

Oplossingen voor vermogensbeheer, beveiliging en energie-efficiëntie

2017

U = RI

your energy
our expertise



 **socomec**
Innovative Power Solutions

Laagspanningsverdeling

Aardingsschema's	4
Spanningen, overspanningen	6
Kwaliteit van de energie	7
Verbetering van de kwaliteit van de energie	12
Externe invloeden	13

Overbelastingsstromen

Bepalen van de stroom I_2	14
Bepalen van de toegelaten stroom I_2 (volgens NF C 15100 en IEC 60364)	15
Beveiliging van de kabels tegen overbelasting met zekeringen gG	19

Kortsluitstromen

Berekening van de I_{cc} van een bron	20
Berekening van de I_{cc} van een LS-installatie	21
Beveiliging van leidingen	26
Beveiliging van geleiders met zekeringen	27

Directe en indirecte contacten

Beveiliging tegen direct contact	28
Beveiliging tegen indirecte contacten	29
Beveiliging tegen indirecte contacten met zekeringen	32
Beveiliging tegen indirect contact via differentieelrelais	33

Spanningsdalingen

Berekening van de spanningsdaling op een kabel met lengte L	34
Benadering van de zogenaamde "economische secties"	34

Onderbrekings- en scheidingsapparaten

Productnormen NF EN 60947 en IEC 60947	35
Constructienormen IEC 60364 of NF C 15100	37
Keuze van een schakelaar	38
Toepassingen	39
Gebruiksgrenzen	41

Beveiliging met zekeringen

Algemene karakteristieken	42
Begrenzen van de kortsluitstroom	42
Keuze van een zekering "gG" of "aM"	43
Beveiliging van de kabels tegen overbelasting met zekeringen gG	46
Beveiliging van geleiders met zekeringen	47
Beveiliging tegen indirecte contacten met zekeringen	48
Karakteriserende curves voor gG zekeringen	49
Karakteriserende curves voor aM zekeringen	51
Keuze van een UR-zekering	53
Selectiviteit	54

Energiecontrole en -beheer

Inleiding	58
Tariefbepaling	58
Metten van de elektrische grootheden	59
Tellen van de energie	59
BEWAKING	60
Controle besturing	60
Kwaliteit van de energie	60

De industriële communicatie

Analoge communicatie	61
Digitale communicatie	62
Het JBUS/MODBUS-protocol	63
De bus RS485	66
Het PROFIBUS-protocol	70

Elektrische meting

Ferromagnetische toestellen	72
Draaispoeltoestellen	72
Draaispoeltoestellen met gelijkrichter	72
Gebruiksstand	72
Gebruik van vermogentransformatoren (TP)	72
Vermogenomvormer	73
Nauwkeurigheidsklasse	73
Verbruik door de koperen kabels	73
Somtransformator	74
Verzadigbare TI's	74
Aanpassing van de transformatieverhouding	74

Digitale netbeveiliging

Algemeen	75
Beveiligingsfunctie	75
Tijdsafhankelijke beveiligingskromme	75
Beveiligingsrelais	75
Weergave van de krommen	75
Vergelijking van de krommen	75
Beveiliging van de nulleider	76
Beveiliging "aardingsfout"	76
Tijdonafhankelijke beveiligingskromme	76
Beveiliging vermogensretour	76
Keuze van de TI	76

Differentieelbeveiliging

Algemeen	77
Definities	78
Toepassingen	79
Implementatie	82

Permanente isolatiecontroletoeestellen

Algemeen	86
Definities	87
Toepassing	88
Aansluiting van de CPI's	91

Overspanningsbegrenzer

Algemeen	92
Smoorpoelen voor stroombegrenzing	92
Effectief beveiligingsniveau met een overspanningsbegrenzer	92
Nominale doorslagspanning met industriële frequentie	92
Aansluiting van de LSE	92

Bliksembeveiligers

Beveiliging tegen kortstondige overspanningen	93
Overspanningen als gevolg van blikseminslag	95
Belangrijkste voorschriften en normen (deze lijst is niet volledig)	96
Technologie	98
Inwendige constructie	100
Belangrijkste kenmerken van bliksembeveiligers	100
Keuze en plaatsing van bliksembeveiligers als hoofdbeveiliging	101
Beveiliging van apparaten en distributiebliksembeveiligers	103
Regels en keuze van bliksembeveiligers	105
Implementatie en onderhoud	106

Compensatie van reactieve energie

Principe van de compensatie	107
Berekening van het condensatorvermogen	111
Keuze van de compensatie voor een vaste belasting	112

Kasten

Thermische effecten	114
Thermische berekening van kasten	115
Keuze van de airconditioning	116

Barenstellen

Materiaalkeuze van het barenstel	117
Bepalen van de piek Icc in functie van de effectieve Icc	117
Thermisch effect van de kortsluiting	117
Elektrochemische koppels	117

Statische onderbrekingsvrije voeding (UPS)

Werkingsprincipe	119
Communicatie	123

Aardingsschema's

Een aardingsschema of "nulleider regime" in een laagspanningsnet wordt door twee letters gedefinieerd:

Het aardingsschema of de "nulleider regime" in een LS-net wordt door twee letters gedefinieerd:	geaard	T	T	geaard	De eerste letter bepaalt de aarding van de secundaire van
	geïsoleerd t.o.v. de aarde	I	T	geaard	
	geaard	T	N	verbonden met nulleider	

TT : regime "nulleideraarding"

De toepassing van deze sterpuntschakeling is verplicht voor de publieke distributie van laagspanning in Frankrijk.

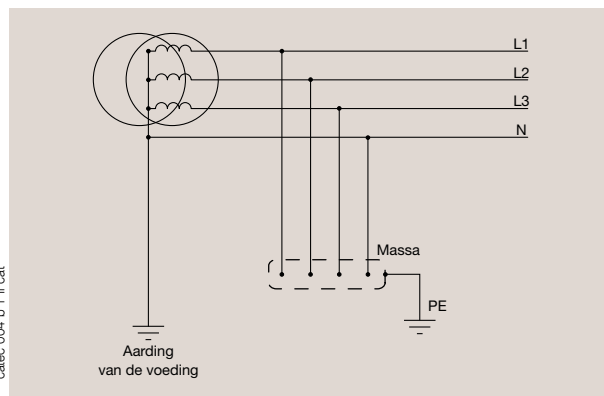
Bij een isolatiefout wordt automatisch de voeding van alle ontvangers totaal of gedeeltelijk onderbroken.

De onderbreking is verplicht bij de eerste fout.

Het geheel moet uitgerust zijn met een ogenblikkelijke differentieelbeveiliging.

Deze kan algemeen van toepassing zijn of kan opgesplitst worden in functie van de types en de belangrijkheid van de installatie.

Dit type nulleider regime wordt gebruikt in de volgende gevallen:
huishoudelijk gebruik, kleine instellingen uit de dienstverlenende
sector, kleine werkplaatsen, onderwijsinstellingen met
praktijklokalen, enz.



TN : regime "aarding via nulleider"

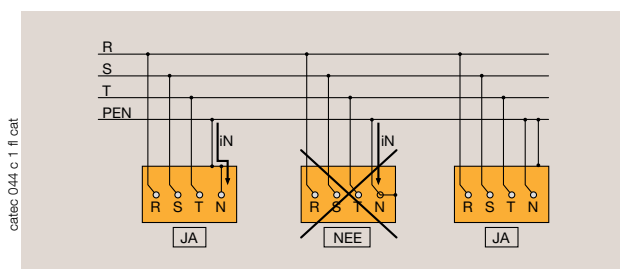
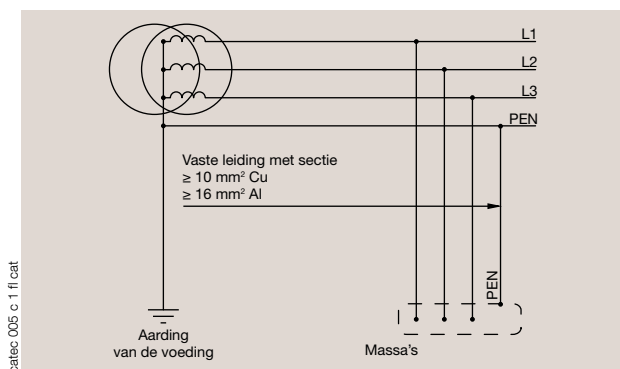
Dit verdelingsprincipe is geschikt voor elke installatie waarin het mogelijk is de stroom te onderbreken bij de eerste isolatiefout.

De kosten voor installatie en gebruik van dit nettype zijn minimaal; de installatie van het algemene beveiligingscircuit moet wel uiterst nauwkeurig gebeuren.

De nulleder (N) en de beveiligingsleider (PE) kunnen gemeenschappelijk (TNC) of gescheiden (TNS) zijn.

TNC-schema

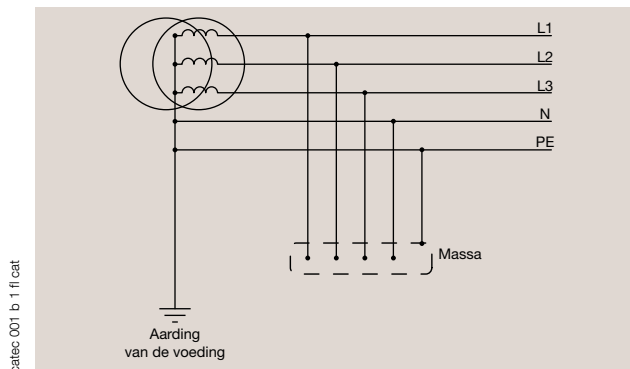
De PEN-geleider (nulleiderbeveiliging) mag in geen enkel geval onderbroken worden. De sectie van de PEN- geleiders moet 10 mm² of meer bedragen bij koper en 16 mm² of meer bij aluminium en ze mogen geen mobiele delen bevatten (soepele kabels).



De "beschermingsfunctie" van de PEN-geleider heeft voorrang boven "nulleiderfunctie".

TNS-schema

Het is mogelijk een TNS-net op te zetten na een TNC-net; het omgekeerde is niet mogelijk. De TNS-nulleiders zijn doorgaans gescheiden en niet beveiligd; hun secties moeten op zijn minst gelijk zijn aan deze van de overeenkomstige fasen.



TNC-S-schema

De naam TNC-S-schema geeft een verdeling aan waarbij de nulleidert en de beveiligingsleidert in het eerste deel van de installatie samenvloeien en gescheiden zijn in de rest van de installatie.

IT : regime "geïsoleerde nulleider"

Dit nulleider regime wordt gebruikt wanneer de onderbreking bij een eerste fout schadelijk is voor de goede werking van het systeem of voor de persoonlijke veiligheid.

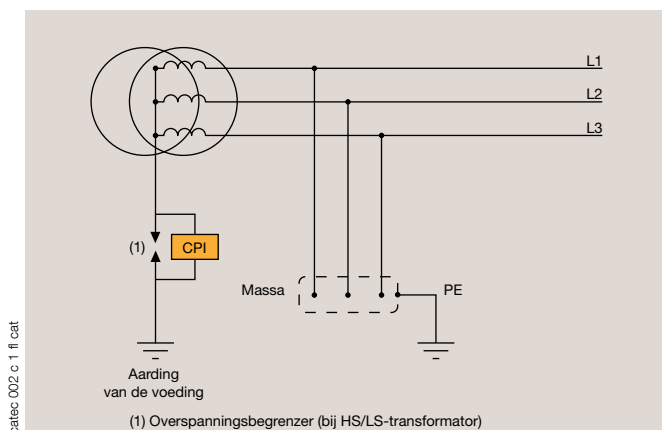
Voor het gebruik van dit type is ter plaatse geschoold personeel nodig om snel te kunnen handelen wanneer een eerste isolatiefout optreedt om de continue werking te garanderen voor er zich eventueel een tweede fout voordoet die de installatie zou uitschakelen.

Een overspanningsbegrenzer is verplicht voor het afleiden naar de aarde van de overspanningen afkomstig van de hoogspanningsinstallatie (diëlektrische fout HS/LS-transformator, schakelingen, blikseminslag, enz.).

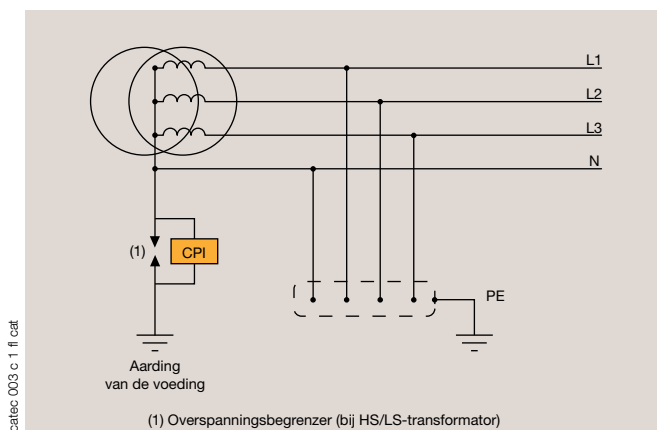
De persoonlijke beveiliging wordt verzekerd door :

- de onderlinge verbinding en de aarding van de massa's,
- de bewaking van de eerste fout door CPI* (permanente isolatiecontroletoeestellen),
- de onderbreking bij een tweede fout door de beveiliging tegen overspanningen of door de differentieelinrichtingen.

Dit nulleider regime wordt bijvoorbeeld gebruikt in ziekenhuizen (operatieafdeling) of in beveiligingscircuits (verlichting) en ook in die industrietakken waar een continue werking belangrijk is of wanneer de zwakke fout-stroom het brand- of ontplofingsgevaar aanzienlijk verkleint.



IT-schema zonder verdeelde nulleider.



IT-schema met verdeelde nulleider.

Laagspanningsverdeling

Spanningen, overspanningen

Spanningsdomeinen

Bij laagspanning worden twee domeinen onderscheiden conform de norm IEC 60364 (NF C 15100) en drie domeinen volgens het decreet van 14.11.88.

Domein Decreet	IEC	Nominale spanning U_n	
		AC	DC
ZLS : Zeer lage spanning	I	$\leq 50 \text{ V}$	$\leq 120 \text{ V}$
LSA : Laagspanning A	II	$50 \text{ V} < U_n \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U_n \leq 750 \text{ V}$
LSB : Laagspanning B	II	$500 \text{ V} < U_n \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U_n \leq 1500 \text{ V}$

Standaardspanning voor AC

Eenfasig : 230 V.

Driefasig : 230 V / 400 V en 400 V / 690 V.

Evolutie van spanning en tolerantie (IEC 60038)

Periodes	Spanningen	Toleranties
Vóór 1983	220 V / 380 V / 660 V	$\pm 10 \%$
Van 1983 tot 2003	230 V / 400 V / 690 V	$+ 6 \% / - 10 \%$
Sinds 2003	230 V / 400 V / 690 V	$\pm 10 \%$

Beveiliging tegen kortstondige overspanning

Deze wordt verzorgd door :

De toestelkeuze in functie van U_{imp}

De normen NF C 15100 en IEC 60364 definiëren vier gebruiksklassen :

Categorie I	Elektronische apparatuur of componenten die niet goed bestand zijn tegen schokken. <i>Bijv.: elektronische circuits</i>
Categorie II	Gebruiksapparaten die worden aangesloten op de vaste elektrische installatie van het gebouw. <i>Bijv.: - handgereedschap, enz. - computers, tv, hifi, alarmsysteem, huishoudelijke apparaten met elektronische programmering, enz.</i>
Categorie III	Vast gemonteerde apparaten en andere apparaten waarvan het hoogste niveau van betrouwbaarheid wordt gevraagd. <i>Bijv.: - verdeelkasten, enz. - vaste installaties, motoren, enz.</i>
Categorie IV	apparaten gebruikt aan de bron of dichtbij de bron van de installatie en stroomopwaarts van het verdeelpaneel. <i>Bijv.: - sensoren, transformatoren, enz. - primaire beschermingsapparaten tegen overbelasting</i>

Overspanning in kV volgens de gebruiksklasse

Driefasig net	Eenfasig net	IV	III	II	I
230 V / 400 V	230 V	6	4	2,5	1,5
400 V / 690 V		8	6	4	2,5
690 V / 1000 V				Xx	

(Xx) waarden afkomstig van de fabrikanten van de apparaten. Als deze niet bekend zijn, kunnen de waarden van de regel hierboven gekozen worden.

Bliksembeveiligers (zie pagina 93)

N.B.: De atmosferische overspanningen nemen in het merendeel van de installaties afwaarts nauwelijks af.

Daardoor is de keuze van de overspanningscategoriën van de apparaten onvoldoende als beveiliging tegen overspanningen.

Een aangepaste risicoanalyse moet worden uitgevoerd om de noodzakelijke overspanningsbeveiliging te bepalen op de verschillende niveaus van de installatie.

Voorgeschreven toegelaten spanningen bij 50 Hz

Apparaten in de laagspanningsinstallatie moeten bestand zijn tegen de volgende kortstondige overspanning :

Duur (s)	Voorgeschreven toegelaten spanning (V)
> 5	$U_0 + 250$
≤ 5	$U_0 + 1200$

Kwaliteit van de energie

De algemeen toegelaten toleranties (EN 50160) voor de goede werking van een net met gevoelige verbruikers (elektronische apparaten, computerapparatuur, enz.) staan opgesomd in de volgende rubrieken.

Spanningsdalingen en onderbrekingen

Definitie

Een korte spanningsdaling is de vermindering van de spanningsamplitude tijdens een periode van 10 ms tot 1 s.

De spanningsvariatie wordt uitgedrukt in % van de nominale spanning (tussen 10 % en 100 %). Een kortstondige spanningsdaling van 100 % wordt een onderbreking genoemd.

Het volgende onderscheid kan gemaakt worden in functie van de onderbrekingstijd t :

- 10 ms < t < 1 s: micro-onderbrekingen bv. als gevolg van snelle wederinschakelingen na kortstondige fouten...
- 1 s < t < 1 min: korte onderbrekingen als gevolg van het in werking stellen van de beveiligingen, het activeren van toestellen met hoge startstroom...
- 1 min < t : lange onderbrekingen normaal veroorzaakt door het HS- net.

Spanningsdalingen volgens de norm EN 50160 (conditie)

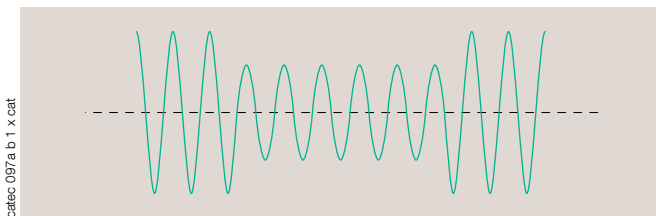
	normaal	Toleranties uitzonderlijk	in functie van de aangesloten verbruikers
Aantal	van x 10 tot x 1000	1000	hoog
Duur	< 1 s	> 1 s	
Diepte	< 60 %	> 60 %	tussen 10 % et 15 %

Korte onderbrekingen volgens de norm EN 50160 (per periode van een jaar)

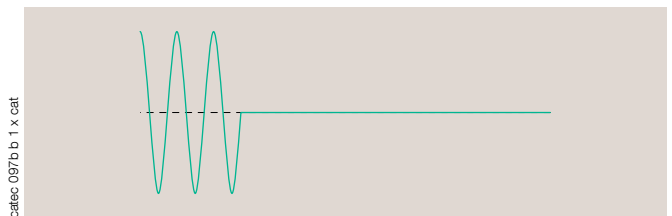
	Toleranties
Aantal	n van x 10 tot x 1000
Duur	< 1 s voor 70 % van n

Lange onderbrekingen volgens de norm EN 50160 (per periode van een jaar)

	Toleranties
Aantal	n van x 10 tot x 1000
Duur	> 3 min



Spanningsdalingen.



Onderbreking.

Gevolgen van een dergelijke spanningsdaling of onderbreking:

Openen van de contactoren (daling > 30 %).

Synchronisatieverlies bij synchrone motoren, onstabieleit bij asynchrone motoren.

Informaticatoepassingen: verlies van informatie, enz.

Storingen in de verlichting met ontlastingslampen (gaan uit bij een daling van 50 % gedurende 50 ms, gaan pas weer aan na enkele minuten).

Oplossingen

Onafhankelijk van het belastingstype:

- gebruik van een UPS (statische onderbrekingsvrije voeding) *zie pagina 119*,
- wijziging van de netstructuur *(zie pagina 12)*.

Volgens het belastingstype:

- voeding van de contactorspoelen tussen fasen,
- verhoging van de motorinertie,
- gebruik van lampen met onmiddellijke herontsteking.

Kwaliteit van de energie (vervolg)

Frequentievariaties

Deze zijn meestal het gevolg van fouten in de stroomaggregaten. De oplossing bestaat in het gebruiken van statische omvormers of UPS.

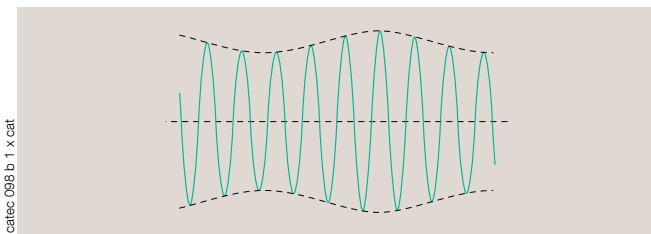
Frequentie in LS-net ($U_n = 230\text{ V}$) en HS-net ($1 < U_n \leq 35\text{ kV}$) volgens de norm EN 50160 (per periode van tien seconden)

	Toleranties	
	Gekoppeld net	Niet-gekoppeld net (eilanden)
99,5 % van het jaar	50 Hz $\pm 1\%$	50 Hz $\pm 2\%$
100 % van de tijd	50 Hz $\pm 4\%$ tot -6%	50 Hz $\pm 15\%$

Spanningsvariaties en flikkeringen

Definitie

Het gaat hier om een lichtflikkering als gevolg van plotse spannings verschillen. Flikkering is onaangenaam voor het menselijk oog. Plotselinge spanningsvariaties worden veroorzaakt door toestellen waarvan het geabsorbeerd vermogen snel wisselt: vlamboogovens, lasmachines, walsmachines, enz.



Oplossingen

- UPS (voor kleine belastingen).
- Smoorspoel of condensatorbatterij in het circuit van de belasting.
- Verbinding met een specifieke HS/LS transformator (vlamboogovens).

Spanningsvariatie volgens de norm EN 50160 (per periode van een week)

x % van het aantal U_n eff gemiddeld 10 min	Toleranties
95 %	$U_n \pm 10\%$
100 %	$U_n + 10\%$ tot $U_n - 15\%$

Snelle spanningsvariatie volgens de norm EN 50160

	Toleranties
Meestal	5 % van U_n
Eventueel	10 % van U_n

Flikkereffect volgens de norm EN 50160 (per periode van een week)

	Toleranties
95 % van de tijd	$P_{LT} \leq 1$

Kortstondige overspanningen (door de verplaatsing van het sterpunt van de spanning)

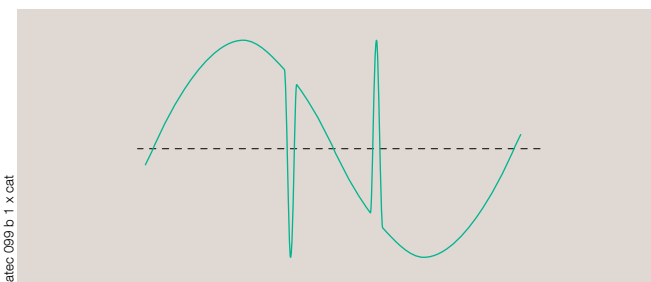
	Toleranties
Storing voor trafo.	$< 1,5\text{ kV}$

Tijdelijke overspanningen

Definitie

Voorbijgaande fenomenen zijn in hoofdzaak zeer hoge en snelle overspanningen als gevolg van :

- blikseminslag,
- schakelingen of defecten in het HS- of LS-net,
- elektrische boogontlading van het toestel,
- omschakelingen van inductieve ladingen,
- het onder spanning brengen van sterk capacitieve circuits :
 - grote kabelnetwerken,
 - machines met ontstoringcapaciteit.



Effecten

- Ongepaste activering van beveiligingen,
- Beschadiging van elektronische uitrustingen (stuurkaarten van programmeerbare automaten, van snelheidsregelaars, enz.),
- Doorslaan van de isolerende kabelmantel,
- Te warm worden en vroegtijdige veroudering van informaticasystemen.

Oplossingen

- Implementeren van bliksembeveiligers en overspanningsbegrenzers.
- Verhoging van het kortsluitvermogen van de bron.
- Correcte aarding van de HS/LS toestellen.

	Toleranties
Waarde	meestal $< 6\text{ kV}$
Stijgtijd	van μs tot ms

Kwaliteit van de energie (vervolg)

Harmonischen

Definitie

Stroom- of spanningsharmonischen zijn "parasiet"-stromen / spanningen van het elektriciteitsnet. Deze vervormen de stroom- of spanningsgolf en leiden tot :

- een verhoging van de effectieve stroomwaarde,
- het circuleren van een stroom in de nulleider die groter kan zijn dan de fasestroom,
- de verzadiging van de transformatoren,
- storingen in de zwakstroomnetten,
- het ongepast uitschakelen van de beveiligingen, enz.
- vertekende metingen (stroom, spanning, energie, enz.).

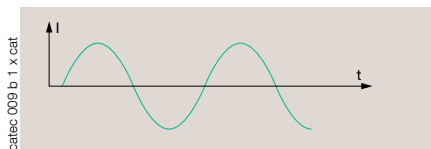
De stroomharmonischen worden veroorzaakt door stroomtransformatoren, elektrische boogontladingen (vlamboogovens, lasmachines, tl-lampen of ontlaadingslampen) en vooral door statische gelijkrichters en omvormers (vermogenslektronica). Deze belastingen worden "vervormende belastingen" genoemd (zie hierna). De spanningsharmonischen zijn het gevolg van de circulerende harmonische stromen in de net- en transformatorimpedanties.

Spanningsharmonischen

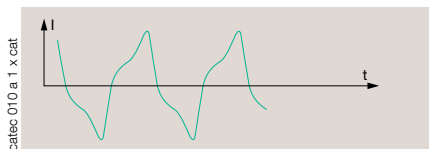
Per periode van een week en 95 % van de spanningsharmonischen gemiddeld over 10 min moeten onder de waarden blijven van de volgende tabel. Vervolgens moet het totale vervormingspercentage van de spanning onder 8 % blijven (inclusief tot de conventionele rang van 40).

Maximum waarde van de spanningsharmonischen op de leveringspunten in % in U_n

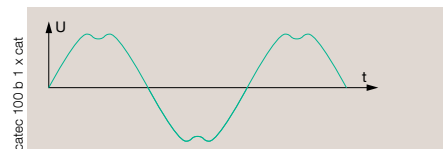
Oneven harmonischen				Even harmonischen	
geen meervoud van 3		meervoud van 3		Rang H	% UC
Rang H	% UC	Rang H	% UC		
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 tot 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19 tot 25	1,5				



Zuivere sinusstroom



Door harmonischen vervormde stroom.



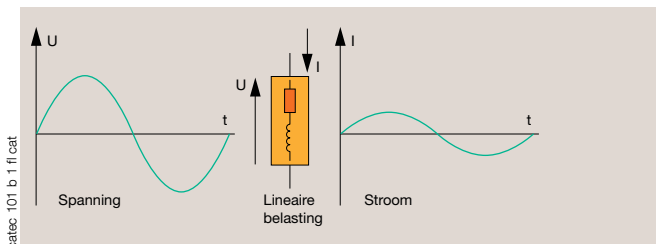
Door harmonischen vervormde spanning.

Oplossingen

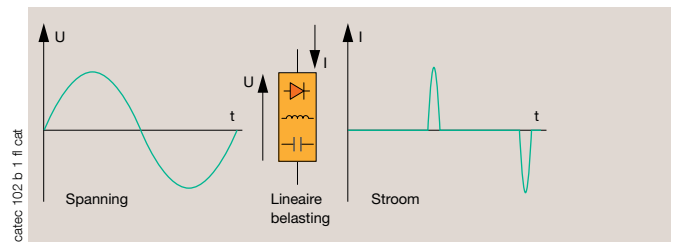
- Smoorspoel in lijn.
- Gebruik van gelijkrichters.
- Declasseren van de uitrusting.
- Vergroten van het kortsluitvermogen.
- Voeding van de storende belastingen via UPS (zie pagina 119).
- Gebruik van anti-harmonische filters.
- Verhoging van de sectie van de geleiders.
- Overdimensionering van de toestellen.

Lineaire belastingen - vervormende belastingen

Een belasting wordt lineair genoemd wanneer de stroom die erdoor gaat dezelfde vorm heeft als de spanning :



Een belasting wordt vervormend genoemd wanneer de vorm van de stroom niet meer overeenkomt met de vorm van de spanning :



De vervormende belastingen leiden tot waarden van de nulleiderstroom die hoger kunnen liggen dan de waarden van de fasestroom.

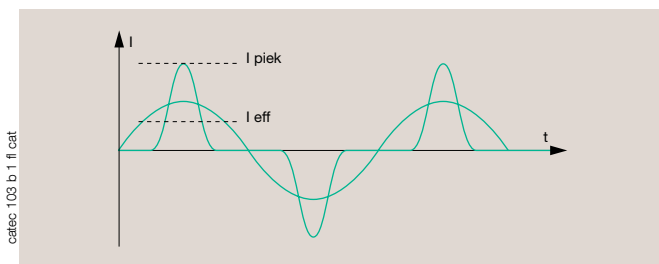
Kwaliteit van de energie (vervolg)

Harmonischen (vervolg)

Piekwaarde (f_c)

Bij vervormende belastingen wordt de stroomvervorming gekarakteriseerd door de piekfactor:

$$f_c = \frac{I_{\text{piek}}}{I_{\text{eff}}}$$



Door harmonischen vervormde spanning.

Voorbeelden van f_c -waarden:

- resistieve belasting (zuivere sinus): $2 = 1,414$,
- CPU van computers: 2 tot 2,5,
- toestel type PC: 2,5 tot 3,
- printers: 2 tot 3.

Deze enkele voorbeeldwaarden voor de piekfactor tonen aan dat de vorm van de stroomgolf zeer ver van de zuivere sinusvorm kan afwijken.

Rang van de harmonische

De frequenties van de harmonischen zijn veelvoud van de netfrequentie (50 Hz). Dit veelvoud wordt "rang van de harmonische" genoemd.

Voorbeeld: de stroomharmonische rang 5 heeft een frequentie van $5 \times 50 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$. De stroomharmonische rang 1 wordt "basis"-stroom genoemd.

In het net aanwezige harmonischen

De stroom die door het net circuleert is de som van de zuivere sinusvormigestroom ("basisstroom" genoemd) en een aantal harmonischen afhankelijk van het type belasting.

Tabel A: stroomharmonischen op het net

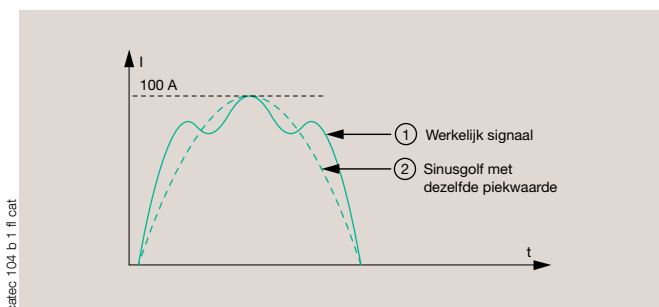
Bronnen		Rangen van de harmonischen																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gelijkrichters	1 alternantie	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2 alternanties		•		•		•		•		•		•		•		•		•	
	3 alternanties	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•
	6 alternanties				•		•				•		•				•		•	
	12 alternanties										•		•							
Ontladingslampen			•		•		•		•		•		•		•		•		•	
Vlamboogovens			•		•		•		•		•		•		•		•		•	

Voorbeeld: een ontladingslamp genereert enkel stroomharmonischen van rang 3, 5, 7, 9, 11 en 13. De even stroomharmonischen (2, 4, 6, enz.) ontbreken.

Storing van de meettoestellen

De ferromagnetische naaldmeettoestellen (ampèremeters, voltmeters...) werden ontworpen om sinusvormige grootheden van een bepaalde frequentie (normaal 50 Hz) te meten. Dit geldt ook voor digitale toestellen met uitzondering van sampler-apparatuur. De metingen van deze toestellen worden vervalst bij een signaal dat vervormd is door harmonischen (zie voorbeeld hieronder).

Enkel de toestellen met een werkelijke (of effectief werkelijke) RMS-waarde kunnen de signaalvervormingen verwerken en een werkelijke effectieve waarde geven (voorbeeld: DIRIS).



Meetstoring.

Voorbeeld:

Signaal 1 wordt gestoord door de aanwezigheid van een harmonische van rang 3. De effectieve waarde van een sinusvorm met dezelfde piekwaarde zou gelijk zijn aan:

$$\frac{100 \text{ A}}{2} = 70 \text{ A}$$

Kwaliteit van de energie (vervolg)

Harmonischen (vervolg)

Berekening van de effectieve stroom

Normaal wordt de effectieve stroom enkel berekend op de eerste 10 à 20 belangrijke harmonischen.

Per fase

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{I_n^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_k^2}$$

I_n : basisstroom van de verstoorder

I_2, I_3, \dots : stroomharmonischen van rang 2, 3...

Op de nulleider

$$I_{\text{eff nulleider}} = \sqrt{I_{N3}^2 + I_{N9}^2 + \dots}$$

De oneven stroomharmonischen die een veelvoud zijn van 3 worden opgeteld.

De effectieve waarden van de stroomharmonischen I_2, I_3 enz. zijn moeilijk te bepalen. (Raadpleeg ons ; specificeer het type belasting, de piekfactor, het belastingsvermogen en de netspanning.)

Voorbeeld

Berekening van de fasestroom en de nulleiderstroom in een net dat gevoed wordt door middel van een gelijkrichter met dubbele alternantie.

- Piekfactor: 2,5
- Belasting 180 kVA: equivalente effectieve stroom 50 Hz:

$$\frac{180 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 260 \text{ A}$$

Berekende harmonischen:

$I_2 =$	182 A	50 Hz
$I_3 =$	146 A	150 Hz
$I_5 =$	96 A	250 Hz
$I_7 =$	47 A	350 Hz
$I_9 =$	13 A	450 Hz

- De stroomharmonischen van een hogere rang zijn te verwaarlozen.

Stroom in een fase:

$$I_p = \sqrt{(182)^2 + (146)^2 + \dots} = 260 \text{ A}$$

Stroom in de nulleider:

$$I_{\text{Nulleider}} = \sqrt{(3 \times 146)^2 + (3 \times 13)^2} = 440 \text{ A}$$

De stroom in de nulleider is groter dan de fasestroom. Er moet rekening gehouden worden met de aansluitingssecties en de toestelkeuze.

Vervormingsfactor en totale harmonische vervorming

$$T = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_k^2}}{I_{\text{eff}}}$$

Verbetering van de kwaliteit van de energie

Andere energiebronnen

Andere types van energiebronnen worden in de volgende tabel beschreven :

Brontypes	Opgeheven verstoringen
Draaiende motoren door het net gevoed	<ul style="list-style-type: none">• onderbreking < 500 ms (naargelang het vliegwiel)• spanningsdalingen• frequentievariaties
UPS	Effectief tegen alle verstoringen, behalve lange onderbrekingen > 15 minuten tot 1 uur (afhankelijk van het geïnstalleerde vermogen en het vermogen van de UPS).
Autonome stroomaggregaten	Effectief in alle gevallen, maar met een onderbreking van de voeding tijdens de omschakeling normale voeding/noodvoeding.
UPS + autonome aggregaten	Deze oplossing dekt alle genoemde types verstoringen (zie pagina 119).

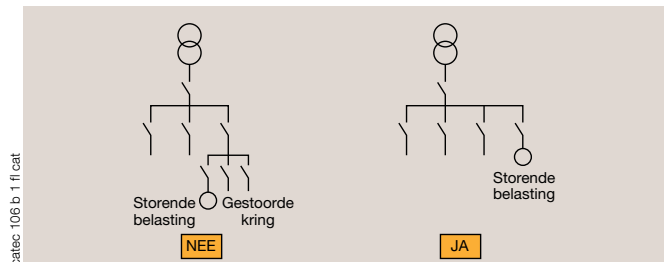
De noodbronnen die gebruik maken van stroomaggregaten zijn geklasseerd in een aantal categorieën of geklasseerd volgens de vereiste aanspreektijd voor de hervatting van de belasting :

Categorie	Aanspreektijd	Starten generator	Toelichting
D	niet gespecificeerd	handmatig	Opstarttijd en -vermogen zijn afhankelijk van de omgevingstemperatuur en van de motor.
C	lange onderbreking ≤ 15 s	bij netuitval	Aggregaat wordt warm gehouden om direct te kunnen starten.
B	korte onderbreking ≤ 1 s	permanent draaiend	Snel starten van de motor dankzij vliegwielwerking. Motor voorverwarmd
A	zonder onderbreking	gekoppeld aan de bron	Directe hervatting van de belasting in geval van onderbreking van de netvoeding.

Voorzorgsmaatregelen bij installatie

Isoleren van storende belastingen

- Door een afzonderlijk net, vertrekkende van een specifieke HS-aanvoer (voor belangrijke belastingen).
- Door het onderverdelen van de circuits : er moet voor gezorgd worden dat een fout in een bepaald circuit zo weinig mogelijk invloed heeft op een ander circuit.
- Door het scheiden van de circuits die storende belastingen bevatten. Deze circuits worden afgescheiden van de andere circuits op een zo hoog mogelijk niveau van de LS-installatie om zo te kunnen profiteren van de verzwakking van de storingen door de kabelimpedantie.



Kiezen van een aangepaste sterpuntschakeling

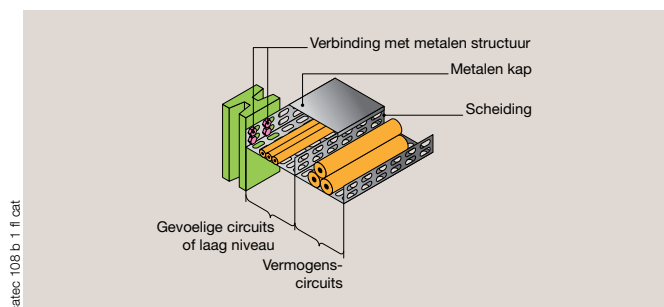
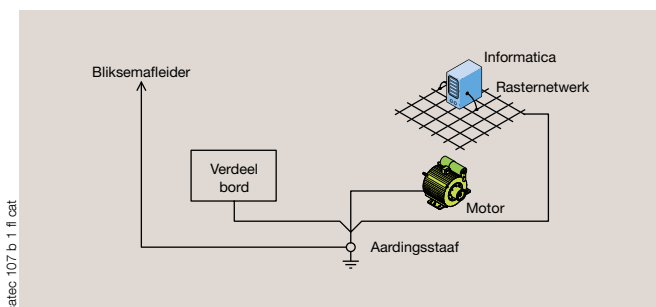
Het IT-regime garandeert een continue werking door bv. te voorkomen dat circuits geopend worden als gevolg van een ongepaste activering van een differentieeltoestel na een tijdelijke storing.

Zorgen voor de selectiviteit van de beveiligingen

Dankzij de selectiviteit van de beveiligingen kan de onderbreking van het defecte circuit beperkt worden (zie pagina 54 tot 57 en 78).

Zorgen voor een goede installatie van het aardingsnet

- Door het opzetten van aardingsnetten die aangepast zijn aan bepaalde toepassingen (informatica, enz.) ; elk net moet vermaasd worden om de best mogelijke potentiaalvereffening te realiseren (een zo klein mogelijke weerstand tussen de verschillende punten van het aardingsnet).
- Door deze aardingen in ster te verbinden, zo dicht mogelijk bij de aardingsstaaf.
- Door gebruik te maken van kabelgoten, kokers, buizen, metalen goten die op regelmatige afstanden met de aarde en ook onderling verbonden zijn.
- Door de storende circuits te scheiden van de gevoelige circuits die in dezelfde kabelgoten liggen.
- Door zo veel mogelijk gebruik te maken van mechanische massa's (kasten, structuren, enz.) om equipotentiaal massa's te realiseren.
















Externe invloeden

Beveiligingsniveau's IP

Dit wordt gedefinieerd door twee cijfers en eventueel nog een extra letter.

Voorbeeld: IP55 of IPxxB (x staat voor: onbepaalde waarde).

De cijfers en letters worden hieronder gedefinieerd:

1 ^e cijfer Beveiliging tegen binnendringen van vaste objecten			2 ^e cijfer Beveiliging tegen binnendringen van vloeistoffen			Letter aanvulling ⁽²⁾	Beschermingsgraad Korte beschrijving
IP	Proeven	Geen beveiliging	IP	Proeven	Geen beveiliging		
0			0				
1		Beveiligd tegen vaste objecten met een diameter gelijk aan of groter dan 50 mm	1		Beveiligd tegen verticale insijpeling van water (condensatie)	A	Beveiligd tegen contact met de achterkant van de hand
2 ⁽¹⁾		Beveiligd tegen vaste objecten met een diameter gelijk aan of groter dan 12 mm	2		Beveiligd tegen verticale watersijpeling met een afwijking van 15 %	B	Beveiligd tegen contact met een vinger
3		Beveiligd tegen vaste objecten met een diameter gelijk aan of groter dan 2,5 mm	3		Beveiligd tegen regen, tot 60° van de verticale as	C	Beveiligd tegen contact met een werktuig
4		Beveiligd tegen vaste objecten met een diameter gelijk aan of groter dan 1 mm	4		Beveiligd tegen water in alle richtingen	D	Beveiligd tegen contact met een draad
5		Beschermd tegen stof (geen schadelijke afzetting)	5		Beveiligd tegen waterstoten in alle richtingen		
6		Volledig beschermd tegen stof	6		Beveiligd tegen stortzeen		
De eerste twee cijfers worden op gelijkaardige wijze bepaald in de normen NF EN60529, IEC 529 en DIN 40050			7		Beveiligd tegen overstroming		

Opmerking:

(1) Het cijfer 2 wordt bepaald door twee tests:

- niet binnendringen van een bol met een diameter van 12,5 mm
- niet toegankelijk voor de testvinger met een diameter van 12 mm.

(2) De aanvullende letter definieert de toegankelijkheid van de gevaarlijke delen alleen.

Voorbeeld

Een toestel is voorzien van een opening groot genoeg om een vinger door te steken. Dit toestel wordt niet geklasseerd als IP2x. Daarentegen wanneer de met de vinger aanraakbare delen niet gevaarlijk zijn (elektrische schok, verbranding...), kan het toestel geklasseerd worden als xxB.

Niveau's van beveiliging tegen mechanische schokken

De IK-code vervangt het 3^e cijfer van de IP-code die in bepaalde Franse normen NF EN 62262/C 20015 voorkwam (april 2004).

Overeenkomsten IK/AG

Energie van de botsing (J)	0	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	6	10	20
IK-graad	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
AG-classificatie (NF C 15100)			AG1					AG2	AG3			AG4
Oud 3 ^e IP-cijfer	0		1		3			5		7		9

"Er moeten beveiligingen voorzien worden om een eventuele overbelastingsstroom in de geleiders van het circuit te onderbreken voordat die tot verhitte kan leiden met nadelige gevolgen voor de isolatie, de verbindingen, de uiteinden en de omgeving van de leidingen" (NF C 15100 § 433, IEC 60364).

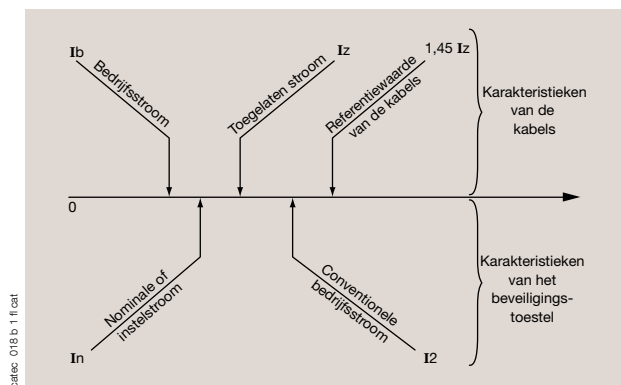
Hiervoor worden de volgende stroomtypes gedefinieerd:

- I_b : bedrijfsstroom van het circuit
- I_z : toegelaten stroom van de geleider
- I_n : stroom toegewezen aan de beveiliging
- I_2 : stroom die de effectieve werking van de beveiliging verzekert ; in de praktijk wordt I_2 gelijk genomen aan:
- de door de tijd algemeen aanvaarde aanspreekstroom voor stroomonderbrekers
- de door de tijd algemeen aanvaarde afschakelstroom voor zekeringen van het type gG

De geleiders zijn beveiligd wanneer beide voorwaarden vervuld zijn :

$$1: I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2: I_2 \leq 1,45 I_z$$



Voorbeeld

Voeding voor een belasting van 150 kW bij 400 V driefasig.

$I_b = 216$ A benodigde stroom voor de belasting

$I_n = 250$ A kaliber van de zekering gG die het circuit beschermt

$I_z = 298$ A maximaal toegelaten stroom voor een kabel van $3 \times 95 \text{ mm}^2$ in functie van de plaatsingswijze en de externe voorwaarden gesteld door de methode die verklaard wordt op de volgende pagina's

$I_2 = 400$ A smeltstroom van de 250 A zekering ($1,6 \times 250 \text{ A} = 400 \text{ A}$).

$$1,45 I_z = 1,45 \times 298 = 432 \text{ A.}$$

De voorwaarden 1 en 2 zijn vervuld :

$$I_b = 216 \text{ A} \leq I_n = 250 \text{ A} \leq I_z = 298 \text{ A}$$

$$I_2 = 400 \text{ A} \leq 1,45 I_z = 432 \text{ A.}$$

Bepalen van de stroom I_2

Stroom die de effectieve werking van de beveiliging verzekert:

Zekeringen gG (IEC 60269-2-1)	Stroom I_2
Kaliber ≤ 4 A	$2,1 I_n$
$4 \text{ A} < \text{Kaliber} < 16$ A	$1,9 I_n$
Kaliber ≥ 16 A	$1,6 I_n$
Industriële stroomonderbreker	$1,45 I_n$

Bepalen van de toegelaten stroom I_z (volgens NF C 15100 en IEC 60364)

Toegelaten stroom in kabels

Onderstaande tabel geeft de maximale stroom I_z die voor elke sectie van de koper- en aluminiumkabels toegelaten is. De waarden moeten gecorrigeerd worden in functie van de volgende coëfficiënten:

- K_m : coëfficiënt van de montagewijze (zie pagina 16)
- K_n : coëfficiënt die rekening houdt met het aantal samengeplaatste kabels (zie pagina 16)
- K_t : coëfficiënt die rekening houdt met de omgevingstemperatuur en het kabeltype (zie pagina 18)

De coëfficiënten K_m , K_n en K_t worden bepaald in functie van de installatieklassen van de kabels: B, C, E of F (zie pagina 16).

De gekozen sectie moet gelijk zijn aan:

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

De kabels worden ingedeeld in twee types: PVC en PR (zie Tabel pagina 16). Het cijfer dat erop volgt geeft het aantal belaste kabels weer. De kabels met elastomeerisolatie (rubber, butylrubber, enz.) worden ingedeeld bij het PR-type.

Voorbeeld: PVC 3 staat voor een PVC-kabel met 3 belaste geleiders (3 fasen of 3 fasen + nulleider).

Tabel A

Categorie	I_z Maximaal toegelaten stroom in de geleiders (A)								
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
NL				PVC3		PVC2	PR3		PR2
S mm ² koper									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254
S mm ² aluminium									
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	
4	22	25	26	28	31	32	35	38	
6	28	32	33	36	39	42	45	49	
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	188	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

Overbelastingsstromen

Bepalen van de toegelaten stroom I_z (volgens NF C 15100 en IEC 60364)

Coëfficiënt K_m

Categorie	Montagewijze	K _m				
		(a)	(b)	(c)	(d)	
B	1. Onder warmteisolerende wand	0,77	-	0,70	0,77	
	2. Zichtbare montage, ingebouwd achter wand of in profiel	1	-	0,9	-	
	3. In kruipruimte of verlaagde plafonds	0,95	-	0,865	0,95	
	4. In kabelgoten	0,95	0,95	-	0,95	
	5. In goten, sierlijsten, plinten	-	1	-	0,9	
C	1. Kabels met één of meerdere geleiders rechtstreeks ingebouwd in een wand zonder mechanische beveiliging		-	-	-	1
	2. Vastgemaakte kabels	• tegen een muur	-	-	-	1
		• aan het plafond	-	-	-	0,95
	3. Blanke geleiders of geleiders geïsoleerd op een isolator	-	1,21	-	-	
4. Kabels in niet-geperforeerde kabelgoten	-	-	-	1		
E of NL	Kabels met meerdere geleiders op of Kabels met meerdere geleiders op	1. Geperforeerde kabelgoten	-	-	-	1
		2. Sokkels, ladders				
		3. Beugels, verwijderd van de wand				
		4. Kabels opgehangen aan een draagkabel				

(a) Geïsoleerde geleider in een buis. (b) Geïsoleerde geleider niet in een buis. (c) Kabel in een buis. (d) Kabel niet in een buis.

Coëfficiënt K_n

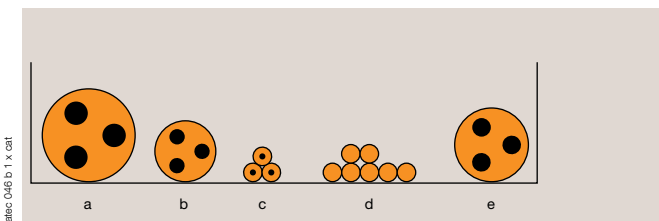
Tabel A

Categorie	Plaatsing van de aansluitingskabels	Correctiefactoren K_n											
		Aantal circuits of kabels met meerdere geleiders											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Ingebouwd of ingegoten in de wanden	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Enkele laag op muren, vloeren of niet-geperforeerde tabletten	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
E, F	Enkele laag op plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
	Enkele laag op horizontale, geperforeerde of verticale panelen	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	Enkele laag op kabelladders, consoles e.d.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Wanneer de kabels in meerdere lagen gelegd worden, moet K_n vermenigvuldigd worden met:

Tabel B

Aantal lagen	2	3	4 en 5	6 tot 8	9 en meer
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66



Voorbeeld

Een geperforeerd paneel bevat het volgende:

- 2 driepolige kabels (2 circuits a en b)
- 1 set van 3 éénpolige kabels (1 circuit c)
- 1 set van 2 geleiders per fase (2 circuits d)
- 1 driepolige kabel waarvoor K_n gezocht wordt (1 circuit e).

Het totaal aantal circuits is 6. De methode E geldt als referentie (geperforeerd paneel). $K_n = 0,55$

NF C 15100 § 523.6

Als algemene regel wordt het aangeraden zo weinig mogelijk kabels in parallel te plaatsen. In elk geval, hun aantal mag niet groter zijn dan vier. Daarenboven wordt de voorkeur gegeven aan pregefabriceerde leidingen.

N.B. De bepaalde interessante methodes van beveiliging tegen overbelastingen van leidingen in parallel door zekeringen worden gegeven in de publicatie IEC 60364-4-41.

Bepalen van de toegelaten stroom I_z (volgens NF C 15100 en IEC 60364)

Montagewijzen

Categorie B - 1							
Geïsoleerde geleiders in buizen ingebouwd in thermisch isolerende wanden.	Kabels met meerdere geleiders in buizen ingebouwd in thermisch isolerende wanden.	Geïsoleerde geleiders in zichtbaar gemonteerde buizen.	Kabels met één of meerdere geleiders in zichtbaar gemonteerde buizen.	Geïsoleerde geleiders in zichtbaar gemonteerde profielbuis.	Kabels met één of meerdere geleiders in zichtbaar gemonteerde profielbuis.	Geïsoleerde geleiders in buizen ingebouwd in een wand.	Kabels met één of meerdere geleiders direct in de wand ingebouwd, zonder bijkomende mechanische bescherming.
Categorie B - 2							
Geïsoleerde geleiders of kabels met één of meerdere geleiders in kokers bevestigd aan de wand: horizontaal,	Geïsoleerde geleiders of kabels met één of meerdere geleiders in kokers bevestigd aan de wand: vertikaal.	Geïsoleerde geleiders in kokers ingebouwd in vloer.	Kabels met één of meerdere geleiders in kokers ingebouwd in vloer.	Geïsoleerde geleiders in kokers bevestigd aan het plafond.	Kabels met één of meerdere geleiders in kokers bevestigd aan het plafond.		
Categorie B - 3							
Kabels met één of meerdere geleiders geplaatst in kruipruimtes.	Geïsoleerde geleiders in buizen geplaatst in kruipruimtes.	Kabels met één of meerdere geleiders geplaatst in kokers in kruipruimtes.	Geïsoleerde geleiders in profielbuizen geplaatst in kruipruimtes.	Kabels met één of meerdere geleiders geplaatst in kokers in kruipruimtes.	Geïsoleerde geleiders in profielbuizen gegoten in de constructie.	Kabels met één of meerdere geleiders in de constructie ingegoten profielbuizen.	Kabels met één of meerdere geleiders: • in verlaagde plafonds • in hangende plafonds.
Categorie B - 4				Categorie B - 5			
Kabels met meerdere geleiders rechtstreeks ingebouwd in thermisch isolerende wanden.	Geïsoleerde geleiders in buizen of kabels met meerdere geleiders in gesloten kabelgoten, horizontaal of vertikaal.	Geïsoleerde geleiders in buizen die geplaatst zijn in verluchte kabelgoten.	Kabels met één of meerdere geleiders in geventileerde of open kabelgoten.	Geïsoleerde geleiders achter sierlijsten.	Geïsoleerde geleiders of kabels met één of meerdere geleiders in een plintgoot.	Geïsoleerde geleiders in buizen of kabels met één of meerdere geleiders in deurkozijnen.	Geïsoleerde geleiders in buizen of kabels met één of meerdere geleiders in vensterkozijnen.
Categorie C - 1		Categorie C - 2		Categorie C - 3		Categorie C - 4	
Kabels met één of meerdere geleiders direct ingebouwd in wanden zonder aanvullende mechanische bescherming.	Kabels met één of meerdere geleiders direct ingebouwd in wanden met aanvullende mechanische bescherming.	Kabels met één of meerdere geleiders, met of zonder kabelpantser: bevestigd aan een muur.	Kabels met één of meerdere geleiders, met of zonder kabelpantser: bevestigd aan het plafond.	Blanke geleiders of geleiders geïsoleerd op een isolator.	Kabels met één of meerdere geleiders in kabelgoten of op niet-geperforeerde panelen.		
Categories E - 1 ⁽¹⁾ en F - 1 ⁽²⁾		Categories E - 2 ⁽¹⁾ en F - 2 ⁽²⁾		Categories E - 3 ⁽¹⁾ en F - 3 ⁽²⁾		Categories E - 4 ⁽¹⁾ en F - 4 ⁽²⁾	
Op kabelgoten of geperforeerde panelen, horizontaal of vertikaal.	Op consoles,	Op kabeladders.	Bevestigd met een beugel, verwijderd van de wand.	Kabels met één of meerdere geleiders in buizen ingebouwd in een wand.			

(1) Kabels met meerdere geleiders.

(2) Kabels met één geleider.

Bepalen van de toegelaten stroom I_z (volgens NF C 15100 en IEC 60364)

Coëfficiënt K_t

Tabel C

Omgevingstemperatuur (°C)	Elastomeer (rubber)	Isolatie PVC	PR/EPR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58

Voorbeeld

Voor een met PVC geïsoleerde kabel in een lokaal waar de omgevingstemperatuur 40°C bedraagt. $K_t = 0,87$.

Identificatie van de kabels

Tabel A:

Overeenkomst tussen de oude en de nieuwe benaming (kabels).

Oude benaming (Franse nationale norm)	Nieuwe benaming (geharmoniseerde norm)
U 500 VGV	A 05V - U (of R)
U 1000 SC 12 N	H 07 RN - F
U 500 SV 0V	A 05 VV - F
U 500 SV 1V	

Tabel B: Classificatie van de kabels.

PR-Kabels		PVC-Kabels	
U1000	R 12 N	FR-N 05	W-U, R
U1000	R2V	FR-N 05	W-AR
U1000	RVFV	FR-N 05	VL2V-U, R
U1000	RGPFV	FR-N 05	VL2V-AR
H 07	RN-F	H 07	WH2-F
FR-N 07	RN-F	H 07	WD3H2-F
A 07	RN-F	H 05	W-F
FR-N 1	X1X2	H 05	WH2-F
FR-N 1	X1G1	FR-N 05	W5-F
FR-N 1	X1X2Z4X2	FR-N 05	WVC4V5-F
FR-N 1	X1G1Z4G1	A 05	W-F
FR-N 07	X4X5-F	A 05	WH2-F
0,6/1	Getwist		
FR-N 1	XDV-AR, AS, AU		
H 05	RN-F		
A 05	RN-F		
H 05	RR-F		
A 05	RR-F		

Voorbeelden

Voor de voeding van een driefasige belasting met nulleider met nominale stroom van 80 A (dus $I_b = 80$ A). De gebruikte kabel, type U 1000 R2V, wordt geplaatst op een geperforeerd paneel met drie andere circuits, bij een omgevingstemperatuur van 40 °C.

I_z moet gelijk zijn aan :

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

Bepalen van I'_z

- montagewijze : E dus $K_m = 1$ (zie Tabel pagina 16)
- totaal aantal circuits : 4 dus $K_n = 0,77$ (zie Tabel A, pagina 16)
- omgevingstemperatuur : 40 °C dus $K_t = 0,91$ (zie Tabel C).

Waar

$$I'_z = \frac{80 \text{ A}}{1 \times 0,77 \times 0,91} = 114 \text{ A}$$

Bepalen van I_z

De kabel U 1000 R2V is van het type PR (zie Tabel B). Het aantal belaste geleiders is gelijk aan 3. De kolom PR3 van tabel A pagina 15 moet dus gebruikt worden die overeenkomt met categorie E.

De I_z -waarde juist hoger dan I'_z dus $I_z = 127$ A, wat overeenkomt met een koperen kabel van $3 \times 25 \text{ mm}^2$ beveiligd met een zekering gG van 100 A, of met een aluminium kabel van $3 \times 35 \text{ mm}^2$ beveiligd met een zekering gG van 100 A.

Beveiliging van de kabels tegen overbelasting met zekeringen gG

Kolom Iz geeft de waarde van de toegelaten maximum stroom voor elke sectie van de koperen en de aluminium kabel conform de norm NF C 15100 en de gids UTE 15105.

Kolom F geeft de belasting van de zekering gG in functie van de sectie en het type kabel.

De categorieën B, C, E en F komen overeen met de verschillende montagewijzen van de kabels (zie pagina 17).

