<b>6</b>
<b>DEEL 0</b>	<b>8</b>
<b>DEEL 1</b>	<b>16</b>
HOOFDSTUK 11: TOEPASSINGSGBIED	16
HOOFDSTUK 13: UITGANGSPUNTEN	19
<i>Rubriek 131: Veiligheidsmaatregelen</i>	20
<i>Rubriek 132: Ontwerp</i>	22
<i>Rubriek 133: Keuze van elektrisch materieel</i>	24
<i>Rubriek 134: Installatie en eerste inspectie van de installatie</i>	26
<b>DEEL 2</b>	<b>30</b>
<b>DEEL 3</b>	<b>44</b>
HOOFDSTUK 31: BEOOGD DOEL, VOEDINGSBRONNEN EN INDELINGEN	44
<i>Rubriek 311: Hoogst gevraagde vermogen en gelijktijdigheidsfactor</i>	44
<i>Rubriek 312: Indeling van stroomstelsels</i>	45
<i>Rubriek 314: Opdelen van installaties</i>	53
<b>DEEL 4</b>	<b>56</b>
HOOFDSTUK 41: BESCHERMING TEGEN ELEKTRISCHE SCHOK	57
<i>Rubriek 410: Inleiding</i>	57
<i>Rubriek 411: Automatische uitschakeling van de voeding</i>	66
<i>Rubriek 412: Dubbele of versterkte isolatie</i>	94
<i>Inleiding tot rubriek 413 en 414</i>	98
<i>Rubriek 413: Elektrische scheiding</i>	101
<i>Rubriek 414: Extra lage spanning: SELV en PELV</i>	103
<i>Rubriek 415: Aanvullende bescherming</i>	105
HOOFDSTUK 42: BESCHERMING TEGEN THERMISCHE INVLOEDEN	107
<i>Rubriek 421: Bescherming tegen brand veroorzaakt door elektrisch materieel</i>	107
<i>Rubriek 422: Voorzorgsmaatregelen op plaatsen met bijzondere risico's bij brand</i>	113
<i>Rubriek 423: Bescherming tegen brandwonden</i>	126
HOOFDSTUK 43: BEVEILIGING TEGEN OVERSTROOM	128
<i>Rubriek 430: Algemeen</i>	129
<i>Rubriek 431: Eisen afhankelijk van de eigenschappen van de stroomketens</i>	131
<i>Rubriek 432: Eigenschappen van beveiligingstoestellen</i>	135
<i>Rubriek 433: Beveiliging tegen overbelastingsstroom</i>	138

<i>Rubriek 434: Beveiliging tegen kortsluitstroom</i>	150
<i>Rubriek 436: Begrenzing van de overstroom door eigenschappen van de voedingsbron</i>	160
<b>HOOFDSTUK 44: BEVEILIGING TEGEN OVERSPANNING</b>	<b>161</b>
<i>Rubriek 443</i>	162
<i>Rubriek 444</i>	177
<i>Rubriek 445: Beveiliging tegen onderspanning</i>	191
<b>HOOFDSTUK 46</b>	<b>195</b>
<i>Inleiding tot hoofdstuk 46</i>	195
<i>Rubriek 461: algemeen</i>	199
<i>Rubriek 462: scheiders</i>	206
<i>Rubriek 463: bedieningsschakelaars</i>	208
<i>Rubriek 464: uitschakelen ten behoeve van niet-elektrotechnische werkzaamheden</i>	210
<i>Rubriek 465: nooduitschakeling</i>	211
<b>DEEL 5</b>	<b>214</b>
<b>HOOFDSTUK 51: ALGEMENE BEPALINGEN</b>	<b>214</b>
<i>Rubriek 510: Algemene bepalingen</i>	214
<i>Rubriek 512: Bedrijfsomstandigheden en uitwendige invloeden</i>	216
<i>Rubriek 513: Bereikbaarheid</i>	224
<i>Rubriek 514: Aanduiding</i>	224
<i>Rubriek 515: Voorkomen van wederzijdse schadelijke beïnvloeding</i>	232
<i>Rubriek 516: stromen in beschermingsleidingen</i>	234
<b>HOOFDSTUK 52: KEUZE EN INSTALLATIE VAN LEIDINGSSYSTEMEN</b>	<b>236</b>
<i>Rubriek 520: Inleiding</i>	236
<i>Rubriek 521: Soorten leidingsystemen</i>	237
<i>Rubriek 522: Keuze en installatie afhankelijk van uitwendige invloeden</i>	250
<i>Rubriek 523: Hoogste toelaatbare stromen</i>	267
<i>Rubriek 524: Kerndoorsnede van geleiders</i>	280
<i>Rubriek 525: Spanningsverlies in installaties van verbruikers</i>	285
<i>Rubriek 526: Elektrische verbindingen</i>	291
<i>Rubriek 527: Keuze en installatie van leidingsystemen ter beperking van brandverspreiding</i>	295
<i>Rubriek 528: Nabijheid van andere voorzieningen</i>	300
<i>Rubriek 529: Keuze en installatie van leidingsystemen met betrekking tot onderhoudswerkzaamheden, met inbegrip van reiniging</i>	305
<b>KABELBEREKENEN</b>	<b>307</b>
<i>Inleiding</i>	307
<i>Hoofdstuk 52 en bijlage 52</i>	307
<i>Handmatig of geautomatiseerd?</i>	308
<i>Handmatig kabelberekenen: een stappenplan</i>	308
<b>HOOFDSTUK 53: BESTURINGS- EN BEVEILIGINGSTOESTELLEN, SCHAKELAARS EN SCHEIDERS</b>	<b>343</b>
<i>Rubriek 530: Inleiding</i>	344

