

Tekst: Dieter Verstuyft – Technologisch adviseur

Versie: 02/2023 – Gereviseerd 08/2025

De kabelberekening van uitdaging naar uitkomst

Voor velen blijkt een kabel- en kortsluitstroomberekeningen in elektrische installaties een hele omslachtige klus te zijn. Het nieuwe AREI¹ werd op 1 juni 2020 gepubliceerd. Er werden belangrijke inhoudelijke wijzigingen doorgevoerd. Twee hiervan gaan we nu toelichten, de nieuwe berekeningsverplichtingen voor kabel- en kortsluitstroomberekening. Dit is een vak op zich dat met de nodige kennis dient te gebeuren. Deze nieuwe regels staan vermeld in hoofdstuk 3.1 (afdeling 3.1.2.) van Boek 1. De agent-bezoekers van de erkende organismen gaan hier bij de niet-huishoudelijke elektrische installaties tijdens de keuring strikt op toezien.

De nieuwe reglementering geeft een volledige lijst van de elementen die moeten worden vermeld op de stroombaanschema's en hun bijlagen voor niet-huishoudelijke installaties (onderafdeling 3.1.2.2.b). Volgende elementen werden toegevoegd ten opzichte van artikel 16 van het oude AREI:

- Het aardverbindingssysteem.
- De te verwachten maximale kortsluitstromen > 3000 A aan de oorsprong van de installatie en ter hoogte van elk schakel- en verdeelbord.
- De stroombanen.
- De kenmerken van de bronnen (alternatoren, transformatoren, omvormers...).
- De kenmerken van de elektrische leidingen met inbegrip van de beschermingsgeleiders:
 - De plaatsingswijze.
 - De aard, het aantal en de doorsnede van de geleiders.
 - De lengte van de elektrische leidingen.
- De kenmerken van de beschermingsinrichtingen.
 - De toegekende stroomsterkte.
 - Het onderbrekingsvermogen.
 - De aard en de onderbrekingskenmerken, de instellingen inbegrepen.
- De kenmerken van de schakeltoestellen, scheidingstoestellen en contactoren.

Kabel- en kortsluitberekeningen steeds meer onder de aandacht

Mensen begrijpen niet altijd waarom kabel- en kortsluitberekeningen naar aanleiding van het AREI 2020 steeds meer onder de aandacht zijn gekomen. Door deze toevoeging zal u genoodzaakt zijn een kabel- en kortsluitstroomberekening op te stellen. Het is immers niet mogelijk om dit te verwezenlijken zonder een berekening of softwarepakket. Voor de handmatige berekening moet de norm ter beschikking zijn.

Er werd te weinig tot zelfs geen rekening gehouden met instellingparameters van de scheidingstoestellen, de $I_{cc\ max}$ en $I_{cc\ min}$, de plaatsingswijze der geleiders, ...

De moeilijkheid zit hem in volgende nieuwe toevoegingen van het AREI:

- De te verwachte kortsluitstroom aan ieder bord ($I_{cc\ max}$)
- De kenmerken van de elektrische leidingen met inbegrip van de beschermingsgeleiders
- De kenmerken van alle toestellen en of hun veiligheid gewaarborgd is

Zo is alles met elkaar verweven, de scheidingstoestellen en hun instellingen, de lengte van de kabel, de plaatsing, de $I_{cc\ max}$, ...

Twee grote onderscheidingen: huishoudelijke installaties en alle andere installaties

Voor de huishoudelijke lokalen, dient men geen kabel- of kortsluitstroomberekening op te stellen. Voor alle andere installaties dient men dit wel voor te leggen. Desalniettemin zijn er ook voor huishoudelijke installaties regels opgesteld. Dit is, gezien de niet complexiteit van de installatie, relatief eenvoudig gehouden in het AREI.