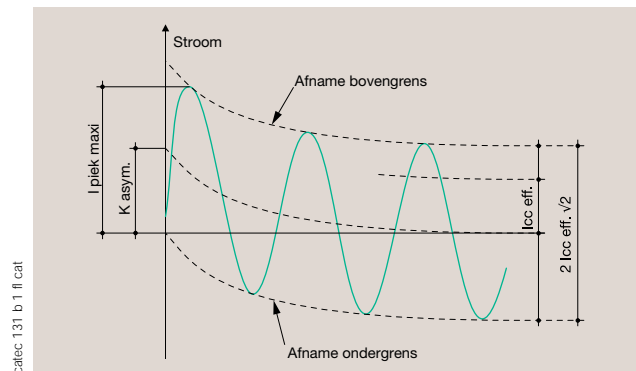
De kabels worden ingedeeld in twee types: PVC en PR (zie Tabel pagina 16). Het cijfer dat erop volgt geeft het aantal belaste geleiders weer (PVC 3 staat voor een PVC-kabel met 3 belaste geleiders: 3 fasen of 3 fasen + nulleider).

Voorbeeld: een koperen PR3-kabel van 25 mm² geïnstalleerd in categorie E wordt beperkt tot 127 A en beveiligd met een zekering van 100 A gG.

Categorie	Toegelaten stroom (I _a) met bijbehorende zekering (F)																	
B	PVC3		PVC2				PR3				PR2							
C			PVC3				PVC2		PR3				PR2					
E					PVC3				PVC2		PR3				PR2			
NL							PVC3				PVC2		PR3					PR2
S mm²																		
Koper	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL	Iz	NL
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	21	16	24	20	25	20	27	20	30	25	31	25	33	25	36	32		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	36	32	41	32	43	40	46	40	51	40	54	50	58	50	63	50		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	68	50	76	63	80	63	85	63	94	80	100	80	107	80	115	100		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	110	100	119	100	126	100	138	125	147	125	158	125	171	125	185	160	200	160
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	171	125	184	160	196	160	213	160	229	200	246	200	269	160	289	250	310	250
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	239	200	259	200	276	250	299	250	322	250	346	315	382	315	410	315	437	400
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			341	250	364	315	392	315	424	315	456	400	506	400	542	500	575	500
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			464	400	497	400	530	400	576	500	621	500	693	630	741	630	783	630
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									749	630	868	800	946	800			1083	1000
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Aluminium																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	22	16	25	20	26	20	28	25	31	25	32	25	35	32	38	32		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	39	32	44	40	46	40	49	40	54	50	58	50	62	50	67	50		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	70	63	73	63	78	63	83	63	90	80	97	80	101	80	108	100	121	100
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	104	80	110	100	117	100	125	100	136	125	146	125	154	125	164	125	184	160
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	161	125	170	125	183	160	195	160	211	160	227	200	241	200	257	200	289	250
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			227	200	245	200	261	200	283	250	304	250	324	250	346	315	389	315
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			305	250	330	250	352	315	382	315	409	315	439	400	470	400	530	400
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									526	400	600	500	663	500			740	630
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									711	630	808	630	899	800			996	800

Een kortsluitstroom is een stroom die veroorzaakt wordt door een te verwaarlozen impedantiefout tussen de installatiepunten die normaal een potentieelverschil aangeven. Men onderscheidt 3 niveaus van kortsluitstroom :

- de **piekkortsluitstroom** (I_{cc} piek) die overeenkomt met de extreme golf-waarde waarbij hoge elektrodynamische krachten ontstaan, met name op het niveau van het barenstel en de contacten of bij de toestelverbindingen,
- de **effectieve kortsluitstroom** (I_{cc} eff) : effectieve waarde van de foutstroom waardoor de toestellen en de geleiders verhit worden en waardoor de massa's van de elektrische toestellen op een gevaarlijk potentieel kunnen gebracht worden.
- de minimale kortsluitstroom (I_{cc} min) : effectieve waarde van de foutstroom die ontstaat in circuits met hoge impedantie (geleider met kleine sectie en lange leiding...) en waarvan de impedantie nog verhoogd werd door verhitting van de leiding waarop de fout zich voordoet. Dit zogenaamde impedante type storing moet snel met de juiste middelen opgeheven worden.



Berekening van de I_{cc} van een bron

Met 1 transformator

- Snelle evaluatie in functie van het vermogen van de transformator :

Sectoren	I_n	I_{cc} eff
127 / 220 V	$S \text{ (kVA)} \times 2,5$	$I_n \times 20$
220 / 380 V	$S \text{ (kVA)} \times 1,5$	$I_n \times 20$

- Snelle evaluatie in functie van de kortsluitspanning van de transformator (u) :

$$I_{cc} \text{ (A eff)} = \frac{S}{U \sqrt{3}} \times \frac{100}{u} \times k$$

S : vermogen (VA)

U : samengestelde spanning (V)

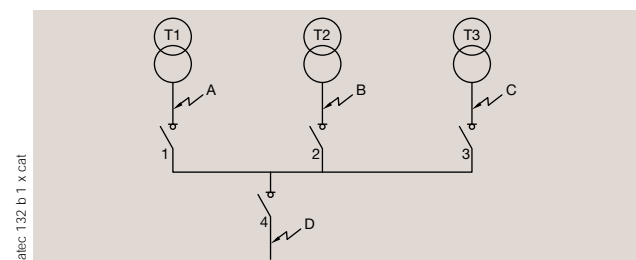
u : kortsluitspanning (%)

k : coefficient voor opwaartse impedanties (bijv. 0,8).

Met "n" parallel geschakelde transformatoren

"n" is het aantal transformatoren.

- T1 ; T2 ; T3 identiek.
- Kortsluiting in A, B of C, de toestellen 1, 2 of 3 moeten het volgende ondersteunen :
 $I_{ccA} = (n-1) \times I_{cc}$ van een transformator (zijnde $2 I_{cc}$).
- Kortsluiting in D, toestel 4 moet het volgende ondersteunen :
 $I_{ccD} = n \times I_{cc}$ van een transformator (zijnde $3 I_{cc}$).



Kortsluiting met meerdere parallel geschakelde transformatoren.

I_{cc} batterijen

De waarden van I_{cc} stroomafwaarts van een accumulatorbatterij zijn ongeveer de volgende :

$$I_{cc} = 15 \times Q \text{ (open loodaccu)}$$

$$I_{cc} = 40 \times Q \text{ (waterdichte loodbatterij)}$$

$$I_{cc} = 20 \times Q \text{ (Ni-Cd)}$$

Q (Ah) : vermogen in ampère-uur.

Berekening van de I_{CC} van een bron (vervolg)

I_{CC} van de stroomaggregaten

De interne impedantie van een wisselstroomgenerator hangt af van zijn constructie. Deze kan gekenmerkt worden door twee waarden uitgedrukt in %:

de overgangsreactantie $X'd$:

- 15 tot 20 % voor een turbowisselstroomgenerator,
- 25 tot 35 % voor een wisselstroomgenerator met uitspringende polen (de sub-overgangsreactantie wordt genegeerd).

de homopolaire reactantie $X'0$:

Deze kan bij gebrek aan meer exacte informatie geraamd worden op 6 %. De volgende berekeningen kunnen gemaakt worden:

$$I_{CC3} = \frac{k_3 \times P}{U_0 \times X'd}$$

$$I_{CC2} = 0,86 \times I_{CC3}$$

$$I_{CC1} = \frac{k_1 \times P}{U_0 (2X'd + X'0)}$$

P : vermogen wisselstroom generator en kVA

U_0 : fasespanning

$X'd$: overgangsreactantie

$k_3 = 0,37$ per I_{CC3} max

$k_3 = 0,33$ per I_{CC3} min

$X'0$: homopolaire reactantie

$k_1 = 1,1$ per I_{CC1} max

$k_1 = 1,1$ per I_{CC1} min

Voorbeeld:

$P = 400$ kVA $X'd = 30\%$ $X'0 = 6\%$ $U_0 = 230$ V

$$I_{CC3} \text{ max} = \frac{0,37 \times 400}{230 \times \frac{30}{100}} = 2,14 \text{ kA}$$

$$I_{CC1} \text{ max} = \frac{1,1 \times 400}{230 \times \left[2 \times \frac{30}{100} + \frac{6}{100} \right]} = 2,944 \text{ kA} \quad I_{CC2} \text{ max} = 1,844 \text{ kA}$$

Berekening van de I_{CC} van een LS-installatie

Algemeen

De berekening van de kortsluitstromen wordt gebruikt als basis voor het bepalen van:

het onderbrekingsvermogen van de beveiliging,

- de sectie van de geleiders waardoor het mogelijk wordt:
 - de thermische belasting van de kortsluitstroom te ondersteunen,
 - het openen van het toestel voor de beveiliging tegen indirecte contacten te garanderen binnen de tijd die voorgeschreven is door de normen NF C 15100 en IEC 60364,
- het mechanisch gedrag van de geleiderhouders (elektrodynamische krachten).

Het onderbrekingsvermogen van de beveiliging wordt bepaald op basis van de maximum I_{CC} berekend in de klemmen van het toestel.

De sectie van de geleiders varieert in functie van de minimum I_{CC} berekend in de klemmen van de ontvanger.

Het mechanische gedrag van de geleiderhouders wordt bepaald op basis van de berekening van de piek- I_{CC} die afgeleid is uit de maximum.

De kortsluitstromen kunnen op drie manieren berekend worden:

Conventionele methode

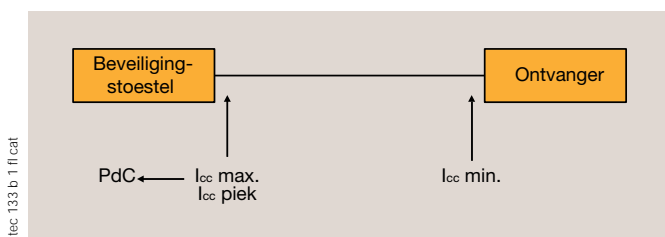
Voor de berekening van de minimum I_{CC} .

Impedantiemethode

Voor de berekening van de impedantie Z van de foutlus, rekening houdend met de impedantie van de voedingsbron (net, batterij, stroomaggregaat...). Deze methode geeft de exacte berekening van de maximum I_{CC} en de minimum I_{CC} op voorwaarde dat de parameters van het circuit in fout bekend zijn (zie pagina 23).

Snelle methode

Van toepassing wanneer de parameters van het circuit niet allemaal gekend zijn. De kortsluitstroom I_{CC} wordt bepaald in een punt van het net; de I_{CC} stroomopwaarts is bekend, evenals de lengte en de sectie van de stroomafwaartse aansluiting (zie pagina 25). Deze methode geeft enkel de waarde voor I_{CC} max.



Berekening van de I_{cc} van een LS-installatie (vervolg)

Conventionele methode

Deze geeft de waarde voor I_{cc} min. aan het uiteinde van een installatie die niet door een wisselstroomgenerator gevoed wordt.

$$I_{cc} = A \times \frac{0,8 U \times S}{2 \rho L}$$

U : spanning tussen fasen in V

L : lengte in m van de leiding

S : sectie van de geleiders in mm^2

$\rho = 0,028 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$ voor koper beveiligd met zekeringen

0,044 $\text{m}\Omega \cdot \text{m}$ voor aluminium beveiligd met zekeringen

0,023 $\text{m}\Omega \cdot \text{m}$ voor koper met stroomonderbreker

0,037 $\text{m}\Omega \cdot \text{m}$ voor aluminium met stroomonderbreker

$A = 1$ voor circuits met nulleider (sectie nulleider = sectie fase)

1,73 voor circuits zonder nulleider

0,67 voor circuits met nulleider (sectie nulleider = 1/2 sectie fase)

Voor kabelsectie van 150 mm^2 of meer, moet men rekening houden met de reactantie en de waarde van I_{cc} delen door: kabel van 150 mm^2 : 1,15; kabel van 185 mm^2 : 1,2; kabel van 240 mm^2 : 1,25; kabel van 300 mm^2 : 1,3

Impedantiemethode

Bij de impedantiemethode wordt de som gemaakt van alle weerstanden R en alle reactanties X van het circuit dat zich bevindt boven de kortsluiting (zie volgende pagina) en daarna de impedantie Z berekend.

$$Z_{(m\Omega)} = \sqrt{R^2_{(m\Omega)} + X^2_{(m\Omega)}}$$

Deze methode maakt de volgende berekeningen mogelijk:

I_{cc3} : driefasige kortsluitstroom

$$I_{cc3} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_3}$$

U_0 : fasespanning (230 V in een net van 230/400)

Z_3 : impedantie van de driefasige lus (zie pagina 24).

I_{cc2} : kortsluitstroom tussen twee fasen

$$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$$

I_{cc1} : eenfasige kortsluitstroom

$$I_{cc1} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_1}$$

U_0 : fasespanning (230 V in een net van 230/400)

Z_1 : impedantie van de éénfasige lus (zie pagina 24).

I_{cc} piek

Wanneer de elektrodynamische krachten op bijvoorbeeld een stroomrail bekend moeten zijn, berekent men de I_{cc} piek:

$$I_{cc \text{ piek (kA)}} = I_{cc \text{ eff (kA)}} \times \sqrt{2} \times k$$

k : asymmetriecoëfficiënt, zie hierna

$k = 1$ voor een symmetrische schakeling ($\cos \varphi = 1$).

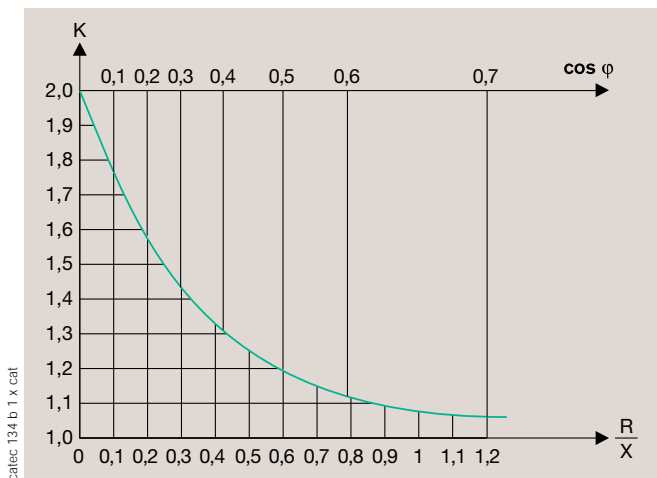


Fig. 1

N.B.: Men gebruikt eerder de waarde R/X die ook in dit diagram gemakkelijk te hanteren is.

Impedantiemethode (vervolg)

Bepalen van de waarden R (weerstand) en X (reactantie) (net)

Onderstaande tabel geeft de waarden R en X voor de verschillende delen van het circuit, tot aan het punt van de kortsluiting.

Om de impedantie van de foutlus te berekenen, moet men afzonderlijk de som maken van de R- en X-waarden (zie voorbeeld pagina 24).

Schema	Waarden van R en X																																																				
	Opwaarts net R- en X-waarden boven de HS/LS-transformatoren (400V) in functie van het kortsluitvermogen (Pcc en MVA) van dit net.																																																				
	<table><tr><th>MVA</th><th>Net</th><th>R (mΩ)</th><th>X (mΩ)</th></tr><tr><td>500</td><td>> 63 kV</td><td>0,04</td><td>0,35</td></tr><tr><td>250</td><td>> 24 kV dichtbij de centrales</td><td>0,07</td><td>0,7</td></tr><tr><td>125</td><td>> 24 kV ver van de centrales</td><td>0,14</td><td>1,4</td></tr></table>	MVA	Net	R (mΩ)	X (mΩ)	500	> 63 kV	0,04	0,35	250	> 24 kV dichtbij de centrales	0,07	0,7	125	> 24 kV ver van de centrales	0,14	1,4																																				
	MVA	Net	R (mΩ)	X (mΩ)																																																	
500	> 63 kV	0,04	0,35																																																		
250	> 24 kV dichtbij de centrales	0,07	0,7																																																		
125	> 24 kV ver van de centrales	0,14	1,4																																																		
Wanneer het kortsluitvermogen (Pcc) gekend is Uo nullastspanning (400 V of 230 V bij AC 50 Hz).																																																					
	<div>$R_{(m\Omega)} = 0,1 \times X_{(m\Omega)}$</div> <div>$X_{(m\Omega)} = \frac{3,3 \times U_o^2}{P_{cc} \text{ kVA}}$</div>																																																				
	Olietransformatoren met secundairen 400 V R- en X-waarden in functie van het vermogen van de transformator.																																																				
	<table><tr><th>P (kVA)</th><td>50</td><td>100</td><td>160</td><td>200</td><td>250</td><td>400</td><td>630</td><td>1000</td><td>1250</td><td>1600</td><td>2000</td><td>2500</td></tr><tr><th>Icc3 (kA)</th><td>1,80</td><td>3,60</td><td>5,76</td><td>7,20</td><td>9,00</td><td>14,43</td><td>22,68</td><td>24,01</td><td>30,03</td><td>38,44</td><td>48,04</td><td>60,07</td></tr><tr><th>R (mΩ)</th><td>43,7</td><td>21,9</td><td>13,7</td><td>10,9</td><td>8,7</td><td>5,5</td><td>3,5</td><td>3,3</td><td>2,6</td><td>2,0</td><td>1,6</td><td>1,31</td></tr><tr><th>X (mΩ)</th><td>134</td><td>67</td><td>41,9</td><td>33,5</td><td>26,8</td><td>16,8</td><td>10,6</td><td>10,0</td><td>8,0</td><td>6,3</td><td>5,0</td><td>4,01</td></tr></table>	P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500	Icc3 (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07	R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31	X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	4,01
	P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500																																								
Icc3 (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07																																									
R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31																																									
X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	4,01																																									
	Geleiders																																																				
	<div>$R_{(m\Omega)} = \frac{\rho \times l_{(m)}}{S \text{ (mm}^2\text{)}}$</div> met <div>$\rho = \frac{m\Omega \times \text{mm}^2}{m}$</div>																																																				
	<table><tr><td></td><td>Icc maxi</td><td>Resistiviteit ρ in 10⁻⁶ mΩ.m</td><td>Icc mini</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Beveiliging met zekeringen</td><td>Stroomonderbreker</td></tr><tr><td>Koper</td><td>18,51</td><td>28</td><td>23</td></tr><tr><td>Aluminium</td><td>29,4</td><td>44</td><td>35</td></tr></table>		Icc maxi	Resistiviteit ρ in 10 ⁻⁶ mΩ.m	Icc mini			Beveiliging met zekeringen	Stroomonderbreker	Koper	18,51	28	23	Aluminium	29,4	44	35																																				
	Icc maxi	Resistiviteit ρ in 10 ⁻⁶ mΩ.m	Icc mini																																																		
		Beveiliging met zekeringen	Stroomonderbreker																																																		
Koper	18,51	28	23																																																		
Aluminium	29,4	44	35																																																		
	<div>$X_{(m\Omega)} = 0,08 \times l_{(m)}$ (meerpolige kabels of éénpolige kabels in klaverbladvorm)⁽¹⁾</div> <div>$X_{(m\Omega)} = 0,13 \times l_{(m)}$ (éénpolige kabels in platte kabelstreng)⁽¹⁾</div> <div>$X_{(m\Omega)} = 0,09 \times l_{(m)}$ (gescheiden éénaderige kabels)</div> <div>$X_{(m\Omega)} = 0,15 \times l_{(m)}$ (barenstellen)⁽¹⁾</div>																																																				
	(1) koper en aluminium																																																				
	Toestel in gesloten toestand																																																				
	$R = 0$ en $X = 0,15 \text{ m}\Omega$																																																				

Berekening van de I_{cc} van een LS-installatie (vervolg)




Impedantiemethode (vervolg)

Voorbeeld van de berekening I_{cc} maxi

ρ koper = 18,51

ρ aluminium = 29,4

$U_0 = 230$ V

			Fasen		Nulleider		Beveiliging	
			R	X	R	X	R	X
Net 250 MVA	$R = 0,07$ m Ω	$X = 0,7$ m Ω	0,07	0,7				
Transformator 630 kVA	 $R = 3,5$ m Ω	$X = 10,6$ m Ω	3,5	10,6				
Kabel: aluminium								
Fase: $l = 10$ m 4×240 mm ²	Fase: $R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 4} = 0,306$ m Ω	$X = \frac{0,13 \times 10}{4} = 0,325$ m Ω	0,306	0,325				
N: $l = 10$ m 4×240 mm ²	N: $R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 2} = 0,612$ m Ω	$X = \frac{0,13 \times 10}{2} = 0,65$ m Ω			0,612	0,65		
PE: $l = 12$ m 4×240 mm ²	PE: $R = \frac{29,4 \times 12}{240} = 1,47$ m Ω	$X = 0,13 \times 12 = 1,56$ m Ω					1,47	1,56
Toestel	(bescherming van de transformator)	$X = 0,15$ m Ω		0,15				
 Subtotaal: niveau "ingang" ALSB (Σ)			3,87	11,77	0,612	0,65	1,47	1,56
Barenstellen koper $l = 3$ m								
Fase: $2 \times 100 \times 5$	Fase: $R = \frac{18,51 \times 3}{2 \times 100 \times 5} = 0,055$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω	0,055	0,45				
N: $1 \times 100 \times 5$	N: $R = \frac{18,51 \times 3}{1 \times 100 \times 5} = 0,011$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω			0,11	0,45		
PE: $1 \times 40 \times 5$	PE: $R = \frac{18,51 \times 3}{40 \times 5} = 0,277$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω					0,277	0,45
Totaal bij het barenstel (Σ):			3,925	12,22	0,722	1,1	1,75	2,01

Bij ingang op ALSB

- Impedantie van de driefasige lus:

$$Z_3 = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{(3,87)^2 + (11,77)^2} = 12,39 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3} \text{ max.} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,39 \text{ m}\Omega} = 20,5 \text{ kA}$$

$$I_{cc2} \text{ maxi} = 0,86 \times 20,5 \text{ kA} = 17,6 \text{ kA}$$

- Impedantie van de éénfasige lus:

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{(3,87 + 0,612)^2 + (11,77 + 0,65)^2} = 13,2 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{13,2 \text{ m}\Omega} = 19,2 \text{ kA}$$

Berekeningsvoorbeeld I_{cc} min

De berekening van I_{cc} min is dezelfde als de voorgaande, met vervanging van de resistiviteitswaarden voor koper en aluminium door:

$\rho_{\text{koper}} = 17,2$ alu = 44

- Impedantie van de éénfasige lus fase/nulleider:

$$Z_1 = \sqrt{(4,11 + 1,085)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,3 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} \text{ min.} = \frac{230 \text{ V}}{14,3 \text{ m}\Omega} = 16 \text{ kA}$$

- Impedantie van de éénfasige lus fase/PE:

$$Z_1 = \sqrt{(4,11 + 2,62)^2 + (12,22 + 2,01)^2} = 15,74 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc1} \text{ min.} = \frac{230 \text{ V}}{15,74 \text{ m}\Omega} = 14,6 \text{ kA}$$

Bij ingang op barenstel

- Impedantie van de driefasige lus:

$$Z_3 = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{(3,925)^2 + (12,22)^2} = 12,8 \text{ m}\Omega$$

$$I'_{cc3} \text{ max.} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,8 \text{ m}\Omega} = 19,8 \text{ kA}$$

$$I'_{cc2} \text{ maxi} = 0,86 \times 19,8 \text{ kA} = 17 \text{ kA}$$

$$\frac{R}{X} = \frac{3,925}{12,22} = 0,32 \text{ (volgens figuur 1 pagina 22), } k = 1,4$$

$$I'_{cc} \text{ piek} = 19,8 \times \sqrt{2} \times 1,4 = 39,2 \text{ kA}$$

Deze piekwaarde van 39,2 kA is vereist om het dynamische gedrag van de baren en de apparatuur te bepalen.

- Impedantie van de éénfasige lus:

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{(3,925 + 0,722)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,1 \text{ m}\Omega$$

$$I'_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{14,1 \text{ m}\Omega} = 18 \text{ kA}$$

Snelle methode

Deze snelle maar ruwe berekeningsmethode bepaalt de l_{cc} in een punt van het net, op voorwaarde dat de opwaartse l_{cc} bekend is, evenals de lengte en de sectie van de aansluiting in het opwaartse punt (volgens gids UTE 15105).

De volgende tabellen gelden voor de spanningsnetten tussen fasen van 400V (met of zonder nulleider).

Hoe deze tabellen gebruiken? Kijk in deel 1 (koperen geleiders) of 3 (aluminiumgeleiders) van de tabel op de regel die overeenkomt met de sectie van de fasegeleiders. Ga vervolgens op die regel verder tot aan de waarde die juist kleiner is dan de lengte van de leiding. Ga verticaal naar beneden (koper) of naar boven (alu) tot aan deel 2 van de tabel en stop op de regel die overeenkomt met de opwaartse I_{cc} . De waarde op de kruising is de vereiste I_{cc} -waarde.

Voorbeeld: I_{cc} opwaarts = 20 kA, leiding: 3 x 35 mm² koper, lengte 17 m. Op de lijn van 35 mm² is de lengte die juist kleiner is dan 17 m gelijk aan 15 m. Op het snijpunt van de kolom 15 m en de lijn 20 kA staat de afwaartse I_{cc} -waarde = 12,3 kA.

Sectie van de fasegeleiders (mm²)										Lengte van de leiding in m																	
Koper	1,5															1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21			
	2,5															2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34			
	4															1,1	1,5	2,1	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42	
	6															1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63
	10										2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137				
	16							1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219					
	25					1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342					
	35					1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479					
	50						2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460					
	70					2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339							
	95				2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460							
	120		1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411								
	150	1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447								
	185	1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528								
	240	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658								
	300	2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559									
2 x 120	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581										
2 x 150	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14,0	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632										
2 x 185	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747										
3 x 120	3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616											
3 x 150	3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670											
3 x 185	4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560												

I _{cc} opwaarts (kA)										I _{cc} op het betreffende punt (kA)														
I _{cc}	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,01	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0	
	90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0	
	80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0	
	70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0	
	60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0	
	50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0	
	40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0	
	35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0	
	30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0	
	25	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0	
	20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0	
	15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9	
	10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9	
	7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9	
	5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8	
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8	
	3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	
	2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	
	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,38	0,7	0,7	0,6	0,5	

Sectie van de fasegeleiders (mm²)												Lengte van de leiding in m																		
Aluminium	2,5															1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,8	15	22						
	4															2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34						
	6													1,1	1,5	2,2	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40						
	10													1,6	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40						
	16													1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,6	16	23	33	47	66					
	25													2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138				
	35													1,7	2,4	3,4	4,8	6,7	9,5	13	19	27	38	54	76	108	152	216		
	50													1,7	2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	
	70													2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	152	213	302	427	
	95													2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410	
	120													2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366		
	150													3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398		
	185																													
	240																													
	300																													
	2 X 120	1,4																												
	2 X 150	1,6																												
	2 X 185	1,8																												
	2 X 240	2,3																												
	3 X 120	2,1																												
3 X 150	2,3																													
3 X 185	2,8																													
3 X 240	3,4																													

Beveiliging van leidingen

De kortsluitstromen veroorzaken een thermische belasting van de geleiders. Om elke degradatie van de kabelisolatie (wat kan leiden tot isolatiefouten) of een beschadiging van de steun voor het barenstel te voorkomen, moeten geleiders met een minimum sectie zoals hierna aangeduid worden gebruikt.

Barenstellen

Het thermisch effect van de kortsluitstroom op het niveau van het barenstel vertaalt zich in een verhoging van de geleiders. Deze verhoging moet compatibel zijn met de karakteristieken van de steun voor het barenstel.

Voorbeeld: SOCOMEC-steun voor barenstel (temperatuur van de baar 80°C vóór de kortsluiting).

$$S_{\min.} (\text{mm}^2) = 1000 \times \frac{I_{cc} (\text{kA})}{70} \times \sqrt{t} (\text{s})$$

$S_{\min.}$: minimumsectie per fase

I_{cc} : effectieve kortsluitstroom

t : onderbrekingstijd van de beveiliging.

Zie ook de berekening van het barenstel pagina 118.

Geïsoleerde geleiders

De minimum sectie wordt verkregen door volgende formule (NF C 15100):

$$S_{\min.} (\text{mm}^2) = 1000 \times \frac{I_{cc} (\text{kA})}{k} \times \sqrt{t} (\text{s})$$

$I_{cc \min.}$: minimum kortsluitstroom in kA eff. (zie pagina 20)

t : openingstijd van de beveiliging in s

k : constante die varieert in functie van de isolatie (zie Tabel B).

Tabel B: constante k (NF C 15100)

	Isolatie	Geleiders			
		Koper		Aluminium	
Actieve geleiders of beveiligingsgeleiders behorend tot de leiding	PVC	115		76	
	PR-EPR	143		94	
Beveiligingsgeleiders behorend tot de leiding	PVC	143		95	
	PR-EPR	176		116	
	blank ⁽¹⁾	159 ⁽¹⁾	138 ⁽²⁾	105 ⁽¹⁾	91 ⁽²⁾

1) Lokalen zonder brandgevaar.

2) Lokalen met brandgevaar.

Wanneer men geen berekening wil maken kan op Tabel A de coëfficiënt afgelezen worden waarmee de kortsluitstroom vermenigvuldigd moet worden om de minimum sectie te verkrijgen.

$$\text{Minimum sectie (mm}^2\text{)} = k_{cc} \times I_{cc \min.} (\text{kA})$$

Maximum lengte van de geleiders

Zodra de minimum sectie van de geleiders bepaald is, moet men nagaan of de beveiliging die boven de geleiders gemonteerd is, open gaat in een tijd die compatibel is met de maximale thermische belasting van de geleiders. De kortsluitstroom moet dus voldoende groot zijn om de beveiliging te activeren.

De lengte van de geleiders moet *bepikt worden tot de waarden in Tabel A en B van pagina 27 (zekering).*

Tabel A: coëfficiënt Kcc

Onderbrekingstijd in ms	Minimum sectie van geleiders van koper en actief		Voor een kortsluitstroom van 1 kA eff				
			Minimum sectie van geleiders van koper en beschermend				
	Isolatie PVC	PR-EPR	Geleiders onderdeel van de leiding		Geleiders geen onderdeel van de leiding		
			PVC	PR	PVC	PR	BLANK
5	0,62	0,50	0,62	0,50	0,50	0,40	0,45
10	0,87	0,70	0,87	0,70	0,70	0,57	0,63
15	1,06	0,86	1,06	0,86	0,86	0,70	0,77
20	1,37	1,10	1,37	1,10	1,10	0,89	0,99
35	1,63	1,31	1,63	1,31	1,31	1,06	1,18
50	1,94	1,58	1,94	1,56	1,56	1,27	1,40
60	2,13	1,72	2,13	1,72	1,72	1,40	1,54
75	2,38	1,89	2,38	1,89	1,89	1,54	1,72
100	2,75	2,21	2,75	2,21	2,21	1,79	1,99
125	3,07	2,47	3,07	2,47	2,47	2,00	2,22
150	3,37	2,71	3,37	2,71	2,71	2,20	2,44
175	3,64	2,93	3,64	2,93	2,93	2,38	2,63
200	3,89	3,13	3,89	3,13	3,13	2,54	2,81
250	4,35	3,50	4,35	3,50	3,50	2,84	3,15
300	4,76	3,83	4,76	3,83	3,83	3,11	3,44
400	5,50	4,42	5,50	4,42	4,42	3,59	3,98
500	6,15	4,95	6,15	4,95	4,95	4,02	4,45
1000	8,70	6,99	8,70	6,99	6,99	5,68	6,29

Geleiders van aluminium: tabelwaarden vermenigvuldigen met 1,5.

Beveiliging van geleiders met zekeringen

Maximale lengte van geleiders beveiligd met zekeringen

De Tabellen A en B geven de maximum lengtes in de volgende omstandigheden :

- driefasig circuit 230 V / 400 V,
- sectie nulleider = sectie fase,
- minimale kortsluitstroom,
- koperen geleiders.

De tabellen zijn geldig onafhankelijk van de kabelisolatie (PVC, PR, EPR). Wanneer twee waarden aangegeven zijn, komt de eerste overeen met PVC-kabels en de tweede met PR/EPR-kabels.

Voor alle andere toepassingen moeten de waarden vermenigvuldigd worden met de coëfficiënten van Tabel C.

Aluminium kabel: de waarden moeten vermenigvuldigd worden met 0,41.

Tabel A: maximum lengte in m van de kabels beveiligd met zekeringen gG.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

Tabel B: maximum lengte in m van de kabels beveiligd met zekeringen aM.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50										128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10		
70											151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

Tabel C: correctiecoëfficiënt voor andere netten.

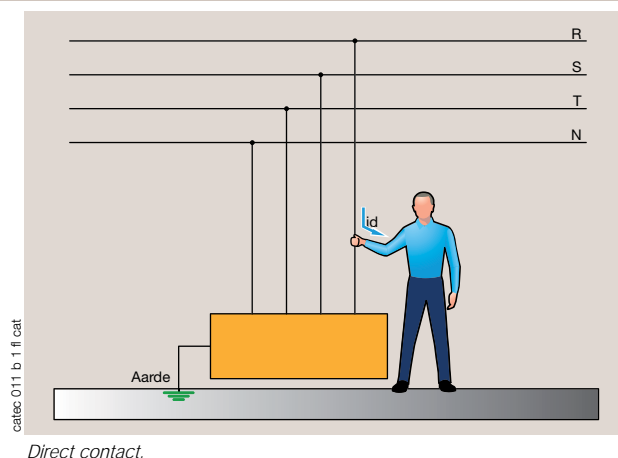
Toepassingen	Coëfficiënt
Sectie van de nulleider = 0,5 x sectie van de fase	0,67
Circuit zonder nulleider	1,73

(1) De ingang van het bord gebeurt met de fasesectie.

Beveiliging tegen direct contact

Definitie

"Directe contacten" is het contact van een persoon met een actief deel (fasen, nulleider) dat normaal onder spanning staat (barenstellen, aansluitingen, enz.).



Beveiligingsmiddelen

De beveiliging tegen directe contact wordt gegarandeerd op een van de volgende manieren (Frankrijk, decreet van 14.11.88):

- buiten bereik brengen van de actieve geleiders door middel van obstakels of door verwijdering,
- isolatie van de actieve geleiders,
- afscherming of afdekking: de minimum beschermingsgraad die verkregen wordt door de afdekking moet IP2x of xxB voor de actieve delen zijn,
- het openen van een afdekking mag alleen mogelijk zijn in een van de volgende gevallen:
 - met behulp van een gereedschap of een sleutel,
 - na het spanningsloos maken van de actieve delen,
 - als een tweede afscherming IP > 2x of xxB aanwezig is binnen de afdekking (zie de definitie van IP pagina 13),
- gebruik van differentieelreststroom 30 mA aardlekschakelaar (zie hierna "Bijkomende beveiliging tegen direct contact"),
- gebruik van ZLS (zeer lage spanning).

Gebruik van ZLS

Het gebruik van ZLS (*zeer lage spanning - zie definitie pagina 6*) vormt een beveiliging tegen direct en indirect contact. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

de ZLVS ($U_n \leq 50$ VAC en ≤ 120 VDC)

Zeer lage veiligheidsspanning moet:

- geleverd worden door een veiligheidstransformator, een spanningsomvormer, een batterij, een stroomaggregaat, enz.
- volledig onafhankelijk zijn van elk element dat op een ander potentieel gebracht kan worden (aarding van een andere installatie, ander circuit, enz.)

de ZLBS

Zeer lage beveiligingsspanning is gelijk aan ZLVS maar om functionele redenen (elektronica, informatica, enz.) voorzien van een aarding. Het gebruik van ZLBS houdt t.o.v. ZLVS het gebruik in van de beveiliging tegen directe contacten vanaf 12 VAC en 30 VDC (isolatie, afscherming, afdekking, NF C 15100 § 414).

de ZLFS

Zeer lage functionele spanning die alle andere ZLS-toepassingen groepeerst. Deze spanning levert geen beveiliging tegen direct of indirect contact.

Bijkomende beveiliging tegen direct contact

Ongeacht het nulleiderregime is er een bijkomende beveiliging tegen direct contact gegarandeerd door het gebruik van zeer gevoelige ADI's (≤ 30 mA).

De normen NF C 15100 en IEC 60364 maken het gebruik van dergelijke toestellen verplicht in de volgende gevallen:

- circuits voor de voeding van stopcontacten ≤ 32 A
- tijdelijke installaties, kermis, enz.
- installaties op bouwplaatsen,
- badkamers, zwembaden,
- caravans, plezierboten,
- voeding van voertuigen,
- land- en tuinbouwbedrijven,
- verwarmingsleidingen en -bekledingen in de vloer of in de muren van gebouwen.

Deze maatregel tot bijkomende beveiliging tegen direct contact conform norm IEC 60479 is niet langer voldoende wanneer de contactspanning 500 V kan bereiken: de menselijke impedantie zou dan een gevaarlijke stroom van meer dan 500 mA kunnen doorlaten.

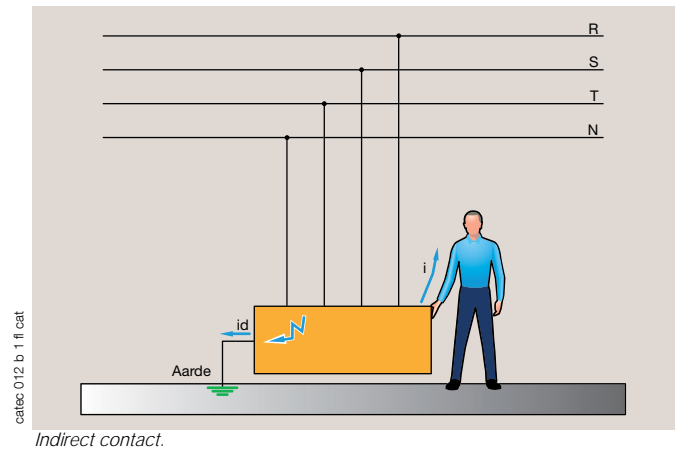
Beveiliging tegen indirecte contacten

Definitie

"Indirect contact" is het contact van een persoon met een massa die toevallig onder spanning staat als gevolg van een isolatiefout.

De beveiliging tegen indirect contact kan gebeuren :

- zonder automatische onderbreking van de voeding,
- met automatische onderbreking van de voeding.



Beveiliging zonder automatische onderbreking van de voeding

De beveiliging tegen indirect contact zonder automatische onderbreking van de voeding kan verzekerd worden door :

- gebruik van ZLS (zeer lage spanning), (zie pagina 28),
- scheiding van de massa's op zodanige wijze dat een persoon onmogelijk gelijktijdig met twee massa's in contact kan staan,
- dubbele isolering van het materiaal (klasse II),
- equipotentiaalverbinding, die niet verbonden is met de aarde, voor alle gelijktijdig bereikbare massa's,
- elektrische scheiding (door transformator voor circuits < 500 V).

Beveiliging met automatische onderbreking van de voeding

De beveiliging tegen indirect contact met automatische onderbreking van de voeding bestaat in het aanbrengen van een scheiding tussen de voeding en de stroomkring of het materiaal dat een isolatiefout vertoont tussen een actief deel en de massa.

Ter voorkoming van lichamelijk letsel dat een persoon zou kunnen oplopen wanneer deze in contact komt met een defect deel, wordt de contactspanning U_c beperkt tot de grenswaarde U_L .

Deze laatste hangt af van :

- de stroom I_L die door het menselijk lichaam verdragen kan worden,
- de duur van de stroomstoot (zie pagina 30),
- het aardingsschema,
- de installatie-omstandigheden.

Veronderstelde contactspanning (V)	Maximale onderbrekingstijd van het beveiligingstoestel (s) $U_L = 50 \text{ V}$
25	5
50	5
75	0,60
90	0,45
110	-
120	0,34
150	0,27
220	0,17
230	-
280	0,12
350	0,08
500	0,04

De wijze van spanningsloos maken van de installatie is afhankelijk van de schema's van de verbindingen (nulleiderregimes).

De normen NF C 15100 en IEC 60364 definiëren de maximale onderbrekingstijd van het beveiligingstoestel in normale omstandigheden ($U_L = 50 \text{ V}$). U_L is de hoogste contactspanning die een mens zonder gevaar gedurende onbepaalde tijd kan doorstaan (zie tabel).

Directe en indirecte contacten

Beveiliging tegen indirecte contacten (vervolg)

Beveiliging met automatische onderbreking van de voeding (vervolg)

TN- en IT-schakelingen

Wanneer het net niet beveiligd is met een differentieelinrichting moet ervoor gezorgd worden dat de coördinatie tussen de beveiliging en de geleiders vlekkeloos verloopt. Bij een te hoge impedantie van de geleider loopt men immers het risico dat de foutstroom te klein is, waardoor de beveiliging geactiveerd wordt na een tijd die groter is dan deze voorgeschreven door norm NF C 15100. Deze stroom produceert bijgevolg gedurende een te lange tijd een gevaarlijke contactspanning. Om de impedantie van de foutlus te beperken, moet de sectie van de geleiders aangepast worden aan de lengte van de leiding.

N.B.:

deze beveiliging tegen te grote stromen met automatische onderbreking van de voeding is alleen effectief in geval van een duidelijk defect. In de praktijk kan door een isolatiefout een niet te verwaarlozen impedantie optreden die de foutstroom zal begrenzen.

Een differentieeltoestel van het type RESYS of een ISOM DLRD als voorwaarschuwing gebruiken, is een effectief middel voor het identificeren van impedantiefouten en voor het voorkomen van langdurige gevaarlijke spanningen.

Maximale onderbrekingstijd

De normen NF C 15100 en IEC 60364 bepalen een maximale onderbrekingstijd in functie van het elektriciteitsnet en van de grensspanning van 50 V.

Tabel A: maximale onderbrekingstijd (in seconden) van het beveiligingsorgaan voor eindcircuits ≤ 32 A

Onderbrekingstijd (s)	50 V < U ₀ ≤ 120 V		120 V < U ₀ ≤ 230 V		230 V < U ₀ ≤ 400 V		U ₀ > 400 V	
	wissel	gelijk	wissel	gelijk	wissel	gelijk	wissel	gelijk
TN of IT schema	0,8	5	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT- schema	0,3	5	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Speciaal geval

Bij TN kan de onderbrekingsduur langer zijn dan de in Tabel A gespecificeerde tijd (wel steeds korter dan 5 s.) wanneer :

- het circuit geen eindcircuit is en geen mobiele of draagbare belasting voedt > 32 A,
- één van de twee volgende voorwaarden vervuld is :
 - de equipotentiaal-hoofdverbinding wordt gedubbeld door een equipotentiaalverbinding die identiek is aan de hoofdverbinding
 - de weerstand van de beveiligingsgeleider R_{pe} is zodanig dat :

$$R_{pe} < \frac{50}{U_0} \times (R_{pe} + Z_a)$$

U₀: fasespanning net

Z_a: impedantie die de bron en de actieve geleider omvat tot aan het foutpunt.

Maximale lengte van de geleiders (L in m)

Deze kan bepaald worden door een benaderende berekening die geldt voor alle installaties die worden gevoed via een transformator met ster-driehoekschakeling of ster-zigzagschakeling.

$$L = K \frac{U_0 \times S}{(1 + m) I_d}$$

U₀: fasespanning (230 V in een net van 230/400 V)

S: sectie in mm² van de fasegeleiders in TN en IT zonder nulleider

m = S / S_{pe} (S_{pe}: sectie van PE of PEN)

I_d: foutstroom in A

Beveiliging door zekering: stroom bereikt gedurende een smelttijd die gelijk is aan de maximale openingstijd van de beveiliging
(voor de maximum lengten zie tabel B pagina 27)

K: variabele in functie van de sterpuntschakeling en van het type geleider (zie Tabel B).

Tabel B: waarden van K

Schema's Geleider	TN	IT	
		zonder nulleider	met nulleider
Koper	34,7	30	17,3
Aluminium	21,6	18,7	11

De invloed van de reactantie is verwaarloosbaar voor secties kleiner dan 120 mm². Daarboven moet de weerstand verhoogd worden met :

- 15 % voor sectie 150 mm²,
- 20 % voor sectie 185 mm²,
- 25 % voor sectie 240 mm²,
- 30 % voor sectie 300 mm²,

Voor grotere secties : Bereken de exacte impedantie met X = 0,08 mΩ/m.

Beveiliging tegen indirecte contacten (vervolg)

Beveiliging met automatische onderbreking van de voeding (vervolg)

Regime TT

De beveiliging wordt verzekerd door differentieelinrichtingen. In dit geval zijn de sectie en de lengte van de geleiders niet belangrijk. Er moet enkel nagegaan worden of de weerstand van de aarding zodanig is dat:

$$R_T < \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

U_L : grensspanning

$I_{\Delta n}$: instelstroom voor differentieelinrichting

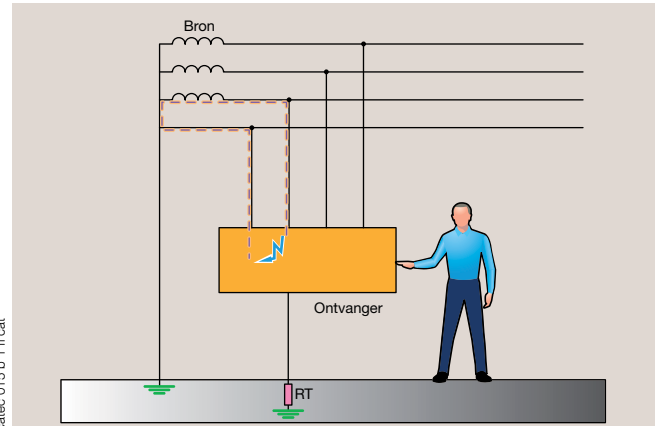
Voorbeeld:

De contactspanning kan bij een defect beperkt worden tot $U_L = 50 \text{ V}$.

De differentieelinrichting is ingesteld op $I_{\Delta n} = 500 \text{ mA} = 0,5 \text{ A}$.

De weerstand van de aarding mag niet meer zijn dan:

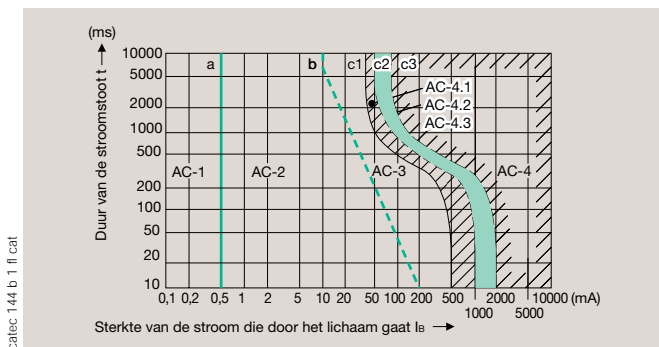
$$R_{T \max} = \frac{50 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 100$$



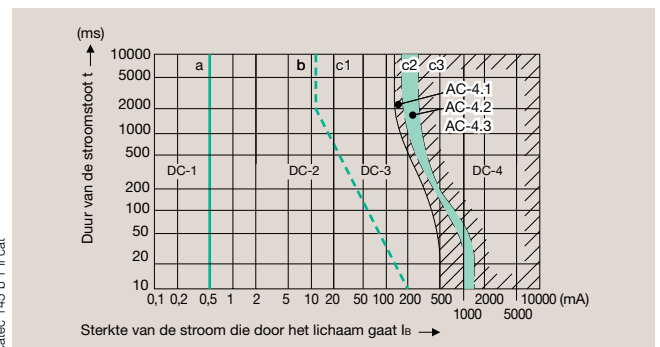
Foutstroom bij TT-schakelingen.

Invloed van elektrische stroom op het menselijk lichaam

Elektrische stroom die door het menselijk lichaam stroomt heeft schadelijke effecten voor de bloedsomloop en ademhaling die de dood tot gevolg kunnen hebben.



Wisselstroom (15 tot 100 Hz).



Gelijkstroom.

De zones 1 - 4 komen overeen met de verschillende invloedeniveaus:

AC/DC-1: niet waarneembaar,

AC/DC-2: waarneembaar, zonder lichamelijke effecten,

AC/DC-3: omkeerbare effecten, sterke spiersamentrekkingen,

AC/DC-4: zware brandwonden, hartritmestoringen, risico van onomkeerbare effecten.

Directe en indirecte contacten

Beveiliging tegen indirecte contacten met zekeringen

Maximale lengte van geleiders beveiligd met zekeringen

De lengte van de geleiders beveiligd tegen indirect contact moet beperkt worden.

Tabel B en C geven een directe uitlezing van de maximum lengtes van de koperen geleiders. Deze worden in de volgende omstandigheden bepaald :

- net 230/400 V,
- TN-schema,
- maximale contactspanning $U_L = 50$ V,
- $\frac{\emptyset f}{\emptyset PE} = m = 1$.

Voor andere toepassingen moeten de waarden van tabel B en C vermenigvuldigd worden met de coëfficiënt van tabel A.

Tabel A

		Correctiefactor
Aluminium geleider		0,625
Sectie PE = 1/2 fasesectie (m = 2)		0,67
IT-schakeling	zonder nulleider	0,86
	met nulleider	0,5
Onderbrekingstijd van 5 s toegelaten. (distributiecircuit)	voor leidingen beveiligd door zekeringen type gG	1,88
	voor leidingen beveiligd door zekeringen type aM	1,53

Tabel B : maximum lengte (in m) van de geleiders beveiligd met zekeringen type gG (kaliber in A)

(A) \ S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Tabel C : maximum lengte (in m) van de geleiders beveiligd met zekeringen type aM (kaliber in A)

(A) \ S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

Voorbeeld : Een circuit bestaat uit een koperen kabel van 3 x 6 mm² die beveiligd is met een zekering van 40 A gG. De kabel mag niet langer zijn dan 73 m ; anders kan de beveiliging tegen indirect contact niet verzekerd worden bij TN 230 V/400 V.

- bij een aluminium kabel is de maximumlengte: $0,625 \times 73 \text{ m} = 45,6 \text{ m}$

- voor een IT-schema met nulleider en aluminium kabel is de lengte: $0,625 \times 0,5 \times 73 \text{ m} = 22,8 \text{ m}$
- voor een IT-schema met nulleider, aluminium kabel voor de voeding van een verdeelkast is de lengte: $0,625 \times 0,5 \times 1,88 = 42,8 \text{ m}$.

Beveiliging tegen indirect contact via differentieelrelais

Regime TT

Voor dit regime is de differentieelbeveiliging praktisch de enige beveiliging tegen indirecte aanraking.

Om bijvoorbeeld een contactspanning van meer dan 50 V te verhinderen moet de stroom $I_{\Delta n}$ gelijk zijn aan :

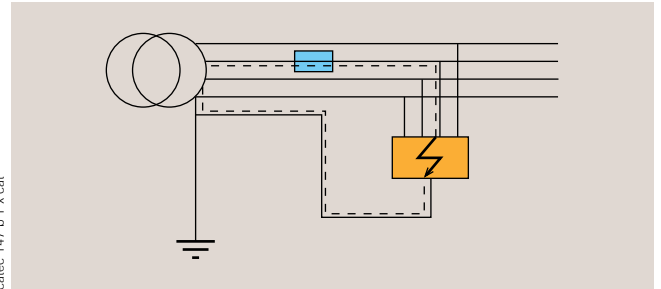
$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_p}$$

R_p weerstand van het aardcontact van de LS-massa's in Ω

Bij een heel moeilijk te realiseren aardcontact waarvan de waarden meer dan honderd ohm kunnen worden (hooggebergte, droge zone...) biedt het installeren van een apparaat met hoge gevoeligheid (H.G.) een antwoord op de voorgaande situatie.

Regime TNS

In dit regime is de foutstroom gelijk aan een kortsluitstroom tussen fase en nulleider. Deze laatste wordt geëlimineerd door de betreffende apparaten (zekeringen, automaten) binnen een tijd die overeenkomt met de beveiliging tegen indirecte aanraking. Wanneer deze tijd niet kan worden aangehouden (te lange leidingen en dus minimum I_{cc} onvoldoende; responstijd van de beveiligingsapparaten te lang, enz.) dan moet aan de beveiliging tegen overstroomen een differentieelbeveiliging worden toegevoegd. Daardoor kan de beveiliging tegen indirecte aanraking worden verzekerd, welke ook de lengte van de leidingen is.

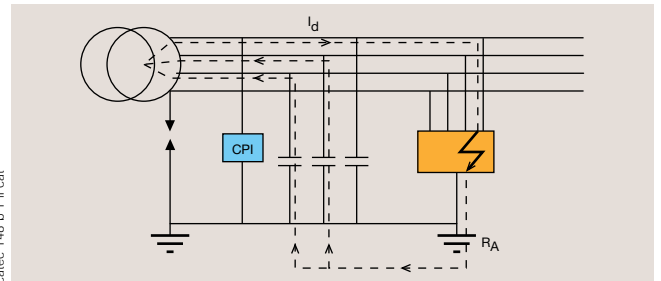


Regime IT

Normaal moet een kring niet bij de eerste fout worden geopend. Een gevaarlijke contactspanning kan zich bij de tweede fout voordoen hetzij op de massa's aangesloten op de niet onderling verbonden of verafgelegen aardcontacten, hetzij tussen tegelijkertijd toegankelijke massa's aangesloten op éénzelfde aardcontact en waarvan de impedantie van de beveiligingskringen te hoog is.

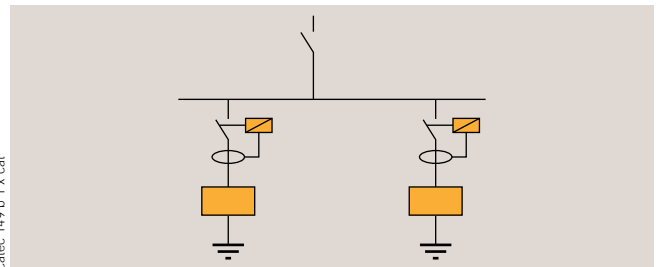
Om deze redenen is in een IT-schakeling een differentieel-schakelaar verplicht :

- bij die delen van de installatie waarvan de beveiligingsnetten of de massa's op niet onderling verbonden aardcontacten zijn aangesloten,
- in dezelfde situatie als vermeld voor TNS (condities voor afschakeling bij de tweede fout niet verzekerd door beveiligingstoestellen tegen overstroomen in de gevraagde beveiligingscondities).



Beveiliging tegen indirecte aanraking van de massa's aangesloten op afzonderlijke aarding

Zowel bij TT- als bij IT-regimes, wanneer de massa's van elektrische materialen zijn aangesloten op afzonderlijke aarding stroomafwaarts van eenzelfde voeding, moet elke massa-groep met een eigen beveiliging zijn uitgerust.



Vrijstelling van zeer gevoelige beveiliging (H.G.) bij voedingskabels voor informatica-apparatuur

Toegelaten door het arrest van 08/01/92 inzake de toepassing van H.G. toestellen op stroomaansluitpunten ≤ 32 A die zijn bestemd voor informatica-apparatuur, is deze vrijstelling ingetrokken door artikel 3 van het arrest van 8 december 2003 op installaties die zijn gebouwd na 1 januari 2004.

De spanningsdaling is het spanningsverschil dat vastgesteld wordt tussen de oorsprong van de installatie en de vertakking naar de ontvanger.

Om de goede werking van de ontvangers te garanderen, schrijven de normen NF C 15100 en IEC 60364 een maximale spanningsdaling voor (zie Tabel A).

Tabel A: NF C 15100 maximale spanningsdaling

	Verlichting	Ander gebruik
Rechtstreeks gevoed via openbaar LS-net	3%	5%
Gevoed via HS/LS-transfo	6%	8%

Berekening van de spanningsdaling op een kabel met lengte L

$$\Delta u = Ku \times I \text{ (Ampères)} \times L \text{ (km)}$$

Tabel B: waarden voor Ku

Kabelsectie mm ²	Gelijkstroom	Meeraderige kabels of éénaderige kabels in klavervorm			Éénaderige kabels in platte kabelstreng			Gescheiden éénaderige kabels		
		cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8
1,5	30,67	4,68	7,74	12,31	4,69	7,74	12,32	4,72	7,78	12,34
2,5	18,40	2,84	4,67	7,41	2,85	4,68	7,41	2,88	4,71	7,44
4	11,50	1,80	2,94	4,65	1,81	2,95	4,65	1,85	2,99	4,68
6	7,67	1,23	1,99	3,11	1,24	1,99	3,12	1,27	2,03	3,14
10	4,60	0,77	1,22	1,89	0,78	1,23	1,89	0,81	1,26	1,92
16	2,88	0,51	0,79	1,20	0,52	0,80	1,20	0,55	0,83	1,23
25	1,84	0,35	0,53	0,78	0,36	0,54	0,78	0,40	0,57	0,81
35	1,31	0,27	0,40	0,57	0,28	0,41	0,58	0,32	0,44	0,60
50	0,92	0,21	0,30	0,42	0,22	0,31	0,42	0,26	0,34	0,45
70	0,66	0,17	0,23	0,31	0,18	0,24	0,32	0,22	0,28	0,34
95	0,48	0,15	0,19	0,24	0,16	0,20	0,25	0,20	0,23	0,27
120	0,38	0,13	0,17	0,20	0,14	0,17	0,21	0,18	0,21	0,23
150	0,31	0,12	0,15	0,17	0,13	0,15	0,18	0,17	0,19	0,20
185	0,25	0,11	0,13	0,15	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
240	0,19	0,10	0,12	0,12	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16	0,15
300	0,15	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,15	0,15	0,14
400	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,14	0,14	0,12

Voor éénfasige kringen: waarden vermenigvuldigen met.

Voorbeeld

Een motor van 132 kW verbruikt 233 A bij 400 V. Hij wordt gevoed door koperen enkele geleiders, in platte strengen met een sectie van 150 mm² en een lengte van 200 mm (0,2 km).

- Bij normale werking $\cos \varphi = 0,8$; $Ku = 0,18$

$$\Delta u = 0,18 \times 233 \times 0,2 = 8,4 \text{ V ofwel } 3,6\% \text{ van } 230 \text{ V.}$$

- Bij direct opstarten $\cos \varphi = 0,3$ en $I_d = 5 I_n = 5 \times 233 \text{ A} = 1165 \text{ A}$; $Ku = 0,13$

$$\Delta u = 0,13 \times 1165 \times 0,2 = 20,3 \text{ V ofwel } 8,8\% \text{ van } 230 \text{ V.}$$

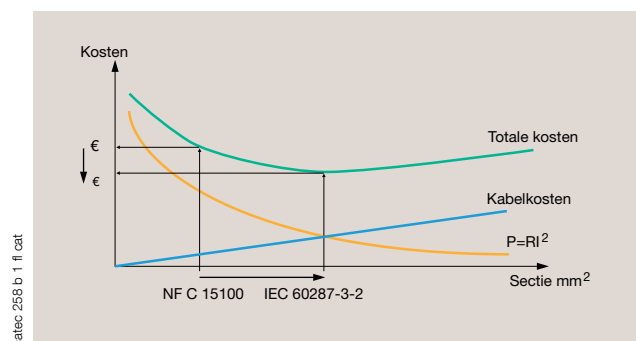
De sectie van de geleider is voldoende om de maximale spanningsdalingen, die opgelegd zijn door de norm NF C 15100, te kunnen naleven.

N.B.

deze berekening geldt voor 1 kabel per fase. Voor n kabels per fase moet de spanningsdaling gedeeld worden door n.

Benadering van de zogenaamde "economische secties"

De norm NF C 15100 die de installatie regelt, laat een dimensionering van leidingen toe met spanningsdalingen tot wel 16% in eenfasekringen. Voor de meeste distributiecircuiten wordt 8% energieverlies geaccepteerd. De norm IEC 60287-3-2 stelt, voor het definiëren van een leiding, een aanvullende benadering voor die rekening houdt met de investering en het verwachte energieverbruik.