<i>Rubriek 531: Toestellen voor foutbescherming door automatische uitschakeling van de voeding</i>	345
<i>Rubriek 533: Beveiligingstoestellen tegen overstroom</i>	357
<i>Rubriek 534</i>	361
<i>Rubriek 536</i>	378
<i>Rubriek 537</i>	401
HOOFDSTUK 54: AARDINGSVOORZIENINGEN, BESCHERMINGSLEIDINGEN EN BESCHERMENDE VEREFFENINGSLEIDINGEN	412
<i>Rubriek 542: Aardingsvoorzieningen</i>	413
<i>Rubriek 543: Beschermingsleidingen</i>	426
<i>Rubriek 544: Beschermende vereffeningleidingen</i>	445
HOOFDSTUK 55: OVERIG ELEKTRISCH MATERIEEL	450
<i>Rubriek 557</i>	450
<i>Rubriek 559</i>	455
HOOFDSTUK 56: VEILIGHEIDSVORZIENINGEN	459
<i>Rubriek 560</i>	459

# Voorwoord

Voor je ligt het cursusboek dat hoort bij de cursus 'Verder met NEN 1010'. De cursus is opgezet voor ambitieuze elektrotechnici, die een goede kennis van NEN 1010 nodig hebben voor de volgende stap in hun carrière.

Het hiervoor beschreven uitgangspunt verraadt al dat we niet geprobeerd hebben om een zo makkelijk mogelijke cursus te ontwikkelen. Dat is het dan ook niet geworden. Er zal zowel tijdens de lessen als daarbuiten nogal wat van je gevraagd worden. En dat is niet erg, want je bent dus ambitieus.

## kader

In de cursus komen alleen de delen 0 tot en met 5 aan bod. Dat is niet gedaan omdat de delen 6, 7 en 8 niet belangrijk zouden zijn. Het was nodig omdat de cursus anders te zwaar zou worden voor het aantal beschikbare dagen.

Toch is het niet zo dat je noodzakelijk een vervolgcursus moet doen voor de laatste twee delen. In de cursus 'Verder met NEN 1010' leer je namelijk ook hoe je NEN 1010 moet lezen. Daarom gaan we soms ook in op de achtergronden die een rol hebben gespeeld bij het ontstaan van de normteksten. Bij veel bepalingen schenken we bovendien aandacht aan de onderliggende techniek.

Deze kennis zorgt voor een bredere kijk op de principes die NEN 1010 beschrijft. Die principes gelden uiteraard niet alleen voor de delen 0 t/m 5, maar ook voor deel 6 en 7. Voor deel 8 is dat in veel mindere mate het geval. Het resultaat van het gemotiveerd volgen van de cursus zal zich dan ook zeker vertalen in een beter begrip van de hele NEN 1010.