¹ Algemeen reglement op de elektrische installatie

1. Huishoudelijke installaties

Voor huishoudelijke installaties zijn globaal genomen kabelberekeningen niet nodig omdat er standaard voldaan is aan de vereiste voorwaarden waarvoor kabelberekeningen een oplossing bieden. Zo geldt voor huishoudelijke installaties “Onderafdeling 4.4.1.5.” van het AREI dat handelt over de toelaatbare stroom in elektrische leidingen. Het specificeert voor deze installaties de doorsnede van de geleiders en de maximale nominale stroom van de overstroombeveiliging zoals weergegeven in tabel 1.

Doorsnede van de geleider (mm ²)	Nominale stroom van de <u>smeltveiligheid</u>	Nominale stroom van de <u>automatische schakelaar</u>
1,5	10 A	16 A
2,5	16 A	20 A
4	20 A	25 A
6	32 A	40 A
10	50 A	63 A
16	63 A	80 A
25	80 A	100 A
35	100 A	125 A

Tabel 1: De nominale stroom van de beveiliging in functie van de doorsnede der geleiders

De vermelde stroomwaarden wijken voor de kleine secties (1,5-2,5-4 mm²) minder dan 10% af van de toegelaten stroomwaarden die terug te vinden zijn in de norm voor kabelberekeningen, zijnde de IEC 60364-5-52, en dit bij de meest ongunstige plaatsing van een koperen meeraderige kabel met PVC-aderisolatie in een buis in een thermisch geïsoleerde wand bij een omgevingstemperatuur van 30°C, geen andere geleiders in de nabijheid en de zeer beperkte aanwezigheid van 3de harmonische. Voor de grotere secties vanaf 6 mm² wijken de waarden minder dan 10% af van de toegelaten waarden bij plaatsing in een buis in opbouw op de wand. Daarenboven moet ervan uitgegaan worden dat in huishoudelijke installaties geen geleiders continu de nominale stroom van de beveiliging voeren.

Tevens beschrijft “Afdeling 4.6.1.” van het AREI dover de maatregelen die moeten getroffen worden als bescherming tegen de gevolgen van spanningsdalingen is van toepassing. In het AREI worden geen maximaal toegelaten waarden voor spanningsdalingen opgegeven. De norm vermeldt een maximaal 3% voor verlichting en maximaal 5% voor andere gebruikers. Elektrische leidingen in huishoudelijke lokalen overschrijden zelden een lengte van 35 m. De spanningsval bij een lengte van 35 m, bij een $\cos \phi$ van 0,95 en bij de nominale stroom van de overstroombeveiliging overeenkomstig bovenstaande tabel geeft maximaal 7,5%. Verbruikers die grote startstromen vragen zoals warmtepompen zonder de nodige maatregelen zoals softstarters, kunnen echter wel voor problemen zorgen en moeten met de nodige aandacht hiervoor geïnstalleerd worden. Ervan uitgaand dat doorgaans de lengte minder is dan 35 m en dat de belasting lager is dan de nominale stroom van de beveiliging moet er wat spanningsval betreft geen probleem verwacht worden.

“Onderafdeling 4.4.2.2” van het AREI dat handelt over de beschermde lengte van de leidingen wordt eveneens gerespecteerd. Dit artikel legt op, dat de lengte van leiding moet beperkt worden tot die lengte waarbij in geval van kortsluiting op het einde van de leiding de kortsluitstroombeveiliging per direct, in geval van een automatische schakelaar magnetisch afschakelt. Elektrische leidingen in huishoudelijke lokalen worden over het algemeen met C-curve automaten beveiligd en overschrijden zelden een lengte van 35 m.