Productnormen NF EN 60947 en IEC 60947

Definities

Schakelaar (IEC 60947.3 § 2.1)



"Mechanisch toestel voor het :

- inschakelen, verdragen en onderbreken van stromen in normale* omstandigheden van het circuit, inclusief eventuele gespecificeerde overbelastingen in werking,
- verdragen, gedurende een gespecificeerde duur van stromen in abnormale omstandigheden van het circuit, zoals kortsluiting" (een schakelaar kan inschakelen op kortsluitstromen, maar kan ze niet onderbreken).

** De normale omstandigheden komen meestal overeen met een gebruik van het apparaat bij een omgevingstemperatuur van 40 °C gedurende een tijdsduur van 8 uren.*

Scheider (IEC 60947.3 § 2.2)



"Mechanisch toestel dat, in geopende positie, kan voldoen aan de voorgeschreven eisen voor de scheidingsfunctie. Hij kan stromen verdragen in de normale omstandigheden van het circuit, en gedurende een gespecificeerde duur in abnormale omstandigheden."

Scheider (gangbare definitie): apparaat dat onder belasting niet kan sluiten of openen.

Lastscheidungsschakelaar (IEC 60947.3 § 2.3)



Schakelaar die, in geopende positie, kan voldoen aan de voorgeschreven isolatie-eisen voor een scheider.

Lastscheidungsschakelaar met zekeringen (IEC 60947.3 § 2.9)



Lastscheidungsschakelaar waarvan één of meerdere polen een zekering in serie hebben in een gecombineerd apparaat.

Apparaten Acties				
Tot stand brengen	(1)		(1)	(1)
Ondersteunen				
Onderbreken				(2)

(1) Drempel niet vastgelegd door de norm. (2) Via de zekering.

Normale stroom
 Kortsluitstroom
 Overbelastingsstroom

Functie

Scheiden van de contacten

Dit gebeurt door het geheel van toestellen die "geschikt zijn voor scheiding", conform de norm voor mechanische schakelaars NF EN 60947-3 of NF C 15100 § 536-2.

De controle van de scheidingsfunctie conform norm NF EN 60947-3 gebeurt in 3 tests:

- de diëlektrische test bepaalt een dempingsweerstand (U_{imp} : stothoudspanning) die typisch is voor de openingsafstand van de contacten in de lucht. Normaal $U_{imp} = 8 \text{ kV}$ voor $U_e = 400/690 \text{ V}$,
- de meting van de zwervstromen (I_f) bepaalt een isolatieweerstand open toestand, gedeeltelijk gekenmerkt door de zwervlijnen. Bij 110 % de U_e , $I_f < 0,5 \text{ mA}$ (nieuw toestel) en $I_f < 6 \text{ mA}$ (toestel bij einde levensduur),
- de controle van de stevigheid van het besturingsorgaan en van de positiebepaling heeft tot doel de "mechanische" betrouwbaarheid van de positieaanduidingen te valideren. Tijdens de test wordt op het opzettelijk in de "I"-stand geblokkeerde toestel een kracht uitgeoefend die driemaal groter is dan de normale inspanning die geleverd wordt op het besturingsorgaan om het toestel te openen. De vergrendeling van het toestel in positie "0" mag niet mogelijk zijn tijdens het leveren van de abnormale inspanning. Het toestel mag in dit geval niet de positie "0" aangeven na aanwending van de kracht. De test hoeft niet uitgevoerd te worden wanneer er andere middelen bestaan dan het besturingsorgaan om het openen van de contacten aan te duiden: mechanische aanduiding, onmiddellijke zichtbaarheid van het geheel van contacten...

Deze derde test beantwoordt aan de definitie van de "volledige zichtbare" onderbreking zoals gevraagd in het decreet van 14 november 1988 om de scheidingsfunctie te garanderen in LSB ($500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ VAC}$ en $750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ VDC}$).

Deze laatste karakteristiek is conform NF C 15100, behalve voor ZLVS of ZLBS ($U \leq 50 \text{ VAC}$ of 120 VDC).

Onderbreking onder belasting en overbelasting

Gebeurt door de toestellen gedefinieerd voor het opzetten en onderbreken van stroom bij normale belastingen- en overbelastingen voorwaarden.

Door middel van typetests worden de kenmerken vastgesteld van de apparaten die specifieke belastingen kunnen inschakelen en onderbreken, waarbij grote aantrekstromen nodig kunnen zijn met een kleine $\cos \varphi$ (motor in startfase of rotor geblokkeerd).

Deze karakteristieken komen overeen met de gebruiksklassen van de toestellen.

Onderbreking bij kortsluiting

Een schakelaar is niet bedoeld om kortsluitstromen te onderbreken. Toch moet zijn dynamisch gedrag van dien aard zijn dat hij deze de fout doorstaat tot aan de opheffing ervan door middel van het betreffende beveiligingsorgaan.

Op de schakelaars met zekering wordt de kortsluiting onderbroken door de zekeringen (zie het Hoofdstuk "Zekeringen", pagina 49 en 51) om zo sterke foutstromen te beperken.

Onderbrekings- en scheidingsapparaten

Productnormen NF EN 60947 en IEC 60947 (vervolg)

Karakteristieken

Voorwaarde en gebruiksklasse conform norm IEC 60947-3

Tabel A

Gebruikscategorie		Gebruik	Toepassingen
AC-20	DC-20	Sluiten en openen bij nullast.	Scheiders ⁽¹⁾
AC-21	DC-21	Resistieve belastingen met inbegrip van matige overbelastingen.	Schakelaars in het begin van de installatie of voor resistieve ontvangers (verwarming, verlichting, behalve ontledingslampen, enz.).
AC-22	DC-22	Gemengde resistieve en inductieve belastingen met inbegrip van matige overbelastingen.	Schakelaars in secundair circuit of voor reactieve ontvangers (condensatorbatterijen, ontledingslampen, motoren shunts, enz.).
AC-23	DC-23	Belastingen die worden veroorzaakt door motoren of andere sterk inductieve belastingen.	Schakelaars voor de voeding van één of meerdere motoren of ontvangers met zelfinductie (lastmagneten, elektrische remmen, seriegeschakelde motoren...)

(1) Deze toestellen worden tegenwoordig vervangen door schakelaars-scheiders om de gebruiksvrijheid te verzekeren.

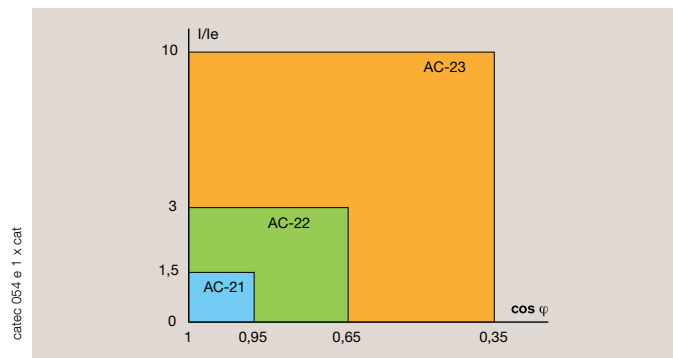
Onderbrekings- en inschakelvermogen

In tegenstelling tot de stroomverbrekers voor dewelke deze criteria de uitschakel- en inschakelkarakteristieken bij kortsluiting bepalen die kunnen leiden tot vervanging van het toestel, komt het onderbrekings- en inschakelvermogen voor de schakelaars overeen met de maximale performantiewaarden van de gebruiksklassen.

Zelfs bij deze extreme toepassingen moeten de karakteristieken van de schakelaar gevrijwaard blijven, in het bijzonder wat de zwervestroomweerstand en de verhitting betreft.

Tabel B

	Inschakeling		Onderbreking		Aantal gebruikscycli
	I/I_e	$\cos \varphi$	I/I_e	$\cos \varphi$	
AC-21	1,5	0,95	1,5	0,95	5
AC-22	3	0,65	3	0,65	5
AC-23 $I_e \leq 100A$	10	0,45	8	0,45	5
$I_e > 100A$	10	0,35	8	0,35	3
	L/R (ms)		L/R (ms)		
DC-21	1,5	1	1,5	1	5
DC-22	4	2,5	4	2,5	5
DC-23	4	15	4	15	5



Elektrische en mechanische levensduur

De norm bepaalt het minimum aantal elektrische (bij vollast) en mechanische (nullast) schakelingen die door de toestellen uitgevoerd worden. Deze karakteristieken bepalen het theoretische einde van de levensduur van het toestel, dat zijn kenmerken moet behouden, met name inzake zwervestroomweerstand en verhitting. Deze performantie houdt verband met het bereik van het toestel en met het gebruik ervan. In functie van het vooropgestelde gebruik worden twee bijkomende gebruikscategorieën voorgesteld:

- cat A: frequente schakelingen (geplaatst dichtbij toepassing),
- cat B: niet-frequente schakelingen (geplaatst op kop van de installatie of verdeelbord)

Tabel C

I_e (A)	≤ 100	≤ 315	≤ 630	≤ 2500	> 2500
Aantal cycli/uur	120	120	60	20	10
Aantal schakelingen in categorie A					
zonder stroom	8500	7000	4000	2500	1500
met stroom	1500	1000	1000	500	500
Totaal	10000	8000	5000	3000	2000
Aantal schakelingen in categorie B					
zonder stroom	1700	1400	800	500	300
met stroom	300	200	200	100	100
Totaal	2000	1600	1000	600	400

Bedrijfsstroom I_e

De bedrijfsstroom I_e wordt bepaald door de tests inzake levensduur (mechanisch en elektrisch) en door de tests van het uitschakel- en inschakelvermogen

Kortsluitkenmerken

- Toegelaten korteduurstroom (I_{cw}): effectieve stroom gedurende 1 seconde.
- Inschakelstroom bij kortsluiting (I_{cm}): piekwaarde van de stroom die het toestel kan verdragen bij kortsluiting.
- Voorwaardelijke kortsluitstroom: effectieve stroom waarvan verondersteld wordt dat deze door de schakelaar kan getolereerd worden wanneer deze verbonden is met een zekering of een ander beveiligingstoestel ter vermindering van de intensiteit en de duur van de kortsluiting.
- Dynamisch gedrag: piekwaarde van de stroom die het toestel in gesloten toestand kan tolereren.

De door de norm vastgelegde karakteristiek is de toegelaten korteduurstroom (I_{cw}) waarvan het minimale dynamische gedrag afgeleid wordt. Dit essentieel gedrag komt overeen met wat de schakelaar tolereert zonder doorsmelten.

Constructienormen IEC 60364 of NF C 15100

Scheiding § 536-2

Deze functie, die vereist is conform het decreet van 14 november 1988 (art.9), zorgt voor het om veiligheidsredenen spanningsloos maken van de volledige of gedeeltelijke installatie door de hele installatie of een deel ervan te scheiden van elke energiebron.

De acties die voor de scheidingsfunctie noodzakelijk zijn, kunnen als volgt onderscheiden worden :

- **actie die alle actieve geleiders beïnvloedt,**
- **actie die verzekerd kan worden bij nullast** op voorwaarde dat men kan beschikken over bijkomende toestellen om te voorkomen dat de bedrijfsstroom onderbroken wordt (voorijlend hulpcontact, signaleringspaneel "bediening onder belasting verboden"). Om de veiligheid te vergroten kan, naast de scheidingskarakteristiek, de onderbreking uitgevoerd worden door een toestel met onderbrekingsvermogen onder belasting.
- **actie voor het scheiden van de contacten.**

Onderbreking voor mechanisch onderhoud § 536-4

Deze functie, opgelegd door het decreet van 29 juli 1992, zorgt ervoor dat de betrokken machine gestopt wordt en in stoptoestand blijft voor het uitvoeren van mechanisch onderhoud dat lichamelijk letsel kan veroorzaken of tijdens onderbrekingen van lange duur.

Deze toestellen moeten zodanig gemonteerd worden dat ze gemakkelijk geïdentificeerd kunnen worden en dat ze probleemloos ingezet kunnen worden voor de voorziene toepassing.

De onderbrekingstoestellen voor mechanisch onderhoud moeten de scheidings- en de noodstopfuncties verzorgen.

Deze functie wordt ook aangeboden in de vorm van een veiligheids schakelkast.

Deze kasten bevatten in principe schakelaars met effectief zichtbare onderbreking, wat van buitenaf gecontroleerd moet worden. Het gebruik van een dergelijke effectief zichtbare onderbreking vloeit voort uit de noodzaak om de veiligheid te verhogen van de personen die moeten werken in een gevaarzone ; d.w.z op werven met hoge mechanische risico's waar de positie van de schakelaar niet meer duidelijk weergegeven kan worden als gevolg van een beschadigde handgreep.

Noodonderbreking § 536-3

Deze functie, opgelegd door het decreet van 14 november 1988 (art. 10), zorgt voor het spanningsloos maken van de eindcircuits. Doel van deze functie is de stroom af te schakelen om risico's op brand, verbranding of elektrische schok te vermijden. Kenmerken zijn : snelheid, gemakkelijke toegang en identificatie van de bediening van het betrokken toestel.

De interventiesnelheid hangt af van de inrichting van de lokalen waar de installaties geplaatst zijn, van de gebruikte uitrustingen en van de aanwezige personen.

De acties die noodzakelijk zijn voor deze noodonderbrekingsfunctie kunnen als volgt ingedeeld worden :

- **actie uit te voeren onder last**
- **actie met invloed op het geheel van actieve geleiders.**

Noodstop IEC 60204 § 10-7

Deze functie opgelegd door het decreet van 29 juli 1992 onderscheidt zich van de noodonderbreking door het feit dat in dit geval rekening gehouden wordt met de bewegende delen van de machines.

De acties die noodzakelijk zijn voor de noodstopfunctie kunnen als volgt ingedeeld worden :

- **actie uit te voeren onder last**
- **actie met invloed op het geheel van actieve geleiders**
- **actie die rekening houdt met een eventuele afremming.**

Functionele bediening § 536-5

Een elektrische installatie kan enkel rationeel geëxploiteerd worden wanneer de mogelijkheid bestaat om lokaal in te grijpen zonder dat de volledige installatie uitgeschakeld hoeft te worden. Buiten de selectieve bediening bevat de functionele bediening de schakeling, het wegnemen van de belasting, enz.

De acties die noodzakelijk zijn voor de functionele bediening kunnen als volgt ingedeeld worden :

- **actie uit te voeren onder last**
- **actie zonder invloed op het geheel van actieve geleiders** (bijvoorbeeld twee van de drie fasen van een motor).

Onderbrekings- en scheidingsapparaten

Keuze van een schakelaar

Keuze in functie van de isolatiespanning

Deze spanning is typisch voor de maximale bedrijfsspanning van een netwerk in normale omstandigheden.

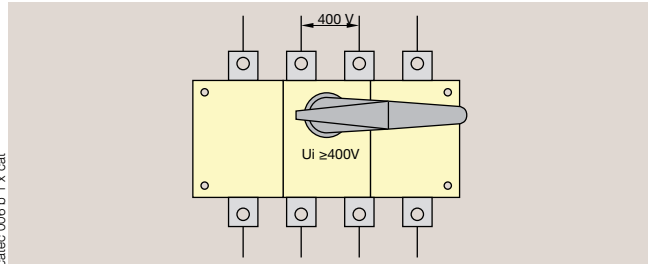


Fig. 1.

Voorbeeld

In een net van 230 V/400 V moet een toestel met een isolatiespanning $U_i \geq 400$ V gebruikt worden (zie fig. 1).

In een net van 400 V/690 V moet een toestel met een isolatiespanning $U_i \geq 690$ V gebruikt worden.

Diëlektrische testen

Om de kwaliteit van de diëlektrische isolatie van een toestel aan te duiden voorziet de norm IEC 60947-3 de volgende bepalingen :

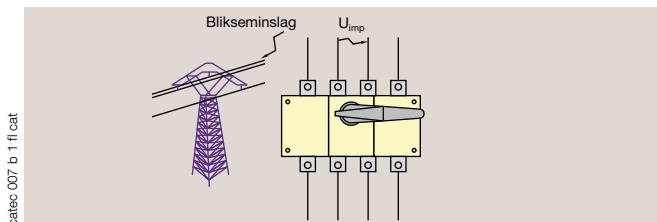
- bestand tot U_{imp} op nieuwe toestellen vóór de tests (kortsluiting, levensduur, enz.),
- controle van het diëlektrische gedrag na deze tests bij een spanning van $1,1 \times U_i$.

Stoothoudspanning U_{imp}

Deze spanning is typisch voor het gebruik van een toestel in abnormale omstandigheden in een netwerk als gevolg van overspanning wegens :

- blikseminslag op de bovengrondse leidingen,
- schakelactiviteiten op de hoogspanningscircuits.

Deze karakteristiek geeft eveneens de diëlektrische kwaliteit van het toestel weer (bijvoorbeeld : $U_{imp} = 8$ kV).



Bestendigheid van het toestel bij U_{imp} .

Keuze in functie van de nulleider

Driefasig netwerk met verdeelde nulleider

Schakeling	Nulleidersectie \geq fasesectie	Nulleidersectie $<$ fasesectie
TT		
TNC		
TNS		
IT met nulleider		

— Onderbreking — Bescherming

(1) De nulleider moet niet beveiligd worden indien de nulleider tegen kortsluiting beveiligd is door de fasebeveiliging en indien de maximum foutstroom op de nulleider veel kleiner is dan de toegelaten maximum stroom voor de kabel (NF C 15100 § 431.2).

(2) De plaatsing van een zekering op de nulleider moet verplicht gecombineerd worden door een detectievoorziening van het smelten van deze zekering, die de bijbehorende fasen moet openen om te voorkomen dat de installatie werkt zonder nulleider.

Keuze van een schakelaar(vervolg)

Dimensionering van de nulleiderpool in functie van de aanwezigheid van harmonischen

Sectie van de nulleider < Sectie van de fasen

Aanwezigheid van harmonische stromen van rang 3 en veelvoud van 3, waarvan het percentage kleiner is dan 15 %.

Sectie van de nulleider = Sectie van de fasen

Aanwezigheid van harmonische stromen van rang 3 en veelvoud van 3, waarvan het percentage ligt tussen 15 % en 33 % (bijvoorbeeld voor ontladinglampen, tl-lampen).

Sectie van de nulleider > Sectie van de fasen

Aanwezigheid van harmonische stromen van rang 3 en veelvoud van 3, waarvan het percentage groter is dan 33 % (bijvoorbeeld circuits bestemd voor kantoorautomatisering en voor informatica). De § 524.2 van de NFC 15100 stelt een sectie van 1,45 keer de sectie van de fasen voor.

Toepassingen op het gelijkstroomnet

De karakteristieken van de bedrijfsstroom zoals bepaald in de algemene catalogus gelden voor fig. 1, behalve wanneer "2 polen in serie" gespecificeerd is (zie in dat geval fig. 2).

Voorbeeld 1: polen in serieschakeling

Een toestel SIRCO 400 A dat gebruikt wordt op een net van 500 VDC met een bedrijfsstroom van 400 A in categorie DC-23 moet voor elke polariteit 2 polen in serie hebben.

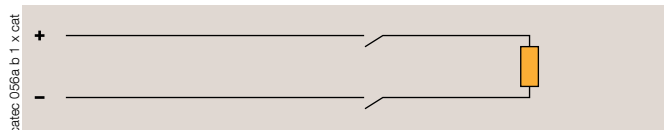


Fig. 1: 1 pool per polariteit

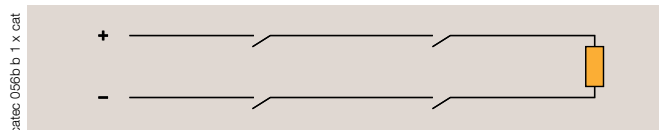
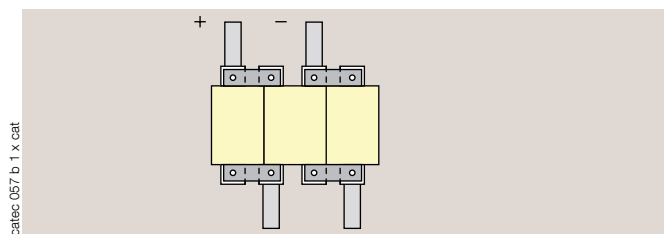


Fig. 2: 2 polen in serie per polariteit

Voorbeeld 2: polen in parallelschakeling

4-polig toestel met 2 x 2 polen in parallelschakeling.

Voorzorgen voor de aansluiting: zorg voor een goede verdeling van de stroom in de 2 vertakkingen.



Toepassingen

Beveiliging

Wanneer de uitschakeltoestellen SIDERMAT, FUSOMAT of IDE gebruikt worden als beveiliging tegen indirect contact of kortsluiting, moet rekening gehouden worden met de openingstijd van de toestellen. De periode tussen de bediening en de eigenlijke opening van de contacten is kleiner dan 0,05 s.

Bronomschakeling

De schakeltijd 0 - I of 0 - II is gelijk aan 0,7 tot 2,1 s in functie van het toestel.

De schakeltijd I - II is gelijk aan 1,1 tot 3,6 s.

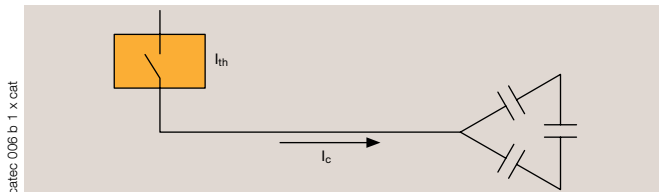
Onderbrekings- en scheidingsapparaten

Toepassingen (vervolg)

Stroomopwaarts condensatorbatterij

Kies in de regel een schakelaar met kaliber groter dan 1,5 keer de waarde van de nominale stroom van de condensatorbatterij (I_c).

$$I_{th} > 1,5 I_c$$



Op de primaire van een transformator

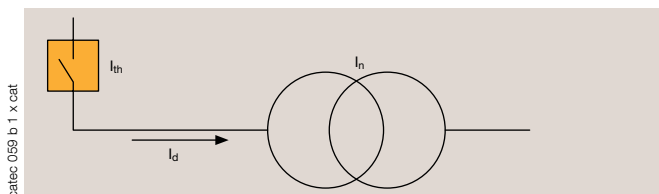
Controleer of het inschakelvermogen van de schakelaar groter is dan de magnetisatiestroom (I_d) van de transformator.

$$\text{Inschakelvermogen} > I_{th}$$

Tabel A

P kVA	50	100	160	250	400	630	1000	1250	1600
I_d/I_n	15	14,5	14	13	12	11	10	9	8,5

I_d : magnetisatiestroom van de transformator.
 I_n : nominale stroom van de transformator.



Stroomopwaarts van een motor

Met lokale beveiligingsonderbreking

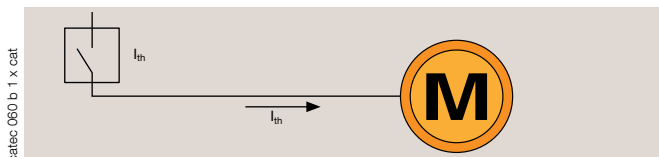
De schakelaar moet de karakteristiek AC-23 hebben bij de nominale stroom van de motor (I_n).

In circuits van frequent startende motoren

Het is noodzakelijk de equivalente thermische stroom te bepalen (I_{thq}).

De opstartstromen en -tijden kunnen erg variëren in functie van het motortype en de inertie van de aangedreven ontvanger. Bij het direct opstarten gaat het in het algemeen om de volgende waarden bereiken:

- piekstroom: 8 tot 10 I_n ,
- duur van de piekstroom: 20 tot 30 ms,
- startstroom I_d : 4 tot 8 I_n ,
- starttijd t_d : 2 tot 4 s.



Declasseringsvoorbeelden volgens opstarttype.

$$I_{thq} = I_n \times K_d \text{ en } I_{th} \geq I_{thq}$$

Tabel B

Opstarttype	$\frac{I_d^{(4)}}{I_n}$	$t_d^{(4)}(s)$	$n^{(1)}$	$K_d^{(2)}$
Direct tot 170 kW	6 tot 8	0,5 tot 4	$n > 10$	$\frac{\sqrt{n}}{3,16}$
Y - Δ ($I_d/3$)	2 tot 2,5	3 tot 6	$n > 85$	$\frac{\sqrt{n}}{9,2}$
Direct-motoren met grote inertie ⁽³⁾	6 tot 8	6 tot 10	$n > 2$	$\frac{\sqrt{n}}{1,4}$

(1) n : aantal starts per uur op basis waarvan toestel ingedeeld moet worden.

(2) K_d : startcoëfficiënt ≥ 1 .

(3) ventilator, pompen...

(4) Gemiddelde waarden, variabel in functie van het type motor en ontvanger.

Bij cyclische overbelastingen (buiten opstarten)

Voor speciale ontvangers (lasapparaten, motoren), cyclische piekstroomgeneratoren, kan de equivalente stroomsterkte (I_{thq}) als volgt berekend worden:

$$I_{thq} = \frac{(I_1^2 \times t_1) + (I_2^2 \times t_2) + I_n^2 \times (t_c - [t_1 + t_2])}{t_c}$$

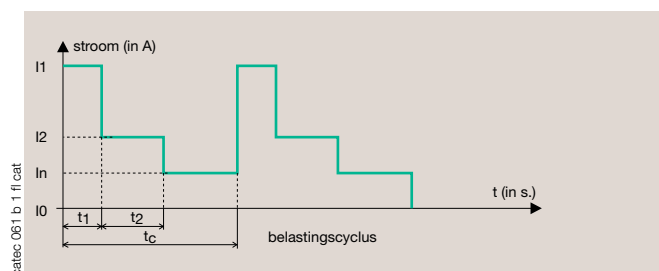
I_1 : bedieningsstroom van de ontvanger.

I_2 : eventuele tussen-overbelastingsstroom.

I_n : continue stroomsterkte

t_1 en t_2 : respectievelijke duur in s van stroom I_1 en I_2

t_c : duur van de cyclus in s met een benedendrempel vastgelegd op 30 seconden.



Cyclische werking.

Gebruiksgrenzen

Bepaalde gebruiksvoorwaarden leggen een aanpassing van de intensiteit van de thermische stroom op door middel van een correctiefactor en laten het overschrijden van de verkregen gebruikswaarde niet toe.

Kt-correctie omwille van temperatuur

Luchttemperatuur van de omgeving van het toestel

Tabel A: correctiefactoren in functie van de temperatuur t_a

Kt: correctiefactor	
0,9	$40\text{ °C} < t_a \leq 50\text{ °C}$
0,8	$50\text{ °C} < t_a \leq 60\text{ °C}$
0,7	$60\text{ °C} < t_a \leq 70\text{ °C}$

Montage en zin van de schakelaars

- Snelle methode.
Een schakelaar moet gedeclasseerd worden met factor 0,8 wanneer de zekeringhouders onmiddellijk aangesloten zijn op de klemmen.
Voorbeeld: een combiné van 1250 A is samengesteld uit een schakelaar van 1600 A en 3 zekeringen van 1250 A gG.
- Voor elke toepassing kan een exacte berekening gemaakt worden: raadpleeg ons.

Andere declasseringen volgens temperatuur

- Lastschakelaars met UR zekeringen.
- Continubedrijf. In sommige gevallen is een andere klassering nodig voor een 24u/24u werking onder maximale belasting: raadpleeg ons.

- Snelle methode.

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_t$$

- Voor elke toepassing kan een exacte berekening gemaakt worden: raadpleeg ons.

Kf-correctie omwille van de frequentie

Tabel B: correctiefactoren in functie van de frequentie f

Kf: correctiefactor	
0,9	$100\text{ Hz} < f \leq 1000\text{ Hz}$
0,8	$1000\text{ Hz} < f \leq 2000\text{ Hz}$
0,7	$2000\text{ Hz} < f \leq 6000\text{ Hz}$
0,6	$6000\text{ Hz} < f \leq 10000\text{ Hz}$

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_f$$

Ka-correctie omwille van hoogte

Tabel C: correctiefactoren in functie van de hoogte A

	$2000\text{ m} < A \leq 3000\text{ m}$	$3000\text{ m} < A \leq 4000\text{ m}$
U_e	0,95	0,80
I_e	0,85	0,85

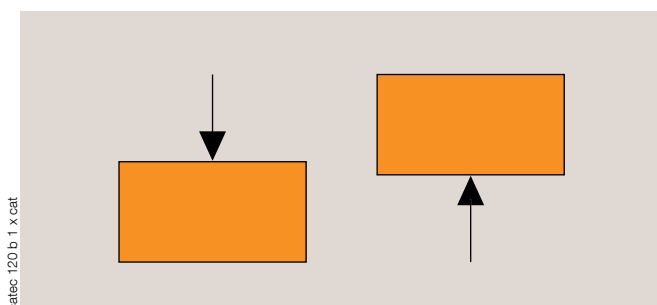
- Declasseren in U_e en I_e geldig voor wisselstroom en gelijkstroom.

- Niet declasseren in I_{th} .

Kp correctie omwille van de inbedrijfstelling van het toestel

Opwaartse of afwaartse aansluiting

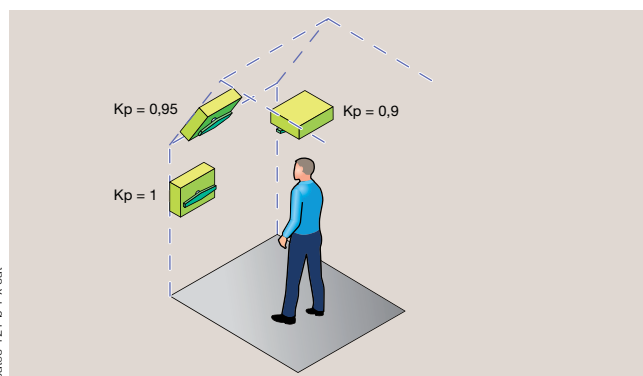
Aangezien alle toestellen van het gamma SOCOMEC een dubbele onderbreking per pool hebben (behalve FUSERBLOC 1250 A, FUSOMAT 1250 A en combiné's SIDERMAT), kan de voeding opwaarts of afwaarts van het toestel zonder speciale voorzorgen geplaatst worden; er moet wel rekening gehouden worden met de plaatsingsregels voor een voeding langs onder.



montagepositie.

Koelingseis

$$I_{thu} \leq I_{th} \times K_p$$



Declasseren volgens positie.

Algemene karakteristieken

Het is de taak van een zekering om een elektrisch circuit te onderbreken als er een foutstroom in optreedt. Ook kan hij grote foutstromen beperken (zie het voorbeeld hieronder). Een essentieel kenmerk van een zekering is dat ze een betrouwbaar, eenvoudig en zuinig apparaat is.

We kunnen een optimale keuze maken op basis van de volgende technische karakteristieken van de zekering:

- **pre-boogtijd**
Dit is de tijd die een stroom nodig heeft om het smeltelement, na het smelten, te verdampen.
De pre-boogtijd staat los van de netspanning.
- **boogtijd**
Dit is de tijd tussen het moment waarop de boog verschijnt en deze totaal dooft (stroom nul). De boogtijd hangt af van de netspanning, maar voor totale smelttijden > 40 ms, is deze verwaarloosbaar ten opzichte van de pre-boogtijd.
- **totale smelttijd**
Som van de pre-boogtijd en de boogtijd.
- **Uitschakelvermogen**
Dit is de waarde van de veronderstelde kortsluitstroom, die de zekering onder een gespecificeerde gebruiksspanning in staat is te onderbreken.
- **thermische belasting of Joule-integraal, $\int I^2 dt$**
Waarde van de integraal van de onderbroken stroom op het interval van de totale smelttijd, uitgedrukt in A²s (Ampère kwadraat seconde).

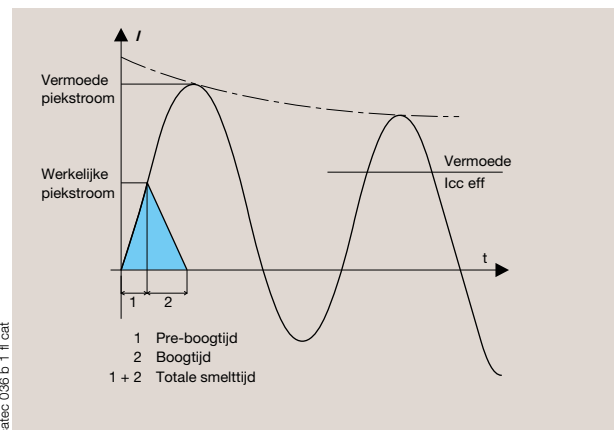
Begrenzen van de kortsluitstroom

De twee parameters die we moeten bekijken om de kortsluitstroom te begrenzen zijn:

- de piekstroom die de stroom in het beveiligde circuit werkelijk bereikt,
- de vermoedelijke effectieve stroom, die zich zou ontwikkelen als er geen zekering in de stroomkring was.

Het beperkingsdiagram toont het verband tussen deze twee parameters (zie pagina's 49 en 51). Om de piekstroom te kennen, die zich werkelijk kan ontwikkelen in een elektrische stroomkring die door zekeringen wordt beveiligd, moet men:

- de maximum effectieve kortsluitstroom berekenen (zie pagina 22),
- deze stroom op het beperkingsdiagram aanbrengen en de piekwaarde aflezen in functie van het kaliber van de zekering die de stroomkring beveiligd.



Opmerkingen: er is geen beperking indien de pre-boogtijd $t_{prearc} < 5$ ms (net 50 Hz) bedraagt.

Voorbeeld: We willen een kortsluitstroom van 100 kA effectief beperken door een zekering van 630 A gG.

De vermoede werkzame stroom van 100 kA eff. geeft een vermoede piekstroom van: $100 \times 2,2 = 220$ kA.

De zekering beperkt de piekstroom immers tot 50 kA, wat 23% van zijn verwachte waarde is (zie figuur 1). Dit leidt tot een beperking van de elektrodynamische kracht tot 5% van de waarde zonder beveiliging (zie figuur 2) en van de thermische belasting tot 2,1% van zijn waarde (zie figuur 3).

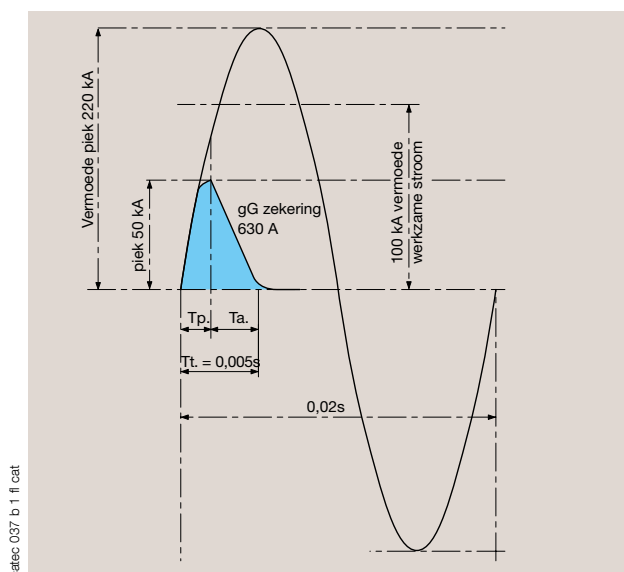


Fig. 1: beperking van de piekstroom.

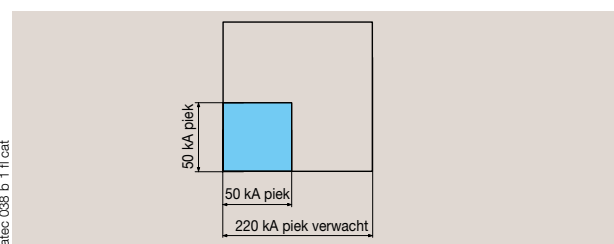


Fig. 2: beperking van de elektrodynamische kracht evenredig met het kwadraat van de stroom.

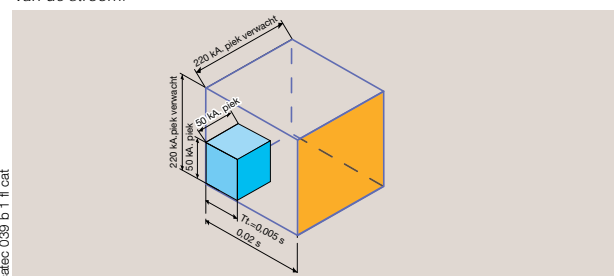


Fig. 3: beperking van de thermische belasting $\int I^2 dt$.

Keuze van een zekering "gG" of "aM"

Een beveiliging wordt gekozen volgens 3 criteria :

- de karakteristieken van het net,
- de installatieregels,
- de karakteristieken van de stroomkring in kwestie.

De hierna volgende berekeningen zijn louter indicatief : gelieve ons te raadplegen indien u materiaal voor bijzondere toepassingen gaat bepalen.

Karakteristieken van het net

De spanning

Een zekering kan nooit worden gebruikt bij een werkzame spanning die hoger is dan haar nominale spanning. Ze werkt normaal bij lagere spanningen.

De frequentie

- $f < 5$ Hz : men gaat ervan uit dat de bedrijfsspanning (U_e) gelijkwaardig is aan een doorlopende spanning en $U_e = U$ piekspanning
- $5 \leq f < 48$ Hz
- $48 \leq f < 1000$ Hz : geen declassering van de spanning.

$$U_e \leq k_u \times U_n$$

f (in Hz)	5	10	20	30	40
k_u	0,55	0,65	0,78	0,87	0,94

k_u : declasseringscoëfficiënt van de spanning omwille van frequentie.

De kortsluitstroom

Na het berekenen van de kortsluitstroom moeten we nagaan indien de berekende waarden kleiner zijn dan het onderbrekingsvermogen van zekeringen : 120kA eff

Installatieregels

Gebruik van een zekering op de nulleider (zie pagina 38).

Schema's voor de aarding

Al naargelang de nulleiderschakeling, vervullen de zekeringen één of twee beschermende functies :

- tegen overstroom : A,
- tegen indirecte contacten : B.

Schema's	Beveiligingen
TT	A
IT	A + B
TNC	A + B
TNS	A + B

Karakteristieken van de stroomkring

- De gebruiksbependingen van de zekeringen in functie van de omgevingstemperatuur (t_a) in de buurt van het apparaat.

$$I_{th} U \leq K_t \times I_n$$

$I_{th} U$: thermische gebruiksstroom: de maximale permanente stroom die het apparaat in bijzondere omstandigheden gedurende acht uren doorstaat

I_n : calibre du fusible

K_t : coëfficiënt die door de onderstaande tabel wordt gegeven

t_a	K _t			
	Zekering gG		Zekering aM	
	Zekeringbasis	Op toestel en combinatie	Zekeringbasis	Op toestel en combinatie
40°	1	1	1	1
45°	1	0,95	1	1
50°	0,93	0,90	0,95	0,95
55°	0,90	0,86	0,93	0,90
60°	0,86	0,83	0,90	0,86
65°	0,83	0,79	0,86	0,83
70°	0,80	0,76	0,84	0,80

Indien de zekering in een geventileerde kast is geïnstalleerd, moet men de waarden van K_t met K_v vermenigvuldigen.

- Luchtsnelheid $V < 5$ m/s $K_v = 1 + 0,05 V$
- Luchtsnelheid $V \geq 5$ m/s $K_v = 1,25$

Voorbeeld: een zekering gG is op een basis gemonteerd, in een gemonteerde kast:

- temperatuur in de kast : 60 °C
- luchtsnelheid: 2 m/s
 $K_v = 1 + 0,05 \times 2 = 1,1$
 $K_t = 1,1 \times 0,86 = 0,95$.

Keuze van een zekering "gG" of "aM" (vervolg)

Karakteristieken van de stroomkring (vervolg)

Voorzorgsmaatregel bij gebruik op een hoogte > 2000 m

- Geen declassering van de stroomsterkte.
- Het uitschakelvermogen is beperkt: Raadpleeg ons.
- Een declassering van de grootte is aanbevolen.

Bovenaan een scheidingstransformator

Het inschakelen op een onbelaste transformator heeft belangrijke inschakelstromen tot gevolg. Men zal een zekering van het type aM in het primaire gedeelte moeten gebruiken, die het meest geschikt is om herhaalde overbelastingen te ondersteunen. Het secundaire gedeelte zal beveiligd worden door zekeringen van het type gG.

Stroomopwaarts van een motor

De motoren worden meestal beveiligd door een thermisch relais. De voedingskabels van de motor worden door aM- of gG-zekeringen beveiligd. Tabel A toont welk kaliber zekering we met het thermisch relais moeten combineren in functie van het vermogen van de motor.

N.B.:

- De nominale stroom van een motor hangt verschilt per constructeur. Tabel A geeft louter indicatieve waarden
- Voor deze toepassing heeft het gebruik van aM-zekeringen de voorkeur boven gG-zekeringen.
- Bij frequent of moeilijk starten (rechtstreeks opstarten > 7 I_n gedurende meer dan 2 s of opstarten > 4 I_n gedurende meer dan 10 s), adviseren wij een kaliber zwaarder te nemen dan wat in de tabel is vermeld. U zal zich in elk geval moeten vergewissen van de coördinatie van de zekering met de schakelaar (zie pagina 54).
- Indien een aM-zekering smelt, adviseren wij eveneens de zekeringen van de twee andere fasen te vervangen.

Tabel A: beveiliging van motoren door aM-zekeringen

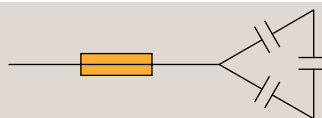
400 V drie			Motor			Kaliber	Geadviseerde grootte
Kw	Pk	In A	Kw	Pk	In A		
7,5	10	15,5	11	15	18,4	20	10 x 38 of 14 x 51
11	15	22	15	20	23	25	10 x 38 of 14 x 51
15	20	30	18,5	25	28,5	40	14 x 51
18,5	25	37	25	34	39,4	40	14 x 51
22	30	44	30	40	45	63	22 x 58
25	34	51	40	54	60	63	22 x 58
30	40	60	45	60	65	80	22 x 58
37	50	72	51	70	75	100	22 x 58
45	60	85	63	109	89	100	22 x 58
55	75	105	80	110	112	125	T00
75	100	138	110	150	156	160	T0
90	125	170	132	180	187	200	T1
110	150	205	160	220	220	250	T1
132	180	245	220	300	310	315	T2
160	218	300				315	T2
200	270	370	250	340	360	400	T2
250	340	475	335	450	472	500	T3
315	430	584	450	610	608	630	T3
400	550	750	500	680	680	800	T4

Stroomopwaarts condensatorbatterij

Het kaliber van de zekering moet minimaal twee keer zo groot zijn als de nominale stroom van de condensatorbatterij (I_c).

$$I_n \geq 2 I_c$$

cat. 118 b 1 x cat



Tabel B: kaliber van zekeringen voor een condensatorbatterij bij 400 V

Capaciteit in Kvar	5	10	20	30	40	50	60	75	100	125	150
Zekering gG in A	20	32	63	80	125	160	200	200	250	400	400

Keuze van een zekering "gG" of "aM" (vervolg)

Karakteristieken van de stroomkring (vervolg)

In parallelschakeling

- Zekeringen parallel schakelen is alleen mogelijk indien ze beide dezelfde grootte en hetzelfde kaliber hebben.

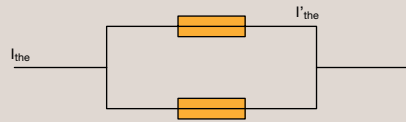
$$I_{the} = I'_{the} \times 2$$

$$I_{cc \text{ totale beperkte piek}} = I'_{cc \text{ totale beperkte piek}} \times 1,59$$

$$I^2t \text{ totaal} = I'^2t \times 2,52$$

I^2t : thermische belasting van een zekering

cat. 119 b 1 x cal



Gebruik bij gelijkstroom

- Bij gelijkstroom is de pre-boogtijd identiek aan de pre-boogtijd bij wisselstroom. De karakteristieken tijd/stroom en het beperkingsdiagram blijven geldig voor het gebruik van zekeringen bij gelijkstroom. De boogtijd ligt daarentegen duidelijk hoger in gelijkstroom omdat de spanning niet naar nul gaat.
- De thermische energie die moet worden geabsorbeerd zal veel groter zijn dan bij wisselstroom. Om een gelijkwaardige thermische belasting te behouden voor de zekering, moet men de gebruiksspanning ervan beperken.

Maximale spanning	
wissel	gelijk
400 V	260 V
500 V	350 V
690 V	450 V

Gebruik van cilindrische zekeringen type gG

Grootte	Spanning	Stroom DC	Uitschakelvermogen voor DC
10 x 38	500 VAC / 250 VDC	16 A	15 kA
14 x 51	500 VAC / 250 VDC	32 A	15 kA
	690 VAC / 440 VDC	32 A	10 kA
22 x 58	500 VAC / 250 VDC	80 A	15 kA
	690 VAC / 440 VDC	80 A	10 kA

Wij adviseren zekeringen te gebruiken die een maat groter zijn dan de gebruikelijke maat, het kaliber blijft hetzelfde; de grootte 10 x 38 zijn gereserveerd voor circuits ≤ 12 A.

Bij sterk inductieve stroomkringen, wordt er aanbevolen twee zekeringen in serie te plaatsen op de + pool.

"Voor solar-toepassingen is het noodzakelijk om zekeringen te gebruiken met een aangepaste tijd/stroom karakteristiek en een onderbrekingsvermogen dat specifiek voor deze installaties werd ontwikkeld. Deze zekeringen worden gemarkeerd met het symbool gPV en moeten beantwoorden aan de norm IEC 60269-6."

aM-zekeringen zijn niet bruikbaar voor gelijkstroom.

Voor spanning tussen 450 en 800 VDC, kunnen UR-zekeringen gebruikt worden: raadpleeg ons voor advies.

Beveiliging met zekeringen

Beveiliging van de kabels tegen overbelasting met zekeringen gG

Kolom I_z geeft de waarde van de toegelaten maximum stroom voor elke sectie van de koperen en de aluminium kabel conform de norm NF C 15100 en de gids UTE 15105.

Kolom F geeft de belasting van de zekering gG in functie van de sectie en het type kabel.

De categorieën B, C, E en F komen overeen met de verschillende montagewijzen van de kabels (zie pagina 17).

De kabels worden ingedeeld in twee types: PVC en PR (zie Tabel pagina 18). Het cijfer dat erop volgt geeft het aantal belaste geleiders weer (PVC 3 staat voor een PVC-kabel met 3 belaste geleiders: 3 fasen of 3 fasen + nulleider).

Voorbeeld: een koperen PR3-kabel van 25 mm² geïnstalleerd in categorie E wordt beperkt tot 127 A en beveiligd met een zekering van 100 A gG.

Categorie	Toegelaten stroom (Iz) met bijbehorende zekering (F)																	
B	PVC3		PVC2				PR3				PR2							
C			PVC3				PVC2		PR3				PR2					
E					PVC3				PVC2		PR3				PR2			
F							PVC3				PVC2		PR3				PR2	
S mm²																		
Koper	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	21	16	24	20	25	20	27	20	30	25	31	25	33	25	36	32		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	36	32	41	32	43	40	46	40	51	40	54	50	58	50	63	50		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	68	50	76	63	80	63	85	63	94	80	100	80	107	80	115	100		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	110	100	119	100	126	100	138	125	147	125	158	125	171	125	185	160	200	160
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	171	125	184	160	196	160	213	160	229	200	246	200	269	160	289	250	310	250
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	239	200	259	200	276	250	299	250	322	250	346	315	382	315	410	315	437	400
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			341	250	364	315	392	315	424	315	456	400	506	400	542	500	575	500
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			464	400	497	400	530	400	576	500	621	500	693	630	741	630	783	630
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									749	630	868	800	946	800			1083	1000
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Aluminium																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	22	16	25	20	26	20	28	25	31	25	32	25	35	32	38	32		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	39	32	44	40	46	40	49	40	54	50	58	50	62	50	67	50		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	70	63	73	63	78	63	83	63	90	80	97	80	101	80	108	100	121	100
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	104	80	110	100	117	100	125	100	136	125	146	125	154	125	164	125	184	160
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	161	125	170	125	183	160	195	160	211	160	227	200	241	200	257	200	289	250
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			227	200	245	200	261	200	283	250	304	250	324	250	346	315	389	315
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			305	250	330	250	352	315	382	315	409	315	439	400	470	400	530	400
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									526	400	600	500	663	500			740	630
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									711	630	808	630	899	800			996	800

Beveiliging van geleiders met zekeringen

Maximale lengte van geleiders beveiligd met zekeringen

De Tabellen A en B geven de maximum lengtes in de volgende omstandigheden :

- driedfasig circuit 230 V/400 V.
- sectie nulleider = sectie fase,
- minimale kortsluitstroom,
- koperen geleiders.

De tabellen zijn geldig onafhankelijk van de kabelisolatie (PVC, PR, EPR). Wanneer twee waarden aangegeven zijn, komt de eerste overeen met PVC-kabels en de tweede met PR/EPR-kabels.

Voor alle andere toepassingen moeten de waarden vermenigvuldigd worden met de coëfficiënten van Tabel C.

Aluminium kabel : de waarden moeten vermenigvuldigd worden met 0,41.

Tabel A : maximum lengte in m van de kabels beveiligd met zekeringen gG.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150														272	190	145	110	85	61	42/48
185															220	169	127	98	70	56
240																205	155	119	85	68

Tabel B : maximum lengte in m van de kabels beveiligd met zekeringen aM.

S (mm²) \ HP C	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

Tabel C : correctiecoëfficiënt voor andere netten

Toepassingen	Coefficient
Sectie van de nulleider = 0,5 x sectie van de fase	0,67
Circuit zonder nulleider	1,73

(1) De ingang van het bord gebeurt met de fase sectie.

Beveiliging met zekeringen

Beveiliging tegen indirecte contacten met zekeringen

Maximale lengte van geleiders beveiligd met zekeringen

De lengte van de geleiders beveiligd tegen indirect contact moet beperkt worden.

Tabel B en C geven een directe uitlezing van de maximum lengtes van de koperen geleiders. Deze worden in de volgende omstandigheden bepaald :

- net 230/400 V,
- TN-schema,
- maximale contactspanning $U_L = 50$ V,
- $\frac{\emptyset f}{\emptyset PE} = m = 1$.

Voor andere toepassingen moeten de waarden van tabel B en C vermenigvuldigd worden met de coëfficiënt van tabel A.

Tabel A

		Correctiefactor
Aluminium geleider		0,625
Sectie PE = 1/2 fase sectie (m = 2)		0,67
IT-schakeling	zonder nulleider	0,86
	met nulleider	0,5
Onderbrekingstijd van 5 s toegelaten. (distributiecircuit)	voor leidingen beveiligd door zekeringen type gG	1,88
	voor leidingen beveiligd door zekeringen type aM	1,53

Tabel B: maximum lengte (in m) van de geleiders beveiligd met zekeringen type gG (kaliber in A)

(A) S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	11	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Tabel C: maximum lengte (in m) van de geleiders beveiligd met zekeringen type aM (kaliber in A)

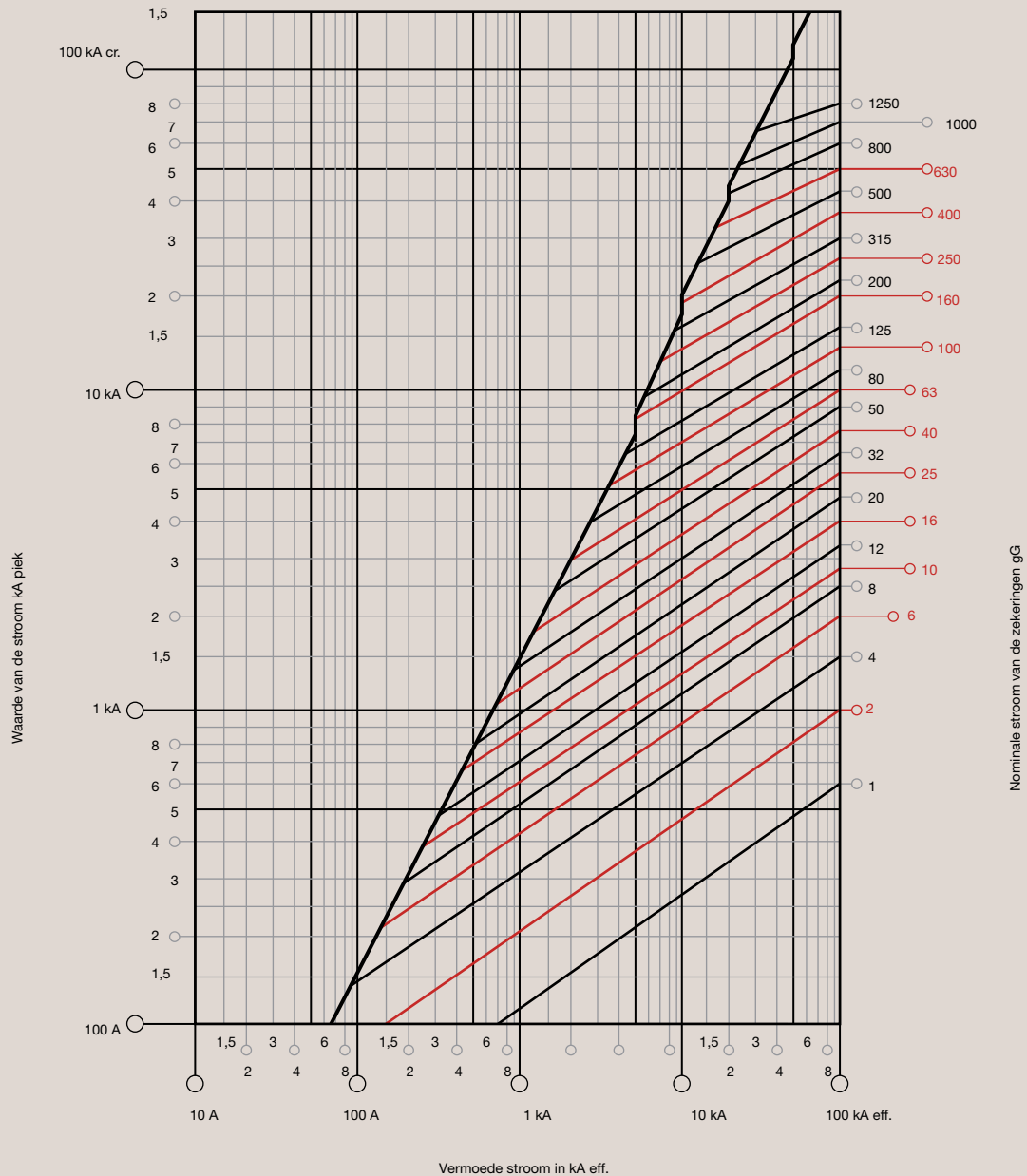
(A) S (mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

Voorbeeld: Een circuit bestaat uit een koperen kabel van 3 x 6 mm² die beveiligd is met een zekering van 40 A gG. De kabel mag niet langer zijn dan 73 m ; anders kan de beveiliging tegen indirect contact niet verzekerd worden bij TN 230 V / 400 V.

- bij een aluminium kabel is de maximumlengte: $0,625 \times 73 \text{ m} = 45,6 \text{ m}$
- voor een IT-schema met nulleider en aluminium kabel is de lengte: $0,625 \times 0,5 \times 73 \text{ m} = 22,8 \text{ m}$
- voor een IT-schema met nulleider, aluminium kabel voor de voeding van een verdeelkast is de lengte: $0,625 \times 0,5 \times 1,88 = 42,8 \text{ m}$.