## gebruik

De docent geeft tijdens de lessen op welk deel van het cursusboek moet worden gelezen. Vaak is het doel ervan drieledig:

1. het geeft een noodzakelijke herhaling van de stof die al gedoceerd is;
2. het bereidt voor op de volgende les;
3. het bereidt voor op het examen.

Uiteraard is het belangrijk dat je de aanwijzingen van de docent hierbij opvolgt. Een achterstand in je huiswerk zal problemen op kunnen leveren bij het volgen van de stof tijdens de lessen.

De stof van de tweede lesdag start bijvoorbeeld op een bepaald kennisniveau. Dat kennisniveau is wat je op de eerste lesdag hebt geleerd PLUS wat je leert van het huiswerk dat je zou moeten doen. Als je je huiswerk niet gedaan hebt, is de stof op de tweede cursusdag te moeilijk.

**verwijzingen** In het cursusboek staan in de kantlijn verwijzingen. Vaak zijn dat verwijzingen naar NEN 1010. Aan de kleur van de verwijzingen kun je zien waar je de bepaling of verwijzing terug kunt vinden. We houden daarbij het volgende aan:

- 410.3.5 verwijst (**in volgorde**) naar een bepaling in NEN 1010
- 514.3.5.4 verwijst (**niet** in volgorde) naar een bepaling in NEN 1010
- 528.1.1 verwijst naar een bepaling uit een **correctieblad** op NEN 1010
- IEC 60529 verwijst naar een beschrijving **buiten** NEN 1010

De lichtblauwe verwijzing komt het meest voor. Dat betekent dus dat dit cursusboek zoveel mogelijk de volgorde van de bepalingen in NEN 1010 volgt. Dat is handig omdat je veelal NEN 1010 naast het cursusboek zal gebruiken.

**eigen norm** Het is verstandig om voor je eigen exemplaar van NEN 1010 te zorgen. Dat mag een elektronisch exemplaar zijn. Maar tijdens het examen mag je alleen gebruik maken van een papieren versie. Indien gewenst kun je die van Elektroraad lenen. Tijdens deze cursus werken we met NEN 1010:2020 (evt. elektronisch exemplaar).

**fouten** Dit cursusboek is met zeer veel zorg samengesteld. Toch kan het zijn dat er fouten in staan (bijvoorbeeld taalfouten). We stellen het erg op prijs als je ons die fouten door zou willen geven. Dat komt de kwaliteit van ons materiaal natuurlijk ten goede. Geef ze dus gerust door. Ook als je niet zeker weet of het wel echt fout is. Bij voorbaat dank voor je medewerking.

**succes** We wensen je veel succes met deze cursus. Hij is soms best wel pittig, maar in elk geval heel leerzaam.

## Rubriek 134: Installatie en eerste inspectie van de installatie

- 134.1.1 *De elektrische installatie moet worden aangelegd volgens goed vakmanschap, geleverd door vakkundig personeel, en met het gebruik van de juiste materialen. Elektrisch materieel moet worden geïnstalleerd volgens de instructies van de fabrikant van het materieel.*

Om een elektrische installatie te maken die veilig en ook functioneel is, heb je niet alleen goed materieel nodig. Je hebt ook goede monteurs nodig die weten hoe ze het materiaal moeten monteren. En die goede monteurs moeten het juiste gereedschap hebben waarmee ze het materieel kunnen monteren.

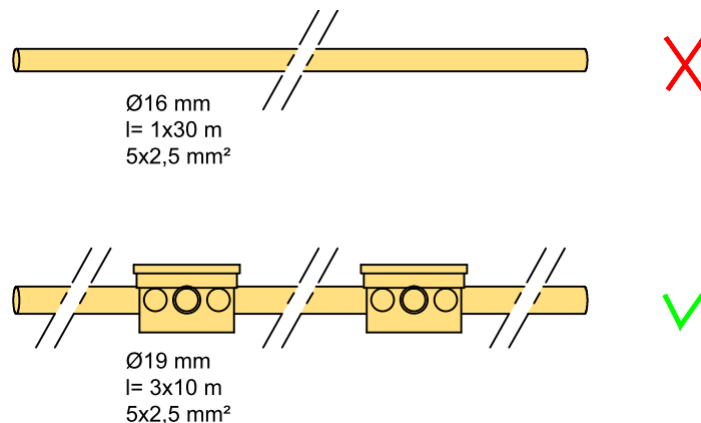
Bovendien moet die monteur weten wat de fabrikant van het materieel dat hij installeert voorschrijft. Hij mag niet afwijken van dat voorschrift.

