

# Computerprogramma berekent kabeldoorsnede

Om tot een juiste kabelkeuze te komen dient men de nominale belasting, het spanningsverlies en de maximale kortsluitlengte te bepalen. Aan de hand van deze gegevens kan een pakket van eisen worden opgesteld waaraan een geautomatiseerde kabelberekening dient te voldoen.

norm gebruikt moeten worden, tenzij er door berekening kan worden aangetoond dat een andere keuze mogelijk is. Als basis moet eerst de nominale belasting van de kabel worden bepaald, vervolgens het spanningsverlies en dan de maximale lengte voor kortsluiting. Deze drie criteria zullen achtereenvolgens worden beschreven. Hiermee kan een pakket van eisen worden opgesteld waaraan een geautomatiseerde kabelberekening dient te voldoen.

Bij het uitrekenen van de gewenste kabel naar bijvoorbeeld een motor of een schakelkast, kan het voor de installateur een groot financieel voordeel zijn om een minimale kabel te selecteren. Wel is dan een nauwkeurige berekening vereist. De toekomstige kabeleigenaar is uiteraard ook in het energieverlies van de kabel geïnteresseerd. In veel gevallen is dan een grotere kerndoorsnede gewenst. Om in de praktijk tot een goede keuze te komen, dienen er diverse tabellen en formules bekeken en berekend te worden. Hierdoor ontstaan snel fouten en vergissingen met alle gevolgen van dien. Bij de kabelselectie moet aan NEN1010 voldaan worden. Dit houdt in dat de tabellen uit deze

## Selectie

De navolgende gegevens zijn nodig om de juiste kabel te selecteren:

- Het vermogen c.q. de nominale stroom;
- de keuze of de kabel een motor voedt (zo ja, dan bovendien de methode van aanlopen);
- de arbeidsfactor;
- de omgevingstemperatuur;
- de temperatuur van de aders;
- warmteweerstand van de kabel naar de omgeving;
- wijze van leggen van de kabel;
- wel of geen aardlekbeveiliging;
- snelle of trage smeltveiligheid;
- de lengte van de kabel;
- het aantal aders in de kabel.

Ing. J.W. Sandker  
J.W. Sandker is werkzaam bij  
DHV Water BV, Amersfoort

INVOER GROOTHEDEN	
vermogen [kw]	20.00
spanning [V]	380.00
cos phi	0.80

INVOER KABELGEGEVENS	
lengte	60
fuse (Snel/Tr)	T
aardlekbev. (Y/N)	N
omgevingstemp. (°C)	30
factor	0.80
tot. aantal aders	4
aantal aarde aders	1
max dU [%]	2.00
kabeltype in pijp of goot	

UITVOER IS	
standaard motor	
overige belasting	
kabelenergieverlies	
rail berekening	

Figuur 1: Het bedieningsvenster. Het bovenste deel geeft mogelijkheden voor invoer, het onderste deel geeft het berekende resultaat.

Use the keys ^-J- 999.99 if out of range! (c) JW.  
 Sandker rev. 2.1  
 Selectie criterium: Spanningsverlies

STANDAARD MOTOR	
asvermogen [kW]	22.00
el.vermogen [kW]	24.74
cos.phi	0.87
stroom [A]	43.22
doorsnede [mm <sup>2</sup> ]	16.00
zekering [A]	63.00
kabeldikte [mm]	346.36
prijs f	821.58
Uverlies [%]	1.51

De keuze van de smeltveiligheid wordt bepaald door het in te voeren vermogen, dat ten grondslag ligt aan de optredende nominale stroom. Er wordt nu eerst vanuit gegaan dat de kabel een motor voedt. Bij een op te geven asvermogen voor een motor dient het programma een standaardmotor te selecteren die het gevraagde asvermogen kan leveren. Bij deze motor hoort een door de fabrikant opgegeven nominale stroom plus de arbeidsfactor. In de praktijk blijkt dat de motoren van de diverse fabrikanten nagenoeg dezelfde rendementen en arbeidsfactoren te zien geven. Alvorens de smeltveiligheid bepaald kan worden, moet eerst de wijze van aanlopen van de motor worden bepaald. De verhouding aanloopstroom versus nominale stroom is afhankelijk van het feit of de motor direct, via een ster-driehoekschakelaar, een softstarter of een frequentie omvormer ingeschakeld wordt. Samen met deze keuze kan de smeltveiligheid worden bepaald.

Nu de smeltveiligheid en de motorstroom bekend zijn, kan de kabel worden vastgesteld. Hiervoor is nodig dat de gegevens bepaald worden waarmee de kabel op de nominale belasting wordt geselecteerd. Dit houdt onder meer in de wijze van leggen, meerdere - naast elkaar liggende - kabels, een afwijkende omgevingstemperatuur of een afwijkende warmte-weerstand naar de omgeving. In geval van grotere motorstromen worden deze factoren zoveel mogelijk geoptimaliseerd zodat kan worden volstaan met een kleinere kabel. Dit drukt uiteraard op de kosten.

Als het een kabel naar bijvoorbeeld een schakelkast betreft, volgt de smeltveiligheid direct uit de nominale stroom. Voor de kabelselectie

moet de opgegeven nominale stroom eerst omgezet worden in de maximum toelaatbare stroom.

#### Spanningsverlies

Het spanningsverlies wordt berekend door de impedantie te splitsen in de ohmse weerstand en de reactantie. Het capacitieve deel is verwaarloosbaar. Wel moet rekening worden gehouden met de invloed van temperatuurstijging van de kern. De reactantie is vooral bij grotere kabels niet verwaarloosbaar.