Karakteriserende curves voor gG zekeringen

Stroombegrenzingsdiagram

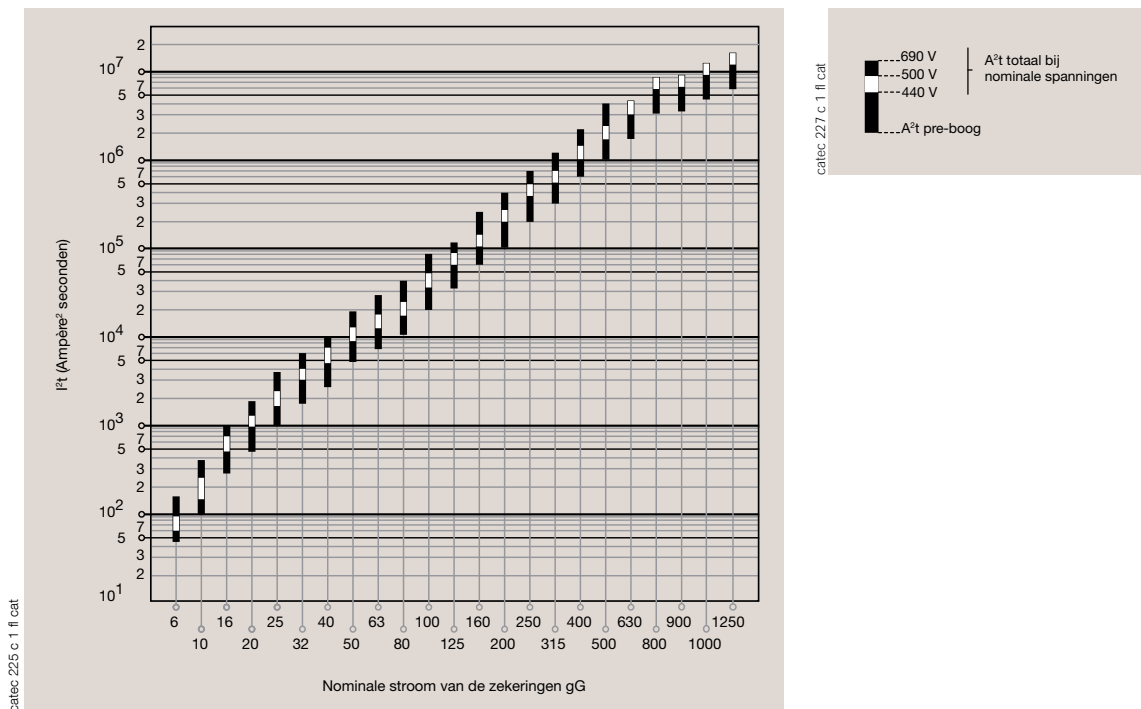


callec 112 f 1 il cat

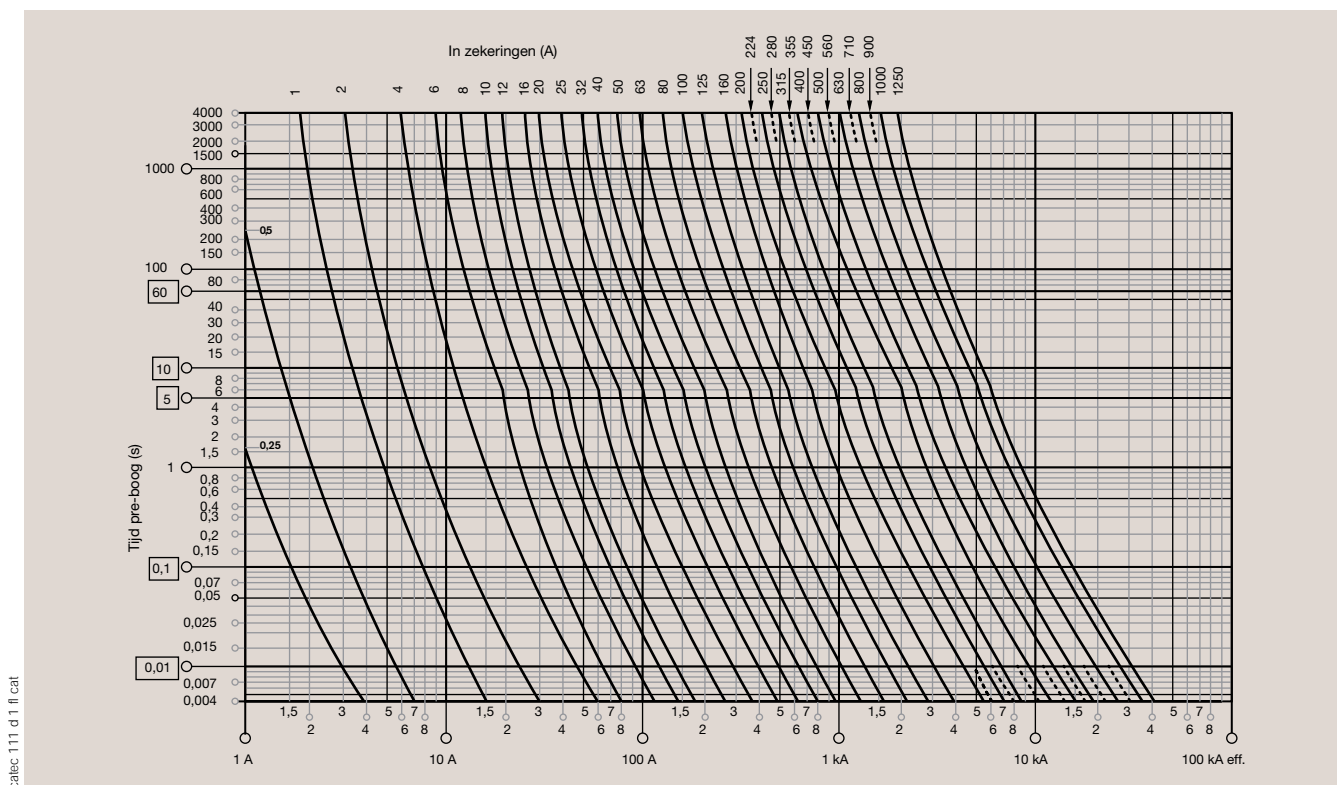
Beveiliging met zekeringen

Karakteriserende curves voor gG zekeringen

Diagram van de thermische belastingsbegrenzing

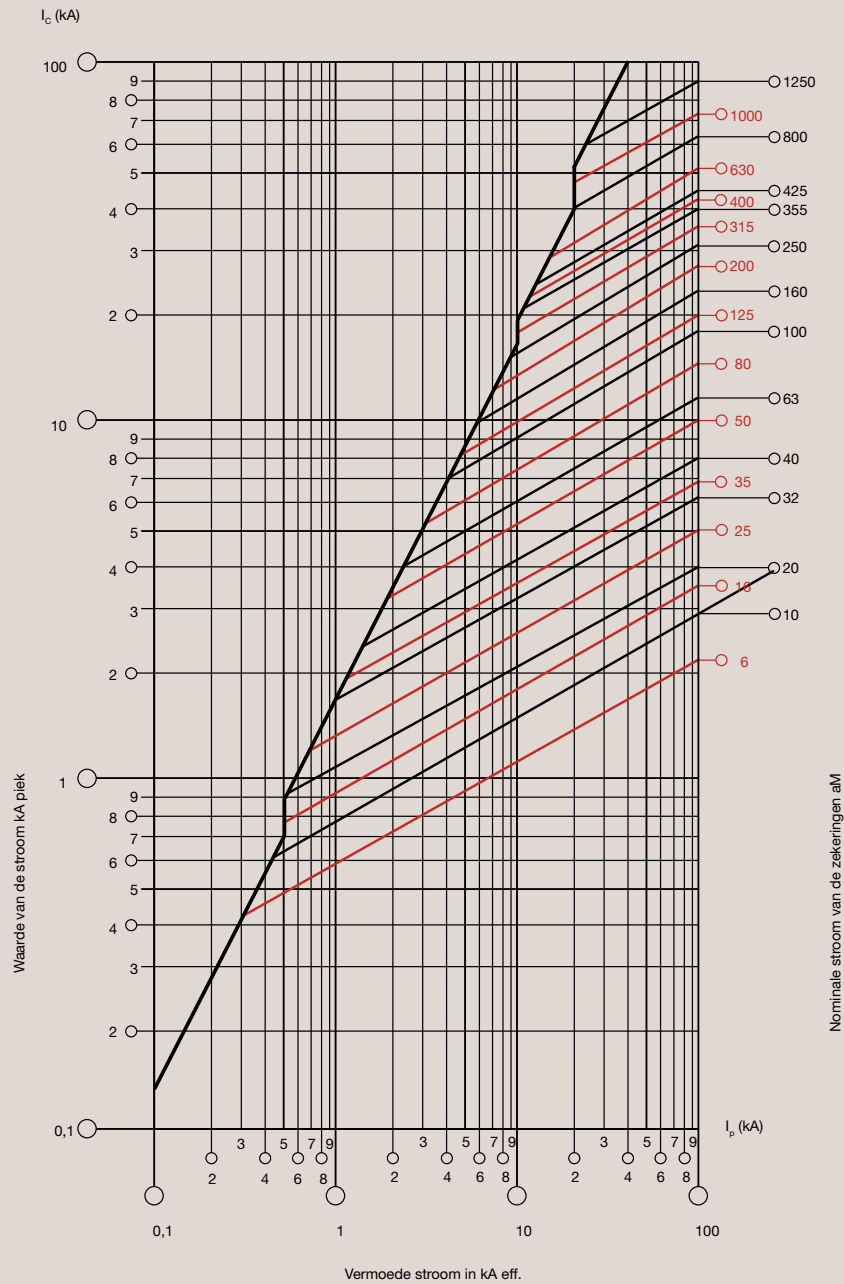


Functiekenmerken tijd/stroom



Karakteriserende curves voor aM zekeringen

Stroombegrenzingsdiagram

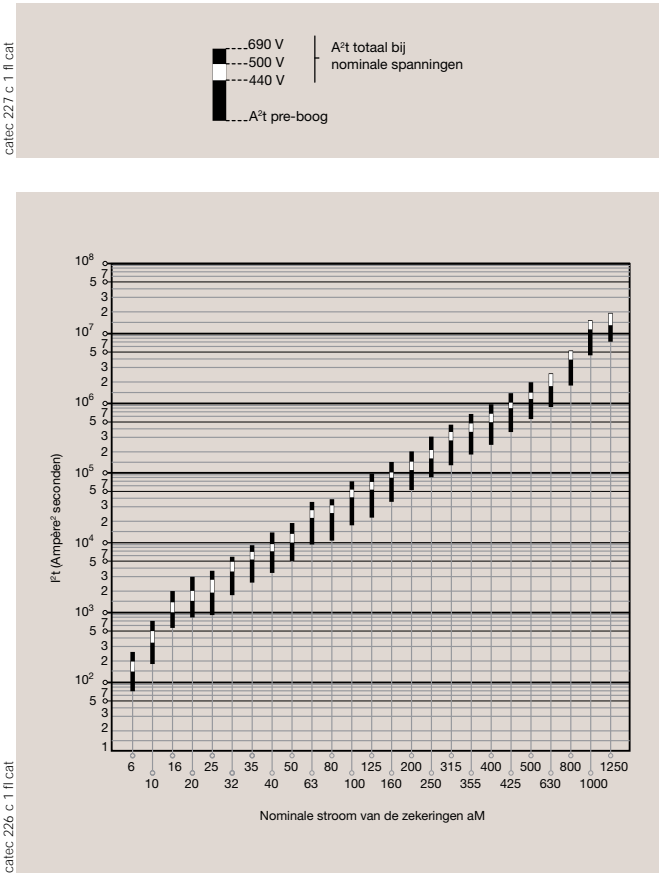


cat. 114 g 1 fl cat

Beveiliging met zekeringen

Karakteriserende curves voor aM zekeringen

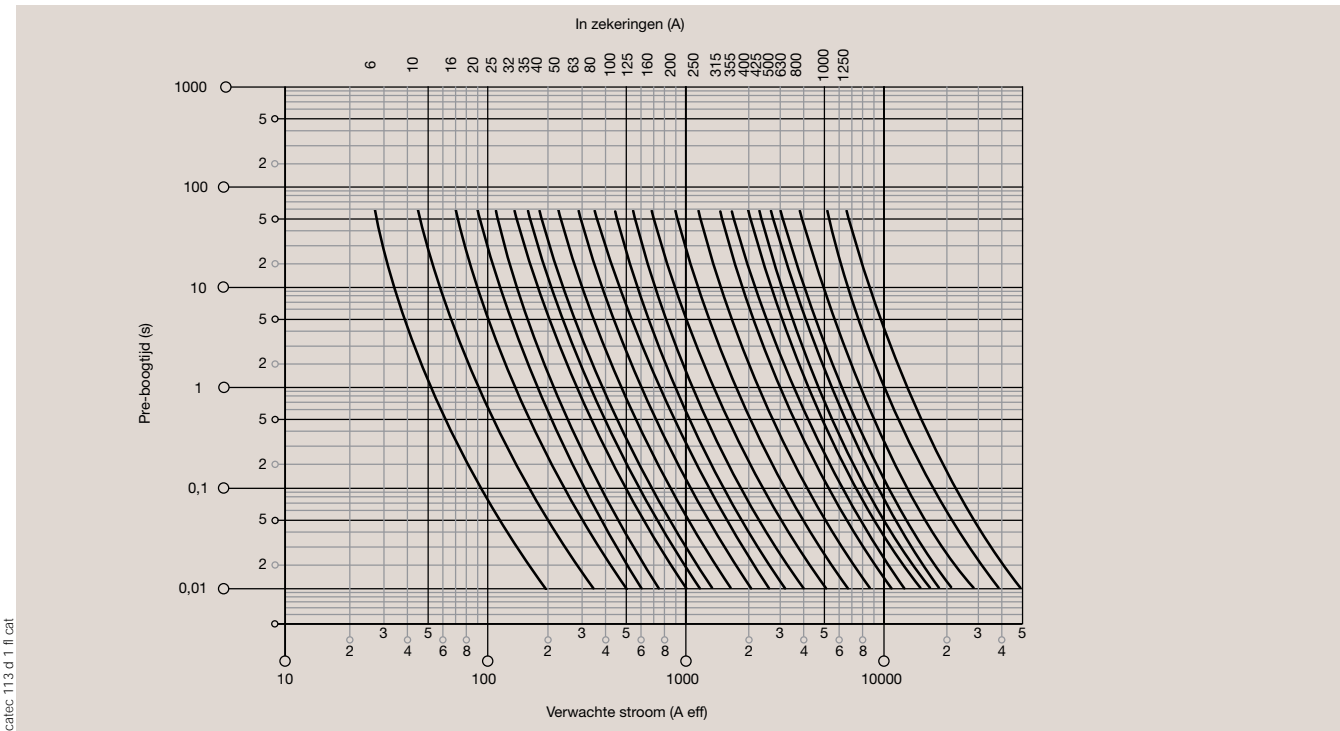
Diagram van de thermische belastingsbegrenzing



Vermogenspositie met slagpin (W)

Toegewezen gebruiksstroom I _n (A)	Grootte van de zekeringen						
	000	00	0/0S	1	2	3	4
6	0,33		0,42				
10	0,52		0,67				
16	0,81		0,98				
20	0,92		1,04				
25	1,08		1,17				
32	1,42		1,67				
35	1,58		1,72				
40	1,68		1,91				
50		2,28	2,51				
63		2,9	3,35	3,2			
80		4,19	4,93	4,6			
100		5,09	5,72	5,7			
125		6,29	7,30	6,98	7,6		
160		7,73	9,50	9,2	9,7		
200			12,3	13,7	13,9		
224				14,0	14,0		
250				15,3	17,0		
315					26,0	20,6	18,8
355					25,2	23,9	
400					29,3	26,5	23,5
425						28,3	
500						35,8	34
630						56,9	49
800							70
1000							80
1250							108

Functiekenmerken tijd/stroom



Keuze van een UR-zekering

Deze zogenaamde "ultrasnelle" zekeringen zorgen voor de beveiliging tegen kortsluitstromen. Door hun concept is de totale smelttijd veel lager dan die van gG- of aM-zekeringen bij sterke kortsluitingen.

Ze worden meestal gebruikt voor de beveiliging van vermogenshalfgeleiders ($i_{2t} \text{ UR} < i_{2t} \text{ van de te beveiligen halfgeleider}$).

Er moet worden vermeden dat ze werken onder overbelasting, $I \sim 2 I_n$, $t \geq 100$ seconden. De beveiliging tegen overbelasting moet zonodig gebeuren met een andere inrichting.

Om de juiste UR-zekering te bepalen, moet een strikte procedure worden gevolgd, die voor bepaalde toepassingen complex kan zijn. De methode die we nu gaan beschrijven, is een eerste benadering.

Voor elke specifieke toepassing, gelieve ons te contacteren.

Thermische belasting

Dit is de eerste parameter waar we rekening moeten mee houden voor het kaliber. UR-zekeringen zijn immers bestemd voor de beveiliging van halfgeleiders. De vernietigingsgrens van deze laatste wordt ingegeven door de maximaal toelaatbare belasting. Opdat de beveiliging doeltreffend zou zijn, moet de thermische belasting van de zekering ongeveer 20 % lager zijn dan de thermische vernietigingsbelasting van de halfgeleider.

Voorbeeld : een diode van 30 A/ 400 V verdraagt maximaal een thermische belasting van 610 A²s.

De maximale thermische belasting van de bijhorende UR-zekering bedraagt $610 \cdot 20\% = 488 \text{ A}^2\text{s}$ bij 400 V.

Spanning

De thermische belasting wordt meestal opgegeven voor 660 V. Bij gebruik van een andere spanning is een correctie nodig :

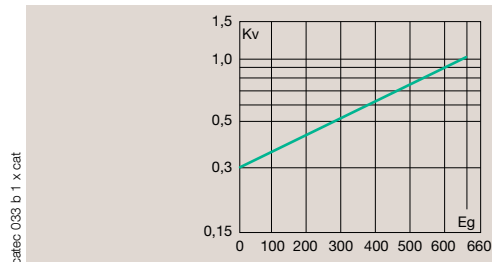
$$(i^2t) V = K_v \times (i^2t) 660 V$$

K_v : correctiecoëfficiënt van Pt

E_g : werkzame waarde van de gebruiksspanning

Voorbeeld : voor $U = 400 \text{ V}$ en $K_v = 0,6$

$(i^2t) 400 V = 0,6 \times (i^2t) 660 V$



Correctiefactor K_v .

Arbeidsfactor

De thermische belasting die wordt opgegeven in het hoofdstuk "LS-schakelaars" wordt gegeven voor een arbeidsfactor van 0,15 ($\cos \varphi$ van de defecte stroomkring). Voor andere waarden van de vermogensfactor, moet de waarde van de thermische belasting met coëfficiënt K_y worden vermenigvuldigd.

Arbeidsfactor	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
K_y	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85	0,82	0,81

Nominale stroom

Wanneer de maximale thermische belasting van de zekering bepaald is, moet men de waarde van de nominale stroom van de stroomkring in rekening nemen.

Voorbeeld : In het voorgaande voorbeeld hebben we de maximale thermische belasting van de UR-zekering bepaald : 488 A²s bij 400 V.

Voor V, cette valeur vaut : $488/0,6 = 813 \text{ A}^2\text{s}$.

De stroom in deze stroomkring is 20 A. Men zal een UR-zekering van 25 A kiezen met een i_{2t} van 560 A²s bij 660 V 25 A.

Correctie in functie van de omgevingstemperatuur

Het kaliber van een UR-zekering wordt opgegeven voor een omgevingstemperatuur van 20 °C.

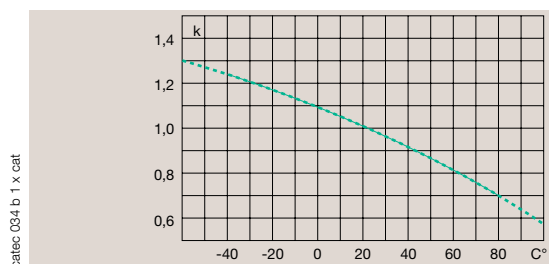
De maximale gebruiksstroom I_b wordt gegeven voor :

$$I_b = K_{TUR} \times (1 + 0,05 v) \times I_n$$

I_n : nominale intensiteit van de zekering in A

v : snelheid van de koellucht in m/s

K_{TUR} : coëfficiënt die wordt gegeven door de figuur U in functie van de temperatuur van de lucht in de buurt van de zekering.



Correctiefactor K_{TUR} .

Beveiliging met zekeringen

Keuze van een UR-zekering (vervolg)

In serie schakelen

Dit wordt niet aanbevolen indien de foutstroom onvoldoende is om de zekering in minder dan 10 ms te doen smelten.

Parallel schakelen

Zekeringen parallel schakelen is mogelijk met twee zekeringen die even groot en van hetzelfde kaliber zijn. De parallelschakeling wordt meestal verzekerd door de constructeur, gelieve ons te contacteren.

Bij een parallelschakeling moet men erop letten dat de gebruiksspanning niet hoger is dan 90 % van de nominale spanning van de zekering.

Cyclische overbelasting

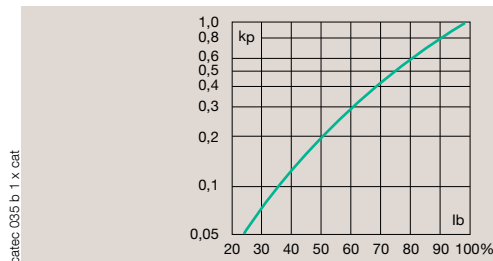
Raadpleeg ons.

Watt-verliezen

- Deze cijfers worden in het hoofdstuk "LS-schakelaars" gegeven en stemmen overeen met het vermogen dat wordt afgeleid bij nominale stroom.
- Om een stroom I_b te gebruiken die verschilt van I_n , moet men het verlies aan Watt vermenigvuldigen met een coëfficiënt K_p die we aflezen uit de figuur hiernaast.

K_p : verlies-correctiefactor

I_b : werkzame waarde van de laststroom, uitgedrukt in % van de nominale stroom.

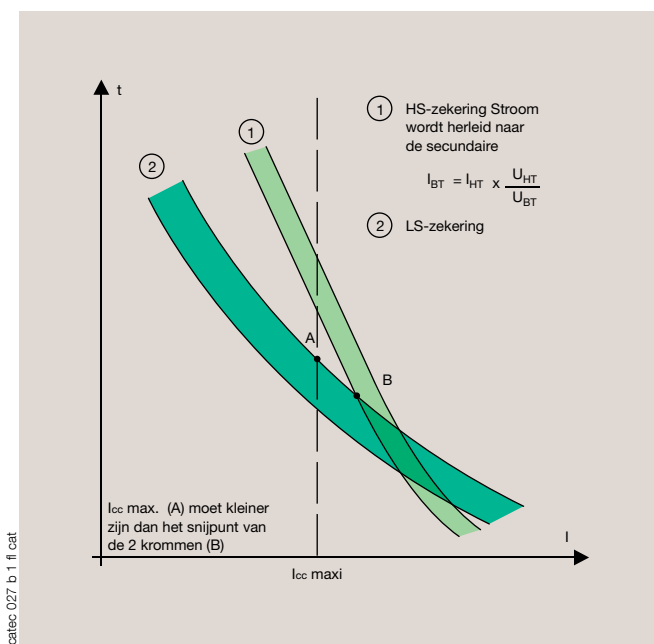


Correctiefactor K_p .

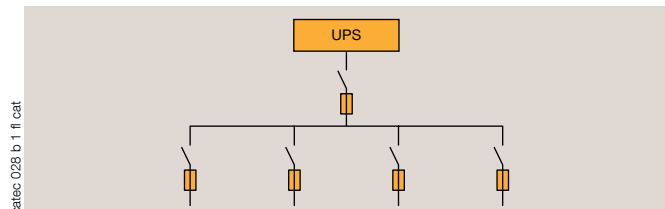
Selectiviteit

Selectiviteit tussen HS- en LS-zekeringen

- De werking van een LS-zekering moet zo zijn dat de HS-zekering in het primaire deel van de HS/LS-transformator niet smelt.
- Daarom moet men er steeds op letten dat de onderkant van de HS-kromme de bovenkant van de LS-kromme niet raakt vóór de maximum I_{cc} -waarde van de laagspanning (zie berekening pagina 23).



Op een net dat wordt gevoed door een "Onderbrekingsvrije Voeding" (UPS)



De selectiviteit van de beschermingsorganen is uiterst belangrijk op netten met een onderbrekingsvrije voeding, waar het uitschakelen van een beveiliging geen enkele storing in de rest van het net mag veroorzaken.

De selectiviteit moet rekening houden met twee karakteristieken van het net:

- zwakke foutstroom (in de orde van $2 \times I_n$)
- meestal opgelegde maximale kortsluittijd: 10 ms.

Om deze criteria te respecteren en een goede selectiviteit te verzekeren, mag de stroom in elke tak de waarden van de onderstaande tabel niet overschrijden.

Beveiliging door	Max. stroom per uitgang
Zekering gG	$\frac{I_n}{6}$
UR-zekering	$\frac{I_n}{3}$
Kleine stroomverbrekers	$\frac{I_n}{8}$

Selectiviteit (vervolg)

Selectiviteit tussen zekering en uitschakelaar

De zekering wordt stroomopwaarts van de uitschakelaar geplaatst. Een uitschakelaar bestaat uit een schakelaar en een thermisch relais. De krommen van de zekeringen die met de uitschakelaar samengaan, moeten tussen de punten A en B doorgaan. Deze twee punten stemmen overeen met:

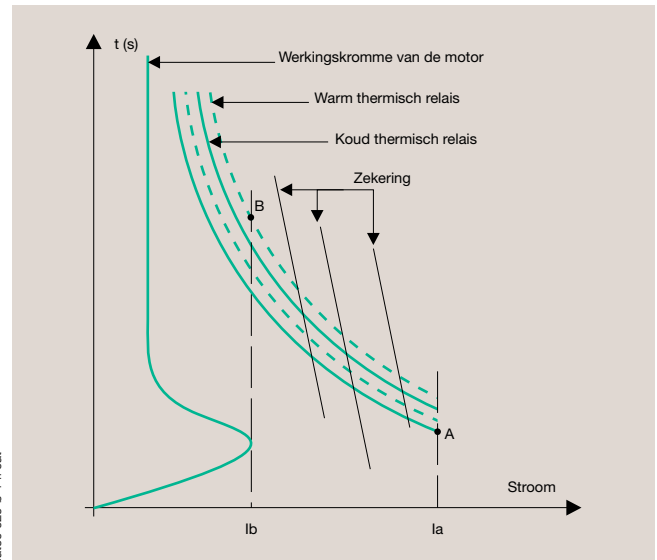
- I_a : grens van het uitschakelvermogen van de uitschakelaar,
- I_b : startstroom van de motor.

Opstarttype	$I_b^{(1)}$	Starttijd ⁽¹⁾
Direct	$8 I_n$	0,5 tot 3 s.
Driehoek-ster	$2,5 I_n$	3 tot 6 s.
Autotransformator	$1,5 \text{ tot } 4 I_n$	7 tot 12 s.
Rotor	$2,5 I_n$	2,5 tot 5 s.

⁽¹⁾ Gemiddelde waarden die volgens het type motor of ontvanger sterk kunnen verschillen.

De thermische belasting van de zekering moet kleiner zijn dan die welke de schakelaar kan verdragen.

Kies uit de verschillende mogelijke zekeringkalibers het grootste kaliber om de thermische dissipatieverliezen te beperken.

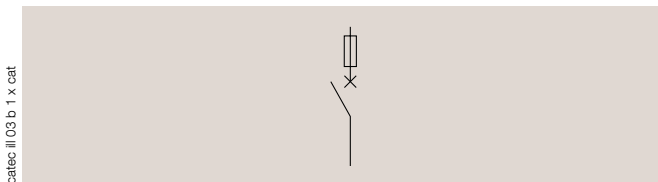


cathec 023 b 1 fi cat

Selectiviteit tussen zekering en onderbreker

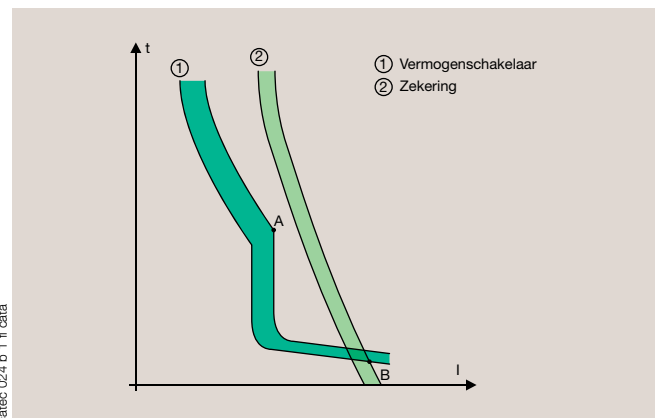
Door de beveiliging door middel van een zekering te combineren met andere beschermingsorganen (vermogensschakelaars, DIRIS CP...), krijgt men een perfecte selectiviteit die een optimale oplossing is qua zuinigheid en veiligheid.

Zekering stroomopwaarts - onderbreker stroomafwaarts



cathec II 03 b 1 x cat

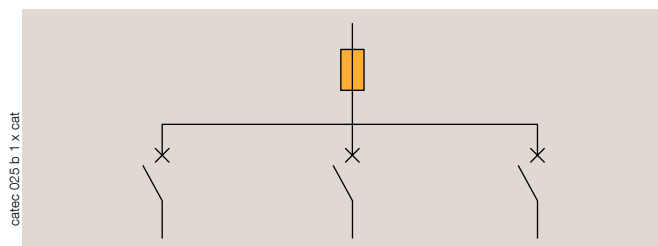
- De pre-boogsmeltkromme van de zekering moet boven punt A liggen (fig. 1).
- De totale-smeltkromme van de zekering moet de kromme van de vermogensschakelaar snijden voor de I_{cc} (uiterst uitschakelvermogen) van de vermogensschakelaar.
- Voorbij het snijpunt moet de thermische belasting van de zekering lager zijn dan die van de vermogensschakelaar.
- De thermische belastingen van de vermogensschakelaar en van de zekering moeten altijd lager zijn dan die van de kabel.



cathec 024 b 1 fi cat

Fig. 1

Zekeringen gG stroomopwaarts - meerdere vermogensschakelaars stroomafwaarts



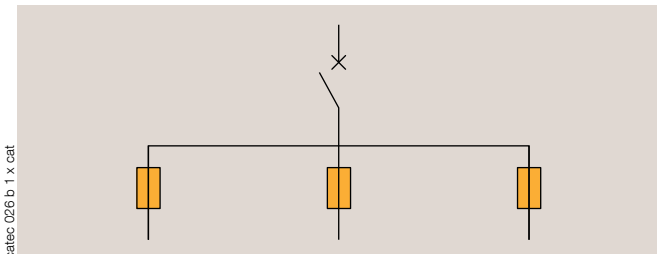
cathec 025 b 1 x cat

- Het kaliber van de zekering moet groter zijn dan de som van de stromen van de gelijktijdig werkzame vermogensschakelaars.
- De smeltkromme van de zekering moet boven punt A (zie fig. 1) liggen van de vermogensschakelaar met het zwaarste kaliber.
- Snijpunt B (zie fig. 1) moet lager liggen dan het zwakste uiterste uitschakelvermogen van alle vermogensschakelaar.
- Voorbij punt B moet de totale thermische belasting van de zekering lager zijn dan de thermische belasting van ongeacht welke van de stroomafwaarts gelegen vermogensschakelaars.

Selectiviteit (vervolg)

Selectiviteit tussen vermogenschakelaar en zekering (vervolg)

Onderbreker stroomopwaarts - meerdere zekeringen stroomafwaarts



- De uitschakelvermogens van alle zekeringen en van de vermogenschakelaar moeten groter zijn dan de maximale kortsluitstroom die in de stroomkring kan voorkomen.
- De instelling van het thermische gedeelte I_r van de vermogenschakelaar moet zo zijn dat: $1,05 I_r \geq I_1 + I_2 + \dots + I_n$.
 $I_1 + I_2 + \dots + I_n$: de som van de stromen in elke tak die door een zekering wordt beveiligd.

De instelstroom I_r moet bovendien aan de volgende voorwaarde voldoen:

$$I_r \geq K_d \times I_n$$

I_n : kaliber van de zekering van de meest belaste stroomkring.

Tabel A: waarden van K_d (volgens IEC 60269-2-1)

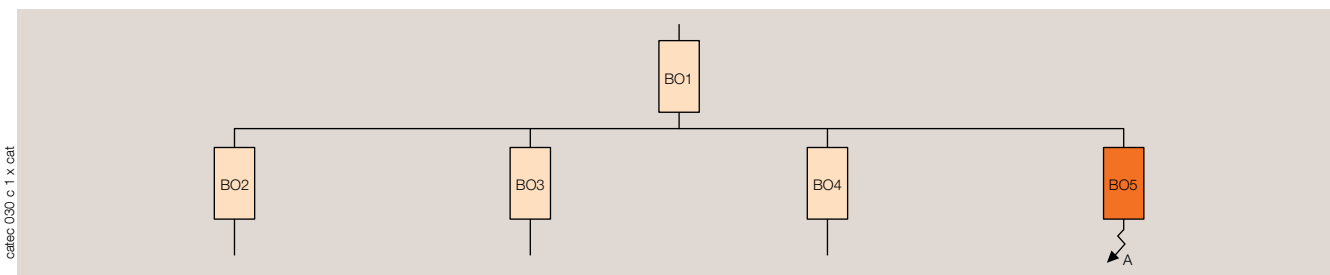
Kaliber gG-zekeringen (I_n) (A)	K_d
$I_n \leq 4$	2,1
$4 < I_n < 16$	1,9
$16 \leq I_n$	1,6

Voorbeeld: de meest belaste stroomkring wordt beveiligd door een gG-zekering van 100 A. De minimum instelstroom van de onderbreker stroomopwaarts waarmee de selectiviteit met de zekering verzekerd wordt, moet als volgt zijn: $I_r \geq 1,6 \times 100 \text{ A} = 160 \text{ A}$.

- De thermische belasting van de zekering met het zwaarste kaliber moet kleiner zijn dan de door de vermogenschakelaar beperkte thermische belasting. Deze moet op zijn beurt kleiner zijn dan de maximale thermische belasting van de kabels.
- Minimale instelwaarde van I_m (magnetisch): $8 K_d \leq I_m \leq 12 K_d$.
 K_d vindt u in tabel A.

Algemeen

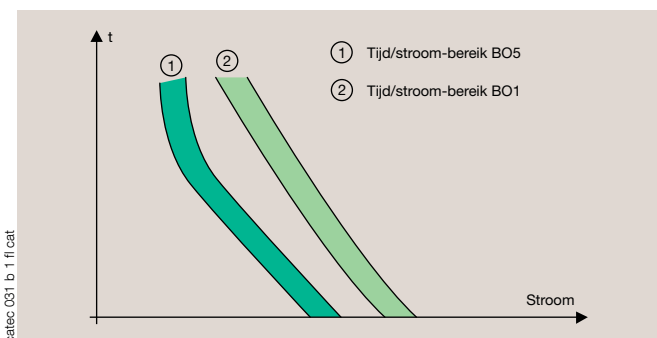
De selectiviteit van de beveiligingen wordt verzekerd wanneer - bij een foutstroom op een bepaald punt in de installatie - het beveiligingsorgaan (BO) dat direct stroomopwaarts van de fout gelegen is, opengaat, zonder dat dit andere organen in de gehele installatie doet opengaan. Door de selectiviteit kunnen we de rest van het net ononderbroken exploiteren.



Een fout in punt A moet beschermingsorgaan BO5 doen opengaan, zonder dat de andere beschermingsorganen mee opengaan.

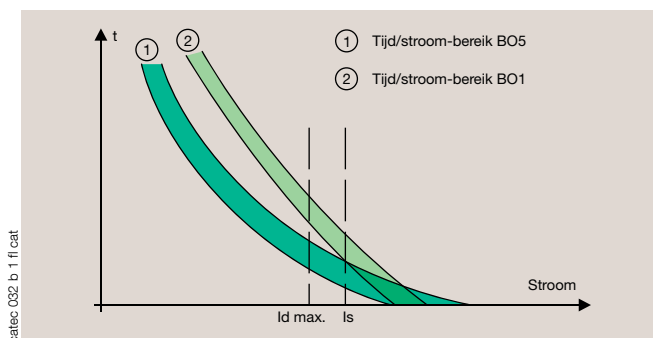
De totale selectiviteit

Deze is verzekerd wanneer de tijd / stroom-zones die de beveiligingsorganen kenmerken, elkaar niet overlappen.



De gedeeltelijke selectiviteit

Deze bestaat er in de selectiviteit van de beveiligingsorganen slechts in een stuk van hun tijd / stroom-zone te beperken. Voor zover de foutstroom lager is dan het snijpunt van de krommen, hebben we een totale selectiviteit.



De selectiviteit wordt verzekerd indien de maximum foutstroom ($I_{cc \text{ max}}$) van de installatie beperkt wordt tot $I_{d \text{ max}} < I_s$.

Selectiviteit (vervolg)

Selectiviteit tussen zekeringen

Selectiviteit gG- en aM-zekeringen

De totale selectiviteit wordt verzekerd door de keuze van de zekeringen in de tabellen A en B (volgens IEC 60269-1 en 60269-2-1).

In bepaalde situaties kan men zich echter beperken tot een gedeeltelijke selectiviteit.

Tabel A

Zekering stroomopwaarts	Zekering stroomafwaarts	
gG	gG	aM
Kaliber (A)		
4	1	1
6	2	1
8	2	2
10	4	2
12	4	2
16	6	4
20		6
25	10	8
32	16	10
40	20	12
50	25	16
63	32	20
80	40	25
100	50	32
125	63	40
160	80	63
200	100	80
250	125	125
315	160	125
400	200	160
500	315	200
630	400	250
800	500	315
1000	630	400
1250	800	500

Tabel B

Zekering stroomopwaarts	Zekering stroomafwaarts	
aM	gG	aM
Kaliber (A)		
4	4	2
6	6	2
8	8	4
10	10	6
12	4	2
16	16	10
20	20	12
25	25	12
32	32	20
40	32	25
50	40	25
63	50	40
80	63	50
100	80	63
125	100	80
160	125	100
200	160	125
250	160	160
315	200	200
400	250	250
500	315	315
630	400	400
800	500	500
1000	500	630
1250	630	800

Selectiviteit van gG-zekeringen / UR- zekeringen

- gG stroomopwaarts - UR stroomafwaarts
De pre-boogtijd van de UR-zekering moet minder dan de helft van de pre-boogtijd van de gG-zekering bedragen in de zone tussen 0,1 en 1 s.
- UR stroomopwaarts - gG stroomafwaarts
Het kaliber van de UR-zekering moet ten minste driemaal zo sterk zijn als het kaliber van de gG-zekering.



Energiecontrole en -beheer

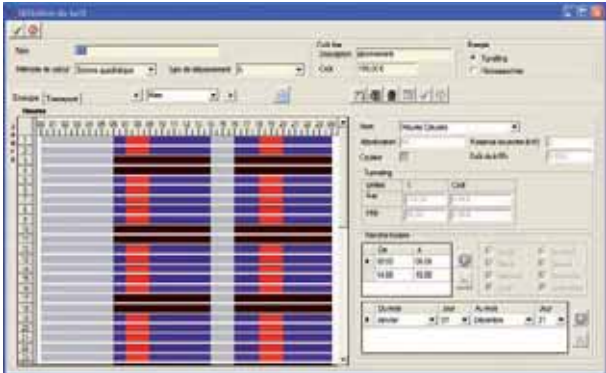
Inleiding

Anders dan in de voorgaande decennia, zijn we nu in een tijdperk beland waar energiebeheersing een verplichting is, zowel uit ecologisch als uit economisch oogpunt. De aanzienlijke stijging van de energieprijzen heeft directe gevolgen voor de prijs van producten en de bedrijfskosten. Deze nieuwe gang van zaken vraagt om een grondige kennis van de processen, van de organisatie van het werk in de onderneming en de beheersing van de energiekosten door slim gebruik te maken van de verschillende tarieven. Hierdoor kunnen de energiekosten worden berekend in functie van de gebruikperiode, waarbij de prijs van het abonnement van de gebruiker afhankelijk is van het vermogen van zijn installatie. Om het voordeligste tarief te bepalen, moet de gebruiker nauwkeurig zijn behoefte inschatten. In sommige gevallen, is het beter om af en toe het vermogen te overschrijden, dan om een aansluiting te overdimensioneren.

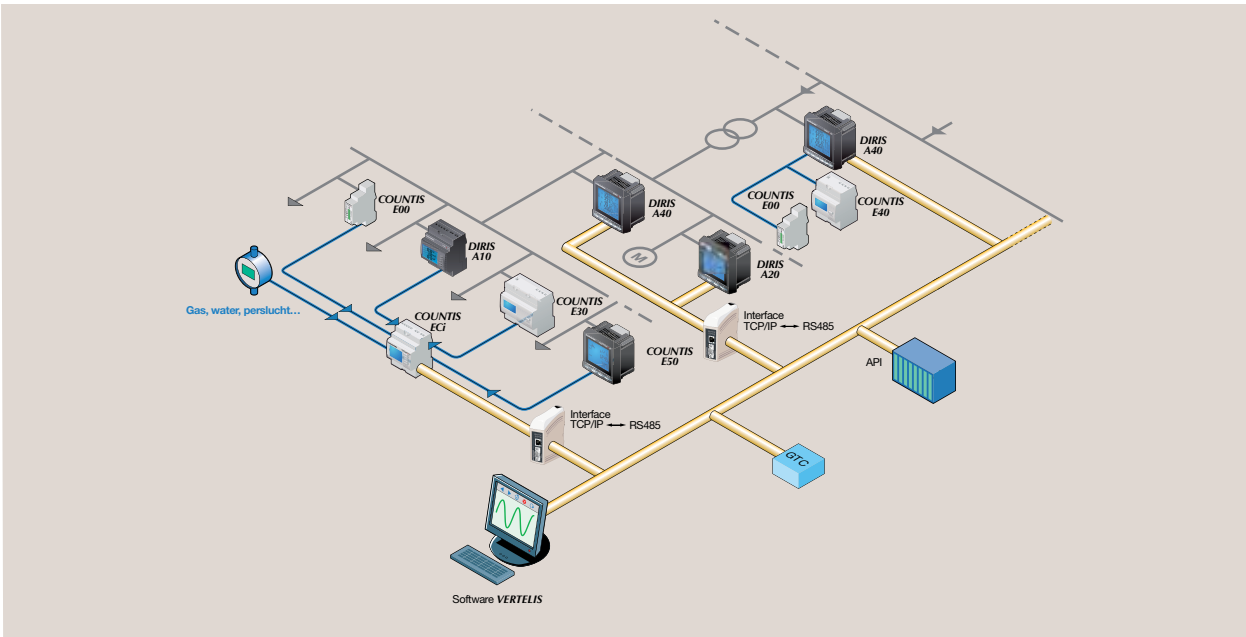
Tariefbepaling

Om de gebruiker zoveel mogelijk informatie te geven die hij nodig heeft voor het bepalen van zijn optimale tarief en het beheersen van zijn verbruik, moeten op strategische punten in de elektrische installatie (transformator, motoren, enz.) tellers (type COUNTIS) of meters (type DIRIS) worden geplaatst. Deze apparatuur wordt aangesloten op een communicatienetwerk (zie § communicatie) voor het centraliseren en beheeren van het verbruik via een bewakingsprogramma (type CONTROL VISION).

diris 723 a 1 cat



mesur_112_d_1_01_cat

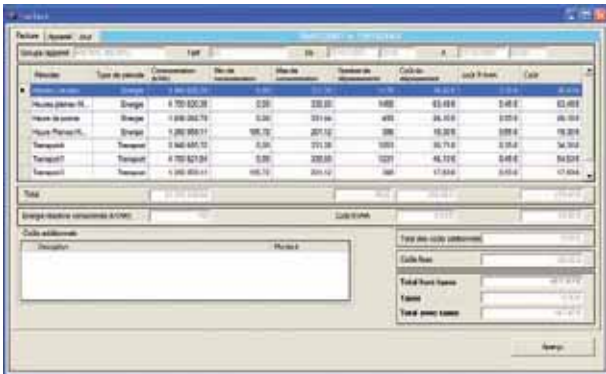


Als de gebruiker deze apparatuur heeft geplaatst, kan hij ingrijpen door het :

- uitschakelen van verwarmings- of verlichtingscircuits om overschrijding van het stroomverbruik tijdens pieken te voorkomen,
- vervroegd starten van bepaalde machines tijdens de daluren voordat het personeel is aangekomen,
- optimaliseren en verbeteren van het gebruik van programmeerbare automaten, energiebronnen of van de werking van de productiemiddelen.

In alle gevallen zijn deze apparaten uitstekend geschikt voor commerciële toepassingen (verlichting, airconditioning, enz.) of industriële toepassingen. Hun kwaliteit is bepalend voor de nauwkeurigheid van de meting van stromen en spanningen en voor de energieberekening.

diris 724 a 1 cat



Meten van de elektrische grootheden

Meetprincipe

Ongeacht het elektrische AC wisselstroomnet (eenfasig, tweefasig, driefasig met of zonder nulleider), de stromen en de spanningen moeten altijd gemeten worden. De stromen worden gemeten vanaf stroomtransformatoren. Let op de juiste aansluiting om meetfouten te voorkomen. De spanningen worden direct gemeten of via spanningstransformatoren, met name voor MS- en HS-netten.

Hieronder staan de formules die zijn gebruikt om de betreffende resultaten te krijgen:

Stromen

$$I1 = I1_{TRMS} \times kTC$$

(kTC is de verhouding van de stroomtransformator)

i1, i2, i3 worden direct berekend in TRMS met integratie van de harmonischen tot rang 51.

En

$$I_{syst} = \frac{i1 + i2 + i3}{3}$$

Spanning

$$V1 = v1_{TRMS} \times kTP$$

(kTP is de verhouding van de spanningstransformator)

v1, v2, v3 worden direct berekend in TRMS met integratie van de harmonischen tot rang 51.

En

$$V_{syst} = \frac{v1 + v2 + v3}{3}$$

Actief vermogen

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [v1 \times i1] dt$$

P1, P2 en P3 worden direct berekend uitgaande van de waarden TRMS I en V.

En

$$\sum P = P1 + P2 + P3$$

Schijnbaar vermogen

$$S1 = V1 \times I1$$

S1, P2 en P3 worden direct berekend uitgaande van de waarden TRMS I en V.

En

$$\sum S = S1 + S2 + S3$$

Reactief vermogen

$$\sqrt{Q1} = \sqrt{S1^2 - P1^2}$$

Q1, Q2 en Q3 worden direct berekend uitgaande van P en S.

En

$$\sum Q = Q1 + Q2 + Q3$$

Vermogensfactor

$$PF = \frac{P}{S}$$

PF1, PF2 en PF3 worden direct berekend uitgaande van T en S.

Frequentie

De frequentie wordt altijd gemeten op fase 1.

Tellen van de energie

In elk elektrisch systeem dat wisselstroom gebruikt, spelen twee vormen van energie een rol: de actieve energie (kWh) en de reactieve energie (kvarh). In industriële processen die elektrische energie gebruiken, wordt alleen de actieve energie in het productieapparaat omgezet in mechanische energie, warmte of licht. Deze kan positief of negatief zijn als de installatie kWh kan produceren (bijvoorbeeld een fotovoltaïsche installatie).

De andere, de reactieve energie, dient met name voor de voeding van magnetische circuits van elektrische machines (motoren, autotransformatoren, enz.). Bepaalde onderdelen van elektrische transport- en distributienetten (transformatoren, lijnen, enz.) verbruiken in bepaalde gevallen trouwens ook reactieve energie. Om deze energieën te volgen, is het belangrijk om te letten op de nauwkeurigheid die in de normen is bepaald. Dit zijn de referentiedocumenten:

Teller voor de actieve energie (kWh):

- IEC 62053-21 in klasse 1 of 2,
- IEC 62053-22 in klasse 0,2S of 0,5S.

Teller voor de reactieve energie (kvarh): IEC 62053-23 in klasse 2.

BEWAKING

Met deze functie kunnen de belangrijkste elektrische grootheden bewaakt worden voor het :

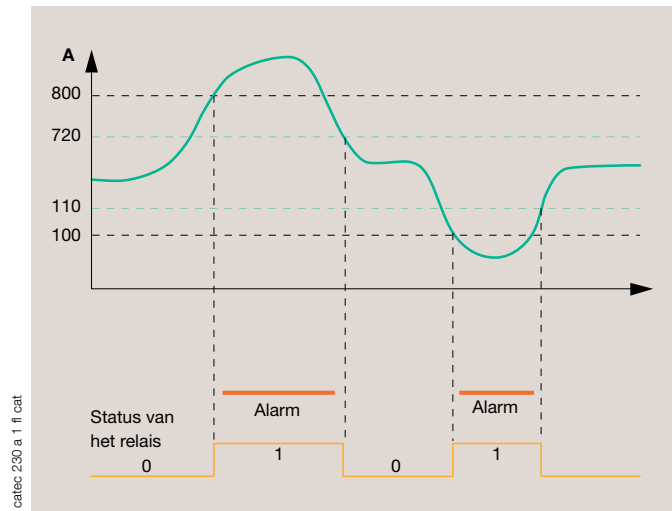
- beschermen van de machines,
- detecteren van spanningsonderbrekingen,
- detecteren van abnormale overbelastingen van de transformatoren, van vertrekken,
- detecteren van te kleine belastingen van de motor (gebroken aandrijfriem, onbelast draaien enz.).

Voor ieder alarm, moet men programmeren :

- de bovendrempel > hoge inschakelwaarde,
- de onderdrempel > lage inschakelwaarde,
- de hysteresis > waarde bij terugkeer van de normale staat,
- het relais > bedrijfsmodus normaal open / normaal gesloten,
- de vertraging > de vertraging bij het inschakelen van het relais.

Toepassingsvoorbeeld :

Configuratie van een stroombewakingsrelais dat geactiveerd wordt als $I < 100 \text{ A}$ en $I > 800 \text{ A}$. Met een hysteresis van 10 % voor de terugkeer naar de ruststand van het relais, een relais met een normaal open werkmodus en zonder vertraging.



Controle besturing

Door middel van een digitale verbinding met een pc of een ander bewakingssysteem (programmeerbare automaat, enz.), kan deze functie :

Via potentiaal vrije contacten :

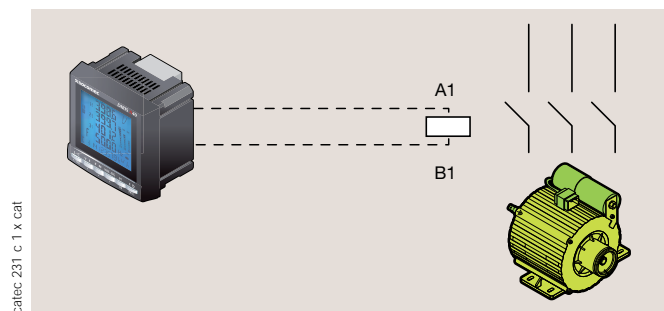
- de impulsen tellen die afkomstig zijn van een elektriciteits-, water- of gasmeter,
- het aantal schakelingen tellen of de stand van een beveiligingstoestel of bronomschakelaar controleren.

Via relaisuitgangen :

- op afstand de staat van een beveiligingstoestel besturen,
- op afstand een motor starten of verlichting inschakelen,
- delen van de elektrische distributie ontlasten.

Voorbeeld :

De status van een relais veranderen om een motor te laten starten.



Kwaliteit van de energie (zie pagina 7)



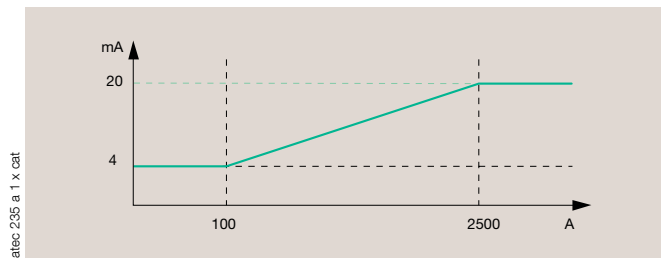
De industriële communicatie

Analoge communicatie

Deze functie kan aan een programmeerbare automaat of ander systeem het beeld van een meting geven in de vorm van een signaal van 0-20 mA of 4-20 mA.

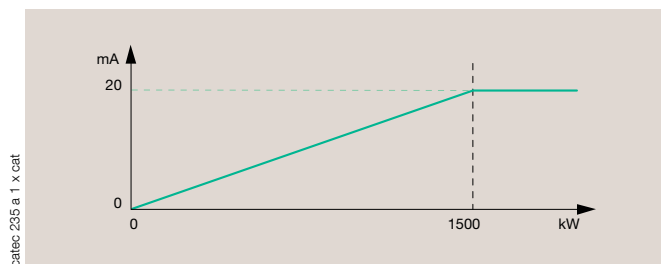
Voorbeeld 1

Configuratie van een uitgang op de stroom met 100 A bij 4 mA en 2500 A bij 20 mA.



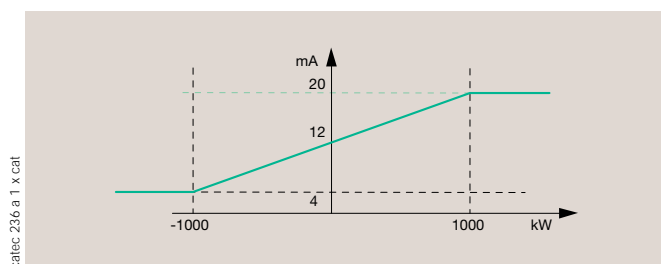
Voorbeeld 2

Configuratie van een uitgang op het totale actieve vermogen SP met 0 kW bij 0 mA en 1500 kW bij 20 mA.



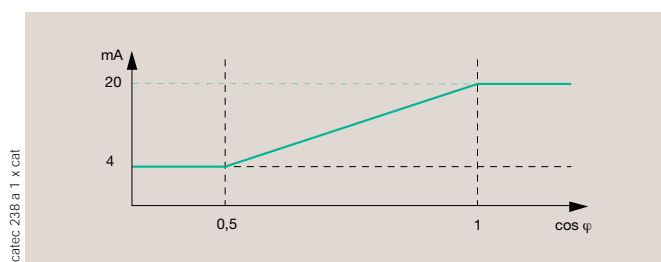
Voorbeeld 3

Configuratie van een uitgang op het totale actieve vermogen SP met 1000 kW bij 4 mA en 1000 kW bij 20 mA.



Voorbeeld 4

Configuratie van een uitgang op de inductieve arbeidsfactor SPFL met 0,5 bij 4 mA en 1 bij 20 mA.



Digitale communicatie

Inleiding

Een communicatienetwerk kan een aantal apparaten onderling verbinden voor het uitwisselen van informatie van de metingen, de tellerstanden, de besturing of om ze te programmeren door middel van een computer of een programmeerbare automaat.

De communicatie tussen de verschillende apparaten moet gebeuren op een georganiseerde wijze en in een gemeenschappelijke taal: het protocol.

Het OSI-model

Elk type verbinding heeft zijn eigen protocol dat door de normen is vastgelegd. Alle protocollen zijn echter onderverdeeld in zeven niveaus, de zogenaamde OSI lagen. Elke laag heeft als taak het ontvangen van elementaire informatie van de laag eronder, deze te behandelen en de verwerkte informatie door te geven aan de laag erboven.

Onze producten gebruiken de lagen 1, 2 en 7



Fysieke laag 1

Dit is de specifieke laag van de "leidingen" van het netwerk. Deze kan een binair signaal omzetten in een signaal dat geschikt is voor het gekozen medium (koper, glasvezel, HF, enz.). Deze laag levert de hulpmiddelen voor de transmissie van bits naar de laag erboven, die deze gebruikt zonder zich te bekommeren met de aard van het gebruikte medium.

Gegevensverbinding slaag 2

Deze laag controleert de transmissie van de gegevens. Een frame moet verzonden of ontvangen worden zonder last te hebben van eventuele storingen op de lijn. De controle vindt plaats op het niveau van het bitpakket (frame), door middel van een "checksum". Deze laag levert de hulpmiddelen voor de transmissie van bitpakketten (frames) naar de laag erboven. De transmissies zijn "gegarandeerd" door mechanismes die de geldigheid controleren.

Toepassingslaag 7

De toepassingslaag heeft als taak een interface te zijn tussen de gebruiker en het netwerk.

De getransporteerde gegevens

Het van het ene naar het andere apparaat verzonden signaal is een binair element, bit genaamd. Elke type digitale verbinding definieert een analog niveau (spanningsniveau) voor logica 0 en logica 1. De informatie is gecodeerd in een geheel van bits, die bij elkaar een communicatieframe vormen.

Het communicatiemedium

Dit communicatieframe reist van een punt van de bus naar een ander punt via een communicatiemedium. Afhankelijk van het gekozen type technologie kan dit medium bestaan uit een paar koperdraden, een Ethernetverbinding, een coax-kabel, glasvezel, een vaste of mobiele telefoonverbinding of zelfs radiogolven. Dit medium hangt af van het gekozen type transmissie en van de omgeving.

De protocollen

Het communicatieprotocol definieert de regels van de taal tussen de verschillende acteurs om te garanderen dat iedereen dezelfde regels gebruikt en elkaar begrijpt. In sommige gevallen beveiligd het ook de communicatie door het definiëren van methodes voor het controleren van de frames, zoals CRC.

CAN, PROFIBUS DP, Interbus-S, FIP, EIB, eBUS, MODBUS/JBUS, Open MODBUS of TCP-IP zijn een aantal protocollen met elk zijn voordelen en nadelen naargelang de omgeving en de omstandigheden waarin zijn gebruikt moeten worden.

De communicerende producten van SOCOMEC gebruiken hoofdzakelijk de protocollen JBUS/MODBUS en PROFIBUS DP. Maar we zullen verder in dit boek zien dat we ook kunnen werken met andere protocollen, zoals bijvoorbeeld TCP-IP.

Het JBUS/MODBUS-protocol

Weergave

De protocollen JBUS (fabrikant April) en MODBUS (fabrikant Modicon) zijn communicatieprotocollen met een hiërarchische structuur (een meester en meerdere slaven).

JBUS/MODBUS kan communiceren in 7-bits ASCII of in binaire 8-bits RTU.

Het voordeel van de RTU-modus is dat de te verzenden gegevens minder ruimte en minder tijd in beslag nemen. Men adresseert immers meer gegevens in 8 dan in 7 bits.

De SOCOMEC producten met het JBUS/MODBUS-protocol communiceren in RTU-modus (Remote Terminal Unit). Met dit type protocol kan de meester een of meer intelligente slaven ondervragen. Een multipunt verbinding verbindt de meester en de slaven onderling.

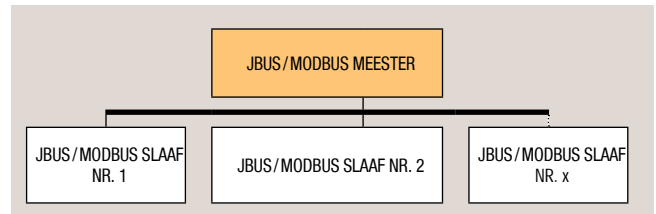
MODBUS/RTU is een protocol dat beveiligd is op basis van de berekening van een CRC (Cyclical Redundancy Check) of cyclische redundantietest. Deze over 16 bits berekende CRC is een integraal onderdeel van de boodschap en wordt gecontroleerd door de geadresseerde.

Er zijn twee types dialoog mogelijk tussen de meester en de slaven :

- de meester praat tegen een slaaf en wacht op zijn antwoord,
- de meester praat tegen alle slaven zonder op antwoord te wachten (principe van de algemene verspreiding).

De meester en hij alleen beheert en heeft het initiatief van de uitwisselingen. De meester herhaalt de vraag als er een fout is in de uitwisseling en beveelt een slaaf als deze niet binnen een bepaalde tijd antwoordt geeft (time-out). Er kan maar één apparaat tegelijk op de lijn uitzenden. Een slaaf kan niet vanuit zichzelf een boodschap verzenden zonder uitnodiging van de meester. Zijdelingse communicatie (van slaaf naar slaaf) is alleen mogelijk als de software van de meester ontworpen is voor het ontvangen van gegevens en weer verzenden ervan van de ene slaaf naar de andere.

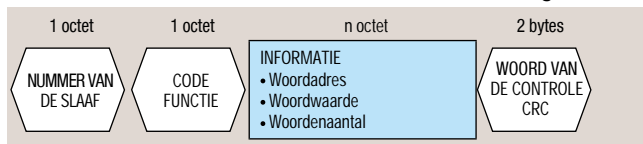
De meester kan zich richten tot 247 slaven, genummerd van slaaf nr. 1 tot en met slaaf nr. 247. Als de meester slaaf nummer 0 gebruikt, betekent dit een verspreiding naar alle slaven (alleen schrijven). Met de JBUS- en MODBUS-protocollen heeft men toegang tot de apparaten die op dezelfde kabel aangesloten zijn.



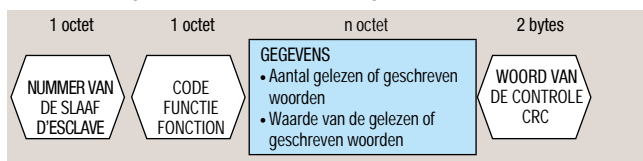
Samenstelling van de communicatieframes

Een communicatieframe is opgebouwd uit een opeenvolging van octetten die een boodschap vormen, waarin elk octet bestaat uit 8 bits. De gegevens kunnen zijn opgeslagen op 1 octet, 1 woord (2 octetten), of zelfs een bubbel woord (4 octetten).

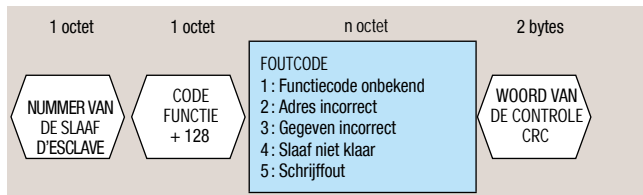
Om de communicatie te starten moet de meester een **vraagframe** verzenden met de volgende structuur :



De ondervraagde slaaf antwoordt vervolgens door middel van een **antwoordframe** met de volgende structuur :



Als er een fout is in het door de meester verzonden frame, antwoordt de slaaf met een **foutframe** met de volgende structuur :



Het JBUS/MODBUS-protocol (vervolg)

Voorbeelden van communicatieframes

Alle SOCOMEC producten worden geleverd met de JBUS/MODBUS-tabellen in de handleiding. In deze tabellen staan het adres waar de gegevens zijn opgeslagen en hun formaat (gegevensgrootte en type met of zonder handtekening).