Een monteur moet dus:

1. goed zijn opgeleid;
2. zijn vak begrijpen en serieus nemen;
3. zich houden aan wat de fabrikant van het materieel voorschrijft;
4. goed gereedschap hebben en dat op de juiste manier gebruiken.

- 134.1.2 Het elektrisch materieel mag niet beschadigen of aangetast worden tijdens het aanleggen van die installatie.

De isolatie van installatiedraad mag bijvoorbeeld niet beschadigen als je draad trekt. Dat betekent dat je daar al rekening mee moet houden bij het ontwerpen en het aanleggen van de buisleiding. Voldoende grote diameter van de buisleiding, bochten niet te krap, afstand tussen twee trekpunten niet te lang.





Je moet er dus over nadenken of de manier waarop de elektrische installatie wordt aangelegd wel geschikt is voor het elektrisch materieel dat je gebruikt.

### Beschermende vereffening: de methode volgens NEN 1010

In de beschrijving hierna lees je hoe NEN 1010 dit principe op een praktische manier heeft opgelost. Zoals je inmiddels gewend bent, doen we dat door de bepalingen te bespreken die je in NEN 1010 vindt.

- 411.3.1.2** Om gevaarlijke potentiaalverschillen tussen vreemd geleidende delen en metalen gestellen te voorkomen pas je beschermende vereffening toe. Bij beschermende vereffening worden vreemd geleidende delen in een gebouw door een beschermende vereffening sleiding verbonden met de hoofdaardrail of hoofdaardklem. Er kan dan geen gevaarlijk potentiaalverschil tussen die vreemd geleidende delen en metalen gestellen meer ontstaan.

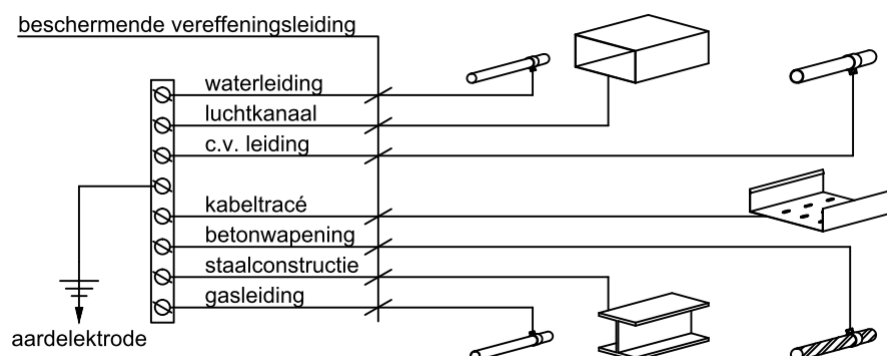


#### Vraag 41.43

Bij de uitleg van het principe heb je gezien dat er een verbinding gemaakt is tussen wasautomaat en waterleiding. Hoe loopt deze verbinding als je 411.3.1.2 van NEN 1010 toepast?

De metalen gestellen zijn zelf ook met de hoofdaardrail verbonden. Het komt er dus op neer dat zowel metalen gestellen als vreemd geleidende delen met de hoofdaardrail – en daarom ook met elkaar – verbonden zijn.

Beschermende vereffening is in de volgende figuur schematisch weergegeven.



### Aanvullende bescherming

Hiervoor heb je kennisgemaakt met de basisbescherming en de foutbescherming die hoort bij de beschermingsmaatregel 'automatische uitschakeling van de voeding'.

Nu is het zo dat basisbescherming en foutbescherming niet altijd voldoende bescherming bieden. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer mensen die weinig of geen verstand hebben van elektriciteit de elektrische installatie gebruiken. Een leek

**vlamboogdetectie** Om installaties of delen daarvan te beschermen tegen de gevolgen van vlambogen, zou vlamboogdetectie toegepast kunnen worden. Een toestel voor vlamboogdetectie wordt vaak AFDD (Arc Flash Detection Device) genoemd.