Tot slot is er nog “Onderafdeling 4.2.4.3.” van het AREI dat handelt over de bescherming tegen onrechtstreekse aanraking. Dit artikel legt op dat er aan het begin van een huishoudelijke installatie minstens een differentieelschakelaar met een aanspreekstroom van maximaal 300 mA oftewel 0,3A moet geplaatst worden. Rekening houdend met een maximale aardverspreidingsweerstand van maximaal 30 Ω (indien tussen 30 en 100 Ω moeten immers bijkomende differentieelschakelaars voorzien worden) betekent dit dat er maximaal continu een spanning van $300 \text{ mA} \times 30 \Omega = 9 \text{ V}$ (stroom $\times$ weerstand = spanning) op de massa's in een woning (buiten de badkamer, wasmachine, droogkast en afwasmachine waar maximaal 0,9 V continu kan aanwezig zijn) aanwezig kan zijn in geval van een isolatiefout met hoge impedantie. 9 V is lager dan de absolute conventionele grensspanning (Afdeling 2.4.1. in het AREI) en bijgevolg ongevaarlijk. Daarenboven respecteert de afschakelsnelheid van een differentieelschakelaar de relatieve conventionele grensspanning in geval van een isolatiefout met zeer lage impedantie overeenkomstig de norm voor differentieelschakelaars. Ook voor de selectieve differentieelschakelaars is dit het geval.

Bovenstaande verklaart waarom, voor een typische huishoudelijke installatie, een kabelberekening overbodig is en bijgevolg ook niet opgelegd wordt als voor te leggen document bij het gelijkvormigheidsonderzoek voor de indienststelling.

2. Niet-huishoudelijke installaties

Niet-huishoudelijke installaties kunnen sterk afwijken van huishoudelijke installaties waarbij men met meerdere bezwarende factoren rekening moet houden.

Stap 1: Gegevens elektrische installatie	Stap 2: Kabeltype	Stap 3: Installatiewijze
Stroom en automaat/smeltveiligheid	Isolatie mantel	Lucht of in de grond
Lengte	Aantal geleiders	Omgevingstemperatuur
Spanning: AC of DC	Koper of Alu	Open of gesloten kabelbaan
Vermogensfactor $\cos \varphi$		In een buis
De spanningsval		Nabijheid van andere kabels
Piekstromen		
(Indien aanwezig: 3de harmonische)		

Tabel 2: Kabelberekening in 3 stappen.

De voornaamste reden is de opwarming die optreedt in de kabel. Hierbij is het belangrijk dat de kabel zijn warmte kwijt kan aan de omgeving. Aan een andere kabel kan de warmte niet of moeilijk weg, ze gaan elkaar opwarmen. Denk dan aan de installatiewijze, in de grond kan het haar warmte niet kwijt, indien de grond droog is. In een gesloten kabelbaan met rondom geleiders zal dit bezwarend worden.

De omgevingstemperatuur speelt hierin ook een cruciale rol. Men kan kabels aantreffen in koelinstallaties maar evengoed bovenop ovens. De lengte van de kabels kunnen sterk variëren in de industrie, waarbij enkele honderden meters geen atypische installatie is in magazijnen.

Merk op! Belangrijk is om de weerstand van een kabel of geleider zo laag mogelijk te houden.

Hoe lager de weerstand, des te lager de warmteontwikkeling, dit vermijdt een (onnodige)temperatuurstijgingen van de geleider en de isolatie. Hoe langer de geleider, hoe hoger de weerstand. Hoe kleiner de doorsnede, hoe hoger de weerstand.

Idealiter is de kabel van korte lengte en van een dikke doorsnede voorzien. In de praktijk kunnen we de afstand van de kabel tot het toestel niet inkorten. Wel kunnen we de doorsnede van de geleider vergroten, let op: hoe dikker de geleider, hoe duurder. De extra uitgave voor de kabel verdient zich dubbel en dwars terug als energiebesparing. Een grotere kabeldoorsnede zal er immers ook voor zorgen dat spanningsvallen beperkt worden.

Spanningsverlies binnen een installatie leidt tot vermogensverlies en daarbij ook tot energieverlies. Je moet spanningsverlies dus zien te beperken. Ook vanwege de mogelijke gevolgen voor apparatuur, deze kan daardoor niet juist functioneren of zelf defect raken.