Lijst van de zichtbare parameters (functie 3)

Tabel met de waarden van de transformatieverhouding stroom en spanning op 2 woorden

Dec. adres.	Hex. adres.	Woordenaantal	Beschrijving	Eenheid
50514	C552	2	Gekoppelde spanning U12	V/100
50516	C554	2	Gekoppelde spanning U23	V/100
50518	C556	2	Gekoppelde spanning U31	V/100
50520	C558	2	Fasespanning fase 1	V/100
50522	C55A	2	Fasespanning fase 2	V/100
50524	C55C	2	Fasespanning fase 3	V/100
50526	C55E	2	Frequentie	Hz/100
50528	C560	2	Stroom fase 1	mA
50530	C562	2	Stroom fase 2	mA
50532	C564	2	Stroom fase 3	mA
50534	C566	2	Nulleiderstroom	mA
50536	C568	2	Σ actief vermogen +/-	kW/100
50538	C56A	2	Σ reactief vermogen +/-	kvar/100
50540	C56C	2	Σ schijnbaar vermogen +/-	kVA/100
50542	C56E	2	Σ arbeidsfactor	0,001
			-: capacitief en +: inductief	

Tabel met de waarden van de transformatieverhouding stroom en spanning op 1 woord*

Dec. adres.	Hex. adres.	Woordenaantal	Beschrijving	Behuizing
51281	C851	1	Gekoppelde spanning U12	V/100
51282	C852	1	Gekoppelde spanning U23	V/100
51283	C853	1	Gekoppelde spanning U31	V/100
51284	C854	1	Fasespanning fase 1	V/100
51285	C855	1	Fasespanning fase 2	V/100
51286	C856	1	Fasespanning fase 3	V/100
51287	C857	1	Frequentie	Hz/100
51288	C858	1	Stroom fase 1	mA
51289	C859	1	Stroom fase 2	mA
51290	C85A	1	Stroom fase 3	mA
51291	C85B	1	Nulleiderstroom	mA
51292	C85C	1	Σ actief vermogen +/-	kW/100
51293	C85D	1	Σ reactief vermogen +/-	kvar/100
51294	C85E	1	Σ schijnbaar vermogen +/-	kVA/100
51295	C85F	1	Σ arbeidsfactor	0,001
			-: capacitief en +: inductief	

* Bepaalde apparaten zoals de DIRIS of de ATyS hebben een tabel waarin de informatie is opgeslagen op 1 enkel woord om compatibel te kunnen zijn met een JBUS/MODBUS meester die alleen dit formaat accepteert.

Het voorbeeld hieronder toont het frame dat de JBUS/MODBUS meester verzendt voor het lezen van een tabel met een lengte van 158 woorden (0X9E in hexadecimaal).

Slave-unit	Fonction	Adres groot gewicht	Adres klein gewicht	Woordenaantal groot gewicht	Woordenaantal klein gewicht	CRC 16
05	03	03	00	00	9E	C5A2

Als men echter alleen het actieve vermogen wil ophalen, is het verzenden van het volgende hexadecimale frame voldoende :

Slave-unit	Functie	Adres groot gewicht	Adres klein gewicht	Woordenaantal groot gewicht	Woordenaantal klein gewicht	CRC 16
02	03	03	16	00	02	25B8

In de vorige tabel zien we dat de tekens + en - voor dit gegeven staan. Aan de groot gewicht bit kan men het teken zien van het ontvangen gegeven :

- de bit is 1 : de waarde is negatief,
- de bit is 0 : de waarde is positief.

Antwoord van een DIRIS voor een positief vermogen :

Slave-unit	Functie	Aantal octetten	Waarde groot gewicht woord 1	Waarde klein gewicht woord 1	Waarde groot gewicht woord 2	Waarde klein gewicht woord 2	CRC 16
02	03	04	00	00	8C	AC	AD8E

8CACH geeft 36 012 kW/100 ofwel 360,12 kW

Antwoord van een DIRIS voor een negatief vermogen :

Slave-unit	Functie	Aantal octetten	Waarde groot gewicht woord 1	Waarde klein gewicht woord 1	Waarde groot gewicht woord 2	Waarde klein gewicht woord 2	CRC 16
02	03	04	FF	FF	7B	D3	AA7A

FFFF7BD3h geeft -33837 kW/100 ofwel -338,37 kW

Om deze uitkomst te krijgen moet men het complement van 1 berekenen (neem het omgekeerde van de binaire waarde) en tel 1 op bij de uitkomst, ofwel :

- complement van 1 : FFFF7BD3 hexa geeft 842C hexa,
- 1 optellen: 842C hexa + 1 = 33837 decimaal, omdat de waarde negatief is geeft dat -33837 kW/100, ofwel -338,37 kW.

Het JBUS/MODBUS-protocol (vervolg)

De RS485- bus voor het JBUS/MODBUS-protocol

Een transmissie bestaat uit een verzending en een ontvangst. De twee transmissierichtingen kunnen zijn :

- gescheiden over twee kanalen (simplex verbinding met 4 draden),
- verenigd over één kanaal, de verzending en de ontvangst gebeuren afwisselend in beide richtingen (half duplex met 2 draden),
- verenigd over één kanaal, de verzending en de ontvangst gebeuren tegelijk (full duplex met 2 draden).

In alle gevallen is het spanningsniveau differentieel aangebracht, dat wil zeggen aansluiting op de massa. Het signaal wordt gecreëerd door het potentiaalverschil tussen de 2 draden van het kanaal.

De RS485-bus is een veldbus. Deze is ontworpen om te functioneren in moeilijke industriële omstandigheden met elektromagnetische of andere storingen.

Hoewel robuust, moet de bus voldoen aan de regels die voor hem zijn vastgelegd om correct te kunnen werken :

- maximale lengte : 1200 m voor een snelheid tot 100 kbit/seconde. De lengte kan vergroot worden door toevoeging van een RS485-lijnversterker (zie fig. 1),
- maximaal aantal aangesloten JBUS/MODBUS-slaven : 31. Het aantal kan vergroot worden door toevoeging van een RS485-lijnversterker,
- geen stervormige bekabeling,
- plaats 120 W impedanties op het eerste en op het laatste apparaat,
- breng veiligheidsniveaus aan (pull-up en pull-down weerstanden) die elke draad van de bus fixeren op een spanningsniveau, met name als de bus in rust is bij de communicatie-interface,
- gebruik een kabel met de juiste kenmerken (impedantie + capaciteit) voor het type communicatie (afgeschermd). De afscherming van deze kabel moet continu aanwezig zijn over de gehele lengte van de bus en mag maar op één punt geaard zijn om geen antenne te creëren.

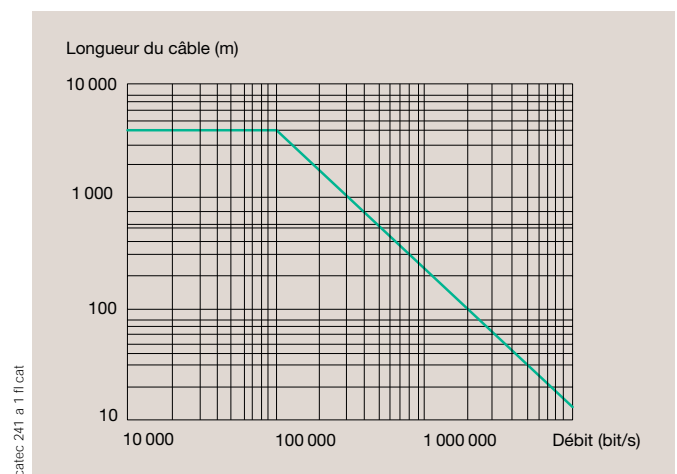
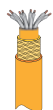


Fig. 1.

Als aan al deze regels is voldaan kan de RS485-bus in een moeilijke omgeving gebruikt worden.

Voorbeelden van voorgeschreven kabels



HELUKABEL : JE-LiCY Bd SI Industry-Electronic Cable according to DIN VDE 0815.

BELDEN : 9841 Paired - Low Capacitance Computer Cable for EIA RS-485 Applications.

ALPHA : 6412 Multipair, Foil/Braid shield PE/PVC, low capacitance cable.

Instelling

Om de meester en de slaaf met elkaar te kunnen laten communiceren, moeten de kenmerken van de communicatieframes een aantal instellingen ondergaan. De in te stellen parameters zijn :

- het aantal bits waaruit elk octet van het frame bestaat (7 of 8 bits),
- het aantal stopbits (1 of 2),
- de pariteit (even, oneven of zonder),
- de communicatiesnelheid, uitgedrukt in bauds, kan van 1200 bauds tot 10 Mbauds gaan. Boven 100 kbds is de maximale lengte van de bus afhankelijk van de communicatiesnelheid.

De communicatiemedia voor het JBUS/MODBUS-protocol

In het algemeen is de JBUS/MODBUS meester een programmeerbare automaat die verbonden is met een koppeling, of een computer die verbonden is met een communicatie-interface. SOCOMEC heeft een breed assortiment communicatietoepassingen voor de interface met een RS485-bus. De keuze van de te gebruiken toepassing wordt vooral bepaald door de omgeving waarin deze gebruikt moet worden, maar ook van een aantal materiële eisen en van de configuratie van het netwerk.

Er zijn daardoor diverse types toepassingen mogelijk :

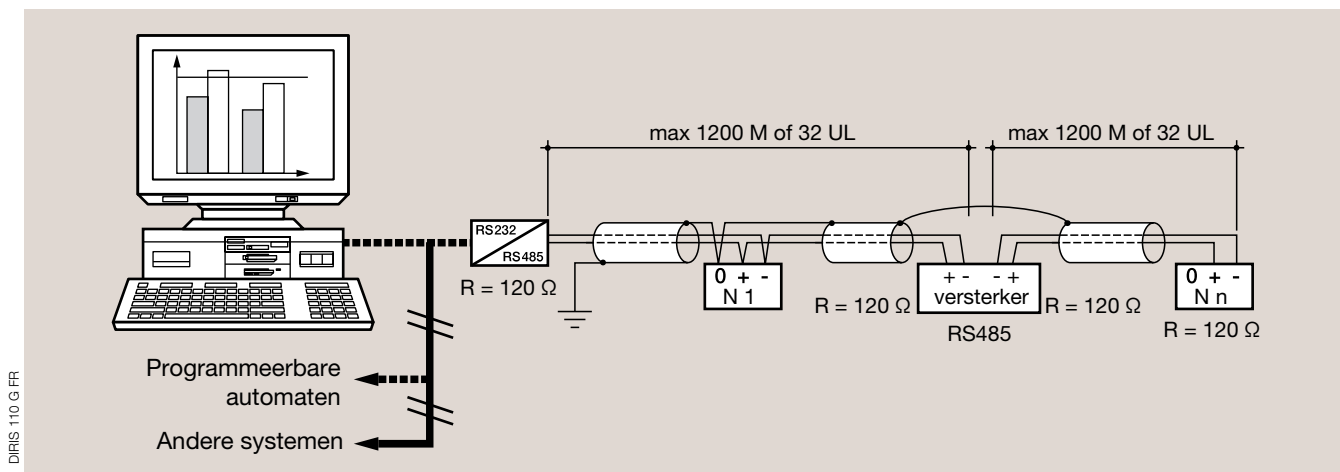
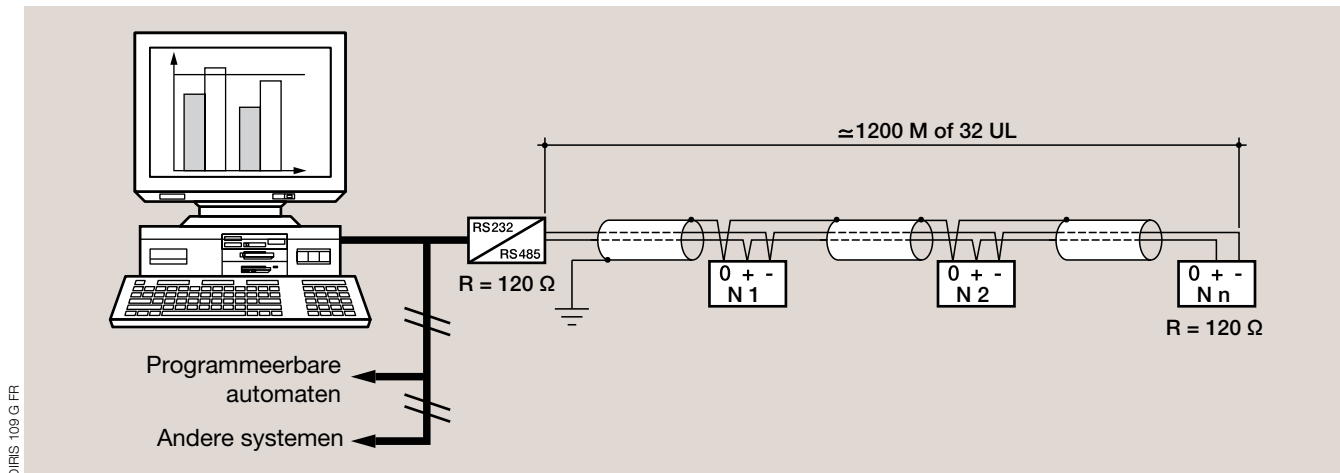
RS232	↔	RS485	
USB	↔	RS485	
RS232	↔	ETHERNET	↔ RS485
RS232	↔	RTC telefoonverbinding	↔ RS485
RS232	↔	GSM telefoonverbinding	↔ RS485
RS232	↔	radioverbinding	↔ RS485
RS232	↔	optische verbinding	↔ RS485

De bus RS485

Een bus RS485 is gedefinieerd door de norm EIA-TIA-485-A en de toepassingsgids TSB-89-A

Topologie

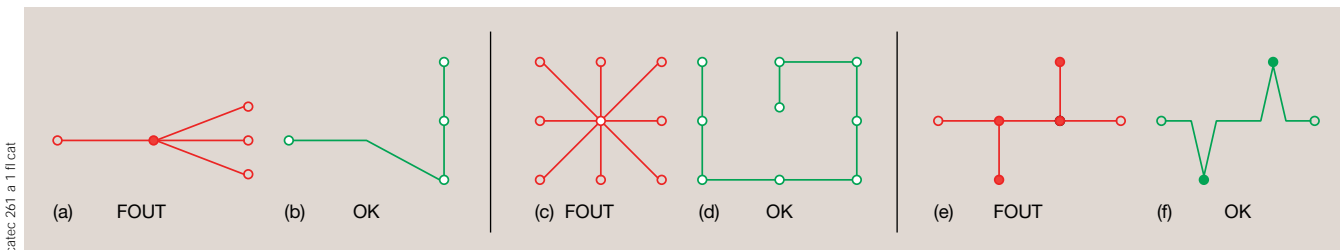
De geadviseerde topologie is een topologie in serie.



UL = unity of loads, zie de betreffende pagina verderop

De seriële topologie beperkt de reflectie van signalen het best.

Voorbeeld: Ombouwen van een ongeschikte topologie naar een geschikte bustopologie.



Voor het schema (e) zijn evenwel omleidingen van maximaal 30 cm toegelaten (verticale verbindingen op het schema (e)).

De bus RS485 (vervolg)

Type kabel

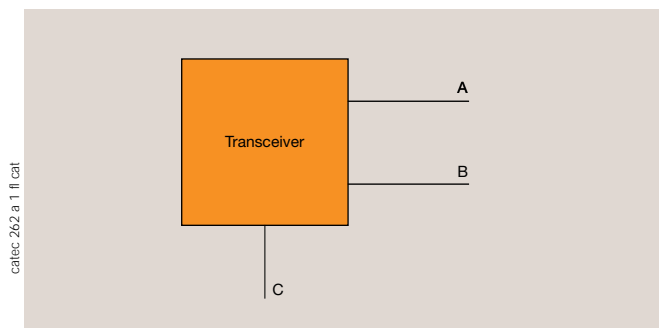
Wij adviseren een getwist afgeschermd paar te gebruiken (algemene afscherming) met een minimaal oppervlak van 0,20 mm² (AWG 24) en 120 ohm impedantie type L IYCY-CY.

Aarding

Verbind één uiteinde van de afscherming met de aarde om de equipotentialiteit van de afscherming te garanderen.
Geen enkele andere aarding is noodzakelijk.

Identificatie klemmenblok SOCOMEC ten opzichte van de norm RS485

Een transceiver RS485 is normatief met 3 punten op de bus aangesloten.



De geleiders kunnen anders dan A, B en C op het klemmenblok zijn aangeduid.

Dit is de betekenis op de klemmenblokken van SOCOMEC :

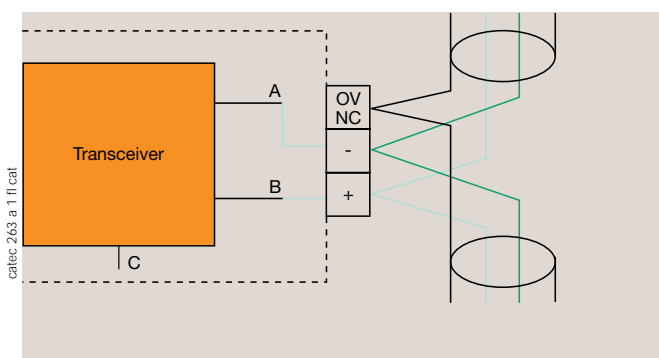
- B = +
- A = -
- C = "0V / NC"

De transceivers van SOCOMEC hebben klem C niet nodig voor de communicatie.

De volgende aanbevelingen zijn van kracht :

- in een net met 3 draden verbindt men de 3^e klem (C) met de klem (OV/ NC)
- in een net met 2 draden gebruikt men de 3^e klem (C) voor de aansluiting van de afscherming.

Aansluitprincipe van de producten van SOCOMEC



Aansluitschema van de producten van SOCOMEC in een net met 2 draden

De klem "OV / NC" van het klemmenblok van SOCOMEC is niet verbonden met de klem C van de transceiver RS485.

Deze geïsoleerde klem kan dus worden gebruikt om de aansluiting van de afscherming te vergemakkelijken.

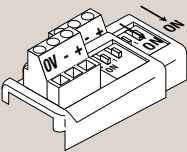
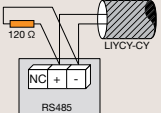
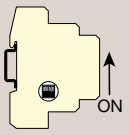
De bus RS485 (vervolg)

Eindweerstand van de lijn

Door de eindweerstand van de lijn met dezelfde impedantie als de lijn (weerstand van 120 ohm) kan de reflectie van het signaal maximaal opgeheven worden.

Deze moet aan elk uiteinde van de bus worden geplaatst. Afhankelijk van het model, kan deze rechtstreeks in de interface zijn ingebouwd.

Activering in de praktijk op de producten

Toestel	Afsluitweerstand	
DIRIS A20, A40, A60		Zet: <ul style="list-style-type: none">• de 2 dipschakelaars op ON om de weerstand te activeren• de 2 dipschakelaars op OFF om de weerstand te deactiveren
DIRIS A10, COUNTIS E		Aparte bij het product geleverde weerstand (los onderdeel). Bekabeling tussen klem + en -.
COUNTIS ECI		Zet: <ul style="list-style-type: none">• de 4 dipschakelaars op ON om de weerstand te activeren• de 4 dipschakelaars op OFF om de weerstand te deactiveren

Merk op dat aan het begin van de lijn deze kan worden geplaatst op een derde toestel, zoals een interface of een automaat en niet op de eerste slaaf

Polarisatie van de bus

De norm RS485 schrijft een niveauverschil voor van 200 mV voor de detectie van het signaal.

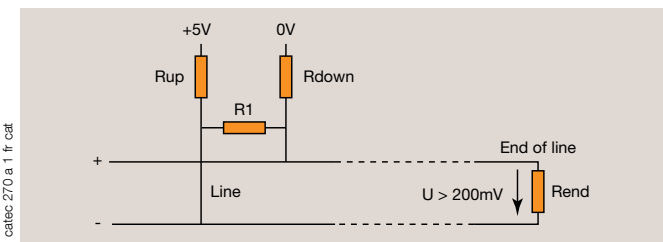
Als de lijn RS485 niet is gepolariseerd, wordt dit niveau niet bereikt in rust (zonder communicatie op de lijn) en is dus de werking niet gegarandeerd.

Daarom brengt men een polarisatie aan op één plaats van de bus. Deze wordt bij voorkeur aan de kant van de master aangebracht. Op sommige interfacemodellen, is het mogelijk deze lijnpolarisatie te activeren. Anders moet men een externe voeding toevoegen. Deze moet een niveau garanderen van 250-280 mV op het geheel van de bus als er geen communicatie over passeert.

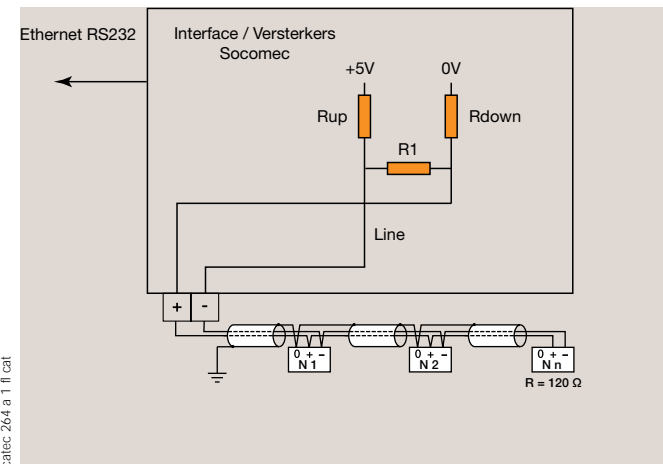
Een spanning van 250-280 mV is een goed compromis. Deze is gegarandeerd hoger dan 200 mV meer zorgt niet voor een te groot verbruik.

Om dit te controleren, is de meest praktische oplossing om de bron van de polarisatie bij het begin van de bus te plaatsen (aan de kant van de interface) en de hoogte van de spanning aan het andere einde van de bus te controleren. In het meest gunstige geval: het eerste toestel communiceert met het laatste. Deze polarisatie is geïntegreerd op de interfaces en versterkers van SOCOMEC.

Let op, het teken van de spanning (U) moet positief zijn.



Principeschema van de polarisatie van een bus



Aansluitschema van een bus met interfaces van SOCOMEC met een geïntegreerde polarisatie

De bus RS485 (vervolg)

Polarisatie van de bus (vervolg)

De grootte

In het geval van een externe 5 V voeding, is het noodzakelijk weerstanden toe te voegen R_{up} , R_{down} en R_1 .

De grootte van R_{up} , R_1 , R_{down} , is afhankelijk van het exacte niveau van de voedingsspanning en van de lijnweerstand.

Standaardwaarden zijn:

$$R_{up} = R_{down} = 560 \text{ ohms (+/- 5 \%, 1/4 W)}$$

$$R_1 = 120 \text{ ohms (+/- 5 \%, 1/4 W)}$$

$$R_{end} = 120 \text{ ohms (+/- 5 \%, 1/4 W)}$$

Voor de bepaling wordt een interactieve methode gebruikt.

Controleer of met deze standaardwaarden het niveau van de spanning U aan het einde van de lijn binnen het gewenste gebied is (250 – 280 mV).

Als dit niet zo is, kan men spelen met R_{up} en R_{down} tussen 390 tot 750 ohm om dit gebied te bereiken.

Ga net zo lang door tot de spanning conform is.

Beperkingen

Er zijn 2 beperkingen waarmee u rekening moet houden in een RS485-net

Het maximum aantal toestellen

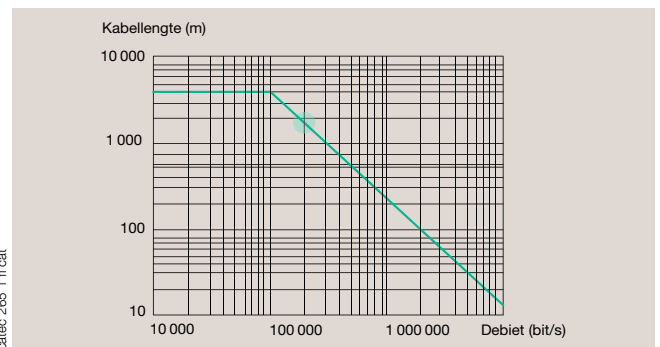
Een zender RS485 moet kunnen communiceren met maximaal 32 belastingseenheden (32 UL = 32 Unity of Loads).

Toestel	Waarde in UL	Aantal toestellen nodig voor 32 UL
DIRIS A10	1	32
DIRIS A20	1	32
DIRIS A40	1	32
DIRIS A60	1	32
COUNTIS Ci	1	32
COUNTIS E53	1	32
COUNTIS E33	1/2	64
COUNTIS E43	1/2	64
COUNTIS E44	1/2	64

Voorbij een belasting van 32 UL, moet men een versterker gebruiken.

De maximale afstand van de bus

De maximale afstand voor een maximaal debiet tot 100 kbds is 1200 m

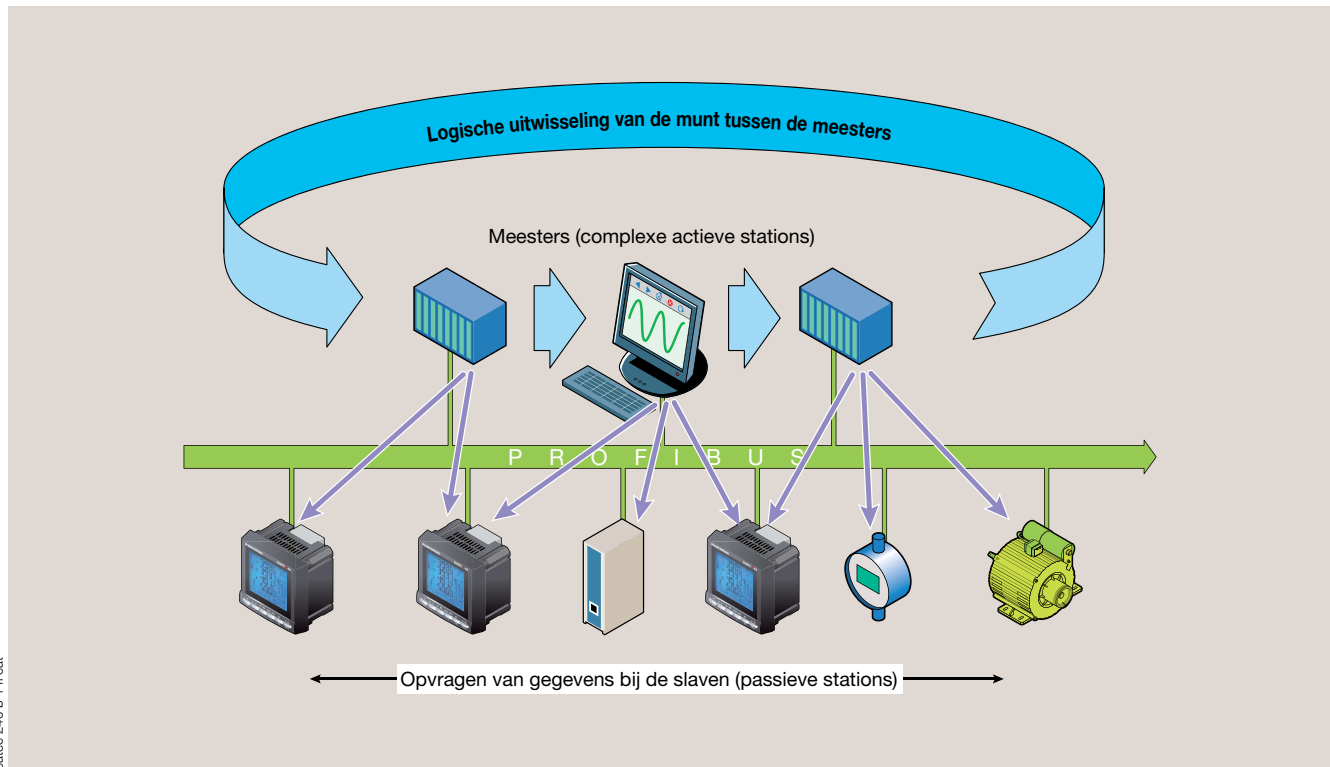


Daarboven moet men een versterker gebruiken.

Het PROFIBUS-protocol

Weergave

Gebaseerd op een principe van een cyclische uitwisseling tussen meesters en slaven, kan het PROFIBUS-protocol meerdere meesters op eenzelfde bus hebben. De in dit geval gebruikte methode is die van de munt: de eerste meester bezit de munt, wisselt de gegevens uit met de slaven die hij wenst en geeft de munt door aan de volgende meester die hetzelfde doet.



GSD-bestand

Het protocol is gebaseerd op uitwisselingstabellen van de ingangen en de uitgangen. De beschrijving van deze tabellen, ook wel modules genoemd, gebeurt door middel van een GSD-bestand. Dit, door elke PROFIBUS-slaaf geleverde bestand, beschrijft alles over de werking van de slaaf met betrekking tot dit protocol.

De verschillende varianten

PROFIBUS DP (Producent)	PROFIBUS PA (Proces)	Asbesturing over PROFIBUS (aandrijvingen)	PROFIsafe (Universeel)
Toepassingsprofielen zoals herkenningssystemen	Toepassingsprofielen zoals PA-apparaten	Toepassingsprofielen zoals PROFIdrive	Toepassingsprofielen zoals PROFIsafe
DP stack (DP - V0 tot V2)	DP stack (DP - V1)	DP stack (DP - V2)	DP stack (DP - V0 tot V2)
RS485	MBP 15	RS485	RS485 MBP 15

Zoals ieder communicatieprotocol (met name voor de veldbussen), is PROFIBUS gebaseerd op het eerder beschreven OSI lagenmodel. Om te beantwoorden aan de verschillende toepassingen, zijn vier varianten ontwikkeld die elk hun specifieke bijzonderheden hebben.

De SOCOMEC producten zijn PROFIBUS DP V1 gecertificeerd.

Hierdoor kunnen deze producten aangesloten worden op een PROFIBUS DP-bus.

Het PROFIBUS-protocol (vervolg)

De bus voor het PROFIBUS-protocol

Laag 1 van het OSI-model verzorgt de fysieke transmissie van de gegevens. Hierdoor worden dus de elektrische en mechanische kenmerken gedefinieerd: type codering en genormaliseerde interface (RS485).

PROFIBUS specificeert verschillende versies van de "fysieke" lagen, conform de internationale transmissienormen IEC 61158 en IEC 61784.

De verschillende versies zijn:

- transmissie RS485,
- transmissie MBP,
- transmissie RS485-IS,
- transmissie via glasvezel.

SOCOMECS gebruikt de RS485-verbinding met de volgende kenmerken:

- differentiële digitale transmissie,
- debiet van 9600 tot 12000 kbits/seconde,
- medium bestaande uit een getwist afgeschermd paar,
- lineaire topologie (zonder ster) met busafsluitingen,
- 32 aansluitbare stations met mogelijkheid voor extra repeaters.

Voor een veilige transmissie, adviseren wij nadrukkelijk het gebruik van een genormaliseerde PROFIBUS-kabel.

U vindt verschillende referenties op de volgende website: <http://www.procentec.com/products/#cables>.

Ferromagnetische toestellen



Deze worden gevormd door twee repulsie-ijzers (één vast ijzer en één beweegbaar ijzer verbonden met de naald) die geplaatst worden in een spoel gevoed door de te meten stroom.

Het ferromagnetische toestel toont de effectieve waarde van het wisselstroomsignaal; de invloed van de golfvorm is te verwaarlozen. Dit kan ook toegepast worden op een gelijkstroomsignaal, maar ten koste van de nauwkeurigheidsklasse. Dankzij het eenvoudige concept is dit toestel uitermate geschikt om wisselstromen te meten uit de LS-borden.

Draaispoeltoestellen



De meetstroom loopt door een gewikkelde draaispoel die zich bevindt in een magnetisch veld van een permanente magneet. Onder invloed van de elektromagnetische krachten die uitgeoefend worden op de spoel, draait deze volgens een lineaire wet.

Met een laag verbruik is dit toestel uitermate geschikt om zwakke gelijkstroomsignalen te meten.

Draaispoeltoestellen met gelijkrichter

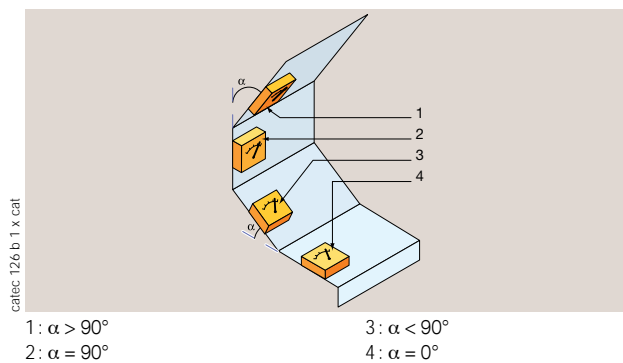


Met de gepolariseerde draaispoelgalvanometer voor gelijkstroom kunnen, door toevoeging van een diodegelijkrichter, wisselstroomwaarden gemeten worden.

Gebruiksstand

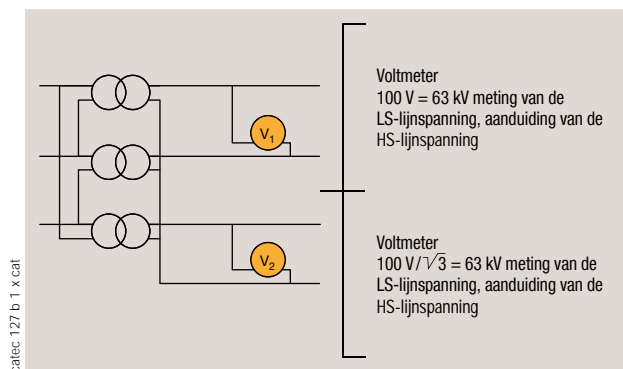
De indicatoren ROTEX en DIN zijn geschikt voor gebruik bij wijzerplaat in verticale stand.

Deze kunnen ook in een andere stand gebruikt worden, zonder gevoelige vermindering van hun nauwkeurigheid. Op aanvraag worden de indicatoren geschikt om in een andere stand te kunnen werken (aan te geven bij de bestelling).

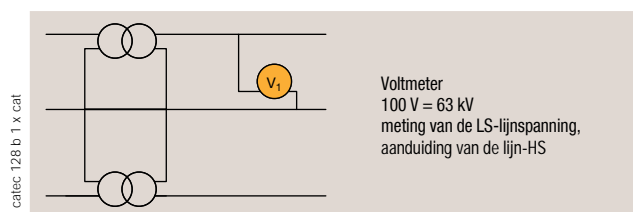


Gebruik van vermogentransformatoren (TP)

Montage van 3 TP's: net 63 kV - TP 63 kV / 100 V $\sqrt{3}$



V-montage van 2 TP's: net 63 kV - TP: 63 kV / 100 V
(Gebruik: meting van de 3 spanningen met 2 TP's)



Vermogenomvormer

Voorbeeld

ijking van een actieve vermogensomvormer: TI 20 / 5 A, U = 380 V, driefasig net, $\cos \phi = 1$. Basisijking:

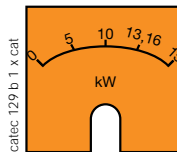
$P' \text{ (omvormer)} = UI \cos \phi \sqrt{3} = 380 \text{ V} \times 5 \text{ A} \times 1 \times 1,732 = 3290 \text{ W}$ dus met de TI van 20 A: $P = 3290 \text{ W} \times 20 / 5 = 13,16 \text{ kW}$

uitgang omvormer: 0 mA = 0 %; 20 mA = 100 % van de belasting.

- Ijking voor digitale display, drempelrelais, of GBS: een digitale display kan geijkt worden voor de weergave van 13,16 kW bij 20 mA; de ijking van de omvormer moet dus niet gewijzigd worden.
- Ijking voor naaldindicator (gebruikte schaal: 0 tot 15 kW), gekalibreerd op 20 mA onderaan de schaal: het overeenkomstige toestel is niet instelbaar; de omvormer wordt op de volgende wijze geijkt:

$$P' \text{ (omvormer)} = \frac{15 \text{ kW}}{13,16 \text{ kW}} \times 3290 \text{ W} = 3750 \text{ W voor 20 mA}$$

$$I' \text{ (uitgang omvormer)} = \frac{13,16 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 20 \text{ mA} = 17,55 \text{ mA}$$



3290 W => 13,16 kW => 17,55 mA
3750 W => 15 kW => 20 mA

Nauwkeurigheidsklasse

- Een **analoog meettoestel** wordt gekenmerkt door een klasse-index (of nauwkeurigheidsklasse). Deze index drukt de maximumfout uit in honderden van de grootste meetwaarde van het betrokken meettoestel.

Voorbeeld: een amperemeter met 50 verdelingen, klasse 1,5

De fout wordt $\frac{1,5}{100} \times 50$ ofwel: 0,75 verdeling

- voor een amperemeter van 20 A: $20 / 50 \times 0,75 = 0,3 \text{ A}$
- voor een amperemeter van 400 A: $400 / 50 \times 0,75 = 6 \text{ A}$

- Een **digitaal toestel** kan een waarde aanduiden van ± 1 eenheid van het laatste cijfer van het weergegeven getal, naast de werkelijke nauwkeurigheid van de elementen waaruit het toestel opgebouwd is.

Voorbeeld: een indicator van 3 cijfers (999 punten), nauwkeurigheid 0,5 %, aangesloten op een TC 400 / 5 A, weergave 400 A.

- (a) interne fout $400 \times \frac{0,5}{100}$ ofwel $\pm 2 \text{ A}$
- (b) weergavefout 1 digit, wat overeenkomt met $\pm 1 \text{ A}$
- extreme uitleeswaarden: (a) + (b) = $\pm 3 \text{ A}$ (bij nominale belasting).

- Een **stroomtransformator (TI)** wordt gekenmerkt door zijn nauwkeurigheidsklasse.

Deze fout varieert als volgt, in functie van de belasting:

Fout (\pm % van I_n)		Belastingsniveau						
		0,1 I_n	0,2 I_n	0,5 I_n	I_n	1,2 I_n	5 I_n	10 I_n
Klasse	0,5	1,0	0,75		0,5			
	1	2,0	1,50		1,0			
	3			3	3	3		
	5			5	5	5		
	5P5				5		5	
	5P10				5			5

Voorbeeld: de TI 5P5 meet de stroom van de motorkring en verzekert een nauwkeurigheid van ± 5 % bij 5 I_n .

Verbruik door de koperen kabels

Met het verbruik van de kabels moet rekening gehouden worden om het vermogen van de te kiezen TI of omzetter te bepalen, om een feilloos verloop van de meetketen te verzekeren. (L: enkelvoudige afstand tussen de TI en de meter).

$$\text{Verliezen in VA} = \frac{I^2 \text{ (in A)} \times 2}{S \text{ (in mm}^2) \times 56} \times L \text{ (in m)}$$

Verliezen in de kabels in VA⁽¹⁾ - Voor TI 5 A

L (in m)	1	2	5	10	20	50	100
S (mm ²)							
1,0	0,89	1,79	4,46	8,93	17,9	44,6	89,3
2,5	0,36	0,71	1,79	3,57	7,14	17,9	35,7
4,0	0,22	0,45	1,12	2,23	4,46	11,2	22,3
6,0	0,15	0,30	0,74	1,49	2,98	7,44	14,9
10	0,09	0,18	0,45	0,89	1,79	4,46	8,93

Verliezen in de kabels in VA⁽¹⁾ - Voor TI 1 A

L (in m)	1	2	5	10	20	50	100
S (mm ²)							
1,0	0,04	0,07	0,18	0,36	0,71	1,79	3,57
2,5	0,01	0,03	0,07	0,14	0,29	0,71	1,43
4,0	-	0,02	0,04	0,09	0,18	0,45	0,89
6,0	-	-	0,03	0,06	0,12	0,30	0,60
10	-	-	0,02	0,04	0,07	0,18	0,36

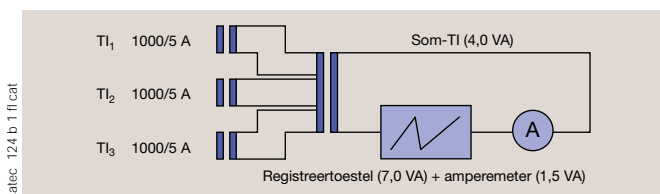
(1) enkel de actieve component van de verliezen wordt beschouwd.

Somtransformator

De som-TI maakt het mogelijk de effectieve waarden van verschillende wisselstromen van eenzelfde fase op te tellen; deze stromen kunnen verschillende $\cos \varphi$ hebben.

Een som-TI wordt gekenmerkt door:

- het aantal te verbinden TI's (TI's met eenzelfde transformatorverhouding),
- het vereiste nominale vermogen.



Voorbeeld: 3 circuits te controleren voor één uitgang op een registreertoestel en een indicator:

- (a) Door som-TI te leveren vermogensbalans:
(amperemeter + registreertoestel + verlies meetcircuit)
 $P' = 1,5 \text{ VA} + 7,0 \text{ VA} + 1,5 \text{ VA} = 10,0 \text{ VA}$,
- (b) Door TI's te leveren vermogensbalans:
 $P = P' + \text{eigen verbruik van de som-TI}$
 $P = 10,0 \text{ VA} + 4,0 \text{ VA} = 14,0 \text{ VA}$; ofwel $P/3$ per TI.

Verzadigbare TI's

De verzadigbare TI's zorgen voor de voeding van de thermische zwakstroomrelais door deze te beschermen tegen stroomstoten als gevolg van het frequent opstarten van een motor (de verzadigbare TI's bestaan enkel met uitgang 1 A).

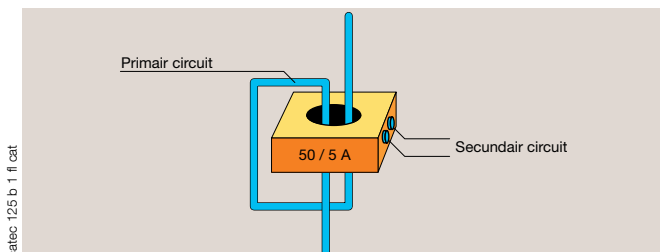
SOCOMECS onderscheidt twee types van verzadigbare TI's:

- TI's waarvan de verzadiging begint bij $4 I_n$ voor een normale start (bv. pompen),
- TI's waarvan de verzadiging begint bij $1,5 I_n$ voor een hoog belastende start (bv. ventilators zonder registers).

Aanpassing van de transformatieverhouding

Voor nominale stromen kleiner dan 50 A kunnen TI's met geleidende kabels en een hogere primaire stroom gebruikt worden in de plaats van TI's met gewikkelde primairen, door de primaire lijn verschillende keren doorheen de TI te voeren.

Naast de besparing laat deze methode ook toe de verschillende transformatieverhoudingen aan te passen (constant rendement en meetnauwkeurigheid).



Voorbeeld: primaire stroom van TI 50 A.

Te meten primaire stroom	Aantal doorvoeringen
50 A	1
25 A	2
10 A	5
5 A	10

Algemeen

De DIRIS beveiliging biedt, naast de functies voor meten, tellen, bewaken van de alarmen en de communicatie, een beveiliging tegen overstroom. Hiervoor heeft de DIRIS een module waarmee de inschakelkromme ingesteld kan worden.

De stroom I_0 wordt berekend via de vectoriële som van de fasestromen I_1 , I_2 , I_3 of rechtstreeks gemeten via de vierde stroomingang. De vierde ingang kan verbonden worden met de nulleider via een stroomtransformator of met een homopolaire torus voor de meting van de lekstromen.

De drempelwaarde wordt gekozen via een tijdsafhankelijke kromme (SIT, VIT, EIT of UIT) of een tijdsafhankelijke kromme DT.

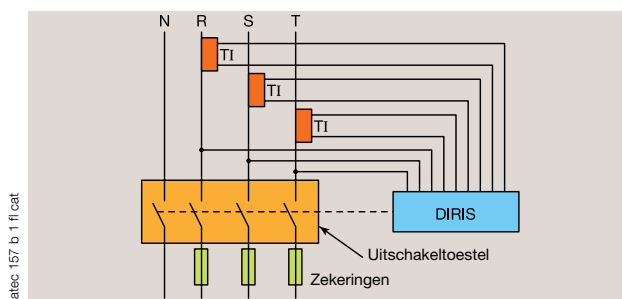
Alle metingen van de stromen gebeuren in TRMS.

De beveiliging tegen foutstromen wordt verzekerd door het vergelijken van de gemeten stromen en de voorgedefinieerde beveiligingskromme.

Beveiligingsfunctie

Magnetische beveiliging op I_1, I_2, I_3, I_n :	$I >>$	ANSI-code: 50
Thermische beveiliging op I_1, I_2, I_3, I_n :	$I >$	ANSI-code: 51
Magnetische beveiliging op de gelijkpolige component I_0 :	$I_0 >>$	ANSI-code: 50 N
Thermische beveiliging op de gelijkpolige component I_0 :	$I_0 >$	ANSI-code: 51 N
Maximale beveiliging van de directionele stroom:	I_{dir}	ANSI-code: 67
Logische selectiviteit		ANSI-code: 68
Beveiliging actieve vermogensretour	$> rP$	ANSI-code: 37

De beveiligings-DIRIS verzekert de beveiliging van stroomkringen: Hij moet beslist gekoppeld worden aan een uitschakeltoestel dat binnen de voorgeschreven tijd uitschakelt (zie pagina 30).



Schema van het onderbrekingsstelsel.

Tijdsafhankelijke beveiligingskromme

ANSI-code 50 fasen of 50 N (nulleider of aarde) - volgens de norm IEC 60255-3 en BS 142. Deze krommen worden doorgaans gebruikt voor het programmeren van de (lage drempel (overbelasting).

Voor het programmeren van de lage drempel moet u een kromme kiezen, een drempel I_s bepalen (procentueel) en een tijd T_s die beantwoordt aan de uitschakeltijd voor een fout die gelijk is aan $10 I_s$.

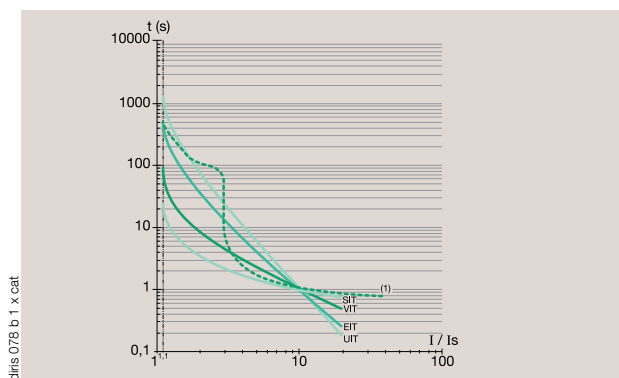
De drempel I_s is die waarde van de stroom waarvoor er geen uitschakeling is. Het uitschakelen gebeurt bij een stroom groter dan $1,1 I_s$ en na een tijdvertraging T_s .

De krommen, drempels en tijdsvertragingen zijn dezelfde voor de fasestromen en de homopolaire stroom I_0 of de nulleider I_n .

Beveiligingsrelais

Bij overschrijding van de drempel en na de ingestelde tijd, wordt een relais RT aangesproken op een fasefout. Het schakelen van het relais kan geblokkeerd worden in het geval de schakelaar een schakelaar met zekeringen is, om zo het onderbrekingsvermogen te respecteren. De limiet is vastgelegd op $7 I_n$. Het relais RT is resetbaar via de toets "R" van het toetsenbord.

Weergave van de krommen



Configureerbare krommen

Vergelijking van de krommen

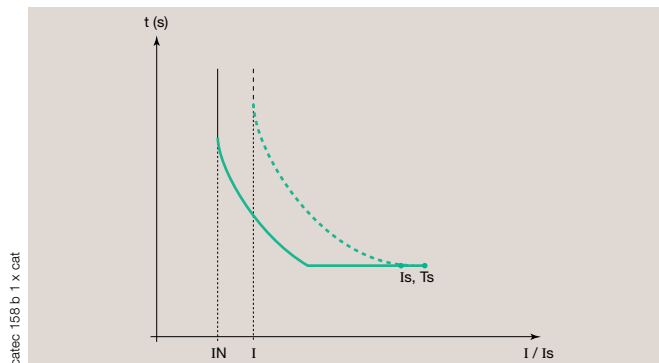
SIT-kromme (Standard Inverse Time):	$t = T_s \times \frac{47,13 \times 10^{-3}}{(I/I_s)^{0,02} - 1}$
VIT-kromme (Very Inverse Time):	$t = T_s \times \frac{9}{(I/I_s) - 1}$
EIT-kromme (Extra Inverse Time):	$t = T_s \times \frac{99}{(I/I_s)^2 - 1}$
UIT-kromme (Ultra Inverse Time):	$t = T_s \times \frac{315,23}{(I/I_s)^{2,5} - 1}$

De UIT-kromme kan punt voor punt door de gebruiker worden geherprogrammeerd met behulp van de RS485 verbinding.

Beveiliging van de nulleider

De beveiliging van de nulleider is het resultaat van de translatie van de beveiligingskromme van de fasen :

- de tijden t_s zijn identiek,
- de stromen worden gedeeld door een coëfficiënt K_N .

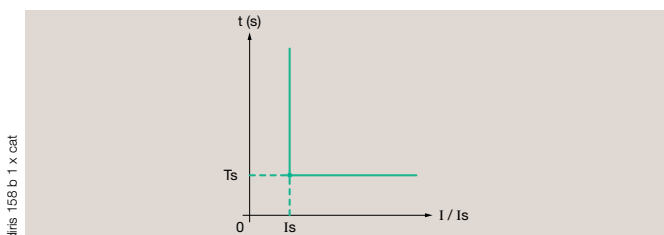


Beveiliging "aardingsfout"

Deze beveiliging wordt op dezelfde manier geconfigureerd als de fasestromen.

De beveiliging "aardingsfout" is een beveiliging tegen grote aardingsfoutstromen. Het is geen beveiliging van personen (directe of indirecte contacten), maar beveiligt tegen brand of het droogleggen van de aardingselektroden.

Tijdonafhankelijke beveiligingskromme



ANSI-code 50 fasen 50 N aarde - volgens norm IEC 60255-3 en BS 142. Deze kromme dient voor het programmeren van de hoge drempel (kortsluiting). Zij kan ook gebruikt worden voor het programmeren van de lage drempel als de tijdonafhankelijke kromme niet weerhouden is. Om de onafhankelijke drempel(s) te programmeren: de tijdonafhankelijke kromme (DT) kiezen, een drempel en tijdsvertraging bepalen.

Onafhankelijke tijd (DT) met :

$$0,1 I_n < I_s < 15 I_n$$

$$0,02 \text{ s} < T_s < 30 \text{ s}$$

$$0,02 \text{ s} < T_s < 300 \text{ s}$$

met I_n = nominale stroom.

Beveiliging vermogensretour

ANSI-code 37

Dit is de detectie van een negatieve actieve vermogensdrempel op de drie fasen met een vertraging.

Daarvoor moet men een drempel programmeren, begrepen tussen 5 % en 110 % van S_n , en een vertraging tussen 1 en 60 s.

Een vermogensretour wordt gedetecteerd zodra aan de volgende voorwaarden is voldaan.

- $P < 0$ en $IPI > 10$ % van Q , ofwel een hoek tussen 96° et 264° ,
- $U > 70$ % van U_n (nominale spanning) over de 3 fasen,
- $I > I_n / 20$ op de 3 fasen (ofwel 250 mA indien $I_n = 5$ A en 50 mA als $I_n = 1$ A),
- $P > rP$ (geprogrammeerde absolute waarde van de drempel).

Keuze van de TI

De voorgeschreven minimumklasse van de beveiligings-TI is 5P10 (nauwkeurigheid van 5 % bij 10 I_n).

Keuze van het vermogen van de TI in VA

- De klasse van de TI (5P 10, 10P 10, enz.) is gegarandeerd voor een bepaalde maximale belasting in VA
- De DIRIS geeft een belasting van 1,5 VA waaraan de verliezen van de verbindingkabels toegevoegd moeten worden

Voorbeeld :

- Nominale stroom : 275 A

De keuze valt op een TI 300 A/1 A P.

De maximum belasting van deze TI is bijvoorbeeld 4 VA

De TI wordt aangesloten met een kabel van $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ met een lengte van 10 m.

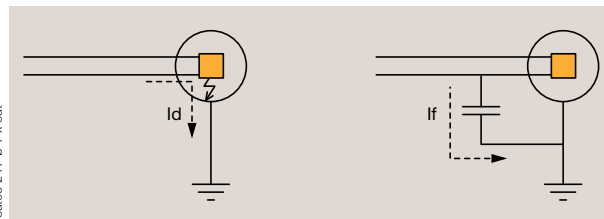
Verlies in VA van de kabel (zie pagina 73) : 3,57 VA.

Totale belasting : 1,5 VA (DIRIS) + 3,57 VA = 5,07 VA.

De TI is niet geschikt : men moet de kabellengte verminderen of de kabelsectie vergroten of kiezen voor een TI waarvan de toegelaten belasting groter is dan 5,07 VA.

Algemeen

Een aardfoutstroom is een stroom die naar de aarde loopt in geval van een isolatiefout (I_d). Een aardlekstroom is een stroom van de actieve delen van de installatie naar de aarde zonder dat er sprake is van een isolatiefout (I_f).



Een Automatische Differentieelstroom Inrichting (ADI) gedefinieerd door de TR IEC 755 moet aardlekstromen of aardfoutstromen detecteren die doorgaans stroomafwaarts van het installatiepunt voorkomen.

De voornaamste types aardlekschakelaars zijn :

- differentieelautomaten,
- differentieelschakelaars,
- differentieelrelais die zich niet in het uitschakeltoestel bevinden.

SOCOMEc, specialist ter zake, biedt u een volledige reeks differentieelrelais aan die een afdoend antwoord geven op elk van uw specifieke problemen.

Het differentieelrelais heeft twee functies :

- de installatie uitschakelen indien het relais samenwerkt met een automatische uitschakelaar,
- een aardlekstroom of aardfoutstroom signaleren wanneer het relais wordt gebruikt als signaleringsrelais.

Signaleren

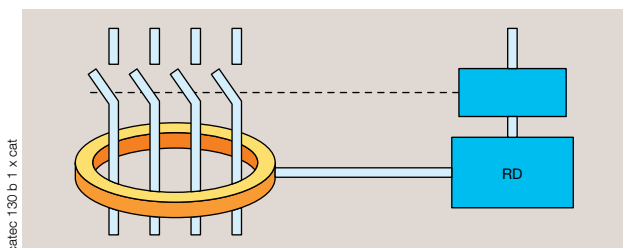
Signaleren wanneer een aardfoutstroom of aardlekstroom wordt gedetecteerd en op een bepaald niveau blijft waardoor toch een preventieve onderhoudsactie nodig wordt.

De differentieelsignalering bestaat uit :

- een torus, die de actieve geleiders omsluit van de te beveiligen kring en de reststroom detecteert wanneer de som van de stromen op de lijnen niet langer nul is,
- een analyse- en meettoestel voor de verschilstroom dat de operatoren waarschuwt via zijn alarm-LED's, zijn uitgangsrelais of zijn digitale uitgangen.

Het is mogelijk dat sommige toepassingen twee functies tegelijkertijd vereisen, nl. uitschakelen en signaleren

De installatie uitschakelen



In dit geval bestaat een differentieelbeveiliging uit :

- een torus, die de actieve geleiders omsluit van de te beveiligen kring en de reststroom detecteert wanneer de som van de stromen op de lijnen niet langer nul is,
- een analyse- en meettoestel voor de verschilstroom dat het alarmsignaal levert,
- een uitschakeltoestel dat wordt aangestuurd door het alarmrelais.

Bij gevaar (elektrische schok, brand, ontploffing, slechte werking van een machine, enz.), verzekert de automatische afschakeling van de voeding één of meer van de volgende functies :

- de beveiliging tegen indirecte contacten,
- de beperking van de lekstromen,
- de aanvullende beveiliging tegen directe contacten,
- de beveiliging van de uitrusting of van de productie,
- enz.

Onder bepaalde voorwaarden kunnen de differentieelrelais samen met contactoren, vermogensschakelaars of schakelaars en schakelaars met zekeringen van het SIDERMAT-FUSOMAT- en INOSYS LBS gamma van SOCOMEc worden gebruikt.

Definities

Toegewezen rest-verschilstroom $I_{\Delta n}$

De toegewezen rest-verschilstroom, genoteerd als $I_{\Delta n}$, is de maximale waarde van de verschilstroom die het toestel in werking moet stellen. Deze waarde drukt normaal gesproken de gevoeligheid of de instelling van de ADI (voorbeeld: ADI 30 mA). De normen voor differentieelproducten bepalen dat een ADI kan uitschakelen vanaf de helft van de toegewezen reststroom

SOCOMECE-apparaten kunnen, door hun RMS-meting, stromen verdragen tot 80 % (in klasse A) van de toegewezen rest-verschilstroom. Deze nauwkeurigheid staat grotere lekstromen toe bij eenzelfde beveiligingsniveau en zorgt daardoor voor een betere selectiviteit.

De stroomwaarden $I_{\Delta n}$ worden ingedeeld in 3 gevoeligheidsklassen:

Gevoeligheden	Instellingen $I_{\Delta n}$
Lage gevoeligheid	30 A
	10 A
	5 A
	3 A
Gemiddelde gevoeligheid	1 A
	500 mA
	300 mA
	100 mA
Hoge gevoeligheid	≤ 30 mA

Onderbrekingstijd


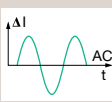

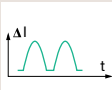

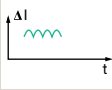
In het technische rapport TR IEC 60755 wordt de volgende gewenste maximale tijdsduur voor het onderbreken, uitgedrukt in seconden, aangegeven voor differentieelapparaten die bestemd zijn voor de beveiliging tegen elektrische schokken in geval van indirecte contacten:

Klasse	I_n (A)	Tijdsduur voor onderbreking		
		$I_{\Delta n}$ S	$2 I_{\Delta n}$ S	$5 I_{\Delta n}$ S
TA	willekeurige waarde	2	0,2	0,04
TB	≥ 40 A alleen	5	0,3	0,15

KlasseTB houdt rekening met de associatie tussen een differentieelrelais en een afzonderlijk uitschakelapparaat. Voor de beveiliging tegen indirecte contacten staat de installatienorm NFC 15100 een onderbrekingstijd toe van ten hoogste 1 s voor een distributiecircuit, ongeacht de spanning van het contact indien een selectiviteit noodzakelijk wordt geacht. In de einddistributie moeten de differentieeltoestellen die gebruikt worden voor de beveiliging van personen ogenblikkelijk in actie komen.

Types differentieelrelais

Norm IEC 60755 definieert drie gebruiksklassen voor ADI's in functie van het netwerktype:

Type differentieelrelais	Symbool	Voorbeeld van foutstroom	
Type AC			Het toestel schakelt uit bij rest-verschilstromen. Deze stromen zijn in dit geval sinusoidale wisselstromen.
Type A			Het toestel waarborgt de uitschakeling bij rest-verschilstromen: sinusvormige wisselstromen of gelijkgerichte stromen waarvan de DC-component lager blijft dan 6 mA gedurende een tijdsinterval van minstens 150° t.o.v. van de toegewezen frequentie.
Type B			Het toestel waarborgt de uitschakeling bij verschilstromen identiek aan klasse A maar ook voor stromen die afkomstig zijn van gelijkrichterkringen: - enkele alternantie met capacatieve belasting die een vlakke gelijkstroom produceert, - driefasig met enkele of dubbele alternantie, - eenfasig dubbele alternantie tussen fasen, - om het even welk type dat een accu belast.