Er bestaan verschillende typen AFDD's, namelijk:

1. toestellen die de vlamboog detecteren en afschakelen<sup>1</sup>, en
2. toestellen die de vlamboog alleen detecteren.

Voor deze laatste uitvoeringsvorm is dus een afzonderlijk afschakelmechanisme nodig.

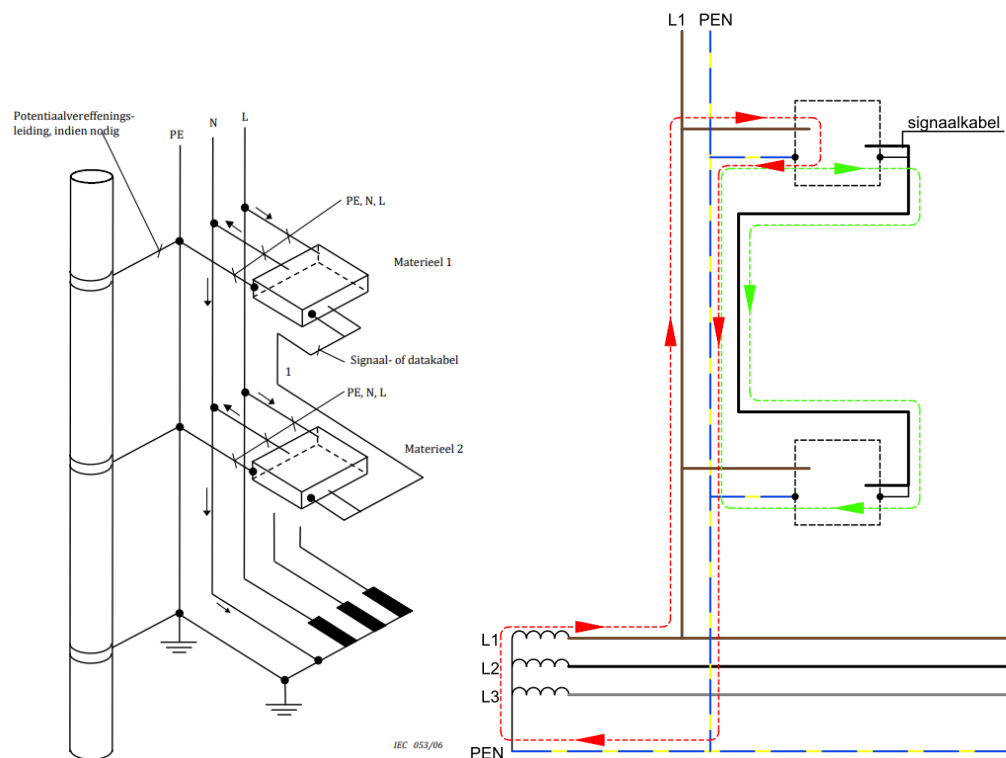
Een vlamboogdetector lijkt een beetje op een aardlekschakelaar en worden meestal modulair geleverd. Hij kan gewoon op de DIN-rail van een verdeelinrichting worden geplaatst.



Een vlamboogdetector reageert anders dan een gewoon beveiligingstoestel tegen overstroom. Die reageren op overbelasting of kortsluiting. Een vlamboogdetector reageert alleen op een grillige vorm van de spanning. Hij controleert voortdurend de sinusvorm van de spanning. Als hij de vorm van een vonkontlading herkent, schakelt hij af. Hierna zie je een afbeelding met de karakteristieke vorm van een spanning bij een boogontlading.

---

<sup>1</sup> in Amerika wordt dit AFCI (Arc Flash Circuit Interrupter) genoemd.



figuur 44.6

Rechts van de figuur uit de norm proberen we duidelijk te maken wat de normschrijver ons met figuur 44.6 probeert te vertellen. De 'regenpijp' aan de linkerkant van de normfiguur (eigenlijk is dat de staalconstructie van het gebouw) hebben we weggelaten omdat die voor de uitleg geen rol van betekenis speelt.

In de rechter tekening zie je dat de trafo twee toestellen (of verdeelinrichtingen) voedt. De stroom gaat uiteraard via fase L1 heen, en komt via de PEN-leiding retour (er is immers geen afzonderlijke nul).