De norm verplicht ons om op eigen LS-voeding een spanningsval van maximum 6% te hebben voor verlichting en 8% voor anderen. Voor motoren mag dit tot 5% oplopen vanwege de hoge startstromen. Bij verhoging van de kabelsectie wordt de kortsluitstroom groter dus moet men de vermogensschakelaar of smeltveiligheid aanpassen.

Merk op! Bij verhoging van de kabelsectie wordt de kortsluitstroom groter dus moet men de vermogensschakelaar of smeltveiligheid aanpassen aan de maximale te verwachten kortsluitstroom ($I_{cc \max}$).

In *huishoudelijke lokalen* zegt de wet dat een automatische differentieelinrichting verplicht is.

Bij *niet-huishoudelijk* is dit niet verplicht, in sommige gevallen is dit zelfs verboden! In dit geval gaan we kiezen voor een actieve overstroombeveiliging die snel en doeltreffend zal uitschakelen bij een onrechtstreekse aanraking.

Belang van correcte kabelberekening

De berekeningsnota's zijn verplicht om te kunnen controleren of de elektrische installatie veilig en correct is opgesteld. Dit is de enige manier om na te gaan of alle voorwaarden zijn nageleefd ten opzichte van de spanningsval, kabel- en kortsluitstroomberekening en de bescherming tegen onrechtstreekse aanraking.

Men kan de kabelberekening zelf opstellen, met pen en papier. Hierbij moet men de het AREI en de norm volgen. Anderzijds zijn er tal van berekeningsprogramma's. Deze applicaties vereenvoudigen het proces een heel stuk. De wiskundige formules en de regelgeving zit hier al reeds in verwerkt.

Het zal er dus enkel van afhangen van de nodige informatie van de elektrische installatie in te vullen.

Sommige programma's kunnen zelfs je berekening omzetten in een schema met alle nodige informatie al in verwerkt. Zeer handig en tijdbesparend om je elektrisch dossier compleet te hebben.

Weetje: "Als een draad 2 maal zo dik is, is de weerstand 4x kleiner. Dit gezegd zijnde, kunnen we stellen dat als we de sectie verhogen, we de kabel kunnen **verlengen**, de te verwachte **kortsluitstromen** minimum en maximum **nemen toe**, de **spanningsval daalt**."

Wat is kortsluiting en overbelasting?

- **Bescherming van de installatie tegen overbelasting.** Wanneer men een installatie ontwerpt en men geen rekening houdt met de juiste sectie en lengte van de kabel kan het gebeuren dat bij overbelasting de beveiliging niet reageert, er wordt te veel energie in de kabel gedissipeerd met opwarming, hitte en brand tot gevolg. Een te lange kabel zal de beveiliging te traag doen reageren mits de automaat zal afschakelen d.m.v. warmte maar dit hierdoor pas na enkele uren de automaat kan aanwakken tot uitschakelen.
Bv: Een automaat 20A curve C, vloeit een stroom van $1,45 \times I_n(20A)$, dan zal de automaat binnen het uur uitschakelen bij een stroom van 29A.
- **Bescherming tegen kortsluiting.** Zoals het voorgaande punt reeds beschrijft als men geen rekening houdt met de sectie en kabellengte kan gebeuren dat de zekering niet reageert. De hoge kortsluitstroom zal de kabel heel vlug laten opwarmen tot zelfs laten ontvlammen.
- **Bij kortsluiting** komen hele hoge stromen vrij. De $I_{cc \max}$ oftewel de maximaal te verwachten kortsluitstroom. Enkele seconden zijn in dit geval al ruim voldoende om je kabel te doen smelten en te ontvlammen. Hoe dichterbij het hoofdverdeelbord (ALSB) hoe hoger de kortsluitstromen kunnen zijn. Hoe verder je je verwijdert en naar een sub bord gaat, hoe lager de kortsluitstromen zullen zijn. Om een voorbeeld te geven, de meest voorkomende industriële automaten in het ALSB kunnen makkelijk 25kA (25.000A) en zelfs meer aan.