Definities (vervolg)

Bestendigheid tegen elektromagnetische storingen (EMC)

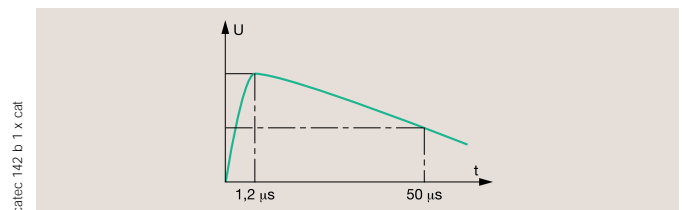
De ADI's worden soms uitgeschakeld om andere redenen dan de aanwezigheid van een isolatiefout. De oorzaken kunnen verschillen : storm, manipulatie van hoogspanningsapparaten, kortsluitstromen, start van motoren, start van TL-buizen, sluiting bij capacatieve belastingen, elektromagnetische velden, elektrostatische ontladingen.



De ADI's die voldoende ongevoelig zijn voor deze storingen worden door het volgende symbool aangeduid :

Volgens de norm NF C 15100 § 531.2.1.4, moeten de ADI's zodanig gekozen worden dat zij niet vroegtijdig uitschakelen ten gevolge van EMC-effecten. Daarom bezitten de producten van het RESYS-gamma van SOCOMEC een versterkte ongevoeligheid tegen de elektromagnetische effecten, met name dankzij het principe van RMS-meting.

De hulpvoedingen van de differentieelrelais van SOCOMEC met hoge ongevoeligheid voorkomen zowel het voortijdig uitschakelen als de beschadiging van de componenten als gevolg van overspanningen die te wijten zijn aan blikseminslag of een handeling met een HS-apparaat (figuur hiernaast).



Het principe van meting via digitale bemonstering van het verschilsignaal en de keuze van het materiaal van de torussen zorgen ervoor dat de differentieelrelais zich goed gedragen wanneer er een kortstondige stroomgolf optreedt bij sluiting van hoog-capacitieve kringen (fig. a) ofwel bij een aanzet als gevolg van een diëlektrische doorslag die te wijten is aan een overspanning (fig. b).

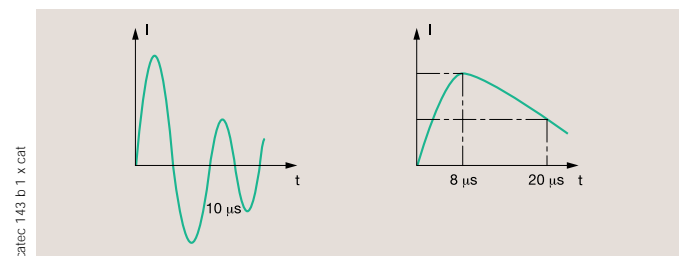


Fig. a.

Fig. b.

Toepassingen

Beveiliging van een installatie

Totale selectiviteit (verticale selectiviteit)

De selectiviteit is bedoeld om de foutstroom te elimineren enkel en alleen in het gedeelte van de installatie waarin de fout zich bevindt. Daarvoor zijn twee voorwaarden noodzakelijk :

1. De tijdsvertraging van de ADI stroomafwaarts (t_{fB} fig. 2) moet kleiner zijn dan de tijdsvertraging van het toestel stroomopwaarts (t_{fA}). Een eenvoudige oplossing om aan deze voorwaarde tegemoet te komen is het gebruik van ADI's van klasse S (instelbaar). De vertraging van de ADI stroomopwaarts moet groter zijn dan de vertraging van de ADI stroomafwaarts (fig. 1).
2. De gevoeligheid van de ADI stroomafwaarts $I\Delta n B$ moet kleiner zijn dan de helft van de gevoeligheid van de ADI stroomopwaarts $I\Delta n A$ (zie figuren 1 en 2).

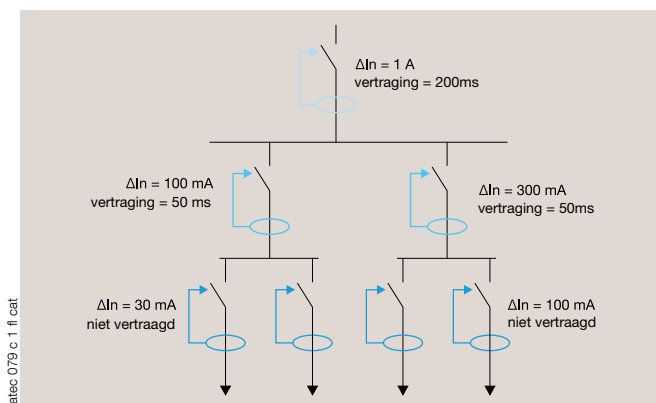


Fig. 1.

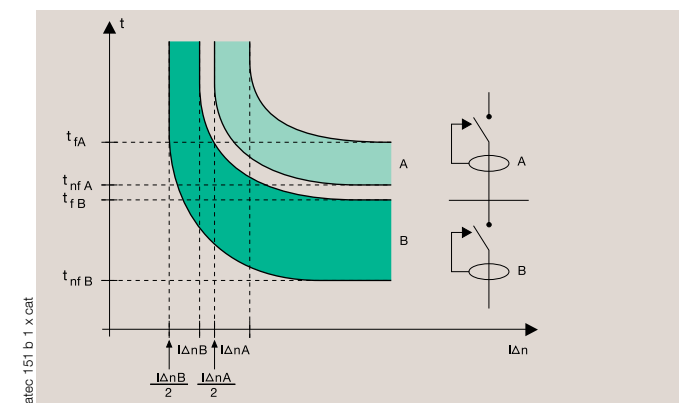


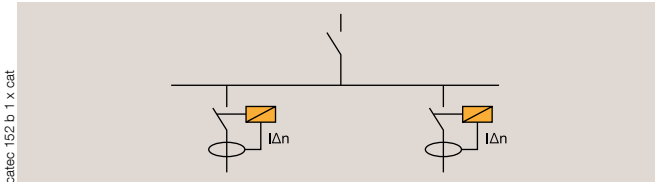
Fig. 2.

Differentieelbeveiliging

Toepassingen (vervolg)

Beveiliging van een installatie (vervolg)

Horizontale selectiviteit



Bij een TT-net is een algemene differentieelschakelaar ($I_{\Delta n}$) niet noodzakelijk stroomopwaarts van de differentieeldeelvertrekken wanneer de totale installatie tot aan de klemmen stroomopwaarts daarvan beantwoordt aan de eisen met betrekking tot klasse II of door bijkomende isolatie tijdens de installatie.

Beveiliging van motoren

Een isolatiefout in de wikkelingen van een motor kan twee soorten effecten tot gevolg hebben :

- beschadiging van de wikkelingen, de motor kan worden hersteld,
- beschadiging van de magnetische kring, de motor is onherstelbaar beschadigd.

De toepassing van een differentieeltoestel dat de foutstroom beperkt tot minder dan 5 % van I_n garandeert het behoud van de magneten en van de motor. Gezien bepaalde grote motoren een onevenwicht kunnen veroorzaken van de stromen of lekstromen tijdens de startfase, mag onder bepaalde voorwaarden het differentieelrelais tijdens deze fase geneutraliseerd worden.

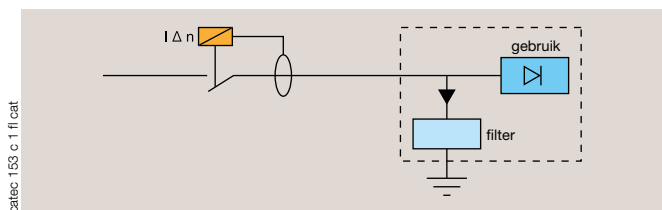
Lekstroom van de uitrusting

Het materiaal voor de informatieverwerking, conform de normen EN en IEC 60950, kan een bron van lekstroom zijn omwille van de specifieke filtertoestellen die ermee verbonden zijn.

Capacitieve lekstromen van 3,5 mA zijn toegelaten voor stopcontactkringen en 5 % (onder bepaalde voorwaarden) voor kringen van vaste installaties.

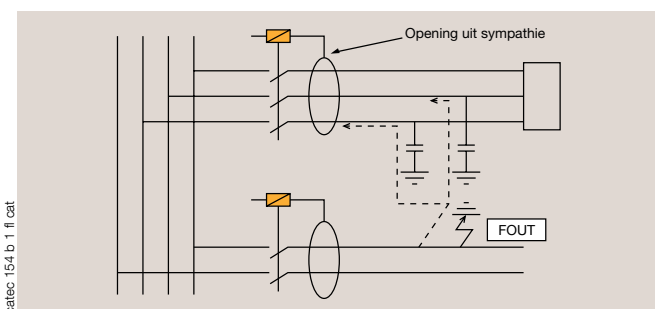
Volgens norm EN 50178 betreffende de EU (elektronische uitrustingen) die in vermogensinstallaties worden gebruikt zijn maximum lekstromen van 3,5 mA AC en 10 mA DC voor een EU toegelaten.

Indien deze waarden worden overschreden, dienen bijkomende schikkingen te worden getroffen, zoals bv. verdubbeling van de aardgeleider, afschakelen van de voeding bij onderbreking van de PE, een transformator voor de galvanische isolatie, enz.



Aansluiting van de CPI (algemeen geval).

Sympathie-effect



Dit effect kan worden beperkt door tijdsvertraging van de differentieelapparaten.

Een ernstige isolatiefout die een eindverdeler beïnvloedt kan terugkeren via de lekcapaciteit van een andere eindverdeler en die laatste afschakelen zonder dat er sprake is van degradatie van de isolatie van de betreffende kring.

Dit verschijnsel doet zich veel voor bij uitgangen met potentieel zeer hoge lekcapaciteiten of als de fout zich op een lange leiding bevindt.

Toepassingen (vervolg)

Beveiliging tegen brand

Paragraaf 422.1.7 van de norm NF C 15100 en IEC 60364 schrijven het gebruik voor van ADI's met $I_n \leq 300$ mA ter beveiliging van lokalen met brandrisico's (BE2 lokalen).

Installering bij explosierisico's

In TT- of TN-schema's, spreekt de norm NF C 15100 § 424.10 over een beveiliging van de leidingen door een ADI 300 mA in lokalen met een explosierisico type BE3.

Vloerverwarming

De verwarmingselementen voor vloerverwarming moeten beveiligd worden door een ADI met $I_{dn} < \text{of} = 500$ mA zodat de metalen coating niet wordt aangetast (NF C 15100 § 753.4.1.1).

Bewaking van differentieelstromen

Systemen voor het lokaliseren van restfouten

De weerstand van de isolatie is een belangrijke, om niet te zeggen bepalende, factor in de bedrijfszekerheid en de gebruiksveiligheid van een elektrische installatie. Deze heeft absolute prioriteit bij de voorgeschreven elektrische veiligheidsmetingen. Talloze studies hebben aangetoond dat ongeveer 90 % van de isolatieproblemen langetermijnproblemen zijn, slechts 10 % van de fouten treden plotsklaps op. Welnu, de algemeen gebruikte veiligheidstoestellen, zoals differentieelschakelaars, houden alleen rekening met deze 10 %, terwijl er geen enkele preventieve meting is voorzien voor zich langzaam ontwikkelende problemen.

De oorzaken van de verslechtering van de isolatie zijn gangbare factoren: vocht, veroudering, indrukking, weersinvloeden.

De lijst van potentiële isolatieproblemen is lang en de ernst kan verschillen: zij kunnen alleen hinderlijk zijn, vervelend, tot zelfs gevaarlijk:

- onverwacht uitvallen van de installatie, grote onderbreking van het productieproces,
- verkeerde besturingen door verschillende isolatiefouten. Het gelijktijdig optreden van twee isolatiefouten kan lijken op een signaal van een besturingsapparaat. De programmeerbare automaten of miniatuur relais zijn bijvoorbeeld zeer gevoelig en reageren zelfs op zeer zwakke stromen,
- brandgevaar door warmteontwikkeling als gevolg van isolatiefouten met een grote weerstand: een warmteontwikkeling van 60 W op de plaats van de fout is een waarde die als gevaarlijk wordt beschouwd en brand kan veroorzaken,
- langdurig en moeizaam zoeken naar de isolatiefout, in het bijzonder als deze uit diverse kleinere fouten is samengesteld,
- kleine differentieelstromen, als gevolg van isolatiefouten met een grote impedantie, worden niet gedetecteerd. Hierdoor ontstaat een geleidelijke afname van de weerstand van de isolatie.

In alle situaties kosten isolatiefouten geld. Onderzoeken hebben aangetoond dat de frequentie van de fouten toeneemt tussen de voedingsbron, het hoofddistributienet en de secundaire verdeelnetten, tot aan de aangesloten toepassingen.

Daarom vereisen de geldende normen dat de weerstand van de isolatie regelmatig gecontroleerd wordt. Maar deze herhaaldelijke controles blijven tijdrovend en sluiten het optreden van eventuele fouten niet uit.

In moderne ontwerpen is echter het begrip van gepland en preventief onderhoud ingebouwd. Dit vraagt om een intelligente en permanente bewaking van de isolatie. Dit vormt de enige preventieve beveiliging tegen isolatiefouten.

Met dit doel is het zoekstelsel van differentieelstromen DLRD 460 ontwikkeld. Als toestel voor de signalering – en niet voor de onderbreking – voor TNS- en TT-systemen (geaarde netten), vullen zij de klassieke beveiligingstoestellen tegen differentieelstromen aan.

Het systeem DLRD 460 bewaakt op een selectieve manier de verschillende uitgangen van een net. De drempel voor het detecteren van de differentieelstroom is voor iedere uitgang afzonderlijk te configureren. Bovendien kan de gebruiker een waarschuwingdrempel configureren (vooralarmering). Iedere overschrijding van de vooraf ingestelde waarde wordt direct gesignaleerd door het systeem. Met dergelijke toestellen is het mogelijk:

- preventief onderhoud uit te voeren door een snelle detectie (gelijktijdig op 12 uitgangen per unit) van allerlei fouten (meting van stromen type AC, A en B),
- een signalering zonder uitschakeling: geen onderbreking van de processen,
- kostenreductie door een snelle lokalisering van de fouten,
- centrale informatie en exploitatie door Profibus DP, Modbus, TCP/IP communicatie (via de geschikte toepassing),
- veel uitbreidingsmogelijkheden voor uw installatie (tot 1080 uitgangen).

Implementatie

Elke installatie heeft een aardlekstroom die hoofdzakelijk te wijten is aan de capacitieve lekken in de geleiders en aan de condensatoren voor afvlakking of EMC-filtering, bijvoorbeeld van hardware van klasse I.

Door de som van de lekstromen kunnen ADI's met een hoge gevoeligheid uitschakelen. De uitschakeling is mogelijk vanaf $I\Delta n/2$ ($I\Delta n \times 0,80$ voor de SOCOMEC RESYS M en P toestellen) zonder dat de veiligheid van personen gevaar loopt.

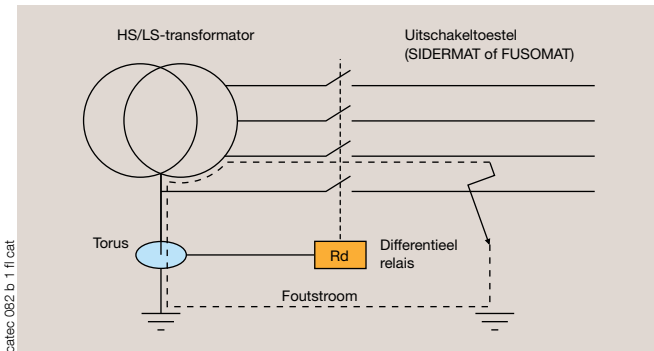
De lekstromen kunnen worden beperkt door:

- het gebruik van materiaal van klasse II,
- scheidingstransformatoren,
- de beperking van het aantal gebruikers die door dezelfde ADI worden beveiligd.

Verbetering functionaliteit van de ADI

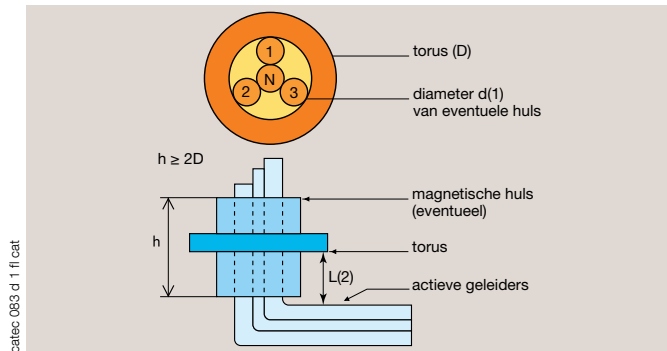
Implementatie aan het begin van het TT-net

Aan het begin van het TT-net (en enkel in dat geval), kan de detectietorus die zich rond de actieve geleiders bevindt worden vervangen door één specifieke torus, die zich bevindt op de geleider die de nulleider van de HS-/LS-transformator met de aarde verbindt. Deze oplossing verhoogt de immuniteit voor de storingen en is goedkoper.



De ongevoeligheid van een torus voor de storingen wordt verhoogd door:

- de symmetrische positie van de fasegeleiders rond de nulleider,
- het gebruik van een torus waarvan de diameter minstens gelijk is aan 2x de diameter van de cirkel gevormd door de geleiders: $D \geq 2d$,
- de eventuele toevoeging van een magnetisch omhulsel waarvan de hoogte minstens gelijk is aan 2D.



- (1) d = de centrering van de kabels in de torus garandeert de lokale niet-verzadiging van de torus. Een verzadigde torus leidt tot ongepaste afschakelingen.
(2) L = afstand tussen de torus en de kabelbocht.

Aanduiding van de testvoorwaarden van de differentiëlen

Een bijkomende aanduiding moet de gebruiker worden verwittigd dat de test regelmatig dient te worden uitgevoerd (om maanden van 3 tot 6 wordt aanbevolen).

Keuze van het differentieelmechanisme volgens de aard van de te garanderen beveiliging

De norm NF C 15100 § 531.2.3 schrijft een keuze voor naargelang de aard van de te garanderen beveiliging:

- beveiliging tegen indirecte contacten (gevoeligheid te kiezen in functie van de toelaatbare contactspanningen),
- bijkomende beveiliging tegen directe contacten ($I\Delta n$ 30 mA),
- beveiliging tegen brandrisico's $I\Delta n$ (300 mA).

Keuze van het differentieeltoestel in IT-net

De norm NF C 151 00 § 531.2.4.3

Om vroegtijdige uitschakelingen te vermijden van ADI's die beveiligen tegen indirecte contacten, moet voor ADI's met gemiddelde gevoeligheid de toegewezen restdifferentieelstroom ($I\Delta n$) van het toestel groter zijn dan het dubbele van de waarde van de lekstroom (I_f) die circuleert ten gevolge van een eerste fout $I\Delta n > 2 \times I_f$.

Implementatie (vervolg)

Keuze van het differentieeltoestel naargelang de aard van de hulpvoeding

Het competentieniveau van de gebruikers en de bestemming van de installatie zullen volgens IEC 60364 de keuze van de differentieelbeveiligingstoestellen bepalen in functie van het werkingstype dat bij het soort voeding hoort.

Aard van het differentieeltoestel	Mogelijke keuze in functie van het type installatie	
	Ongeschoold personeel (BA1)	Getest en gecontroleerd door geschoold personeel (ten minste BA4)
Met hulpbron onafhankelijk van net	NEE	JA
Met werking onafhankelijk van de netspanning	JA	JA
Met werking afhankelijk van de netspanning of van elke andere hulpbron met positieve veiligheid	NEE	JA
Met werking onafhankelijk van de netspanning zonder positieve beveiliging	NEE	JA behalve voor PC 16 A stroomkringen
Met werking afhankelijk van de spanning van een hulpbron zonder positieve beveiliging	NEE	JA behalve voor PC 16 A stroomkringen en bij foutmelding van een storing in de hulpvoeding

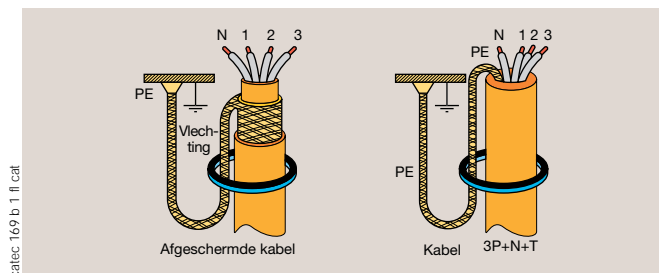
Opmerking: een op het net aangesloten transformator is geen onafhankelijke hulpvoeding.

Karakteristieken van een differentieel met hulpbron

- Onafhankelijke bewaking van de netspanning.
- Aangepast aan sterk en snel fluctuerende netten.
- Onafhankelijke bewaking van de belastingsstroom (met niet-gebalanceerde stroomstoten, koppeling van inductieve ladingen).
- Grotere ongevoeligheid tegen afschakelingen bij kortstondige fouten (integratietijd van 30 ns terwijl een toestel met eigen stroom in enkele ms afgeschakeld kan worden).

Voorzorgsmaatregelen bij het plaatsen van torussen op gewapende kabels

Gewapende kabel: de aansluitdoos elektrisch isoleren en verbinden met de aarde.



Keuze van het type differentieeltoestel naargelang de belasting

De toestellen worden in toenemende mate uitgerust met gelijkrichterapparatuur (diodes, thyristors, enz.). De foutstromen stroomafwaarts van deze apparatuur bevatten een gelijkstroomcomponent die de gevoeligheid van de ADI's kan beïnvloeden.

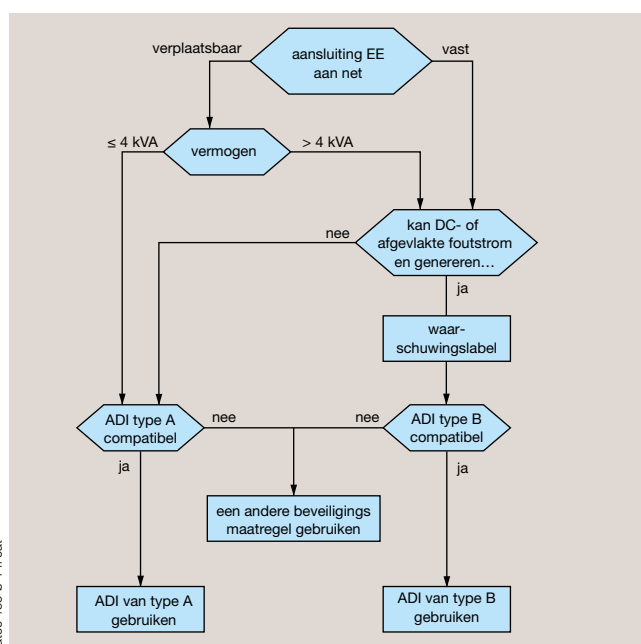
De klasse van de differentieën moet aangepast zijn aan de belasting (zie hoofdstuk betreffende de definitie van klassen).

De norm EN 50178 schrijft het volgende stroomdiagram voor met de vereisten voor het gebruik van een EU na een differentieelschakelaar (EU: elektronische uitrusting).

Mobiele elektronische uitrustingen waarvan het toegewezen schijnbare ingangsvermogen niet hoger is dan 4 kVA moeten compatibel zijn met de ADI's van type A (beveiliging tegen directe en indirecte contacten). Elektronische uitrustingen die een gelijkspanningscomponent van de foutstroom zouden kunnen genereren waardoor de werking van de differentieelbeveiliging kan worden belemmerd moeten verplicht worden voorzien van een waarschuwingslabel dat daarop wijst.

Elektronische uitrustingen die een gelijkspanningscomponent van de foutstroom zouden kunnen genereren waardoor de werking van de differentieelbeveiliging kan worden belemmerd moeten verplicht worden voorzien van een waarschuwingslabel dat daarop wijst.

Wanneer de ADI niet compatibel is met de te beveiligen elektronische uitrusting, moeten andere beveiligingsmaatregelen worden getroffen, zoals bijvoorbeeld: de elektronische uitrusting scheiden van zijn omgeving door een dubbele of versterkte isolatie, of de elektronische uitrusting van het net scheiden met behulp van een transformator...



Implementatie (vervolg)

Keuze van de klasse van het differentieeltoestel naargelang de belasting (vervolg)

De norm EN 61008-5 voorziet een keuze van de klasse van de ADI in functie van de interne electronica van de ontvangers.

	Vereiste klasse	Montage	Normale stroom van het lichtnet	Aardingsfoutstroom
1	$\geq A$	Eenfasig 		
2	B	Eenfasig met afvlakking 		
3	B	Eenfasig in driefasige ster 		
4	$\geq A$	Gelijkrichterbrug met dubbele alternantie 		
5	$\geq A$	Gemengde gelijkrichterbrug met dubbele alternantie 		
6	B	Gemengde gelijkrichterbrug met dubbele alternantie tussen de fasen 		
7	B	Gelijkrichterbrug driefasig 		
8	$\geq AC$	Variatieregelaar per fase 		
9	$\geq AC$	Variatieregelaar met golfvorm 		

Implementatie (vervolg)

"Industriële" belastingen

De meest toegepaste toestellen zijn van klasse AC; de realiteit van de industriële installaties rechtvaardigt het gebruik van toestellen van ten minste klasse A.

Belasting van het type toerenregelaar

Aangezien dit type belasting erg onderhevig is aan fluctuaties zijn de relais van klasse B, die onafhankelijk zijn van de spanning en de stroom, nog beter geschikt om elke ongepaste afschakeling te voorkomen.

Groepering van de gebruikers in functie van de belasting

De installaties moeten die apparaten groeperen die dezelfde fouten veroorzaken.

Indien bepaalde belastingen de neiging hebben om gelijkstroomcomponenten te genereren, mogen die niet worden aangesloten stroomafwaarts van toestellen die dienen voor de bescherming van belastingen die in geval van fouten slechts wisselstroomcomponenten of gepulseerde gelijkstroomcomponenten genereren.

Signalering of vooralarmering van een lek of een fout

In installaties waarvan de bedrijfscontinuïteit absoluut noodzakelijk is en waar de veiligheid van mensen en voorwerpen primordiaal is, vormen isolatiefouten een groot risico waarmee terdege rekening dient te worden gehouden.

Deze signaleringsfunctie kan op twee manieren worden verzekerd :

1. de automatische onderbreking van de voeding voor de vereisten van de beveiliging (beveiliging tegen directe of indirecte contacten of beperking van de lekstroom) wordt verzorgd door differentieeltoestellen, de signaleringsfunctie kan worden verzorgd door het vooralarmeringsrelais die in bepaalde differentieelrelais zijn ingebouwd. Deze producten met vooralarmering beantwoorden aan de aanbeveling § 531.2.1.3 waarbij gevraagd wordt de som van de veronderstelde verliesstromen te beperken tot een derde van de toegekende bedrijfsstroom.
2. **de automatische afschakeling van de voeding omwille van de veiligheid** (beveiliging tegen directe of indirecte aanraking of beperking van de lekstroom) gebeurt door andere toestellen, zoals bv. toestellen voor beveiliging tegen overstromen. Het alarmcontact van het relais kan dan alleen worden gebruikt voor het signaleren van een differentieelstroom.

De preventieve signalering van isolatiefouten verbetert de exploitatie van een elektrische installatie doordat het mogelijk is :

- tijdig een reparatie van een machine uit te voeren om te voorkomen dat deze wegens een fout uitvalt,
- isolatiefouten te lokaliseren bij een TNS-net,
- risico's van brand, ontploffing enz. te voorkomen,
- vooruit te lopen op de werking van een beveiligingstoestel tegen overstromen en zo het vervangen van de zekering of de veroudering van de vermogensschakelaar te vermijden,
- de lekstromen te beheersen en op die manier de homopolaire stromen te beperken in de beveiligingskringen, evenals het ontstaan van sterk storende elektromagnetische velden,
- etc.

Algemeen

Inleiding

De normen NF C 15100 (§ 411.6.3) en IEC 60364 verplichten het gebruik van een permanent isolatiecontrotoestel (CPI) bij een IT-schakeling:

"er moet een permanente isolatiemeter voorzien worden om de eerste fout van een actief deel van de massa of de aarding aan te duiden; deze moet een hoorbaar of zichtbaar signaal genereren."

Deze CPI's* beantwoorden aan de norm NF EN 61557-8.

SOCOMECE biedt een grote keuze aan CPI's met het hele ISOM-gamma.

De meetprincipes van de CPI's zijn afhankelijk van de aard van de te bewaken circuits:

- die welke een gemeten gelijkstroom toepassen op installaties met uitsluitend wisselstroom (zonder enige gelijkrichter, zodat er geen risico is van een gelijkstroomcomponent bij een fout stroomafwaarts),
- die welke een gemeten wisselstroom toepassen op installaties met zowel gelijk- als wisselstroom (met aanwezige gelijkrichters zonder galvanische isolatie stroomopwaarts).

Bepaalde CPI's van SOCOMECE bezitten een meetsysteem AMP (met gecodeerde impulsen) die een bewaking mogelijk maken in alle meetsituaties en in het bijzonder op installaties waar door het gebruik componenten kunnen ontstaan die de meetsignalen van de CPI zouden hinderen. Deze toepassingen zijn, bij voorbeeld, de snelheidsregelaars, of alle andere uitrustingen met een voeding van vermogenslektronica.

Werkingsprincipe

De meeste CPI's* injecteren een meetstroom in de lus die gevormd wordt door de actieve geleiders en de aarding (Fig. 1). Een verhoging van de meetstroom weerspiegelt een daling van de stroomkringisolatie. De meetstroom wordt vergeleken met de CPI*-alarmdrempel.

De CPI's* van het gamma ISOM hebben geen hoge meetstroom nodig om goed te kunnen functioneren.

De impedantie van 1 kW die normaal toegevoegd wordt tussen het te bewaken circuit en de aarding (impedantie nulleider) is onnodig voor de CPI's van SOCOMECE.

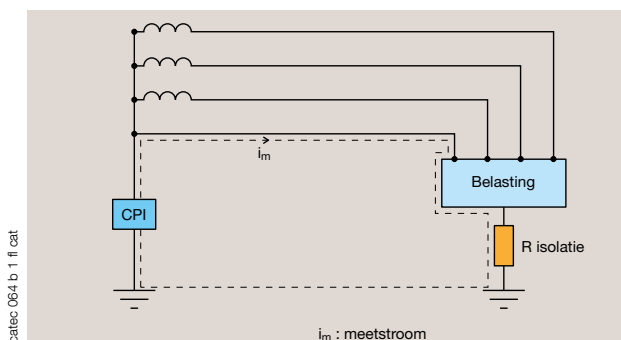


Fig. 1 : meten van de isolatieweerstand van een installatie met een CPI.

Instellen

De norm NF C 15100 § 537.1.3 stelt een preventieve drempel voor die ingesteld is op 50 % van de isolatie van de installatie en een alarmdrempel van ten minste 1 kW.

Hoe hoger de isolatiedrempel is ingesteld, hoe beter de continuïteit van de werking is gegarandeerd.

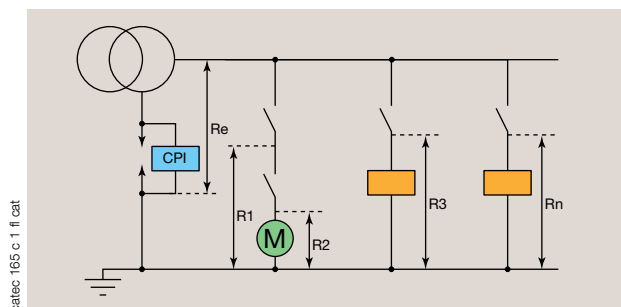
Deze keuze van juiste instellingen maakt het mogelijk :

- vooruit te lopen op het opzoeken van de fout vanaf meerdere tientallen k en een beter preventief beheer van de fouten te garanderen,
- de circulatie van foutstromen te beperken, die uitschakelingen van differentieeltoestellen met hoge gevoeligheid kunnen veroorzaken.

Bij het in werking stellen van een CPI in een installatie moet er rekening mee gehouden worden dat dit toestel de totale isolatie gaat meten, dat wil zeggen de som van de afzonderlijke (parallele) lekweerstanden van elke uitgang.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n} \quad (R_1, R_2, R_n \geq 0,5 \text{ M}\Omega)$$

Opmerking : de CPI* kan een daling van de isolatieweerstand aangeven zonder dat er sprake is van een echte fout (bv. vochtafzetting na een langere stroomuitschakeling). Door het opstarten van de installatie kan het isolatieniveau weer hoger worden.



Definities

Opgesplitst netwerk

Een opgesplitst netwerk wordt gekenmerkt door:

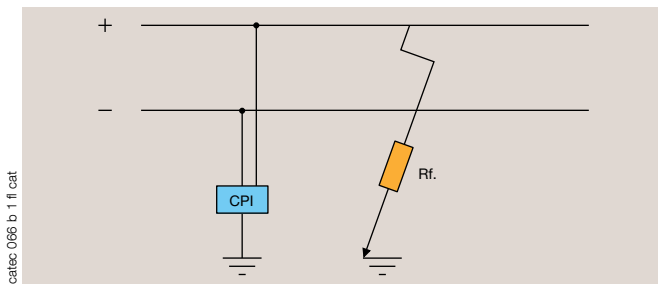
- één ontvanger of meerdere ontvangers van hetzelfde type (motoren, noodverlichting, enz.),
- een circuit van beperkte omvang (geringe lekcapaciteit), goed gelokaliseerd (werkplaats, operatieafdeling, enz.),
- een goed gedefinieerd circuit (enkel AC- of DC- belastingen).

Globaal netwerk

Een globaal netwerk bevat daarentegen een grote verscheidenheid aan ontvangers en gelijkrichters (aanwezigheid van gelijkstroom en wisselstroom). Dit netwerk is dikwijls zeer uitgebreid (grote lekcapaciteit).

Asymmetrische fout (DC-net)

Een asymmetrische fout treft slechts één polariteit van het net.

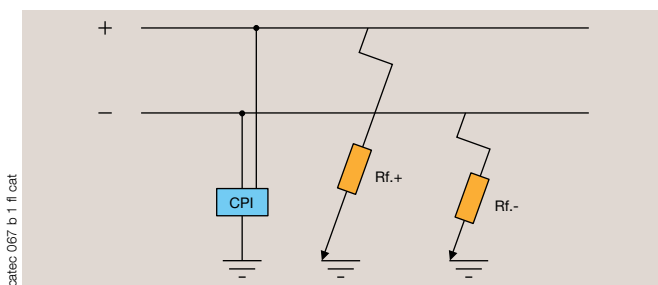


cat.ec 066 b 1 fi cat

Symmetrische fout (DC-net)

Een symmetrische fout treft beide polariteiten van een net. Dit type fout ontwikkelt zich dikwijls in een circuit waar de respectievelijke lengtes van de + en - geleiders vergelijkbaar zijn.

De normen IEC 61557-8 en EN 61557-8 bevatten sinds 1997 de verplichting om de DC-circuits te laten bewaken door CPI's* die in staat zijn symmetrische fouten te detecteren.



cat.ec 067 b 1 fi cat

Isolati weerstand van een elektrische installatie

Dit is het isolatieniveau van de installatie tot de aarde. Dit moet hoger zijn dan de waarden van de norm NF C 15100.

Tabel A: minimale waarden van de isolati weerstand (NF C 15100 - § 612.3) zonder gebruiksspanning

Nominale spanning van het circuit (V)	Testspanning in gelijkstroom (V)	Weerstand van de isolatie (MΩ)
ZLVS en ZLBS	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,5
> 500 V	1 000	≥ 1,0

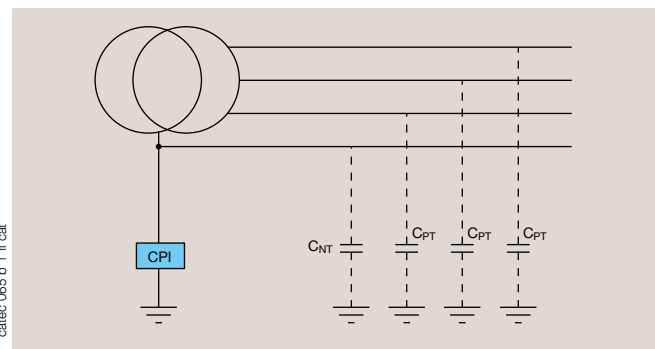
Isolatie van de ontvangers

- $R_f \text{ Motor} > 0,5 \text{ MW}$
- $R_f > x \text{ MW}$ naargelang de norm voor het product.

Lekcapaciteit van een geleider tot de aarde

Wanneer twee geleiders onderworpen worden aan een potentiaalverschil (spanning), vertonen ze onderling een capaciteits effect in functie van hun geometrische vorm (lengte, formaat), van de isolatie (lucht, pvc, enz.) en van de afstand tussen de geleiders.

Deze fysische eigenschap kan zorgen voor een capaciteits lekstroom tussen de geleiders van een net en de aarde. Deze stroom is des te belangrijker naarmate het net groter wordt.



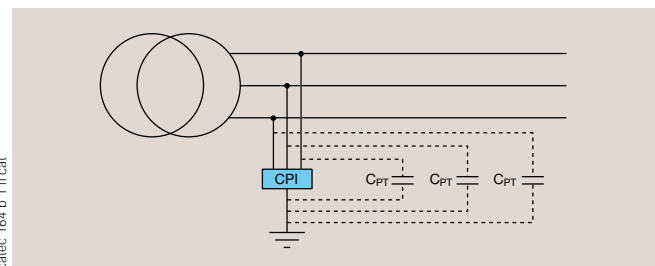
cat.ec 065 b 1 fi cat

Aardlekcapaciteit in een wisselstroomnet.

Maximale lekcapaciteit

Dit is de som van de lekcapaciteit van het net naar de aarde en de capaciteit van de condensatoren geïnstalleerd in elektronische toestellen, informaticahardware, enz.

Merk op dat de globale lekcapaciteit aanzienlijk verhoogd is door de EMC-filters (in de orde van enkele honderden nF voor een filter).



cat.ec 164 b 1 fi cat

Toepassing

Lokalen voor medisch gebruik CPI HL765

Voor deze lokalen gelden bijzonder strenge eisen op het gebied van de continuïteit van de werking van het elektrische net en ten aanzien van de veiligheid van de patiënten en van de gebruikers van medische apparatuur.

Internationale standaard IEC 60364-7-710

In deze norm staan de voorschriften om de elektrische veiligheid te garanderen van personen in lokalen voor medisch gebruik, rekening houdend met de bijzondere risico's die het gevolg zijn van de behandelingen die in deze lokalen plaatsvinden en de voorschriften met betrekking tot de elektrische voeding van de lokalen.

Toepasselijkheid

De bepalingen in deze norm zijn van toepassing op bouwwerken waarvan de bouwvergunning is afgegeven na 31 januari 2007.

Het medische IT-schema

De norm definieert de niveaus van criticiteit van bepaalde medische activiteiten, met – daarvan afgeleid – een klassering van de betreffende lokalen in groep 0,1 en 2. Volgend op de beslissing van het hoofd van de instelling om bepaalde lokalen te klasseren in groep 2, wordt de elektrische verdeling uitgevoerd volgens de regels van de IT-schakeling.

Direct betrokken lokalen

- Operatiekamer,
- Reanimatiepost,
- Röntgenafdeling.

De consequenties van het medische IT-schema

- Toepassing van een isolatietransformator conform aan de norm IEC 61558-2-15 met een beperkt vermogen van maximaal 10 kVA. De samengestelde spanning van meestal enkelfasig 230 VAC, mag nooit hoger zijn dan 250 V in geval van secundair driefasig.
- De transformatoren ISOM TRM realiseren deze scheiding tussen het algemene verdeelnet van het ziekenhuis en de elektrische distributie bestemd voor de lokalen waar de veiligheid van de patiënt nooit in gevaar mag komen door een isolatiefout.
- Toepassing van een speciale CPI met de volgende karakteristieken:
 - interne weerstand AC ≥ 100 kW,
 - meetspanning ≤ 25 VDC,
 - meetstroom ≤ 1 mA,
 - aangepast meetprincipe aan de aard van de verbruikers, met name als er gelijkstroomcomponenten zijn (electronische belastingen),
 - instelling van de CPI op 150 kW.

Het is bijzonder belangrijk om CPI's te kiezen die meten volgens het principe van gecodeerde impulsen. Deze garanderen een optimale meting, met name in operatiekamers, waarin vaak apparatuur is opgesteld met schakelende voedingen zonder galvanische scheidingstransformator.

- Verplichte bewaking van overbelasting en temperatuurstijgingen van de transformator.
De CPI ISOM HL heeft ingangen voor de stroom en temperatuur, voor het centraal signaleren – net als voor het alarm voor een gebrekkige isolatie – van overbelasting en oververhitting van de isolatietransformator. De informatie is beschikbaar op de bus RS485 bij de uitgang van de CPI.
- Verplichte waarschuwing van het medische personeel met akoestisch en visueel alarm en de verplichting om dit alarm door te zenden naar een permanent bewaakte ruimte. Met de alarmzenders ISOM RA kan de informatie afkomstig van de CPI HL (defecte isolatie, overbelasting en oververhitting van de transformator) worden verzameld en kan deze informatie op een heldere en leesbare manier worden doorgegeven naar het operatieblok. De informatie kan ook worden doorgestuurd naar de technische controlekamer (communicatie via bus RS485).

Andere bijhorende oplossingen

Voor de IT-schakeling, adviseert de norm IEC 61557-8 met nadruk de CPI te combineren met een foutzoeksysteem. Deze logica geldt ook voor de medische IT-schakeling, des te meer vanwege de urgentie en de kritische omgeving van de medische lokalen en de ingrepen die er worden uitgevoerd.

Het foutlokalisatiesysteem ISOM DLD in combinatie met de vaste injector voor de medische IT-schakeling ISOM INJ met een maximale detectiestroom van 1 mA garanderen een snelle lokalisatie van het foute vertrek.

SOCOMELEC levert ook de speciale kasten voor de elektrische distributie in medische lokalen. Het aanbod strekt zich uit vanaf het complete ontwerp, de realisatie, de levering van de belangrijkste componenten (transformatoren, UPS, bronomschakelsystemen, meet- en beschermingstoestellen en omkasting) tot en met de inbedrijfstelling en de bijbehorende training.

Toepassingen (vervolg)

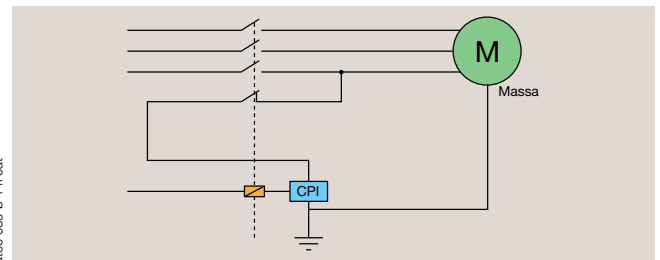
Isolatiebewaking van uitgeschakelde motoren (voorbeeld CPI* SP 003)

De bewaking van de isolatie van uitgeschakelde motoren vormt een preventieve maatregel in de gevallen waarbij de veiligheid en de beschikbaarheid van de apparatuur een verplichtend karakter hebben:

- kritische cycli van industriële processen,
- strategische of grote motoren.

In een installatie met veiligheidsvoorschriften, moet een CPI (volgens de norm NF C 15100 § 561.2) verplicht de isolatie-bewaking garanderen van de volgende toestellen:

- veiligheidsuitrustingen: motoren van brandweerpompen,
- rookafzuiginstallaties.



Montageprincipe: de CPI is uitgeschakeld wanneer de motor onder stroom staat.

Instelling van de CPI* voor bewaking van uitgeschakelde motoren

De alarmdrempel heeft een waarde die meestal groter is dan 1 MW en deze kan worden gegeven door de eerste drempel van de CPI.

De motor mag niet meer gebruikt worden zodra de weerstand van de isolatie kleiner is dan 300 kW. In deze situatie kan de tweede drempel van de CPI van het type SP zorgen voor de preventieve onderbreking om te verhinderen dat een defecte motor kan starten.

De CPI van het type SP is speciaal ontworpen voor de controle van de isolatie buiten spanning; deze CPI kan ook gebruikt worden voor snelle lokalisatie van tijdelijke fouten en dit door zijn memorisatiefunctie (voorbeelden: motor voor spoorwissels, havenkranen met snel proces).

Bewaking van installaties en gedeeltelijke lokaties

- Op plaatsen met explosiegevaar (BE3) is het volgens de norm NF C 15100 § 424.8 toegelaten een CPI te gebruiken om de isolatie te bewaken van veiligheidscircuits gevoed door kabels type CR1.
- Op een werf waar de installatie in IT-schema is uitgevoerd, is de isolatiebewaking via CPI verplicht volgens § 704.312.2.
- Om de beveiliging te verzekeren tegen foutstromen van verwarmings-mechanismen, moeten de impedantie van de CPI evenals de karakteristieken van de ADI's gekozen worden zodat de uitschakeling bij eerste fout gegarandeerd is volgens § 753.4.1.

Bewaking van toerentalregelaars

De bewaking van toerentalregelaars moet rekening houden met de lage frequenties die zij opwekken.

Enkel de CPI's en de zoektoestellen die metingen uitvoeren op basis van gecodeerde signalen of signalen die verschillen van die welke gegenereerd zijn door de toerenregelaars, kunnen een correcte functie-uitvoering door de tijd garanderen.

Mobiele generatoraggregaten

De beveiliging van circuits gevoed door mobiele stroomaggregaten zorgt dikwijls voor problemen, omdat het niet mogelijk is een aardingsstelsel te plaatsen (draagbare stroomaggregaten, spoedhulp, enz.) of omdat de aarding niet als geldig beschouwd kan worden (meting van de weerstand niet mogelijk, enz.).

In dit geval wordt de beveiliging vaak verzekerd door de ADI 30 mA die als nadeel heeft dat hij leidt tot foutieve uitschakelingen (zie pagina 39). Wanneer de continue werking van het systeem om veiligheidsredenen absoluut gevrijwaard moet worden, kan een CPI* ingeschakeld worden (zie Fig. 1).

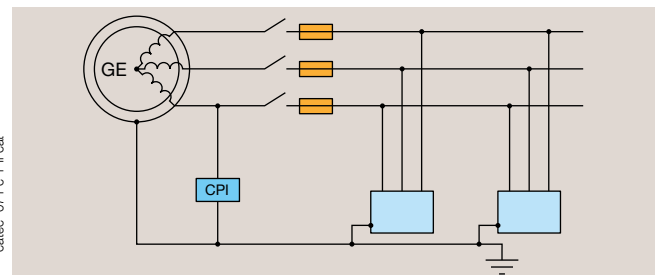


Fig. 1: gebruik van een CPI voor een circuit gevoed door een stroomaggregaat.

De massa van het stroomaggregaat is niet verbonden met de middenaftakking van de generator maar wel met het net dat gevormd wordt door de onderling verbonden massa's van de apparatuur. De CPI* wordt geplaatst tussen deze massa en een fase. Dit toestel is conform artikel 39 van het decreet dd. 14.11.88 betreffende de scheiding van de circuits en hoofdstuk 413.2.3 van de norm NF C 15100. Hier kan gebruik worden gemaakt van traditionele apparatuur, op voorwaarde dat er bij hun implementatie rekening wordt gehouden met de omgevingsvoorwaarden (trillingen, tropische bescherming, bestendigheid tegen koolwaterstoffen, enz.).

Bewaking van afgaande velden met sterke storingen via DLD

Lage frequenties

De § 537.3 van de norm NF C 15100 raadt sterk het gebruik van de DLD aan als manier om de fout te lokaliseren en om de zoektijd te beperken. De te overwegen norm is de NF EN 61557-9. De DLD's van SOCOMEC (DLD 460-12) zijn compatibel met deze norm. Ze bezitten een synchronisatiemechanisme via RS485-bus die een snelle lokalisatie toelaat, zelfs in sterk vervuilde netten. De foutdetectie in deze circuits wordt beheerst door de synchronisatie van de opzoekstroominjecties en de analyses uitgevoerd door de lokalisatie-eenheden.

Hoge frequenties

De centrale lokalisatie-eenheid beschikt over een functie voor het valideren van de metingen door het op aanvraag hernieuwen van de analysecycli.

Sterke homopolaire stromen

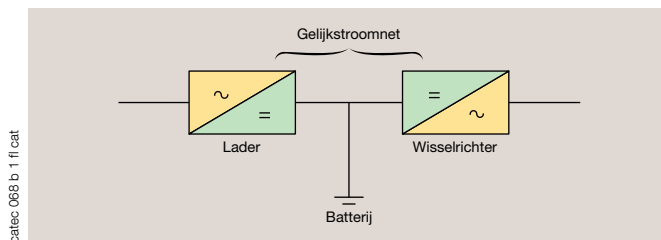
De DLD-torussen zijn standaard uitgerust met zenerdiodes die eventuele overspanningen op de secundaire beheersen.

Permanente isolatiecontroletoestellen

Toepassingen (vervolg)

Netwerken gevoed door UPS

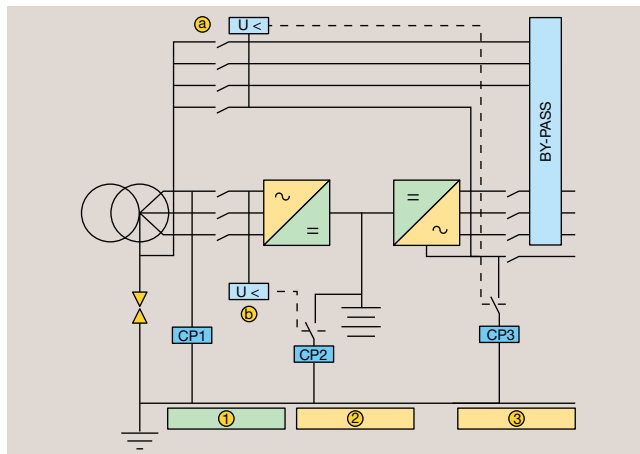
De UPS-systemen (statische voeding zonder onderbreking) bevatten een "gelijkstroom"-gedeelte. De met gelijkstroom gevoede installatie moet in éénzelfde lokaal geïnstalleerd worden (UTE C 15402), om zo de beveiliging met massapotentiaalvereffening te garanderen. Wanneer het niet mogelijk is om aan deze eis te voldoen, moet er een CPI* geplaatst worden die de goede isolatie van de betreffende installatie bewaakt.



catéc 068 b 1 fl cat

Andere algemene criteria voor het plaatsen van een UPS

- De galvanisch verbonden netten mogen niet gelijktijdig door twee CPI's* bewaakt worden (met name tijdens de bypass-fasen).
- De plaatsing van een CPI voorzien die aangepast is aan het te bewaken netwerk.



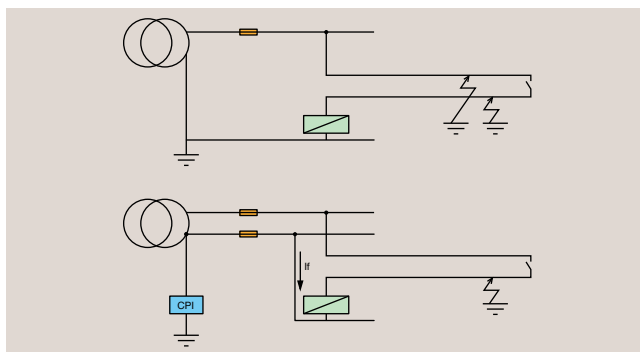
catéc 166 b 1 fl cat

1. Een CPI* die in staat is circuits met gelijkstroomcomponenten en hoge lekcapaciteiten te bewaken.
2. Een CPI die in staat is DC-circuits met symmetrische fouten te bewaken.
3. Een CPI die in staat is AC-circuits te bewaken noot (a) en (b), stuurmecanisme om te voorkomen dat CPI's parallel op niet-galvanisch geïsoleerde netten geplaatst worden.

Bewaking van de bedienings- en signaleringscircuits

Deze circuits, die normaal gevoed worden door scheidingstransformatoren, moeten de ongepaste inschakeling van stroomkringen verhinderen. De klassieke oplossing conform de normen en de reglementeringen, bestaat in het realiseren van TN-verdeelnet (gemeenschappelijk aardingspunt voor smoorspoel). Een andere mogelijkheid, welke voldoet aan de voorschriften, bestaat in het integreren van de niet-aardverbinding van secundaire in verbinding met het plaatsen van een CPI*.

Deze oplossing vermijdt de risico's op shuntage van de bedieningsmechanismen als gevolg van een isolatiefout. Deze fout kan voldoende groot zijn om de actuators te bedienen en tevens te klein om de beveiliging tegen overstroom te activeren.



catéc 070 b 1 fl cat

Deze risico's zijn veel groter bij nieuwe apparatuur om de volgende twee redenen :

- de bedrijfsspanningen zijn laag en bevorderen het wegwerken van de fouten niet,
- de bedrijfsschakelingen van de bedieningstoebereiden evolueren naar enkele mA (micro-relais, automaten, opto-koppelaars, enz.).

In vergelijking met de aardingsoplossing biedt het gebruik van een geïsoleerd net verbonden met een CPI* een dubbel voordeel : wordt niet afgeschakeld bij de eerste fout en verzekert een preventieve bewaking tegen veroudering van het geheel.

Instelling van de CPI

$$Z_m = \frac{U}{i_r}$$

U : maximale voedingsspanning van het bedieningscircuit.

i_r : afvalstroom van het kleinste relais.

Z_m : instellimpedantie van de CPI

Met de systemen voor foutopzoeking DLD 260 en DLD 3204 (mobiel) kunnen de isolatiefouten preventief gelokaliseerd worden, zonder wijziging van de toestand van de bedienings- of werkmecanismen en dit dankzij een opzoekstroom die beperkt is tot 1 mA.

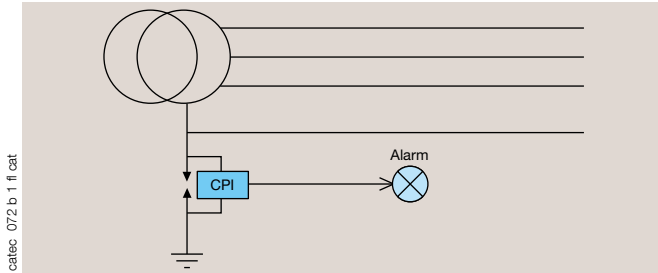
Aansluiting van de CPI's

Algemeen

Een CPI* wordt normaal gezien aangesloten tussen het nulleiderpunt van de transformator die zich bevindt aan de oorsprong van de IT-installatie en de aarde.

De installatie moet vervolledigd worden met een alarmtoestel en een beveiliging tegen overspanningen (bij transformator HS/LS).

Het gebruik van een CPI ISOM vereist geen parallelle impedantie van 1 kW (zie werksprincipe 86).

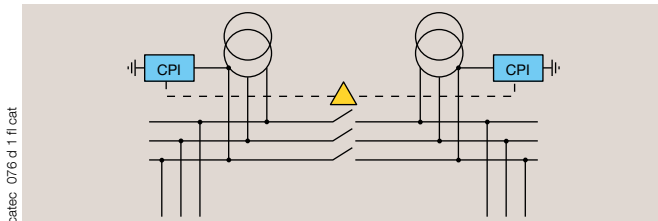


Voeding door verschillende transformatoren in parallel

Het gebruik van een CPI gemeenschappelijk aan twee bronnen is niet langer toegelaten volgens de norm NF C 15100 § 537.1.2.

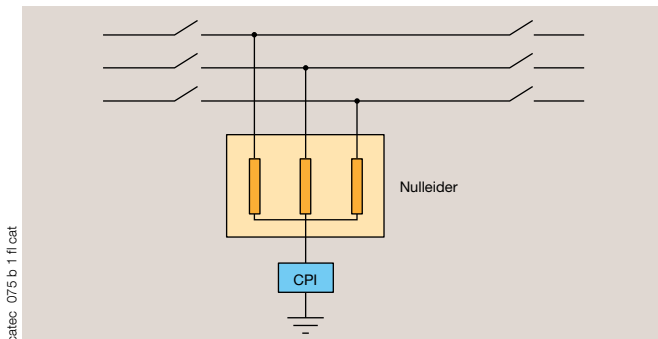
Het is noodzakelijk een CPI per bron te installeren en erop toe te zien dat ze elektrisch "onderling vergrendeld" zijn.

De CPI's van SOCOMEC zijn daarom voorzien van ingangen / uitgangen en/of bussystemen (naargelang het model), zodat beide CPI's elkaar niet hinderen in hun werksmodus.



Bewaking van een uitgeschakeld net

Gebruik van een kunstmatige nulleider.



Aansluiting en beveiliging van de meetkringen van de CPI

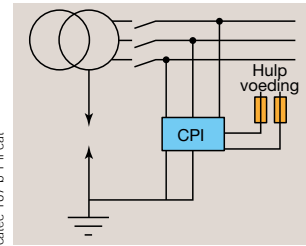


Fig. 1: Aansluiting van de CPI* na de hoofdschakelaar.

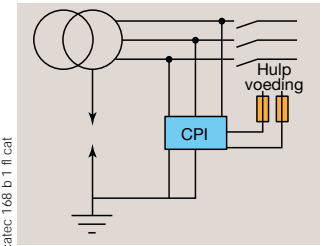


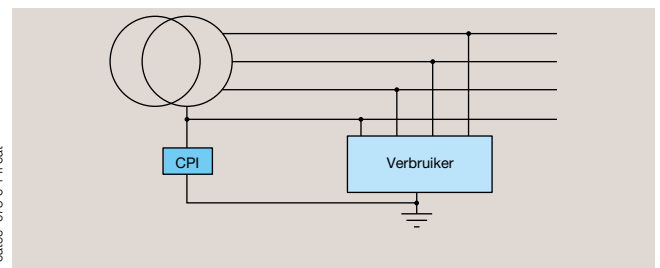
Fig. 2: Aansluiting van de CPI* vóór de hoofdschakelaar.

De beveiliging tegen kortsluitingen is niet toegelaten door de tekst van de norm NF C 15100 om elk risico op "metingafwezigheid" te voorkomen, maar deze tekst veronderstelt wel een correcte installatie waardoor elke kortsluiting uitgesloten wordt (geen geleiders op de scherpe kanten van het barenstel en geen overgeïsoleerde geleiders). Dankzij de automatische bewaking van de aansluiting op het net van de meeste SOCOMEC CPI's vervalt de voorafgaande bepaling.

- Door de aansluiting van de CPI vóór de koppelingsschakelaar van de transformator kunnen er geen bedieningstoestellen geplaatst worden tussen de CPI's bij koppeling van het netwerk (fig. 2).
- Door de aansluiting van de CPI na de koppelingsschakelaar van de transformator kan er een preventieve meting van het uitgeschakelde net uitgevoerd worden (meetsignaal aanwezig op de fasen en geen herlussing door de wikkelingen van de transformator nodig) (fig. 1).