Bovendien zie je in de rechter figuur dat er een (in groen aangegeven) paralleltak van de PEN-leiding ontstaat als er een afgeschermd signaalkabel wordt gebruikt. Een deel van de belastingstroom zal dus over de afscherming van de signaalkabel gaan lopen. Dat is uiteraard ongewenst zodat PEN-leidingen in de installatie afgeraden moeten worden.

De 'regenpijp' in de figuur van NEN 1010 laat nu zien dat - door te vereffenen - je nog een extra route voor de nulstroom kan maken. Hierdoor zal de stroom door de signaalleiding kleiner worden. Desalniettemin lijkt het ons toch een weinig voor de hand liggende keuze en moet in elk geval sterk worden afgeraden.

### Kleine lussen

figuur 44.5 In figuur 44.5 van NEN 1010 is er geen sprake van samenvallende circuits. Toch moet je oppassen voor EMI omdat er sprake is van een lus.

Om een leiding tegen overbelastingsstroom te beveiligen moet je aan twee voorwaarden voldoen:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

en

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

Waarin:

$I_B$  is de ontwerpstroom van de stroomketen;

$I_n$  is de nominale stroom van het beveiligingstoestel;

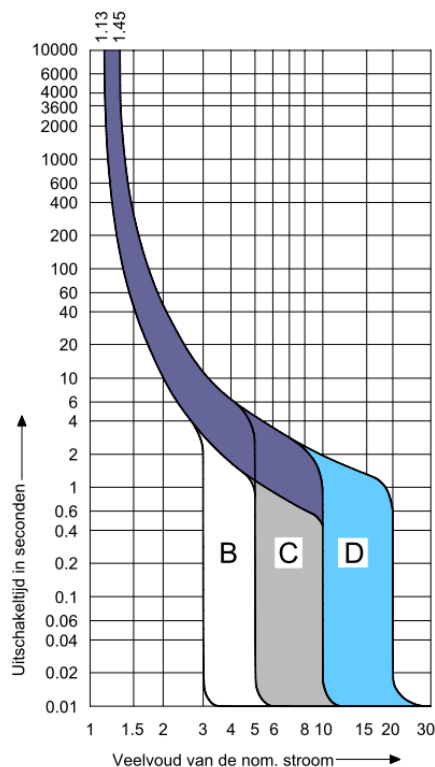
$I_Z$  is de hoogste toelaatbare stroom van de leiding;

$I_2$  is de stroom die bij de afgesproken tijdsduur het beveiligingstoestel doet aanspreken.

In de eerste voorwaarde staat dat de leiding de door het beveiligingstoestel doorgelaten stroom moet kunnen voeren zonder beschadigd te raken. En dat het beveiligingstoestel de ontwerpstroom van de stroomketen moet kunnen voeren zonder aan te spreken.

In de tweede voorwaarde staat dat de stroom waarbij het beveiligingstoestel nog net binnen het uur aanspreekt, de leiding niet mag beschadigen.

Kijk hiervoor eens naar de volgende figuur.



Stel dat je de  $I_Z$  moet bepalen en corrigeren voor de volgende situatie:

- Er liggen 5 identieke en volbelaste kabels op een ongeperforeerde kabelbaan.
- Alle kabels liggen binnen tweemaal de kabeldiameter van de te berekenen kabel.
- De kabels zijn van het type YMvK.
- De kabels zijn beveiligd met smeltpatronen met  $I_n = 16$  A (gG-karakteristiek).
- De omgevingstemperatuur =  $35^\circ$  C.

Om de  $I_z$  te bepalen kijk je in tabel 53.H.1. Bij de  $I_n$  van 16 A gG hoort een  $I_z$  van ten minste 17,7 A.

Voor de correctiefactor voor de temperatuur kijk je in tabel 52.B.14. Een YMvK kabel heeft XLPE isolatie. Bij  $35^\circ$  C hoort een correctiefactor  $c_T$  van 0,96.

Voor de correctiefactor voor de verzameling van kabels kijk je in tabel 52.B.17. Je hebt te maken met een enkele laag op een ongeperforeerde kabelbaan, en daarom moet je kijken in de rij 'item 2'. Bij een verzameling van vijf kabels hoort een correctiefactor  $c_v$  van 0,73.