Om het toelaatbare spanningsverlies te bepalen dient men zich eerst te realiseren welk spanningsverlies er mag optreden. Van de trafo naar de laagspanningsverdeling wordt bijvoorbeeld een spanningsverlies van 1% geaccepteerd, voor de kabel van de laagspanningsverdeling naar de motor bijvoorbeeld 3%.

#### Kortsluitlengte

De eenvoudigste weg is voor de gevonden smeltveiligheid tabel 53C van de NEN1010 toe te passen. Deze tabel schiet echter ernstig te kort. De lengte van de in deze tabel opgenomen kabel is beperkt. Bovendien kent de tabel geen kleinere smeltveiligheden dan 16A. Sommigen benaderen deze tabel door vuistregels, echter bij zorgvuldige bestudering blijken deze grote afwijkingen te vertonen. Een oplossing welke meer soelaas biedt is een tabel welke uitgegeven is door de PEN. Hierin staan kleinere smeltveiligheden vermeld. Ook kan men langere kabels kiezen.

Een betere methode is om de stroom te berekenen die optreedt bij de kortsluiting en te bepalen of deze stroom binnen vijf seconden door de smeltveiligheid wordt afgeschakeld. Bij de berekening van de kortsluitstroom moet zowel rekening worden gehouden met de temperatuurtoename van de kabel tot maximaal 250°C voor XLPE als met de spanningsdaling aan de voedende zijde ten gevolge van kortsluiting. Daarbij moet gelet worden op de terugwerking van installatiedelen bij kortsluiting (ten gevolge van het feit dat motoren als generator gaan functioneren). De afschakelstroom van de smeltveiligheid wordt gevonden in de grafieken van de norm IEC-269. In de praktijk blijken diverse smelt-

veiligheden beter te zijn dan de in de norm aangegeven spreiding. Wanneer men dus de smeltveiligheid van het fabrikaat toepast kan men – omdat deze smeltveiligheid

de kortsluitstroom eerder afschakelt – met een kleinere kabel volstaan terwijl men toch aan de eisen ten aanzien van de kortsluitbeveiliging voldoet.

#### Voorbeeld

Een werktuigkundige heeft een motor nodig met een asvermogen van 20kW. De motor is 60m van de laagspanningsverdeling verwijderd, het maximale spanningsverlies is 2% en de motor wordt direct ingeschakeld.

- Bij het opgeven van het asvermogen van 20kW blijkt een motor van 22kW nodig te zijn.
- Omdat er voor de beveiliging van de motor een thermische beveiliging toegepast wordt, zal tabel 53A nu niet toepast worden.
- Aangezien de kabel in een kabelgoot gelegd wordt, waarin meerdere kabels liggen, wordt een vermenigvuldigingsfactor van 0.8 toegepast. De omgevingstemperatuur is 30°C, zodat hiervoor geen correctie voor berekend zal worden. De minimaal benodigde kabel heeft nu een doorsnede van 10mm<sup>2</sup> op grond van de nominale belasting.
- Nu moet het toelaatbare spanningsverlies bepaald worden over de zojuist gevonden kabel. Het spanningsverlies blijkt 2,38% te zijn, uitgaande van een bedrijfstemperatuur van 70°C, zodat een zwaardere kabel van 16mm<sup>2</sup> gekozen moet worden. Het spanningsverlies wordt dan 1,51%.
- Tenslotte wordt de kortsluitstroom berekend. De stroom die na vijf seconden door de 16mm<sup>2</sup> kabel loopt is 397A. Hierbij is rekening gehouden met opwarming van de kabel en 10% spanningsdaling aan de voedende zijde. In de grafiek in de IEC norm voor GI patronen blijkt dat na vijf seconden een stroom van 350A afgeschakeld wordt, zodat deze 16mm<sup>2</sup> kabel mag worden toegepast.

terprogramma's op de markt zijn, is het probleem meestal dat deze amper toegankelijk zijn. De gebruiker weet over het algemeen niet meer op welke gronden de kabel geselecteerd wordt. Een ander probleem ontstaat wanneer het kabelberekeningsprogramma geleverd wordt door de fabrikant van de schakelaars en beveiligingstoestellen. De gebruiker, die slechts geïnteresseerd is in de kabelselectie, dient nu over de volledige kennis van het artikelenassortiment van die fabrikant te beschikken. Ten gevolge van deze problemen, welke zich vooral bij de kleinere installateurs voordoen, blijken computerprogramma's moeilijk ingang te vinden. In de praktijk blijken de installateurs op ervaring een kabel te kiezen, zonder zich te bekommeren over maximale kabel lengte of spanningsverlies.

Men behulp van een menugestuurd programma, zoals getoond in figuur 1, is moeiteloos de juiste informatie te vergaren. Een bijkomend voordeel hiervan is, wanneer men denkt aan de kwaliteitsnorm ISO-9001, dat nu een duidelijke lijn kan worden aangegeven op welke wijze men kabels selecteert.

Zoals gezegd moet een computerprogramma aan de wensen van zowel opdrachtgever als installateur tegemoet komen. Dit houdt voor wat betreft de kortsluitlengte in dat de installateur die scherp gecaluleerd heeft, zich zal beperken tot de grafieken welke behoren bij de smeltveiligheid van een bepaald fabrikaat. De opdrachtgever zal zich beperken tot de grafieken in de norm IEC-269. Het computerprogramma is dan ook zoveel mogelijk open gelaten. Alle tabellen kunnen door de diverse gebruikers zelf naar wens worden gewijzigd.

Ten behoeve van calculatie is de optie toegevoegd om een invoerfile met een lijst van motoren en bijbehorende gegevens te kunnen lezen, waarna het computerprogramma een uitvoerfile genereert waarin de calculatie van de kabels is opgenomen.

#### Automatisering

Alhoewel er reeds diverse compu-