Toegankelijkheid van de aarding

In dit geval wordt de CPI geplaatst tussen het nulleiderpunt van de transformator en de dichtsbijzijnde aarding van de massa's of bij gebrek hieraan de aarding van de nulleider.

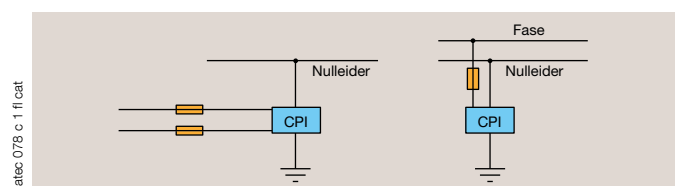


Aansluiting van de CPI's: niet-toegankelijke aarding.

Dit type aansluiting vermijdt het installeren van een beveiliging op de meetgeleider bij CPI* (de overstroom van het type kortsluiting is weinig waarschijnlijk).

Aansluiting van de hulpvoeding

Sommige CPI's* zijn uitgerust met een hulpvoeding. Dankzij deze hulpvoeding worden de CPI's* ongevoelig voor spanningsverschillen. De ingangen van de hulpvoeding moeten beveiligd worden :



Algemeen

De overspanningsbegrenzer is het antwoord op de artikelen 5 en 34 van het decreet van 14.11.88. Dit toestel zorgt ervoor dat overspanningen en foutstromen afgeleid worden naar de aarde.

Overspanningsbeveiliging

De LSE zorgt voor de afleiding naar de aarde van de overspanningen afkomstig van het hoogspanningsnet.

Als gevolg van doorslag tussen de HS- en LS-circuits kan het potentiaal van de LS-installatie tot een gevaarlijke waarde gebracht worden ten opzichte van de aarde.

Wanneer een dergelijke fout vastgesteld wordt zorgt de LSE voor een definitieve kortsluiting van de nulleider en de aarde, en dit om het laagspanningsnet te beschermen. Na inzet als overstroombegrenzer moet de LSE omgevormd worden in regime IT, anders kan de bewaking niet correct hernomen worden door de isolatiecontrole.

Smoorspoelen voor stroombegrenzing

Ofschoon de begrenzers foutstromen kunnen verdragen van 40 kA/0,2 seconde, verdient het altijd de voorkeur dat in installaties met grote vermogens de stroomsterkte beperkt wordt tot 10 of 15 kA om voorbereid te zijn op een eventuele 2^e fout op het barenstel, waarbij de kortsluitstroom tussen fase en nulleider de 20 kA zou kunnen overschrijden. Deze beperking wordt gerealiseerd met behulp van specifieke smoorspoelen.

Effectief beveiligingsniveau met een overspanningsbegrenzer

Nominale spanning van de installatie (V)	Voorgeschreven toegelaten spanning $U_0 + 1200$ (V)	Begrenzer verbonden tussen nulleider en aarde		Begrenzer verbonden tussen fase en aarde	
		Nominale spanning van de begrenzer (V)	Effectief beveiligingsniveau (V)	Nominale spanning van de begrenzer (V)	Effectief beveiligingsniveau (V)
127/220	1330	250	880	250	970
230/400	1430	440	1330	(*)	(*)
400/690	1600	440	1500	(*)	(*)
580/1000	1780	440	1680	(*)	(*)

(*) De genormaliseerde spanningsbegrenzers beveiligen niet met spanning.

Nominale doorslagspanning met industriële frequentie

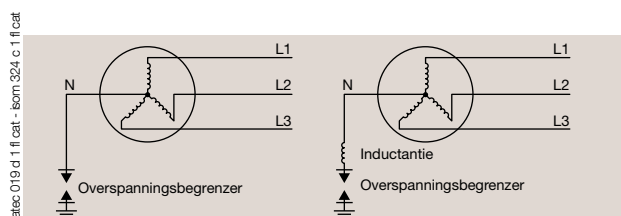
Nominale spanning van de begrenzer (V)	Nominale spanning van niet-doorstaan (V)	Nominale doorslagspanning bij 100 % (V)
250	400	750
440	700	1100

De nominale doorslagspanningen van de overspanningsbegrenzers zijn conform de norm NF C 63-150.

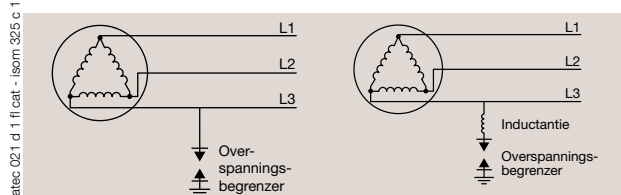
Aansluiting van de LSE

De aardingsklem moet aangesloten worden op:

- het geheel van verbonden massa's en geleiders van de installatie,
- een verwijderde aardverbinding met de geschikte waarde.

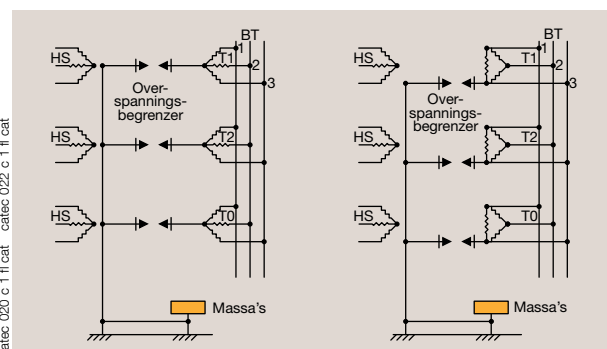


Een enkele transformator - nulleider toegankelijk.



Een enkele transformator - nulleider niet toegankelijk.

Wanneer verschillende transformatoren parallel geplaatst zijn, moet elke transformator met een LSE uitgerust worden. Voor de installaties met een niet-toegankelijke nulleider, moet het LSE-geheel aangesloten worden op dezelfde fase.



n transformatoren in parallel - n transformatoren in parallel - nulleider toegankelijk - nulleider niet-toegankelijk

Beveiliging tegen kortstondige overspanningen

De goede kwaliteit van de laagspanningsvoeding van een fabriek of kantoor is van vitaal belang doordat alle apparaten erop zijn aangesloten.

Voor de algehele betrouwbaarheid van de installatie is een totaalbenadering van storingsbronnen dus van uitermate groot belang.

Van alle verschijnselen die de werking van de op het net aangesloten apparaten kunnen verstoren, is vooral het tegengaan van "overspanning" van groot belang, want dit kan de oorzaak zijn van bijzonder schadelijke secundaire tot zelfs onherstelbare effecten.

Behalve overspanning door blikseminslag, zijn er ook industriële overspanningen.

Een systematische beveiliging tegen overspanningen wordt dus aanbevolen voor elk type elektrische installatie, zoals blijkt uit de talloze defecten of terugkerende onverklaarbare storingen van apparaten.

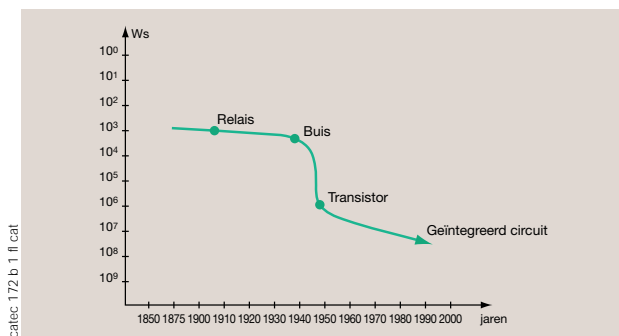
Toepassingseisen en gevoeligheid van de apparatuur

De noodzaak van een systematische beveiliging blijkt uit de volgende factoren :

- apparaten worden steeds gevoeliger,
- er komen steeds meer gevoelige apparaten,
- onderbreking van de werking wordt nauwelijks getolereerd,
- hoge kosten bij uitval,
- verzekeringsmaatschappijen letten steeds meer op overspanningen.

Effecten op elektronische componenten

De kromme hieronder toont de afnemende robuustheid van apparaten als gevolg van de technologische ontwikkelingen: de problemen van betrouwbaarheid ten gevolge van kortstondige storingen nemen alleen maar toe.



Toegelaten vermogen in functie van de technologie.

- Destructie (gedeeltelijk of totaal):
- van metalen componenten,
- van de triacs / thyristors,
- van de gevoelige geïntegreerde circuits (MOSFET).
- Storingen in de werking : vastlopen van programma's, transmissiefouten, uitval.
- Versnelde veroudering of schade op termijn: belangrijk kortere levensduur van de componenten.

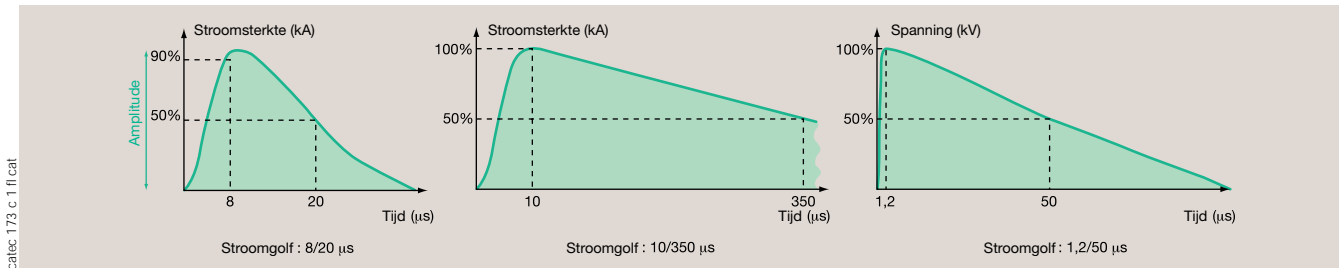
Tijdelijke overspanningen

De SURGYS® bliksembeveiligers zijn bestemd voor de beveiliging van elektrische apparaten en installaties, door "tijdelijke" overspanningen te beperken.

Een tijdelijke overspanning is een verhoging van de spanning, meestal met een grote amplitude (meerdere kV) en van korte duur (enkele microsecondes tot enkele millisecondes), ten opzichte van de nominale spanning van een elektrisch net of circuit.

Beveiliging tegen kortstondige overspanningen (vervolg)

Genormaliseerde golven



Definitie van tijdelijke spannings- of stroomgolven.

Tijdelijke overspanningen in laagspanningsnetten en zwakstroomcircuits (communicatienetwerken, stroomlussen, telefoonlijnen), kunnen verschillende oorzaken hebben en zijn in twee soorten te verdelen :

- industriële overspanningen (of verbonden met menselijke activiteiten),
- overspanningen door bliksem.

Tijdelijke industriële overspanningen

Deze in moderne netwerken steeds vaker optredende tijdelijke industriële overspanningen bestaan uit :

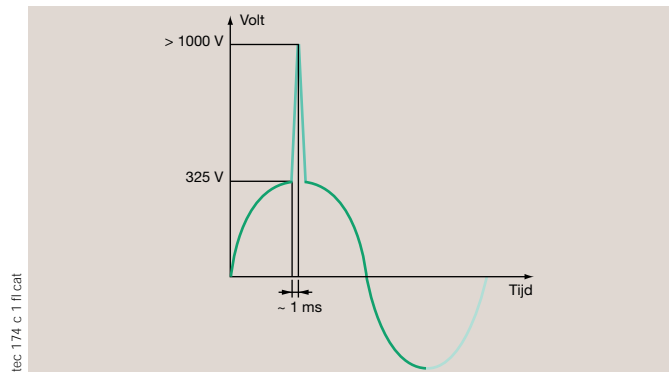
- overspanningen als gevolg van schakelactiviteiten,
- overspanningen door interactie tussen netten.

Oorzaken van overspanningen door schakelactiviteiten

Sommige overspanningen zijn het gevolg van opzettelijke acties op het vermogensnet, zoals het omschakelen van een belasting of een capaciteit die verband houden met automatische systemen zoals :

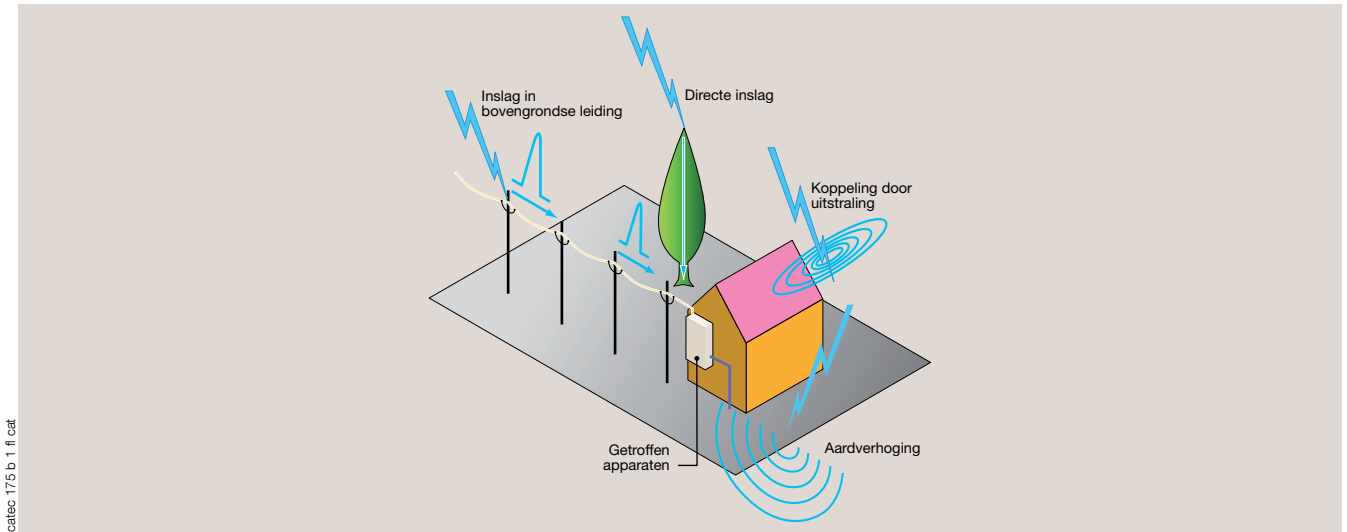
- openen/sluiten van een circuit door schakelorganen,
- fasen in de werking (starten, ineens stoppen, inschakelen van verlichting, enz.),
- overspanningen door elektronische omschakelingen (vermogenslektronica).

Andere overspanningen kunnen het gevolg zijn van onopzettelijke gebeurtenissen, zoals storingen in de installatie, en het opheffen ervan via het onverwacht openen van de beveiligingsorganen (differentieeltoestel, zekeringen en andere overspanningsbeveiligingstoestellen).



Overspanning als gevolg van het smelten van een zekering.

Overspanningen als gevolg van blikseminslag



Overspanningen met een atmosferische oorzaak zijn afkomstig van ongecontroleerde bronnen en de last die de gebruiker ervan ondervindt is afhankelijk van een aantal factoren die worden bepaald door de plaats van de blikseminslag en de structuur van de netwerken.

Blikseminslag in een gebouw veroorzaakt spectaculaire, maar zeer plaatselijke, schades. De beveiliging tegen blikseminslag wordt verzorgd door "bliksemafleiders" en wordt niet in dit document behandeld.

Een blikseminslag veroorzaakt overspanningen die zich verplaatsen via alle types elektrische leidingen (energienetten, telefoonverbindingen, communicatiebussen, enz.), metalen leidingen of geleiders met aanzienlijke lengtes.

De gevolgen van de bliksem, dat wil zeggen de door inductie ontstane overspanningen, op de installaties en apparatuur, kunnen merkbaar zijn binnen een straal van 10 km.

Deze overspanningen zijn te klasseren naargelang hun inslagpunt: directe, nabije, of verre inslagen. Bij de directe inslagen worden de overspanningen veroorzaakt door het wegvloeien van de stroom van de bliksem in het betreffende gebouw en de aarding ervan. Bij de nabije inslagen worden de overspanningen geïnduceerd in de lussen en deels veroorzaakt door de verhoging van het aardingspotentiaal die het gevolg is van het wegvloeien van de stroom van de bliksem.

Bij de verre inslagen zijn de overspanningen beperkt tot de in de lussen geïnduceerde overspanningen. Het optreden van overspanningen door blikseminslag en hun kenmerken zijn van statistische aard en een groot aantal gegevens is nog onbekend.

Niet alle regio's hebben dezelfde blootstelling en voor praktisch elk land zijn er kaarten die de blikseminslagdichtheid aangeven (N_g = jaarlijks aantal blikseminslagen in de grond per km^2 , N_K = Keraunisch niveau, $N_g = N_K / 10$).

In Frankrijk zijn er jaarlijks tussen 1 en 2 miljoen blikseminslagen in de grond. De helft van deze inslagen die rechtstreeks in de grond inslaan hebben een amplitude van minder dan 30 kA, en minder dan 5% is hoger dan 100 kA.

Beveiliging tegen de directe effecten van bliksem

De beveiliging verloopt door het proberen te beheersen van het inslagpunt door de bliksem aan te trekken op een of meer vaste punten (de bliksemafleiders), ver van de te beveiligen plaatsen, en die de impulsstromen naar de aarde geleiden.

Er zijn verschillende soorten bliksemafleiders, zoals: stiften, gevlochten kooien, gespannen draden, of doorslagsystemen. Door de aanwezigheid van bliksemafleiders op een neemt nemen het risico en de amplitude van de impulsstromen in het aardingsnet toe. Het installeren van bliksembeveiligers is dus noodzakelijk om te voorkomen dat de installatie en de apparatuur wordt beschadigd.

Beveiliging tegen de indirecte effecten door bliksembeveiligers

De SURGYS® bliksembeveiligers, bestemd voor de beveiliging tegen tijdelijke overspanningen, beveiligen ook tegen de indirecte effecten van de bliksem.

Conclusie

Afgezien van de statistische overwegingen over de bliksem en de bijbehorende aanbevelingen in de installatienormen, is tegenwoordig een beveiliging tegen overspanningen door bliksembeveiligers altijd verplicht voor elk type activiteit, zowel in de industrie als voor kantoren. Deze laatste staan vol strategische en kostbare elektrische en elektronische apparatuur, waarvoor andere afwegingen gelden dan voor bepaalde huishoudelijke apparaten.

Belangrijkste voorschriften en normen (deze lijst is niet volledig)

Voorwoord

Deze technisch gids vervangt in geen geval de geldende voorschriften en normen, waaraan men zich in alle voorkomende gevallen moet houden.

Voorschriften of aanbevelingen die het installeren van een beveiliging tegen de effecten van blikseminslag verplicht stellen

Strikte verplichting

- Installaties die zijn geklasseerd voor de bescherming van het milieu (ICPE) die zijn onderworpen aan een toelating (arrest van 15 januari 2008 en de toepassingscirculaire van 24 april 2008 inzake de bescherming tegen de bliksem van bepaalde geklasseerde installaties)*
- Nieuwe opslagdepots van vaste mest op nitraatbasis (arrest van 10 januari 1994)
- Sorteercentra van gescheiden ingezameld huishoudelijk afval, gelijkaardig afval van industrie en kantoren (circulaire DPPR 95-007 van 5 januari 1995)
- Gespecialiseerde verbrandingsinstallaties en installaties voor de medeverbranding van bepaald industrieafval (arrest van 10 oktober 1996)
- Koelinstallaties met ammoniak als koelvloeistof (arrest van 16 juli 1997)
- Nucleaire basisinstallaties (INB) (arrest van 31 december 1999)
- Silo's en installaties voor het opslaan van graan, zaden, levensmiddelen of andere organische producten waarbij ontvlambaar stof vrijkomt (arrest van 15 juni 2000)
- Religieuze plaatsen: klokkentorens, torens en minaretten (arrest van 16 september 1959)
- Hoge gebouwen (arresten van 24 november 1967 en van 18 oktober 1977)
- Vuurwerkbedrijven (decreet van 28 september 1979)
- Hotel-restaurants in de bergen (arrest van 23 oktober 1987)

** In dit arrest staan duidelijk de verplichtingen en uit te voeren acties:*

- stel een bliksemrisicoanalyse op voor het bepalen van de apparaten en installaties die beveiligd moeten worden,
- stel op basis daarvan een technisch plan op,
- beveilig de installatie conform het plan,
- controleer de geïnstalleerde bliksembeveiligingen,
- alles door een op dit terrein gecertificeerde instelling.

Plaatsen waarvoor beschermende maatregelen geadviseerd worden

- Multifunctionele theaterzalen
- Voor het publiek toegankelijke open metalen constructies op toeristische plaatsen
- Evenementen in de open lucht waar veel publiek en over meerdere dagen bijeenkomt
- Bejaardenhuizen (circulaire van 29 januari 1965 en 1 juli 1965)
- Diverse militaire gebouwen (norm MIL/STD/1 957A bijvoorbeeld)
- Overdekte opslagplaatsen van brandstoffen, giftige of explosieve stoffen (circulaire van 4 februari 1987 en arrest type n° 183 ter)
- Oliewinplaatsen (instructie van 22 juni 1988)
- Olie-industrie (gids GESIP 94/02)
- Chemische industrie (document UIC van juni 1991)

Belangrijkste voorschriften en normen (deze lijst is niet volledig) (vervolg)

Normen inzake bliksembeveiligers

Installatienormen

Tot 2002 was het gebruik van bliksembeveiligers voor het beveiligen van apparaten die zijn aangesloten op het laagspanningsnet niet verplicht, het werd soms wel aanbevolen.

Norm NF C 15100 (december 2002)

- Sectie 4-443 "Overspanningen van atmosferisch herkomst of door schakelingen". Deze sectie bepaalt de mate van verplichting en het gebruik van bliksembeveiligers.
- Sectie 7-771.443: "Beveiligingen tegen overspanningen van atmosferisch herkomst (bliksembeveiligers)". Sectie als sectie 4-443, maar geldt voor woningen.
- Sectie 5-534: "Beveiligingstoestellen tegen spanningsveranderingen": bevat de algemene regels voor de selectie en het installeren van laagspanning bliksembeveiligers.

Gebruiksgids UTE C 15443

In deze gids staat uitgebreidere informatie voor het kiezen en installeren van bliksembeveiligers, en bevat een risicobeoordelingsmethode om een adviesniveau voor bliksembeveiligers op te stellen. In deze gids staat ook een sectie over bliksembeveiligers voor communicatienetwerken.

Gids voor fotovoltaïsche installaties UTE C 15712

In deze gids staan, naast de norm NF C 15100, de voorwaarden voor het beveiligen en het installeren van fotovoltaïsche zonnepanelen. Onder andere komen praktische adviezen voor kiezen van bliksembeveiligingstoestellen aan de orde.

Verplichtingen en aanbevelingen voor het gebruik van bliksembeveiligers

De secties 4-443 en 7-771.443 van de norm NF C 15100 definiëren de situaties die bepalen of het gebruik van bliksembeveiligers verplicht is :

- 1 - De installatie heeft een bliksemafleider : bliksembeveiligers verplicht, in het begin van de installatie. Deze moet van het type 1 zijn, met een stroom I_{imp} van minimaal 12,5 kA.
- 2 - De installatie wordt gevoed door een bovengronds laagspanningsnet en het keraunische niveau N_k ter plaatse is hoger dan 25 (of N_g hoger dan 2,5) : bliksembeveiligers verplicht, in het begin van de installatie. Deze moet van het type 2 zijn, met een stroom I_{imp} van minimaal 5 kA.
- 3 - De installatie wordt gevoed door een bovengronds laagspanningsnet en het keraunische niveau N_k ter plaatse is lager dan 25 (of N_g lager dan 2,5) : bliksembeveiligers niet verplicht.*
- 4 - installatie wordt gevoed door een ondergronds laagspanningsnet : bliksembeveiligers niet verplicht.*

(*) Toch stelt de norm dat: "...een beveiliging tegen overspanningen noodzakelijk kan zijn in situaties waar een hoger betrouwbaarheidsniveau of een groter risico verwacht wordt."

Secties 443 en 534 van de norm NF C 15100

Deze zijn gebaseerd op de volgende concepten :

- de bliksembeveiligers moeten worden geïnstalleerd volgens de regels.
- Zij moeten zijn afgestemd op elkaar en op de beveiligingstoestellen van de installatie.

De bliksembeveiligers moeten conform de norm NF EN 61643-11 zijn, om een lange levensduur te garanderen zonder risico voor de installaties en personen.

In complexe industriële installaties of installaties die bijzonder blootstaan aan het risico van blikseminslag, kunnen extra maatregelen noodzakelijk zijn. Bij geklasseerde installaties, die onderworpen zijn aan de toelating (ICPE) inzake het arrest van 15 januari 2008 en de toepassingscirculaire van 24 april 2008, moet eerst een bliksemrisicoanalyse plaatsvinden.

Uittreksel uit de gids UTE C 15443

In deze gids UTE C 15443 de regels voor het kiezen en het installeren van bliksembeveiligers.

Voorwoord

"Tegenwoordig worden elektronische componenten op grote schaal toegepast in elektrische apparaten in de industrie, kantoren en woningen. Bovendien staan veel van deze apparaten permanent stand-by en hebben zij vaak controle- beveiligingsfuncties. Doordat deze apparaten slecht bestand zijn tegen overspanningen, is het belangrijk geworden de elektrische laagspanningsinstallaties te beveiligen, met name door de toepassing van bliksembeveiligers, tegen overspanningen als gevolg van blikseminslag die via het elektrische net doorgegeven worden."

Technologie

De bliksembeveiligers : terminologie

Het woord "bliksembeveiligers" omvat alle beveiligingstoestellen tegen tijdelijke overspanningen, ongeacht of deze het gevolg zijn van de bliksem of afkomstig zijn uit de netten (schakeloverspanningen).

De bliksembeveiligers zijn aangepast aan de verschillende types kabelnetwerken waarop de installaties zijn aangesloten:

- energienetten,
- telecommunicatieleidingen en -netten,
- informaticanetwerken,
- draadloze netwerken.

Een paar definities

Volgroom

Stroom afkomstig van het elektrische energienet die in de bliksembeveiligers stroomt na de passage van de ontladingsstroom. Betreft alleen de bliksembeveiligers die een volgroom hebben (bijvoorbeeld bliksembeveiligers met lucht- of gasvonkbrug).

Lekstroom

Elektrische stroom die onder normale werkomstandigheden, naar de aarde stroomt of in geleidende elementen.

Tijdelijke overspanning (U_T)

Maximale effectieve waarde die de bliksembeveiligers kan verwerken van een overspanning met industriële frequentie als gevolg van fouten in het LS-net.

Beveiligingsniveau U_p

Piekspanning op de aansluitingen van de bliksembeveiligers onder normale werkomstandigheden. Dit beveiligingsniveau van de bliksembeveiligers moet lager zijn dan de spanning waartegen de te beveiligen apparatuur bestand is.

Maximale spanning in open circuit (U_{oc})

Maximale spanning van de aanvaardbare gecombineerde golf (max. = 20 kV / alleen bliksembeveiligers type 3).

Weerstand tegen kortsluitingen (meestal I_{cc})

Maximale kortsluitstroom die de bliksembeveiligers kan verdragen.

Nominale ontladingsstroom (I_n)

Piekwaarde van een golfvormige stroom 8/20 die in de bliksembeveiligers stroomt. Deze stroom kan meerdere keren passeren zonder schade te veroorzaken. Dit kenmerk is een keuzecriterium voor bliksembeveiligers type 2.

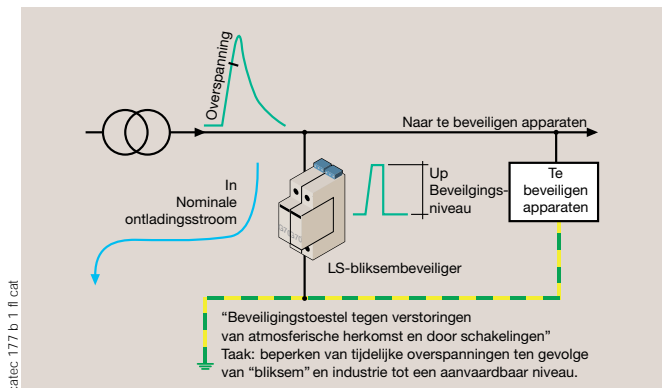
Schokstroom (I_{imp})

Meestal met een vorm 10/350, waarvoor de bliksembeveiligers type 1 zijn getest.

Maximale ontladingsstroom (I_{max})

Piekwaarde van een golfvormige stroom 8/20 die in de bliksembeveiligers type 2 kan stromen zonder de kenmerken ervan te veranderen en zonder noodzakelijkerwijs het beveiligingsniveau U_p te garanderen en dus de beveiliging van de te beschermen apparatuur. Deze waarde is een gevolg van de gekozen I_n en staat in de technische beschrijving van de fabrikant.

Werkingsprincipe en taak van de bliksembeveiligers



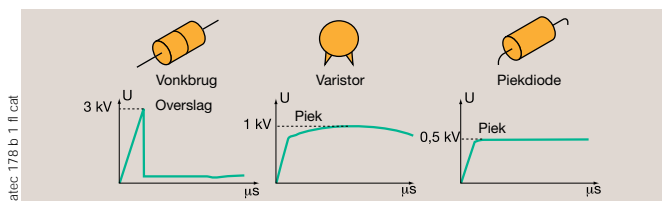
Technologie van de bliksembeveiligers

Om effectief te kunnen beantwoorden aan de door de verschillende netten gestelde eisen, zijn er verschillende technologieën voor bliksembeveiligers mogelijk.

Bliksembeveiligers kunnen dan ook verschillende inwendige componenten hebben :

- vonkbruggen,
- varistoren,
- piekdiodes.

Deze componenten moeten snel de spanningen beperken die op de aansluitingen verschijnen: deze functie wordt verkregen door het direct veranderen van hun impedantie bij het bereiken van een bepaalde spanningsdrempel.



Werking van de "bliksembeveiligers" componenten.

Dit kan op twee manieren :




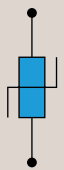
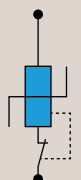


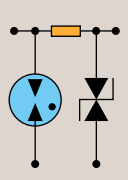
- **Doorslaan**: de component gaat van een status met een zeer hoge impedantie over tot praktisch kortsluiting, dit is het geval bij vonkbruggen,
- **Aftoppen**: voorbij een bepaalde spanningsdrempel beperkt de component, door naar een zeer kleine impedantie te gaan, de spanning op zijn aansluitingen (varistoren en piekdiodes).

Technologie (vervolg)

Belangrijkste technologieën

Deze families bestaan uit verschillende varianten en kunnen onderling gecombineerd worden om optimale resultaten te bereiken.

Hieronder staan de belangrijkste gebruikte technologieën (of combinaties van technologieën) beschreven.

Luchtvonkbrug	Ingekapelde vonkbrug	Gasvonkbrug	Varistor
			
Toestel bestaande uit, meestal, twee tegenover elkaar geplaatste elektroden waartussen een overslag plaatsvindt (gevolgd door een volgroom) zodra een overspanning een bepaalde drempel bereikt. Op energienetten wordt, om de volgroom snel af te breken, het principe gebruikt van het uitblazen van de vlamboog, waardoor er naar buiten hete gassen vrijkomen: hierdoor gelden er speciale eisen voor de installatie.	Luchtvonkbrug waar de volgroom wordt gedoofd zonder vrijkomend gas: dit gaat meestal ten koste van de capaciteit voor het onderbreken van de volgroom.	Vonkbrug in een gesloten omhulsel, gevuld met een mengsel van edelgasen onder een gecontroleerde druk. Deze component wordt meestal toegepast en is goed geschikt voor de beveiliging van telecommunicatienetten. Deze component heeft als belangrijk kenmerk een zeer kleine lekstroom.	Niet-lineaire component (de weerstand varieert in functie van de spanning) op basis van zinkoxide (ZnO) voor het beperken van de spanning bij de aansluitingen: deze aftopfunctie voorkomt de volgroom, wat deze component bijzonder geschikt maakt voor de beveiliging van de energienetten (HS en LS).
Varistor met thermische ont koppeling	Vonkbrug / Varistor	Piekdiod e	Ontlader / clip LED
			
Varistor met een hulpsysteem dat de component ontkoppelt van het net als deze te heet wordt: dit is van groot belang voor de levensduur van de varistoren die op het elektrische net zijn aangesloten.	In serie geschakelde componenten, om de voordelen van beide technologieën te benutten: geen lekstroom en kleine Up (vonkbrug) en geen volgroom (varistor).	Zenerdiod e (spanningsbegrenzer) met een speciale structuur voor een optimale aftopping van tijdelijke overspanningen. Deze component wordt gekenmerkt door een zeer korte reactietijd.	In parallel geschakelde gasvonkbrug(en) en piekdiod e(s); hierbij wordt de afvoercapaciteit van de vonkbrug gecombineerd met de korte reactietijd van de diode. Voor een dergelijke combinatie is een in serie geschakelde ont koppeling vereist om de werking van de beveiligingscomponenten te coördineren.

Technologieën van het SURGYS®-gamma

Type	Varistor	Gasvonkbrug	Piekdiod e
G140-F	•		
G40-FE	•	•	
G70	•		
D40	•		
E10	•		
RS-2		•	•
mA-2		•	•
TEL-2		•	•
COAX		•	

Inwendige constructie

Ontkoppelsystemen

Conform de normen "LS-bliksembeveiligers", zijn de SURGYS® bliksembeveiligers uitgerust met interne thermische veiligheidsfuncties die de netbeveiligingsfunctie ontkoppelen bij abnormale omstandigheden (te hoge temperatuur als gevolg van overbelasting van het toestel). In dit geval wordt de gebruiker gewaarschuwd voor deze fout door het rood worden van de indicator op het front van de defecte module, die hij dan moet vervangen. Bovendien moeten bliksembeveiligers, om fouten van het type kortsluitstromen of tijdelijke overspanningen te kunnen verdragen, verplicht zijn verbonden met het laagspanningsnet via uitwendige en speciaal aan de bliksembeveiligers aangepaste ontkoppelsystemen.

Deze uitwendige ontkoppeling gebeurt door middel van aangepaste Socomec zekeringen die vermeld staan op de betreffende productpagina's van deze catalogus.

De montage van de zekeringen in scheidingsschakelaars met zekeringen van Socomec verbetert de veiligheid en het gemak in het gebruik bij werkzaamheden zoals het meten van de isolatie.

Signalering op afstand

De meeste SURGYS® bliksembeveiligers hebben een "telesignalisatiecontact". Deze functie, waarmee de status van de bliksembeveiligers op afstand gecontroleerd kan worden, is bijzonder interessant in situaties waar toestellen moeilijk bereikbaar of zonder toezicht zijn.

Dit systeem bestaat uit een hulpcontact in de vorm van een omschakelaar, die bediend wordt als de status van de beveiligingsmodule verandert.

De exploitant kan op deze manier permanent controleren:

- de goede werking van de bliksembeveiligers,
- de aanwezigheid van de aansluitmodules,
- het einde van de levensduur (ontkoppeling) van de bliksembeveiligers.

Door deze "telesignalisatiefunctie" kan dus een signaleringssysteem (indicator van de werking of van een storing) gekozen worden. Dit systeem wordt op verschillende manieren naar buiten gebracht, zoals waarschuwingslampen, zoemers, automaten, transmissie.

Belangrijkste kenmerken van bliksembeveiligers

Definitie van de kenmerken

Aan de hand van de belangrijkste parameters die vastgelegd zijn in de normen voor "bliksembeveiligers" kan de gebruiker van het product de prestaties en de toepassing van de bliksembeveiligers bepalen:

- maximale spanning met permanent regime (U_c): maximale spanning die de bliksembeveiligers kan verwerken,
- nominale ontladingsstroom (I_n): impulsstroom met vorm 8/20 μ s die 15 keer zonder problemen kan worden afgevoerd door de bliksembeveiligers tijdens de test van de werking,
- maximale ontladingsstroom (I_{max}): impulsstroom met vorm 8/20 μ s die een keer zonder problemen kan worden afgevoerd door de bliksembeveiligers van type 2,
- schokstroom (I_{imp}): impulsstroom met vorm 10/350 μ s die een keer zonder problemen kan worden afgevoerd door de bliksembeveiligers van type 1,
- beveiligingsniveau (U_p): spanning die de efficiëntie van de bliksembeveiligers kenmerkt. Deze waarde is groter dan de restspanning (U_{res}) op de aansluitingen van de bliksembeveiligers tijdens de doorgang van de nominale ontladingsstroom (I_n),
- toelaatbare interne kortsluitstroom (I_{cc}): maximale waarde van de 50 Hz stroom die in de bliksembeveiligers kan doorstromen als deze defect is.

Met behulp van deze verschillende parameters is het dus mogelijk de afmetingen van de bliksembeveiligers te bepalen in relatie tot het net waarop deze wordt aangesloten (U_c en I_{cc}), in relatie tot het risico (I_n en I_{max}) en tenslotte, in relatie tot de gewenste efficiëntie en/of het type te beveiligen apparatuur (U_p).

Controle van U_c

Volgens de norm NF C 15100 sectie 534, moet de maximale werkspanning U_c van de bliksembeveiligers die in gemeenschappelijke modus is aangesloten als volgt gekozen worden:

- in TT- of TN-schakeling: $U_c > 1,1 \times U_n$,
- in IT-schakeling: $U_c > \sqrt{3} \times U_n$.

De SURGYS® bliksembeveiligers zijn compatibel met alle nul-leiderschakelingen, hun spanning U_c in gemeenschappelijke modus is 440 VAC.

Controle van U_p , I_n , I_{max} en I_{imp}

Het beveiligingsniveau U_p moet zo laag mogelijk gekozen worden, rekening houdend met de opgelegde spanning U_c .

De ontladingsstromen I_n , I_{max} en I_{imp} worden gekozen in functie van het risico: zie de overzichtstabel in de catalogus van de SURGYS® bliksembeveiligers.

Keuze en plaatsing van bliksembeveiligers als hoofdbeveiliging

De types laagspanning bliksembeveiligers

De bliksembeveiligers zijn door de norm NF EN 61643-11 ingedeeld in 2 producttypes, overeenkomstig de testklassen. Deze specifieke eisen zijn hoofdzakelijk afhankelijk van de plaats van de bliksembeveiliging in de installatie en van externe omstandigheden.

Bliksembeveiligers type 2

Deze toestellen zijn bestemd om te worden gebruikt op installaties met een groot "bliksemrisico", met name op plaatsen waar een bliksemafleidder aanwezig is. De norm NF EN 61643-11 schrijft voor dat bliksembeveiligers getest moeten worden volgens klasse 1, die bestaat uit het injecteren van stroomgolven van het type 10/350 μ s (I_{imp}), die representatief zijn voor de bliksemstroom die ontstaat bij een directe inslag. Deze bliksembeveiligers moeten dus bijzonder krachtig zijn om deze zeer energierijke golf af te voeren.

Bliksembeveiligers type 2

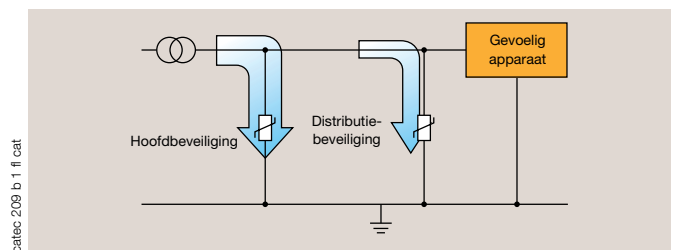
Bestemd om te worden geïnstalleerd als hoofdbeveiliging van de installatie, meestal ter hoogte van het ALSB, op locaties waar het risico van een directe inslag als afwezig wordt beschouwd, beschermen de "primaire" bliksembeveiligers van type 2 de gehele installatie. Deze bliksembeveiligers worden getest met stroomgolven 8/20 μ s (I_{max} en I_n). Als de te beveiligen apparatuur ver verwijderd is van het begin van de installatie, moeten bliksembeveiligers type 2 worden geïnstalleerd in de nabijheid van deze apparatuur (zie paragraaf "Coördinatie tussen hoofd- en distributiebliksembeveiligers", pagina 104).

Bliksembeveiligers als hoofdbeveiliging van de LS-installatie

De bliksembeveiligers van het SURGYS® gamma zijn te verdelen in hoofdbliksembeveiligers en distributiebliksembeveiligers.

De hoofdbliksembeveiligers beveiligen een gehele LS-installatie door het grootste deel van de stromen af te leiden, door de overspanningen direct naar de aarde te voeren.

De distributiebliksembeveiligers beveiligen de apparatuur door de resterende energie af te leiden naar de aarde.



Keuze van de hoofdbliksembeveiliging

In alle gevallen worden hoofdbliksembeveiligers direct stroomafwaarts van de hoofdschakelaar geïnstalleerd.

De ontladingsstromen die deze bliksembeveiligers moeten kunnen afleiden in geval van overspanningen kunnen zeer groot zijn. De keuze wordt meestal bepaald door na te gaan of deze ontladingsstromen (I_n , I_{max} , I_{imp}) passen bij de uitgevoerde berekeningen van de theoretische risico-evaluatie, die gespecialiseerde onderzoeksbureaus kunnen opstellen.

In de keuzetabel hiernaast staan praktische aanwijzingen voor het snel selecteren van de hoofdbliksembeveiliging, aan de hand van de prestaties van de SURGYS®.

		Hoofdbliksembeveiliging SURGYS®
<ul style="list-style-type: none"> Bliksemafleidder aanwezig Onbeschutte plaatsen (hoogte, enz.) Wateroppervlak ZHS-leidingen Gebouw met grote metalen constructie, of bij spoorlijn of met puntige uitsteeksels 	Type 1	SURGYS G140F
<ul style="list-style-type: none"> Bliksemafleidder aanwezig en ALSB met lengte < 2 m met gevoelige apparatuur 	Type 1	SURGYS G40-FE
<ul style="list-style-type: none"> Ondergrondse aanvoer Beschutte plaats Overspanningen door schakelingen 	Type 2	SURGYS G70

SURGYS G40-FE

De hoofdbliksembeveiligers worden geplaatst:

- bij een ALSB (fig. 1),
- in de elektrische hoofdschakelkast van het gebouw, in geval van een aan bliksem blootgestelde bovengrondse leiding.

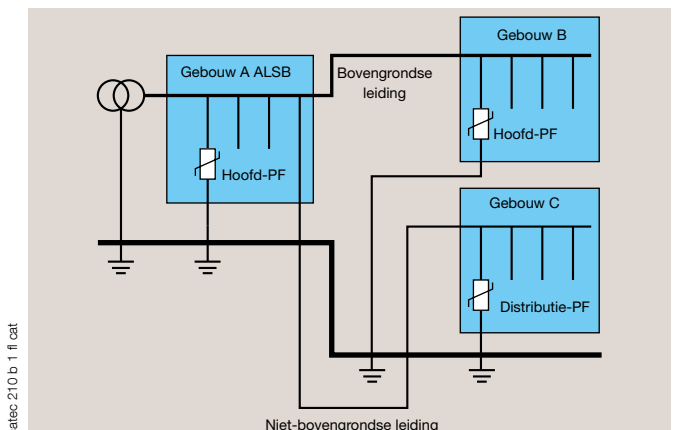


Fig. 1: keuze van de hoofd- of distributiebliksembeveiliging.

Keuze en plaatsing van bliksembeveiligers als hoofdbeveiliging (vervolg)

SURGYS G70

De aanwezigheid van een bliksemafleiter (constructie bestemd om de bliksem op te vangen en de stroom ervan via een geeignende weg af te leiden naar de aarde), op of in de nabijheid van een installatie, helpt de amplitude van de impulsstromen te vergroten: bij een directe inslag op de bliksemafleiter, wordt het aardingspotentiaal sterk verhoogd en een deel van de bliksemstroom zal door de bliksembeveiligers in het LS-net omgeleid worden.

Daarom schrijft de norm NF C 15100 de toepassing van bliksembeveiligers type 1 voor als er bliksemafleiters aanwezig zijn. Voor de verbinding met het aardingsnet is een geleider noodzakelijk met een sectie van minimaal 10 mm².

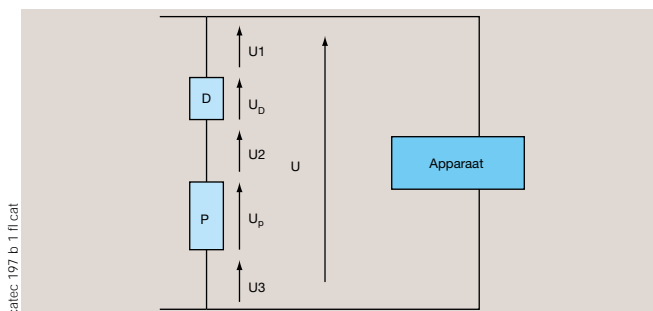
Afstemming met de hoofdschakelaar

De hoofdschakelaar van de installatie moet altijd stroomopwaarts van de bliksembeveiligers worden geplaatst. Hij moet afgestemd zijn op de bliksembeveiligers om te voorkomen dat afschakeling plaatsvindt door de werking van deze laatste. In een TT-schema zijn verbeteringen vooral te bereiken door de keuze van een hoofddifferentieeltoestel van type S (selectief) waarmee 3 kA in een golf 8/20 µs afgeleid kan worden zonder af te schakelen. Aan het einde van de levensduur van de bliksembeveiligers, moet de werking van de installatie voorrang hebben, dat wil zeggen dat geprobeerd moet worden de selectiviteit tussen de hoofdschakelaar en het ontkoppelsysteem van de bliksembeveiligers te garanderen.

N.B.: er moet ook gezorgd worden voor de beveiliging van het eventueel aanwezige "nulpunt". De detectie van het smelten van de zekering van de nulleider leidt niet noodzakelijkerwijs tot het onderbreken van de overeenkomstige fasen, want in het speciale geval van een bliksembeveiligers, is de "belasting" in evenwicht en bestaat er geen gevaar dat een functionele overspanning ontstaat bij het verdwijnen van de nulleider.

Kwaliteit van de aansluitingen van de bliksembeveiligers

De kwaliteit van de aansluiting van de bliksembeveiligers op het net is van het grootste belang om de efficiëntie van de beveiliging te kunnen garanderen. Tijdens het afleiden van de ontladingsstroom wordt gebruik gemaakt van de gehele parallelle tak waarop de bliksembeveiligers is aangesloten: de restspanning (U) op de te beveiligen apparatuur is gelijk aan de som van de restspanning van de bliksembeveiligers (U_p) + de spanningsdaling (U₁ + U₂ + U₃) in de verbindingsdraden + de spanningsdaling (U_D) in het bijbehorende ontkoppelsysteem.



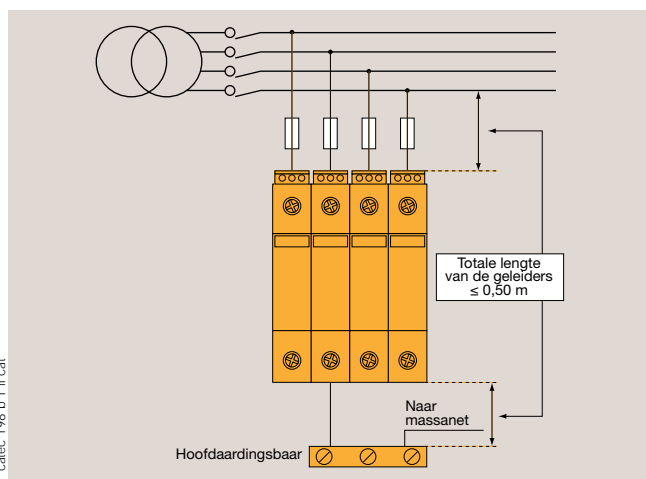
Spanning op de aansluitingen van de apparatuur.

Secties van de verbindingen

De aardingsgeleider van de bliksembeveiligers moeten een sectie hebben van minimaal 4 mm² 534.1.3.4 van de norm NF C 15100. In de praktijk wordt dezelfde sectie gebruikt voor de geleiders van de verbinding met het net.

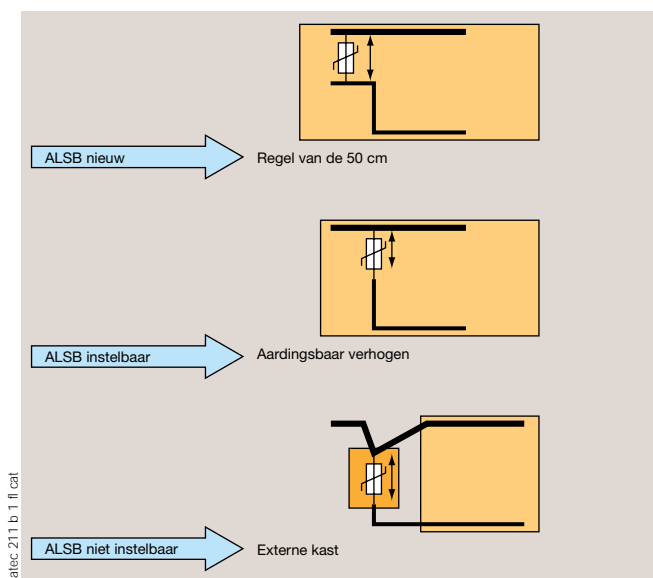
Regel van de 50 cm

Om de spanning (U) te verkleinen, wordt geadviseerd de lengte van de aansluitgeleiders tot een minimum te beperken, de aanbevolen lengte van (L1 + L2 + L3) is maximaal 0,50 m.



Afstand SURGYS®/TGBT.

Toepassing van hoofdbliksembeveiligers



Toepassing afhankelijk van de installatievoorwaarden.

Beveiliging van apparaten en distributiebliksembeveiligers

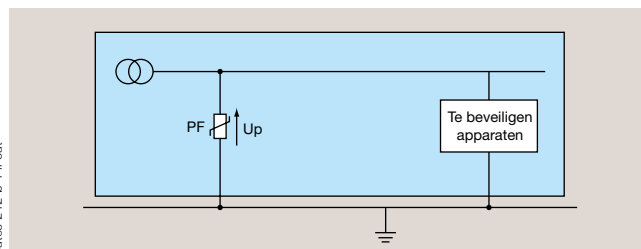
Beveiliging van apparaten en keuze van de bliksembeveiligiger

Om een effectieve beveiliging van de apparatuur tegen overspanningen te garanderen, moet een SURGYS® distributiebliksembeveiligiger zo dicht mogelijk bij de te beveiligen apparatuur geïnstalleerd worden.

Het beveiligingsniveau van de geïnstalleerde distributiebliksembeveiligiger moet afgestemd zijn op de bestendigheid tegen schokken van de te beveiligen apparatuur:

U_p van de bliksembeveiligiger < toegekende schokbestendigheidsspanning van de te beveiligen apparatuur*.

* Op voorwaarde van een correcte toepassing (zie vorige pagina).



Diëlektrische weerstand van de apparatuur

De verschillende types apparaten zijn geklasseerd in vier categorieën. Deze komen overeen met vier niveaus van bestendigheid tegen overspanningsschokken van de apparatuur.

Netten driefasig	Voorbeelden van apparaten met schokbestendigheid			
	zeer hoog	hoog	normaal	minder
	<ul style="list-style-type: none"> • tarieftellers • telemeetapparatuur 	<ul style="list-style-type: none"> • distributieapparaten: schakelaars • industriële apparaten 	<ul style="list-style-type: none"> • apparaten huishoudelijk gebruik • handgereedschap 	<ul style="list-style-type: none"> • apparaten met elektronische circuits
Nominale spanning van de installatie (V)	Schokbestendigheidsspanning (kV)			
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	8	6	4	2,5

Gemeenschappelijke modus en differentiële modus

Gemeenschappelijke modus

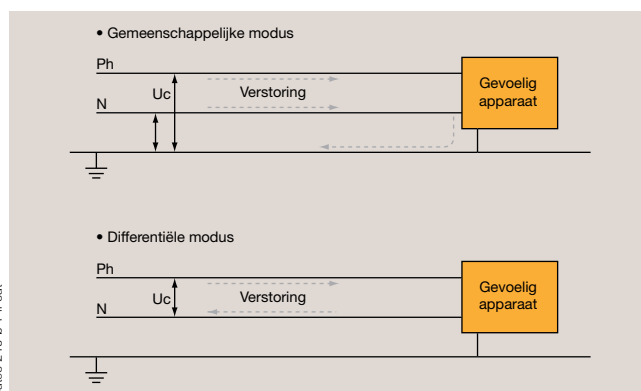
De overspanningen treden op tussen elke actieve geleider en de massa. De stromen gaan in dezelfde richting in de twee lijnen en gaan terug naar de aarde via de aardingsverbinding (F/T, N/T).

De overspanningen in de gemeenschappelijke modus zijn gevaarlijk vanwege het risico van diëlektrische doorslag.

Differentiële modus

De overspanningen treden op tussen de actieve geleiders (F/N, F/F). De stroom gaat, via de fase, door de ontvanger en maakt een lus via de nulleider.

Deze overspanningen zijn bijzonder gevaarlijk voor elektronische apparaten.



Beveiliging in gemeenschappelijke modus

Als algemene regel worden de bliksembeveiligers aangesloten tussen de actieve geleiders (fasen en nulleider) en de hoofdaardingsbaar van de schakelkast of de juiste hoofdbeveiligingsgeleider (PE).

De distributiebliksembeveiligers SURGYS® D40 en E10 garanderen de beveiliging in de gemeenschappelijke modus van de apparatuur.

Deze beveiligingsmodus is algemeen geschikt voor de volgende aardingschema's:

- TNC-net,
- IT-net met verbonden massa's.

Beveiliging van apparaten en distributiebliksembeveiligers (vervolg)

Beveiliging in differentiële modus

Om te beschermen tegen overspanningen in de differentiële modus, dat wil zeggen kunnen optreden tussen fasen en nulleider, zijn er twee oplossingen mogelijk:

- gebruik van eenpolige bliksembeveiligers als aanvulling op die van de gemeenschappelijke modus en die worden aangesloten tussen elke fase en de nulleider,
- gebruik van bliksembeveiligers met een geïntegreerde beveiliging in de differentiële modus, zoals de SURGYS® type D40 MC/MD of E10 MC/MD.

Deze beveiligingsmodus wordt met name geadviseerd in de volgende gevallen :

TT-net

Overspanningen in differentiële modus kunnen optreden door de mogelijke asymmetrie tussen de aansluitingen van de aarding van de nulleider en de LS-metingen ; in het bijzonder wanneer de weerstand van de aansluiting van de aarding van de gebruiker hoog is ($> 100 \text{ ohm}$) ten opzichte van de aansluiting van de aarding van het nulpunt.

TNS-net

Overspanningen in differentiële modus kunnen optreden door de lengte van de bekabeling tussen de transformator en het hoofd van de LS-installatie.

Afstemming tussen de hoofd-- en de distributiebliksembeveiligers

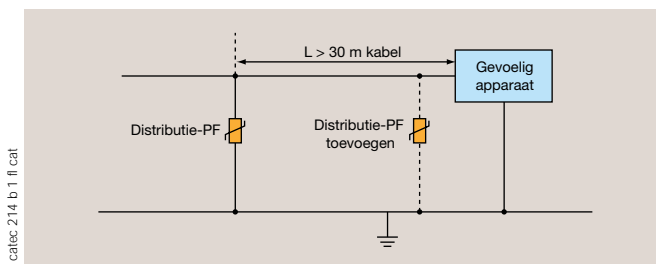
Opdat elke bliksembeveiliging zijn respectievelijke afleidfunctie verzorgt, voert de hoofdbliksembeveiliging het grootste deel van de energie af, terwijl de distributiebliksembeveiliging de spanningsaftopping bij het te beveiligen gebruik verzorgt.

Deze afstemming is alleen mogelijk als de energieverdeling tussen de bliksembeveiligers door een impedantie wordt gecontroleerd. Deze impedantie kan verzorgd worden door ofwel een leiding van 10 m, ofwel door een koppelsmoorpoel L1 voor kleinere afstanden.

Afstand bliksembeveiliging - apparatuur

De lengte van de geleider tussen de bliksembeveiliging en de te beveiligen apparatuur is van invloed op de efficiëntie van de beveiliging. In een te grote lengte kunnen namelijk oscillaties ontstaan (reflecties van de mogelijke overspanningsgolf), waardoor, in het ongunstigste geval, het beveiligingsniveau U_p op de aansluitingen van de te beveiligen apparatuur verdubbelt.

Het advies is dus om de lengte tussen de bliksembeveiliging en de apparatuur kleiner te houden dan 30 m, of om de bliksembeveiligers op elkaar af te stemmen (zie paragraaf "Afstemming tussen bliksembeveiligers").



Situatie met verre apparatuur.

Regels en keuze van bliksembeveiligers

In het geval van laagspanning met "zwakstroomingen" (telecommunicatie, modemlijnen, datatransmissie, informaticanetwerken, stroomlussen, enz.) zijn deze apparaten ook uiterst gevoelig voor tijdelijke overspanningen.

De zeer grote kwetsbaarheid van een, op een "zwakstroomlijn" aangesloten, apparaat is het gevolg van de combinatie van twee verschijnselen :

- de circuits kunnen sneller "doorbranden" dan laagspanningscircuits,
- extra overspanning die optreedt tussen zwakstroom- en laagspanningscircuits, met name door koppeling.

Om de bedrijfszekerheid van de systemen te garanderen, is het dus van vitaal belang om ook dit type aansluitingen, net als de voedingsingang, te beveiligen.

Zwakstroom bliksembeveiligingsnormen

"Product" norm

Norm NF EN 61643-21 : dit document bepaalt de tests waaraan bliksembeveiligers voor zwakstroom moeten voldoen.

De geteste parameters lijken op die voor -bliksembeveiligers, met uitzondering van de typische tests voor 50 Hz LS-netten (kortsluitstroom, tijdelijke overspanningen, enz.). Er zijn echter aanvullende tests van de transmissiekwaliteit (verzwakking, enz.) vereist.

Norm "Selectie en Installatie"

Norm IEC 61643-22 : informatie over de technologie van de bliksembeveiligers voor zwakstromen, over de selectiemethodes en de installatieadviezen.

SURGYS® bliksembeveiligers voor zwakstromen

SOCOMEc levert een assortiment bliksembeveiligers voor zwakstroomverbindingen met een modulair formaat voor een eenvoudige montage in genormaliseerde kasten. De "bliksembeveiligers" functie kan worden vervangen voor een optimaal onderhoud en voor de controle.

De in de SURGYS® bliksembeveiligers gebruikte schema's voor de zwakstroomlijn zijn gebaseerd op de combinatie van driepolige gasvonkbruggen en snelle piekdiodes, waardoor de volgende kenmerken ontstaan :

- nominale ontladingsstroom (zonder schade aan te richten) in golf 8/20 μ s > 5 kA,
- reactietijd van de beveiliging < 1 ns,
- restspanning aangepast aan de bestendigheid van de apparatuur,
- continuïteit van de werking,
- veilige werking door kortsluiting in geval van permanent defect.

Het systematische gebruik van driepolige gasvonkbruggen garandeert, dankzij het gelijktijdig doorslaan van de drie elektroden, een optimale beveiliging.

Het geheel van deze kenmerken is onmisbaar voor een optimale betrouwbaarheid van de beveiligde apparatuur, ongeacht de aard van de storing.