Met deze correctiefactoren kan je nu de gecorrigeerde  $I_z$  als volgt uitrekenen:

$$I_{z \text{ corr}} = \frac{I_z}{c_T \times c_v} = \frac{17,7}{0,96 \times 0,73} = 25,3 \text{ A}$$



#### Vraag 52.81

Tot dusver hebben we de  $I_z$  steeds vermenigvuldigd met de correctiefactoren. In voorgaande berekening delen we  $I_z$  'ineens' door die correctiefactoren. Waarom doen we dat?

Zoals je ziet bepaal je de gecorrigeerde  $I_z$  door de ongecorrigeerde  $I_z$  te delen door de correctiefactoren. Dat doe je als je van een groep de belastingsstroom weet, en je die stroom wil gebruiken om de kerndoorsnede te berekenen.

Maar het kan ook zijn dat je de kerndoorsnede al weet, en dat je wilt berekenen hoe zwaar je die kabel mag belasten. Dat komt voor bij renovatieprojecten waarbij je gebruik wilt maken van de bestaande bekabeling. In dat geval vermenigvuldigt je de  $I_z$  van de kabel met de correctiefactor.

Om dat te demonstreren zullen we het vorige voorbeeld daarop aanpassen.

Stel dat je de maximaal toegelaten stroom moet berekenen van een bestaande kabel. Je beschikt over de volgende gegevens:

- kabels van het type YMvK naast elkaar in een ongeperforeerde kabelgoot;
- 5 identieke en gelijk belaste kabels binnen tweemaal de kabeldiameter;



**Vraag 53.42**

Tot welke stroom is er selectiviteit in het overbelastingsgebied?



**Vraag 53.43**

Wat zal er gebeuren bij een overbelastingsstroom van 150 A?

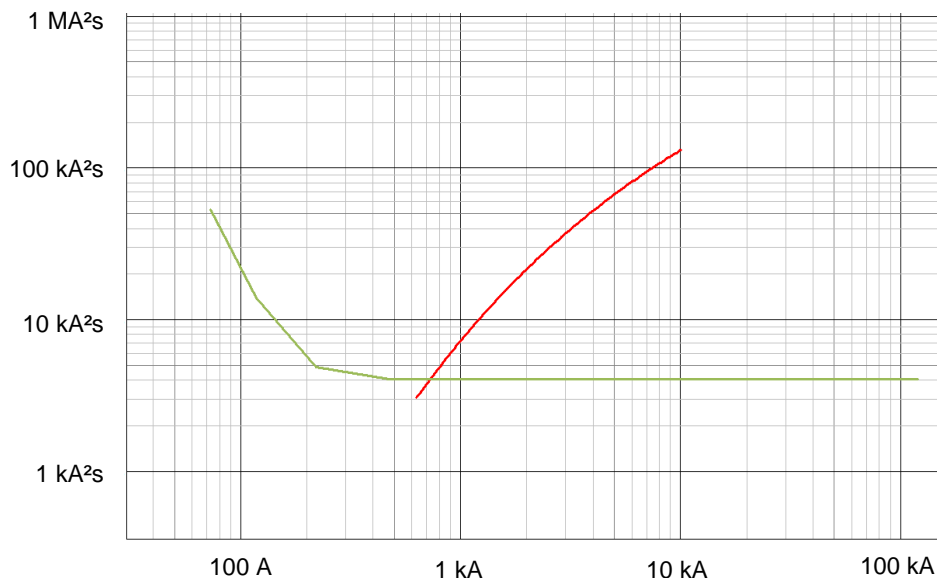
**Selectiviteit bij kortsluiting**

536.4.1.3.4

in bepaling 536.4.1.3.4 staat dat de selectiviteit bij kortsluiting moet worden gecontroleerd door de  $I^2t$  waarden van de betrokken smeltpatronen met elkaar te vergelijken. Dat blijkt uit het volgende citaat van een deel van bepaling 536.4.1.3.4:

*De doorgelaten piekstroom van de smeltveiligheid moet kleiner zijn dan de kleinste onmiddellijke uitschakelstroom van de vermogensschakelaar. Gegevens voor de piekstroom van smeltveiligheden moeten komen uit de van toepassing zijnde norm of uit de documentatie van de fabrikant(en). Als gegevens van de fabrikant(en) worden gebruikt, moet dit in de installatiedocumentatie worden opgenomen.*

In de volgende afbeelding zie je de doorgelaten piekstroom van de smeltpatroon en de onmiddellijke uitschakelstroom van de installatieautomaat.



**Vraag 53.44**

Welke kleur grafiek hoort bij de smeltpatroon?

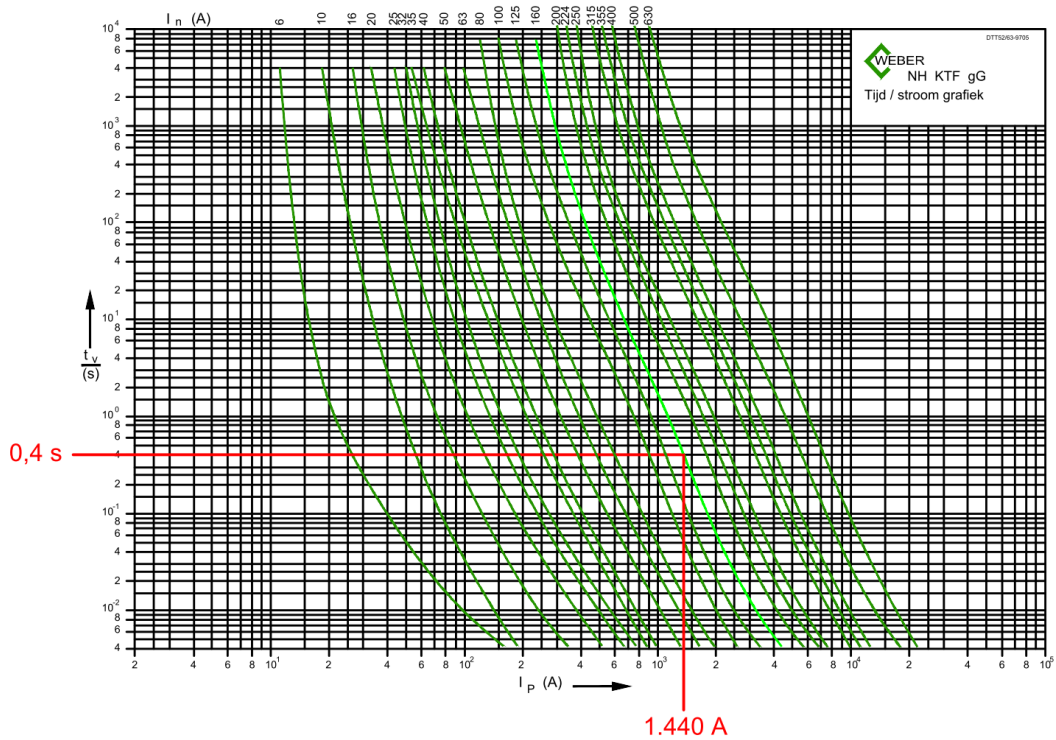


**Vraag 53.45**

Is er sprake van volledige selectiviteit in het kortsluitgebied?

In de afbeelding hiervoor is te zien dat in veruit het grootste deel van het kortsluitgebied de beveiligingstoestellen niet selectief ten opzichte van elkaar zijn.

doorsmeltkarakteristieken NH-KTF gG



Vraag 54.24

Wat zou in het voorbeeld hiervoor de kerndoorsnede van de beschermingsleiding zijn geweest bij toepassing van tabel 54.2?

Vergelijking tussen kiezen en berekenen

Deze twee methoden geven bij dezelfde distributiegroep een heel andere kerndoorsnede voor de beschermingsleiding.

	Methode	
	tabel 54.2	formule $S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$
Distributiegroep TN-stelsel 160 A gG $S_{fase} = 95 \text{ mm}^2$	$S_{PE} = 50 \text{ mm}^2$	$S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$

De methode waarbij je gebruik maakt van tabel 54.2 is eenvoudiger, want je hoeft niet te rekenen. Maar je komt dan wel op een hogere kerndoorsnede uit. Het kan dus de moeite lonen om de rekensom te maken voordat je de kabel voor de beschermingsleiding bestelt.



**Elektroraad**

Galvanistraat 51  
6716 AE Ede

0318 - 631 670  
info@elektroraad.nl

[WWW.ELEKTORRAAD.NL](http://WWW.ELEKTORRAAD.NL)