Risicoevaluatie

De toepassing van bliksembeveiligers op zwakstroomverbindingen is niet verplicht, zelfs als het risico groter wordt. Het is dus noodzakelijk om het risico in te schatten door het analyseren van een paar eenvoudige parameters :

	Gebruik van SURGYS® bliksembeveiligers	
	geadviseerd*	optioneel
Telecommunicatieverbindingen		
Distributie	bovengronds	ondergronds
"Incident" geschiedenis	> 1	0
Apparatuur	voeding 50 Hz	geen voeding
Belang van de apparatuur	vitaal	secundair
Datatransmissie		
Distributie	buiten	binnen
"Incident" geschiedenis	> 1	0
Lengte van de lijn	> 30 m	< 30 m
Elektromagnetische omgeving	dicht	zwak
Belang van de apparatuur	vitaal	secundair

* Geadviseerd als de installatie beantwoordt aan ten minste een van deze criteria.

Implementatie en onderhoud

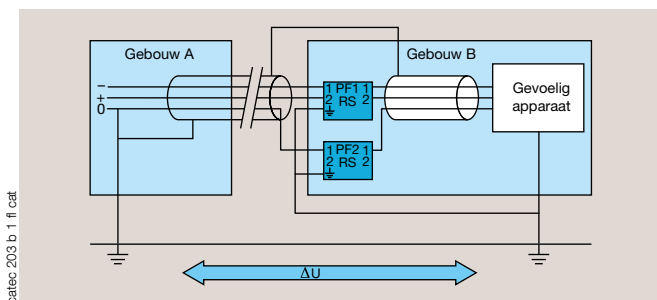
Installatie

Plaatsbepaling

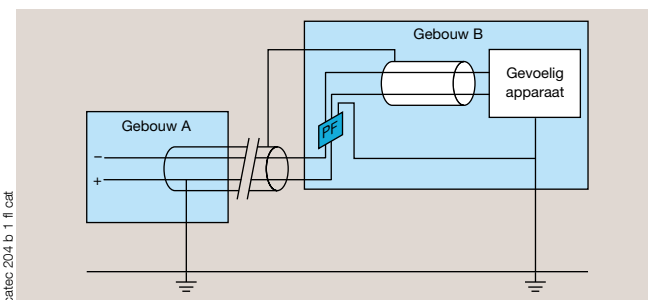
Voor een optimale efficiëntie van de beveiliging, moeten de bliksembeveiligers correct geplaatst worden ; zij worden dus geïnstalleerd:

- in het geval van een buitenlijn: bij de ingang van de installatie, dat wil zeggen bij de verdeler of bij het aansluitpunt van de voeding, om de impulsstromen zo snel mogelijk af te voeren,
- in het geval van binnenlijnen: in de directe nabijheid van de te beveiligen apparatuur (bijvoorbeeld : in de aansluitkast van de apparatuur).

In alle gevallen moet de beveiligde apparatuur dichtbij de bliksembeveiliging zijn (lengte van de geleider "bliksembeveiliging /apparatuur" minder dan 30 m). Als dit niet mogelijk is, moet men een "secundaire" beveiliging installeren in de nabijheid van de apparatuur (afstemming van de bliksembeveiliging).



RS-verbinding met 3 draden (met 0 V draad).



RS-verbinding met 2 draden.

Aansluiting op de massa

De lengte van de verbinding van de bliksembeveiliging naar de massa van de installatie moet zo kort mogelijk zijn (minder dan 50 cm) om extra spanningsdalingen te vermijden die de efficiëntie van de beveiliging nadelig beïnvloeden. De sectie van deze geleider moet ten minste 2,5 mm² zijn.

Bekabeling

De tegen overspanningen beveiligde kabels (stroomafwaarts van de bliksembeveiliging) en de niet-beveiligde kabels (stroomopwaarts van de bliksembeveiliging) moeten fysiek van elkaar gescheiden zijn (bijvoorbeeld : niet naast elkaar in dezelfde kabelgoot leggen), om koppelingen te beperken.

Onderhoud

De SURGYS® bliksembeveiliging voor zwakstroomnetten heeft geen onderhoud of systematische vervanging nodig ; zij zijn ontworpen om grote en herhaaldelijke schokgolven te doorstaan zonder defect te raken.

Einde levensduur

Schade kan echter ontstaan als de kenmerken van de bliksembeveiliging worden overschreden. De beveiliging wordt in de volgende gevallen uitgeschakeld :

- langdurig contact met een voedingslijn,
- uitzonderlijke hevige "bliksemschok".

In dit geval sluit de bliksembeveiliging zich definitief kort, en beschermt zo de apparatuur (door aan aarde te leggen) met een indicatie van het functionele defect (onderbreking van de lijn) : de gebruiker moet dan de los te maken module van de SURGYS® bliksembeveiliging vervangen. In de praktijk vertaalt het einde van de TEL-bliksembeveiliging op een telefoonlijn zich voor de gebruiker door een telefoon die altijd in gesprek lijkt te zijn.

De telefoonmaatschappij (bijv. France Télécom) ziet dat de lijn aan massa ligt en informeert de abonnee.

Principe van de compensatie

Het verbeteren van de arbeidsfactor van een installatie bestaat uit het installeren van een condensatorbatterij, als bron van reactieve energie. De batterij vermogenscondensatoren verkleint de hoeveelheid reactieve energie die afkomstig is van de bron. Het vermogen van de te installeren batterij condensatoren wordt berekend uitgaande van het actieve vermogen van de belasting en van de defasering (spanning / stroom) voor en na de compensatie.

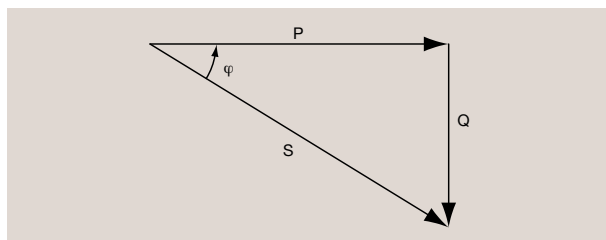
Aard van de vermogens die een rol spelen in een installatie zonder harmonischen

Traditionele elektrische ontvangers gebruiken twee types vermogen om te werken :

- het actieve vermogen (P), dat wordt omgezet in mechanisch vermogen, warmte of licht,
- het reactieve vermogen (Q), dat inherent is aan de interne werking van een elektrische machine (magnetisatie van een motor of van een transformator, enz.).

De vectoriële som van deze vermogens wordt schijnbaar vermogen (S) genoemd. Dit wordt geleverd door de voedingsbronnen van de installatie.

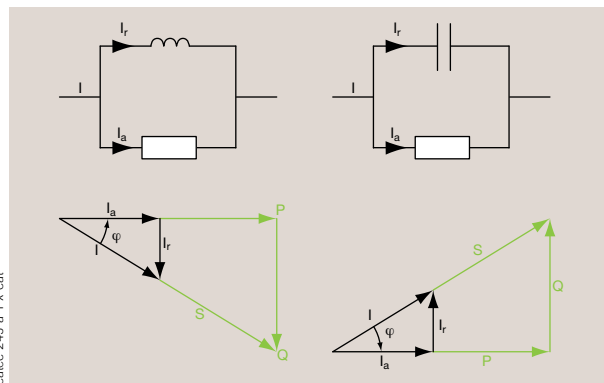
cathec 242 a 1 x cat



De schijnbare stroom (I) die verbruikt wordt door een elektrische installatie kan dus ontleed worden in componenten :

- een component (I_a) in fase met het actieve vermogen,
- een component (I_r) 90° uit fase ten opzichte van de actieve component ; 90° na-ijlend voor een inductieve belasting en 90° voor-ijlend voor een capacatieve belasting.

cathec 243 a 1 x cat



De arbeidsfactor

Dit is de verhouding van het actieve vermogen tot het schijnbare vermogen :

Als de installatie geen of weinig harmonischen heeft, dan is deze verhouding ongeveer gelijk aan $\cos \varphi$.

Dit begrip kan ook worden uitgedrukt in de vorm van de $\tan \varphi$.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

Deze verhouding geeft de hoeveelheid reactief vermogen dat de transformator moet leveren voor een gegeven actief vermogen.

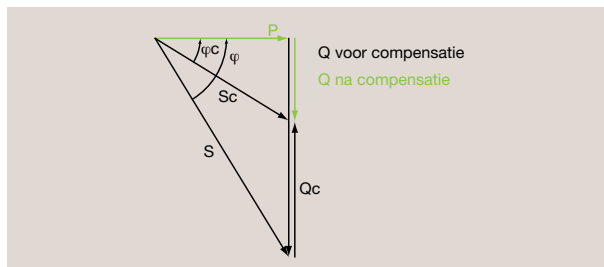
Compensatie van reactieve energie

Het reactieve vermogen kan rechtstreeks geleverd worden :

- op het niveau van de installatie,
- op het niveau van elke ontvanger.

Het reactieve vermogen kan geleverd worden door de condensatorbatterij die rechtstreeks op de installatie van de gebruiker zijn aangesloten.

cathec 245 a 1 fl cat



Technisch-economische keuze van de compensatie

Door het optimaliseren van de arbeidsfactor kan men :

- voorkomen dat men boetes moet betalen aan de energieleverancier,
- het beschikbare vermogen van de transformator vergroten,
- de sectie van de kabels verkleinen,
- de lijnverliezen beperken,
- de spanningsdalingen verkleinen.

Compensatie van reactieve energie

Principe van de compensatie (vervolg)

Technologie van de compensatie bij laagspanning

De compensatie wordt meestal gerealiseerd door in een batterij geplaatste condensatoren.

Vaste compensatiebatterij

Dit type batterij wordt gebruikt als het te compenseren reactieve vermogen constant is. Het is bijzonder geschikt voor de individuele compensatie.

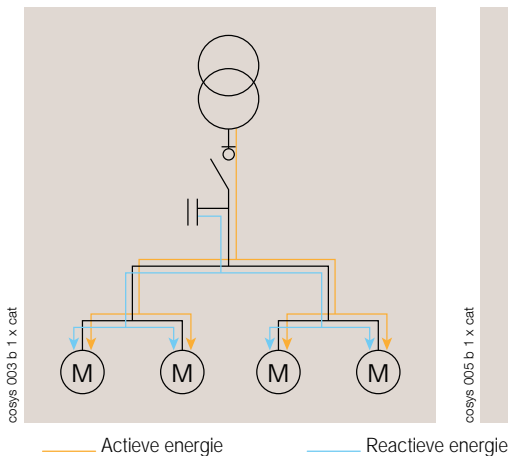
Automatische compensatiebatterij

Met type batterij kan men de compensatie aanpassen in functie van de variatie van de elektrische energie van de installatie.

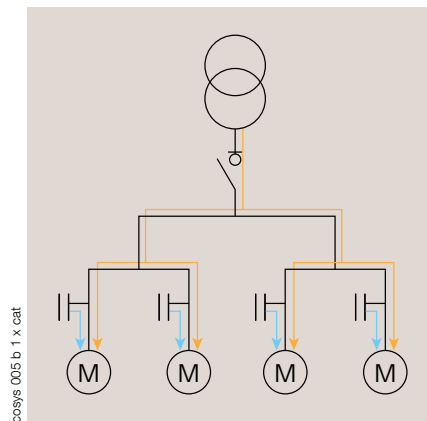
Dit type compensatie voorkomt dat meer reactief vermogen wordt geleverd dan de installatie nodig heeft als deze licht belast is. Een overcompensatie wordt afgeraden omdat daardoor de werkspanning van een installatie hoger wordt.

Waar compenseren?

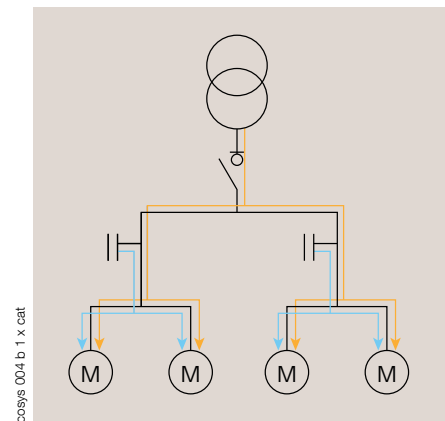
Totale compensatie



Individuele compensatie



Compensatie per sector



Opmerkingen

- De totale compensatie of per sector is vaak economischer en voorkomt problemen die verband houden met de harmonischen.
- De individuele compensatie is de oplossing die veelal de meeste lijnverliezen vermindert.

De compensatie en de harmonischen

Het vermogen van een compensatiebatterij wordt altijd berekend voor het compenseren van de basistroom (fundamentele 50 Hz stroom) van de installatie, dat wil zeggen de stroom die dezelfde frequentie heeft als het distributienet.

Maar in de meeste elektrische installaties hebben we naast deze basistroom ook harmonische stromen.

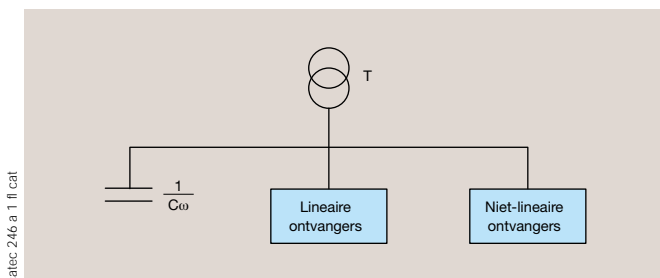
Deze harmonische stromen kunnen aanzienlijk zijn met frequentie die in de regel liggen tussen 150 Hz en 450 Hz.

De op dergelijke netten aangesloten condensatorbatterij zijn gevoelig voor deze stromen.

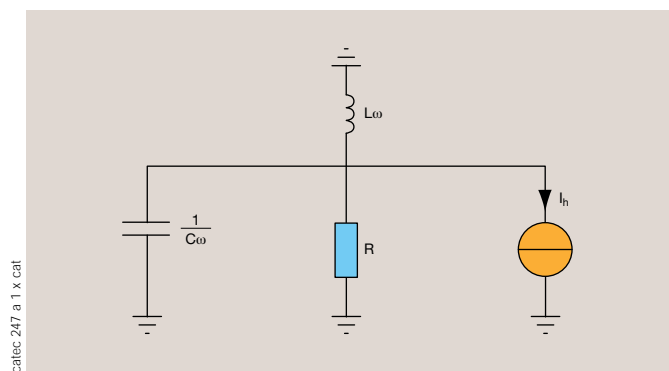
Het resonantieverschijnsel

Laten we een elektrische installatie bekijken die bestaat uit:

- een transformator T,
- een vaste batterij condensatoren ($Z = 1/C\omega$),
- lineaire ontvangers die geen harmonische stromen opwekken,
- niet-lineaire ontvangers die harmonische stromen opwekken.



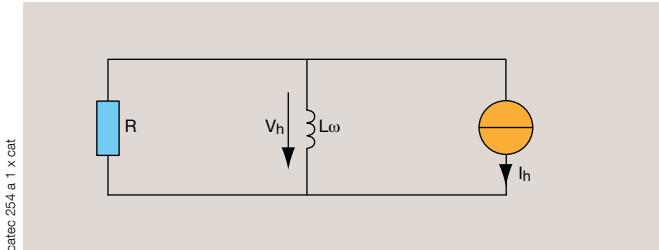
Gezien de harmonische stromen, ziet het vereenvoudigde model van de installatie er als volgt uit:



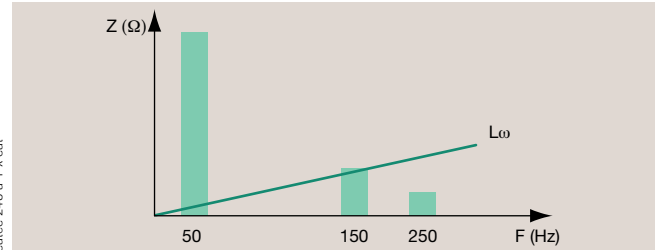
Principe van de compensatie (vervolg)

Het resonantieverschijnsel (vervolg)

Model van de installatie zonder de compensatiebatterij



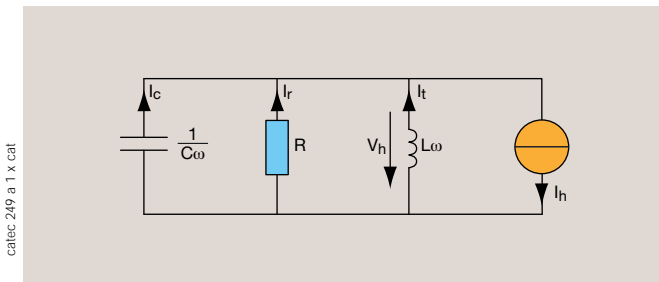
Gelijkwaardig eenfasig schema.



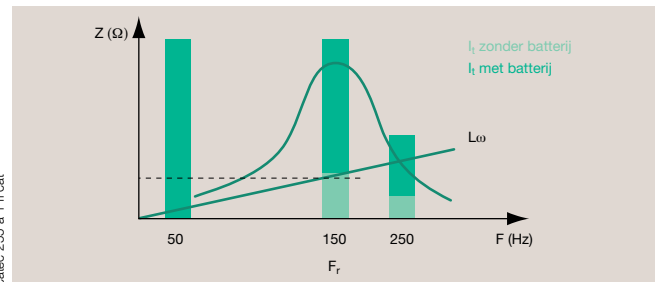
Gelijkwaardige impedantie van de elektrische installatie zonder compensatiebatterij.

Note : de harmonische stromen die het gevolg zijn van de niet-lineaire belastingen veroorzaken spanningsdalingen V_h in de impedantie van de transformator. Deze harmonische spanningen veroorzaken op hun beurt een vervorming van de voedingsspanning van de ontvangers, wat een verklaring vormt voor het mechanisme van de verspreiding van de harmonische vervuiling in de netten.

Model van de installatie met de compensatiebatterij



Gelijkwaardig eenfasig schema met compensatiebatterij.

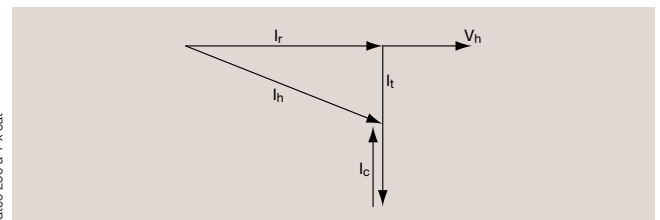


Gelijkwaardige impedantie van de elektrische installatie met compensatiebatterij.

Gelijkwaardige impedantie van de installatie

Deze vertoont een impedantiepiek. De frequentie die overeenkomt met deze piek wordt de resonantiefrequentie genoemd.

Bij de resonantiefrequentie kan de impedantie van de installatie heel groot worden. We zien dat als er harmonische stromen voorkomen die het gevolg zijn van de niet-lineaire belastingen met een frequentie dichtbij de resonantiefrequentie van de installatie, deze stromen versterkt worden en door de condensatoren en de transformator circuleren.



Vectoriële weergave van de stromen door de verschillende onderdelen van de elektrische installatie.

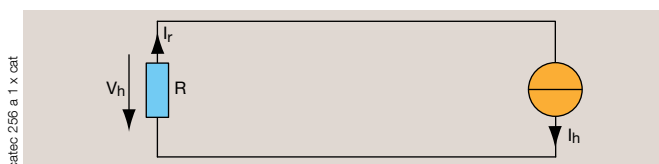
Versterking van een harmonische stroom

Voorbeeld van een harmonische stroom van rang N waarvan de frequentie overeenkomt met de resonantiefrequentie van de installatie (berekening van de totale impedantie van het gelijkwaardige schema van een RLC circuit in parallel geschakeld).

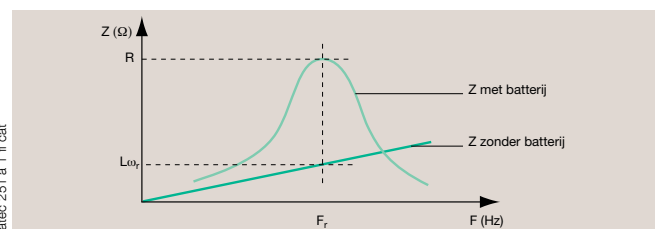
$$Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R^2} + (C \frac{1}{L})^2}}$$

Bij de resonantiefrequentie (ω_r): $C = \frac{1}{L \omega_r}$

Met $Z = R$



$$V_h = R I_h$$



Compensatie van reactieve energie

Principe van de compensatie (vervolg)

Versterking van een harmonische stroom (vervolg)

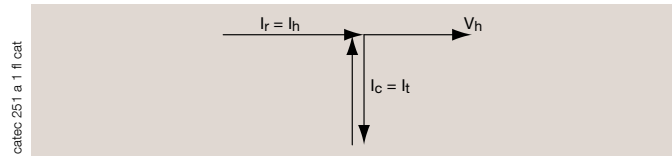
Omdat de transformator en de batterij altijd aanwezig zijn, berekenen wij de stromen die door deze onderdelen lopen.

Berekening van de stromen in de transformator en de compensatiebatterij

$$I_t = \frac{V_h}{L\omega_r} = \frac{I_h R}{L\omega_r} = K I_h$$

Resonantieversterkingsfactor: $K = R/L\omega_r$.

Harmonische stromen met frequentie F_r



$$I_c = C\omega_r V_h = RC\omega_r I_h = K I_h$$

We zien dus een versterking van de harmonische stroom van rang N in de transformator en in de condensatoren.

Afhankelijk van de versterkingsfactor K, veroorzaakt het resonantieverschijnsel:

- een stroom in de condensatoren die veel groter kan zijn dan de nominale stroom van de condensator waardoor deze te heet kan worden en daardoor defect raakt,
- een abnormale overbelasting van de transformator en van de voedingskabels van de installatie,
- een beschadiging van de sinusvorm van de spanning die op zijn beurt storingen in de ontvangers kan veroorzaken.

De rang van de resonantie kan op de volgende manier berekend worden (vereenvoudigde formule):

$$N = \frac{F_r}{F_0} = \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q_c}}$$

S_{cc} : kortsluitvermogen van de transformator

Q_c : ingeschakeld capacitief vermogen

F_r : resonantiefrequentie

F_0 : frequentie van het elektrische net

$$N = \frac{F_r}{F_0} = \sqrt{\frac{S_n \times 100}{U_{cc}}}$$

$S_{cc} = S_n \times 100 / U_{cc}$

S_n : transformatorvermogen

U_{cc} : kortsluitspanning van de transformator

De harmonische stroom met frequentie F_r in de installatie wordt versterkt in de condensatoren en in de transformator met:

$$K = \frac{\sqrt{S_{cc} Q_c}}{P}$$

S_{cc} : kortsluitvermogen van de transformator

Q_c : ingeschakeld capacitief vermogen

P : actief vermogen van de lineaire ontvangers

In de praktijk wordt N niet groter dan 10 als gevolg van de impedanties van de kabels waarmee in dit model geen rekening is gehouden. Het is belangrijk om te onthouden dat de condensatoren die zijn aangesloten op een installatie de bestaande harmonische stromen kunnen versterken, maar deze niet kunnen opwekken.

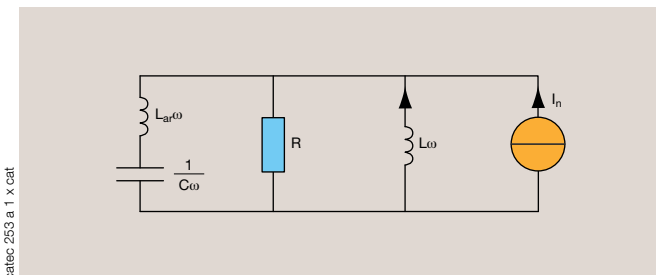
Note: de versterking van een harmonische stroom met de frequentie die gelijk is aan de resonantiefrequentie is maximaal.

De andere harmonische stromen worden in mindere mate versterkt.

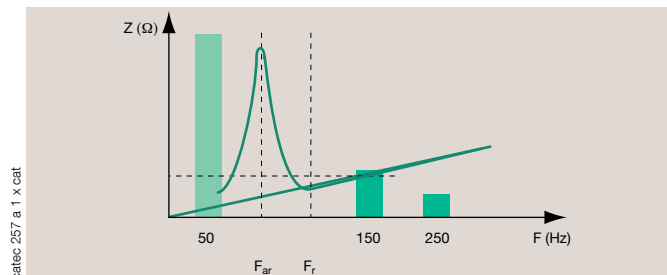
Bij een complete bestudering van de resonantie, berekent men de versterking voor elke harmonische rang en wordt de totale effectieve waarde die in de transformator en de condensator circuleert kleiner.

Beveiligen van de compensatiebatterijen tegen resonantie-effecten

Het is nu duidelijk dat, als er harmonische stromen zijn, de compensatiebatterijen beveiligd moeten worden tegen de effecten van de resonantie. Daarom monteert men anti-harmonische smoorspoelen in serie met de condensatoren. De waarde van de smoorspoel moet zodanig zijn gekozen dat de piek van de resonantie niet op de bestaande harmonische stromen ligt.



Gelijkwaardige impedantie van de installatie met tegen de effecten van de harmonische stromen beveiligde compensatiebatterij.



Gelijkwaardige impedantie van de installatie en spectrum van de harmonische stromen in de installatie.

Berekening van het condensatorvermogen

Coëfficiënt K

Onderstaande tabel geeft, in functie van de $\cos \varphi$ van het net vóór compensatie en de gewenste na compensatie, een coëfficiënt die moet worden vermenigvuldigd met het actieve vermogen om zo het vermogen te krijgen voor de te installeren condensatorbatterij. Bovendien kunnen zo de overeenkomstige waarden tussen $\cos \varphi$ en $\tan \varphi$ worden afgelezen.

$$Q_c = P \text{ (kW)} \times K$$

voor compensatie		Coëfficiënt K toe te passen op het actieve vermogen voor arbeidsfactor $\cos \varphi$ of $\tan \varphi$ op de volgende niveaus													
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
		$\cos \varphi$	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41		1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42		1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43		1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44		1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45		1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46		1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47		1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48		1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49		1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50		0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52		0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53		0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55		0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56		0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57		0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58		0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59		0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60		0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76		0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78		0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79		0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81			0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82			0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83			0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Voorbeeld : vermogen van de installatie = 653 kW; $\cos \varphi$ gemeten in de installatie : $\cos \varphi = 0,70$ ofwel $\tan \varphi = 1,02$
 $\cos \varphi$ gewenst : $\cos \varphi = 0,93$ ofwel $\tan \varphi = 0,4$; $Q_c = 653 \times 0,625 = 410$ kvar.

Compensatie van reactieve energie

Keuze van de compensatie voor een vaste belasting

Compenseren van een asynchrone motor

Cos phi van de motoren is zeer slecht bij nullast of bij zwakke belasting. Om dit type werking te vermijden kan de condensatorbatterij rechtstreeks aan de klemmen van de motor worden aangesloten, met daarbij de volgende voorzorgen:

Bij het starten van de motor

Indien de motor wordt gestart met behulp van een speciaal toestel (weerstand, inductantie, ster / driehoek, autotransformator), moet de condensatorbatterij slechts na de start worden ingeschakeld.

Voor speciale motoren

Geadviseerd wordt deze niet te compenseren (stappenmotoren, 2 werkrichtingen, enz.).

Ingeval van zelfbekrachtiging

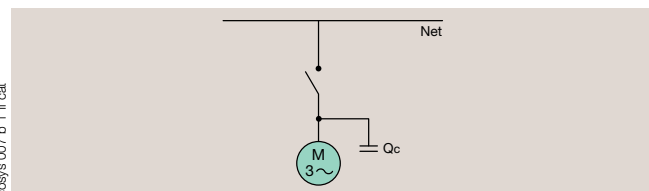
Bij onderbreking van motoren met grote belastingen, kan de zelfbekrachtiging van de motor door de compensatiebatterij grote overspanningen teweegbrengen. Om dit te vermijden moet men de volgende verhouding controleren:

$$\text{Si } Q_C \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$$

I_0 : stroom bij nullast van de motor (kA)

Q_C : vermogen van de batterij (kvar)

U_n : nominale spanning (400 V)

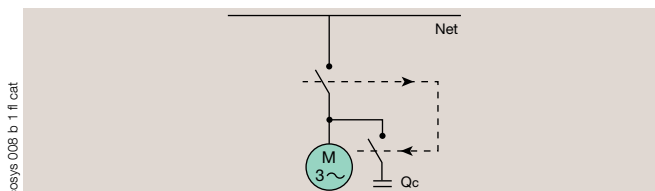


$$\text{Indien } Q_C \geq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$$

I_0 : stroom bij nullast van de motor (kA)

Q_C : vermogen van de batterij (kvar)

U_n : nominale spanning (400 V)



Tabel A: indicatieve waarde van het vermogen van de condensatorbatterijen dat niet mag overschreden worden om zelfbekrachtiging van de motor te vermijden

Nominiaal vermogen		Driefasige motor 400 V			
		Maximum vermogen (kvar)			
		Toerental (toeren / min)			
kW	Pk	3000	1500	1000	750
8	11	2	2	3	
11	15	3	4	5	
15	20	4	5	6	
18	25	5	7	7,5	
22	30	6	8	9	10
30	40	7,5	10	11	12,5
37	50	9	11	12,5	16
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	482	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Beveiligen van de motor

Indien de beveiliging zich stroomopwaarts van de motorcompensatie bevindt, moet die worden aangepast. Bij gelijkmatige werking van de motor zal de stroom in de beveiliging zwakker zijn want de compensatiebatterij levert reactief vermogen.

Tabel B: reductiecoëfficiënt van de beveiligingsregeling indien het vermogen van de condensatorbatterij gelijk is aan het maximum vermogen aangegeven in tabel A

Toerental (toeren / min)	Reductiecoëfficiënt
750	0,88
1000	0,90
1500	0,91
3000	0,93

Keuze van de compensatie voor een vaste belasting

Compenseren van een transformator

Een transfo verbruikt schijnbaar vermogen voor de magnetisering van zijn wikkelingen. Onderstaande tabel geeft het algemene verbruik (voor meer details, contacteer de fabrikant van de transformator).

Voorbeeld : bij $\cos \phi$ 0,7 is 30 % van het vermogen van de transformator niet beschikbaar vanwege van de reactieve energie die hij moet leveren.

Nominiaal vermogen transformator kVA	Compensatievermogen in kvar		
	Onbelast	Transformator in werking Belasting 75 %	Belasting 100 %
100	3	5	6
160	4	7,5	10
200	4	9	12
250	5	11	15
315	6	15	20
400	8	20	25
500	10	25	30
630	12	30	40
800	20	40	55
1000	25	50	70
1250	30	70	90
2000	50	100	150
2500	60	150	200
3150	90	200	250
4000	160	250	320
5000	200	300	425

Bij het bepalen van een compensatie-installatie, een vaste condensator voorzien die overeenkomt met het interne verbruik van de transfo belast aan 75%.

Enkele vermogensfactoren

Indicatieve waarden voor de meest gebruikelijke machines die reactieve energie verbruiken.

Ontvanger		$\cos \phi$	$T_g \phi$
Asynchrone motoren	Onbelast	0,17	5,80
	belast met 25 %	0,55	1,52
	belast met 50 %	0,73	0,94
	belast met 75 %	0,80	0,75
	belast met 100 %	0,85	0,62
Lampen	gloeilampen	ong. 1	ong. 0
	fluorescentielampen	ong. 0,5	ong. 1,73
	ontladinglampen	0,4 tot 0,6	ong. 2,29 tot 1,13
Ovens	weerstand	ong. 1	ong. 0
	gecompenseerde inductie	ong. 0,85	ong. 0,62
	dielektrische verwarming	ong. 0,85	ong. 0,62
Weerstandslasmachines		0,8 tot 0,9	0,75 tot 0,48
Statische eenfasige vlambooglasapparaten		ong. 0,5	ong. 1,73
Roterende vlambooglasunits		0,7 tot 0,9	1,02 tot 0,48
Vlambooglastransformatoren-gelijkrichters		0,7 tot 0,9	1,02 tot 0,48
Vlamboogovens		0,8	0,75
Vermogensgelijkrichters met thyristors		0,4 tot 0,8	2,25 tot 0,75

Thermische effecten

Vermogendissipatie door toestellen

De nominale vermogens zijn gespecificeerd voor de stroom I_{th} (nominale kaliber in onderstaande tabel).

Voor de bedrijfsstroom van het toestel geldt het volgende:

$$P = P_N \times \left[\frac{I_e}{I_{th}} \right]^2$$

P : vermogendissipatie in W.

P_N : nominale vermogendissipatie in W (zie tabel hieronder).

I_e : bedrijfsstroom van het toestel.

I_{th} : kaliber van het toestel.

Thermische eigenschappen

Bepalen van de temperatuursverhoging

$$\Delta T (^{\circ}K) = \frac{P (W)}{K \times S (m^2)}$$

P : vermogendissipatie in de elektrische kast (apparatuur, verbindingen, kabels...).

ΔT : temperatuursverhoging in $^{\circ}K$.

S : vrije oppervlakte van de kast (er wordt geen rekening gehouden met de zijden die gericht zijn naar de muur of naar andere obstakels)

K : warmte-uitwisselingscoëfficiënt.

$K = 4 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C$ voor de polyester behuizingen.

$K = 5,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C$ voor de metalen behuizingen.

Wanneer de kast of de behuizing voorzien is van luchtinlaten, moet de norm IEC 890 gebruikt worden voor de berekening; of gelieve ons te contacteren.

Bepalen van de warmtewisselaar lucht/lucht: [zie pagina 116](#).

Bepalen van de ventilator

In het geval van geforceerde ventilatie, is het vereiste luchtdebiet D :

$$D (m^3/h) = 3,1 \times \left[\frac{P}{\Delta T} - (K \times S) \right]$$

Het gamma CADRYs bevat de bijhorende ventilatoren.

Bepalen van de verwarmingsweerstand

Dit is nodig om condensatie binnen de kast te vermijden. Het vermogen P_c van de weerstand wordt gegeven door:

$$P_c (W) = (\Delta T \times K \times S) - P$$

Bepalen van de airconditioning: [zie pagina 116](#).

Vermogendissipatie in W/pool per toestel

	Kaliber (A)	16	20	25	32	40	63	63	80	100	100	125	160	200	200	250	250	315	400	500
SIRCO M	Kastgrootte	M1						M2			M3									
	Vermogendissipatie (w/pool)	0,15	0,25	0,4	0,6	0,9	2,4	1,5	2,4	4	4,3	7,1								
SIRCO MV	Kastgrootte										MV									
	Vermogendissipatie (w/pool)										5	7	9							
SIRCO	Kastgrootte										B3			B4						
	Vermogendissipatie (w/pool)										1,8	3	4,8	4	5,8	-	9,5	14,4	14,4	
SIRCO AC	Kastgrootte													B4						
	Vermogendissipatie (w/pool)													4	6					
SIDER	Kastgrootte											ND 36 mm				ND 60 mm				
	Vermogendissipatie (w/pool)											12	-	24	-	36	48	58		
SIDERMAT	Kastgrootte															1				
	Vermogendissipatie (w/pool)															-	8,2	-	15,6	-
SIRCO MC PV ⁽¹⁾	Kastgrootte			1																
	Vermogendissipatie (w/pool)			4,97	-	15,61														
SIRCO MV PV ⁽¹⁾	Kastgrootte							MV												
	Vermogendissipatie (w/pool)							0,97	1,56	-	2,43	4,5	6,3							
SIRCO PV ⁽¹⁾	Kastgrootte										B4 ⁽²⁾						B4 ⁽²⁾			
	Vermogendissipatie (w/pool)										0,8	-	2				4,7	8		

(1) 1 kring PV tot 1000 VDC.

(2) Toestel 500 VDC/P.

(3) Toestel 250 VDC/P.

Thermische effecten (vervolg)

Thermische eigenschappen (vervolg)

Vermogendissipatie in W/pool per toestel (vervolg)

	Kaliber (A)	315	400	500	630	800	800	1000	1250	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3200	4000	5000
SIRCO	Kastgrootte	B5				B6				B7				B8				B9
	Vermogendissipatie (w/pool)	7,6	10,8	16	30,9	30,9	39,7	44,7	-	-	85	122	161	140	205	340	420	480
SIRCO AC	Kastgrootte	B5				B6				B7				B8				B9
	Vermogendissipatie (w/pool)	9,6	12,8	20	24,8	-	40	52,2	80	-	58	95	-	340	-	-	500	-
SIDER	Kastgrootte	ND 66 mm				6				7								
	Vermogendissipatie (w/pool)	41	58	20,7	-	32	-	-	-	42,5	102	-	-	-	-	-	-	-
SIDERMAT	Kastgrootte	1				2				3								
	Vermogendissipatie (w/pool)	-	-	-	45	66,4	-	-	-	80	113	?	-	-	-	-	-	-
SIRCO PV ⁽¹⁾	Kastgrootte	B4 ⁽³⁾				B5 ⁽³⁾				B6 ⁽³⁾				B7 ⁽³⁾				
	Vermogendissipatie (w/pool)	10	20	30	40	70	-	-	-	32	-	-	-	80	-	-	-	-

(1) 1 kring PV tot 1000 VDC.

(2) Toestel 500 VDC/P.

(3) Toestel 250 VDC/P.

	Kaliber (A)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3200	4000
FUSERBLOC	Vermogendissipatie (w/pool)	4,6 (CD)	-	7,1	10,4	-	15	18	22	33	39	55,3	57	-	118	131	-	234	-	-	-	-	-	-
FUSOMAT	Vermogendissipatie (w/pool)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	-	50	-	83,5	-	-	222	-	-	-	-	-	-
ATyS	Vermogendissipatie (w/pool)	-	-	-	-	-	-	1,9	3,2	4,1	5,9	7,8	15,1	17	32,4	41,7	46,9	93,3	122	153	178	255	330	-
ATyS M	Vermogendissipatie (w/pool)	-	0,6	-	1,2	2,2	4	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Voorbeeld : Een kast bestaat uit een hoofdschakelaar (FUSERBLOC 4 x 630) en verschillende uitgangen. De nominale stroom is 550 A.

• Vermogensdissipatie bij 630 A (zie tabel hierboven) : $97,7 \times 3 = 293 \text{ W}$

• Vermogensdissipatie bij 550 A :

$$293 \times \left[\frac{500}{630} \right]^2 = 223 \text{ W}$$

Het totale vermogen in de kast (apparatuur, kabels, enz.) bedraagt 400 W. Afmetingen van de kast : H = 2000 mm, D = 600 mm, B = 800 mm.

De kast bevindt zich tussen twee andere kasten en tegen de muur. De vrije oppervlakte is : $S \text{ (m}^2\text{)} = 2 \times 0,8 \text{ (voor)} + 0,6 \times 0,8 \text{ (boven)} = 2,08 \text{ m}^2$

• Temperatuursverhoging in de kast :

$$\Delta T = \frac{400 \text{ W}}{5,5 \times 2,08 \text{ m}^2} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Voor een omgevingstemperatuur van 35°C geldt het volgende : $T = 35 \text{ }^\circ\text{C} + 35 \text{ }^\circ\text{C} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Om de temperatuur te beperken tot maximaal $T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$), is een ventilatie vereist met een debiet :

$$D = 3,1 \times \left[\frac{400}{20} - 5,5 \times 2,08 \right] = 26,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Polyesterbehuizingen

De behuizingen kunnen gebruikt worden op voor publieke toegankelijke plaatsen. Het Ministerieel arrest van 25.06.80 verplicht zelfdovende kasten (gloeidraadproef bij minimum 750 °C conform NF C 20445).

Type kast	COMBIESTER		MINIPOL	MAXIPOL
	transparant deksel	ondoorzichtig deksel		
Gloeidraadproef	960 °C	850 °C	960 °C	960 °C

Thermische effecten (vervolg)

Beveiliging tegen de thermische effecten (volgens NF C 15100)

De temperaturen van elektrische materialen zijn beperkt tot de waarden in de tabel hieronder :

Toegankelijke delen	Materialen	T (°) max
Handbediende bedieningsorganen	Metaal	55
	Net metaal	65
Bedoeld om aan te raken maar niet bestemd om in de hand te houden	Metaal	70
	Net metaal	80
Niet bestemd om aan te raken bij normaal gebruik	Metaal	80
	Net metaal	90

Thermische berekening van kasten

Veronderstelling

- De maximale interne temperatuur van de kast bepalen die opgelegd wordt door de meest gevoelige component.
- De maximale interne temperatuur van de omgeving bepalen (buiten de kast).
- De afmetingen van de kast bepalen
 waar T_i (°C) = Interne temperatuur
 T_a (°C) = Omgevingstemperatuur
 $H - L - P$ (m) = Hoogte - Breedte - Diepte

Benodigd vermogen om de temperatuur in de kast op peil te houden

$$P_n (W) = P_d - K \times S \times (T_i \text{ max} - T_a \text{ max})$$

$K = 5,5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ voor een behuizing van gelakt plaatijzer
 $K = 4 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ voor een behuizing van polyester
 $K = 3,7 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ voor een behuizing van roestvast staal
 $K = 12 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ voor een behuizing van aluminium
 $P_n (W)$: benodigd vermogen

Vermogen afkomstig van de componenten

SOCOMEc apparatuur

Zie de details van de vermogensdissipatie bij nominale stroom (pagina 114)

$$P_d = P_{nom} \times \left[\frac{I_e}{I_{th}} \right]^2$$

$P_{nom} (W)$: Nominaal vermogen
 $P_d (W)$: Gedissipeerd vermogen bij bedrijfsstroom
 $I_e (A)$: Bedrijfsstroom
 $I_{th} (A)$: Nominale stroom

Keuze van het type regeling

a) Ventilatie

Ventilator kiezen waarvan het specifieke vermogen juist groter is dan de berekende waarde.

$$\text{Debiet (m}^3/\text{h)} = \frac{3,1 \times P_n}{T_i \text{ max} - T_a \text{ max}}$$

N.B.: deze oplossing is alleen mogelijk indien $T_i \text{ max} - T_a \text{ max} > 5^\circ\text{C}$

b) Warmtewisselaar lucht/lucht:

Warmtewisselaar kiezen waarvan het specifieke vermogen juist groter is dan de berekende waarde.

$$\text{Specifiek vermogen (W/°K)} = \frac{P_n}{T_i \text{ max} - T_a \text{ max}}$$

N.B.: deze oplossing is alleen mogelijk indien $T_i \text{ max} - T_a \text{ max} > 5^\circ\text{C}$

c) Airconditioning

Airconditioning kiezen waarvan het koelvermogen juist groter is dan het benodigd vermogen (P_n).

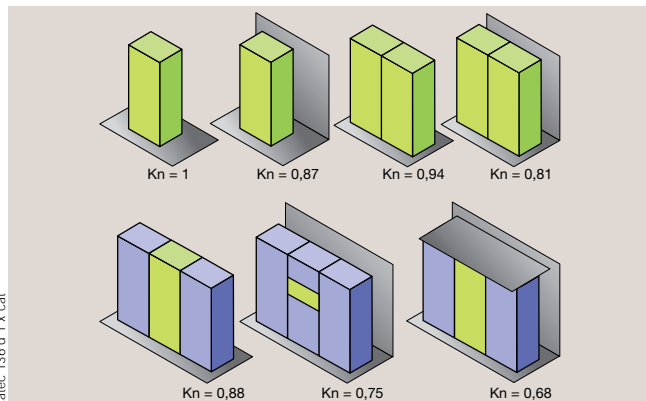
d) Verwarmingsweerstand

Die verwarmingsweerstand kiezen waarvan het specifieke vermogen juist groter is dan de berekende waarde.

$$P_c (W) = [(T_i \text{ max} - T_a \text{ max}) \times K \times S] - P_n$$

Gecorrigeerd warmtewisselingsoppervlak

- De correctiefactor K_n bepalen (functie van de montagewijze)



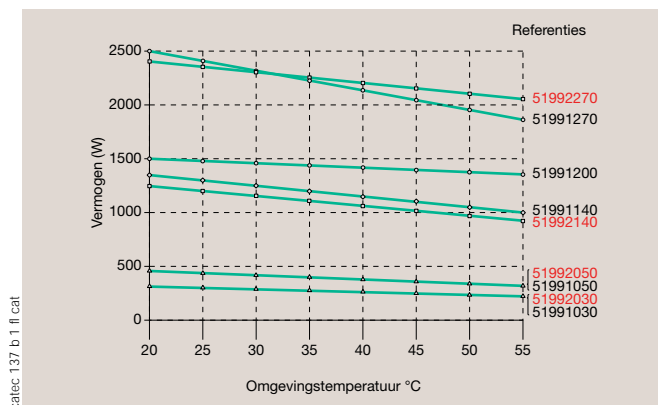
- Gecorrigeerd oppervlak

$$S = K_n (1,8 \times H \times (L + P) + 1,4 \times L \times P)$$

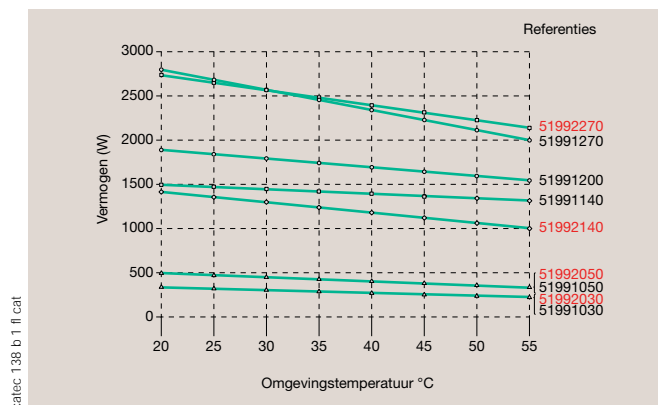
Keuze van de airconditioning

Onderstaande curves bepalen de keuze van de airconditioning uitgaande van de gewenste temperatuur in de kast, de omgevingstemperatuur en het benodigd vermogen (zie berekening pagina 116).

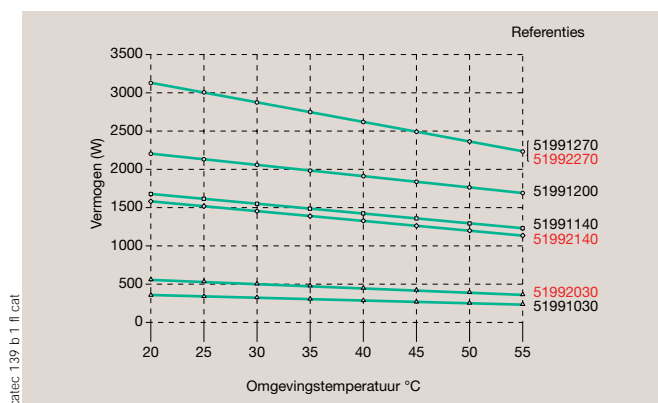
Gewenste temperatuur in de kast= 25 °C



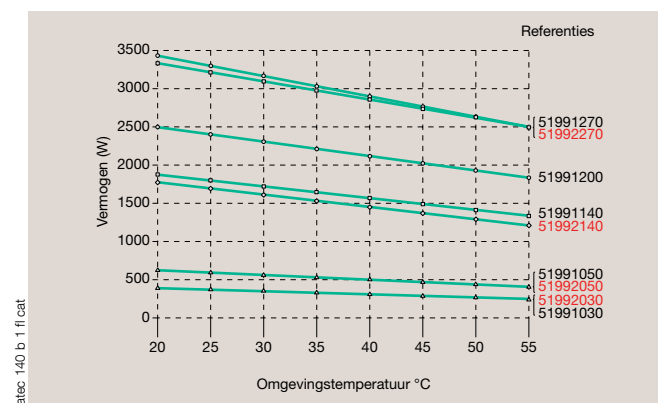
Gewenste temperatuur in de kast= 30 °C



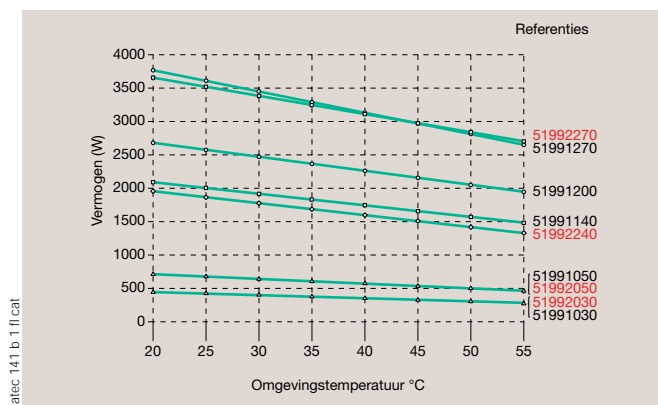
Gewenste temperatuur in de kast= 35 °C



Gewenste temperatuur in de kast= 40 °C



Gewenste temperatuur in de kast= 45 °C



■ Dakmontage
■ Gevelmontage

Voorbeeld

Maximale interne temperatuur (Ti max)

25 °C

Maximale omgevingstemperatuur (Ta max)

45 °C

Benodigd vermogen (Pn)

2000 W

Materiaalkeuze van het barenstel

Tabel A: Fysische constanten van koper en aluminium

Normen	Koper	Aluminium
Type	EN 1652/NFA 51-100	HN 63 J 60, CNET 3072.1, kwaliteit 6101T5
Soortelijke massa	ETP-H12 (EN 1652) Cu A1 (NFA 51-100)	legering Al Mg Si vertind 15 µm
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	8890 kg/m ³	2700 kg/m ³
Minimale breukweerstand	17 x 10 ⁻⁶ per °C (17 x 10 ⁻³ mm/m)	23 x 10 ⁻⁶ per °C (23 x 10 ⁻³ mm/m)
Weerstand bij 20 °C	250 N/mm ²	150 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	≤ 18 mW mm ² /m	≤ 30 mW mm ² /m
	120000 N/mm ²	67000 N/mm ²

Bepalen van de piek I_{cc} in functie van de effectieve I_{cc}

Tabel B: Volgens IEC 61439-1

Effectieve waarden van de kortsluitstroom	n
I ≤ 5 kA	1,5
5 kA < I ≤ 10 kA	1,7
10 kA < I ≤ 20 kA	2
20 kA < I ≤ 50 kA	2,1
50 kA < I	2,2

$$I_{cc \text{ piek}} = n \times I_{cc \text{ eff}}$$

Thermisch effect van de kortsluiting

De kortsluitstroom veroorzaakt een verhitting van de baar. De eindtemperatuur van de baar mag niet hoger zijn dan 160 °C, anders wordt de steun voor het barenstel aangetast. De thermische belasting moet gelijk zijn aan:

$$(I_{cc})^2 \times t \leq K_E^2 S^2$$

I_{cc} : effectieve kortsluitstroom in A

t : duur van de kortsluiting (gewoonlijk gelijk aan de onderbrekingstijd van de beveiliging)

S : sectie van de baar in mm².

K_E : coëfficiënt uit tabel C, in functie van de temperatuur T_f van de baar in normale werkingstoestand (vóór de kortsluiting).

Tabel C

T_f	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
K_E	89,2	84,7	80,1	75,4	70	65,5	60,2	54,6	48,5	41,7

Elektrochemische koppels

Om extreem grote verhittingen als gevolg van elektrochemische koppels (corrosie) te voorkomen, mogen er geen geleiders met een elektrochemisch potentiaal > 300 mV aangesloten worden (zie Tabel D).

Tabel D

	Zilver	Koper	Aluminium	Tin	Staal	Messing	Nikkel
Zilver	ja	ja	nee	nee	nee	ja	ja
Koper	ja	ja	nee	ja	nee	ja	ja
Aluminium	nee	nee	ja	ja	ja	nee	nee
Tin	nee	ja	ja	ja	ja	ja	nee
Staal	nee	nee	ja	ja	ja	nee	nee
Messing	ja	ja	nee	ja	nee	ja	ja
Nikkel	ja	ja	nee	nee	nee	ja	ja

Voorbeeld: een aluminium baar mag niet direct met een koperen baar worden verbonden. Er moet bijvoorbeeld een vertinde aluminium baar tussen geplaatst worden:

- Aluminium/Tin → JA
- Tin/Koper → JA

Statische onderbrekingsvrije voeding (UPS)

Als gevolg van de toenemende automatisering van de apparatuur, is het tegenwoordig noodzakelijk om de computers voor de gegevensverwerking en de industriële processen te beschermen tegen het wegvallen van de netspanning door het plaatsen van een onderbrekingsvrije voeding, ook wel UPS genoemd.

De meeste elektronische apparatuur is gevoelig voor spanningsveranderingen, of het nu gaat om een computer of een ander digitaal besturingsapparaat met een microprocessor.

Dit type apparatuur vraagt om een UPS om een stabiele en betrouwbare voeding te garanderen en op deze manier gegevensverlies, beschadiging van de hardware of het kostbare en vaak gevaarlijke uitvallen van de controle over industriële processen te voorkomen.

Werkingsprincipe

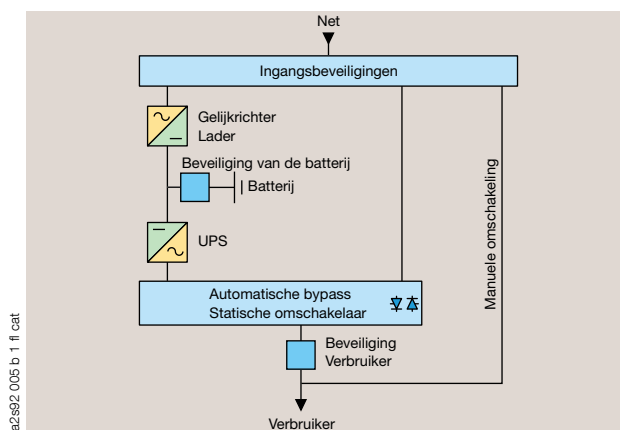
Functie

Een UPS heeft twee hoofdfuncties om de beveiliging van apparatuur te garanderen:

- de regeling van de wisselstroomuitgang om een perfecte sinusvormige spanning met de vereiste frequentie te krijgen,
- het opvangen van stroomstoringen door middel van in een batterij opgeslagen energie.

De ingang van een UPS is verbonden met het wisselstroomnet. De wisselspanning wordt door een gelijkrichter omgevormd tot een gelijkspanning. Deze gelijkspanning voedt de wisselrichter en laadt de batterij op.

In het geval dat de voeding uitvalt, neemt de batterij het voeden van de wisselrichter over. Deze zet de gelijkspanning om in een perfecte wisselspanning. Deze wisselstroomuitgang voedt tenslotte de aangesloten verbruikers.



Schematisch overzicht van een UPS.

Technologie

In de wisselrichter (omvormer gelijk/wissel), wordt de gelijkstroom omgevormd door een systeem van elektronische schakelaars om een sinusvormige wisselgolf te produceren.

De vooruitgang in de technologie van de onderbreking in vermogenselektronica heeft het mogelijk gemaakt om de thyristoren te vervangen door bipolaire transistors, en vervolgens door IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors).

Daardoor werd het mogelijk om de onderbrekingsfrequentie te verhogen. Dankzij de kortere impulsen kan de uitgangssinus nauwkeuriger opgebouwd worden, en is een beter antwoord mogelijk op het probleem van de voeding van niet-lineaire belastingen.

Bypass

De bypass is een statische schakelaar die automatisch de verbruikers rechtstreeks met het net verbindt en de wisselrichter ontkoppelt in geval van overbelasting (bijv. starten van motoren) of als de wisselrichter defect is.

Als alle parameters weer binnen de vastgelegde tolerantiegrenzen zijn teruggekeerd, worden de verbruikers automatisch weer verbonden met de wisselrichter. De statische schakelaar, bestaande uit thyristoren, maakt een onderbrekingsvrije omschakeling mogelijk.

De UPS hebben een grote MTBF (gemiddelde tijd tussen twee storingen), want een defect veronderstelt zowel een storing in de UPS en een storing in de bypass.

Statische onderbrekingsvrije voeding (UPS)

Werkingssprincipe (vervolg)

Batterijen

De meest toegepaste batterijen zijn afgesloten loodbatterijen. Dit type batterij kan worden geïnstalleerd in dezelfde ruimte als de UPS. Er hoeft geen elektrolyt te worden bijgevoerd en de batterij kan in een rack of in een kast worden geïnstalleerd.

Een andere mogelijkheid is een open loodbatterij. Deze moet echter op een toegankelijke plek worden geplaatst om het regelmatig bijvullen van het elektrolyt (eens per jaar). Bovendien stellen de normen hoge eisen aan de installatie van een ruimte voor batterijen (ventilatie, enz.).

Nikkel-cadmium-batterijen zijn duurder, maar staan bekend om hun lange levensduur en betrouwbaarheid. Zij worden algemeen toegepast op plaatsen waaraan strenge eisen worden gesteld en zij kunnen in een rack of in een kast worden geïnstalleerd.

Het formaat van de batterij is afhankelijk van de gewenste autonomie. Deze bedraagt meestal 10 tot 30 minuten. Bepaalde batterijen bieden een veel langere autonomie, tot wel enkele uren. In dat geval moet het vermogen van de gelijkrichter daaraan zijn aangepast.

De keuze van de autonomie van de batterij wordt in hoofdzaak bepaald door de tijd die nodig is om het noodaggregaat te starten (rekening houdend met eventuele mislukte startpogingen).

Indien er geen noodaggregaat is, wordt de autonomie bepaald ten opzichte van de verwachte maximale duur van een onderbreking van de voeding of de tijd die nodig is om de apparatuur correct te stoppen.

De specificaties van een UPS zijn afhankelijk van het vermogen ervan (bijv. 20 kVA of 800 kVA), van de vereiste autonomie van de batterij (bijv. 15 minuten) en van het ontwerp van de ingang en de uitgang, eenfasig of driefasig. De kwaliteitscriteria van een UPS zijn de volgende:

- de mogelijkheid om niet-lineaire belastingen te kunnen voeden (in de meeste moderne elektronica kunnen grote piekstromen optreden),
- de eigenschappen op het gebied van elektrische "vervuiling":
 - harmonischen van het net waarvoor een gelijkrichter met geringe herinjectie nodig is,
 - elektromagnetische straling,
- de mogelijkheid om netstoringen te filteren die veroorzaakt worden door niet-lineaire belastingen,
- het hoge rendement: dit is afhankelijk van de onderbrekingstechnologie (vermogensverliezen zijn duur). Het hoogste rendement wordt verkregen door IGBT-technologie te gebruiken met een digitale regeling.

Beperking van de harmonischen

Een UPS gebruikt meestal een gelijkrichter met Graetz-brug om de ingaande wisselstroom van het net om te zetten in gelijkstroom. Deze bestaat uit drie thyristoren per fase, wat een totaal betekent van zes thyristoren voor een driefasige ingang, gevolgd door een filter.

Een klassieke 6-pulsengelijkrichter (elke impuls correspondeert met een thyristor) genereert een percentage harmonischen in de orde van 30 %, in de stroom op het net dat hij voedt.

Bepaalde configuraties van laagspanningsdistributenetten, met name als er een stroomaggregaat aanwezig is, stellen speciale eisen op het gebied van harmonische herinjecties stroomopwaarts van de gelijkrichter.

Om aan deze behoefte te voldoen, hebben sommige UPS'en een uitvoering met een "propere" gelijkrichter met een zeer klein percentage harmonische herinjectie. Dit resulteert in slechts 5 % harmonischen in de stroom. Dit resultaat is onafhankelijk van de mogelijke variaties van de eigenschappen van het net, wat betreft frequentie en impedantie, en van het gebruik van de UPS.

Dankzij de door de "propere" gelijkrichter gebruikte technologie is deze compatibel met de filtersystemen of de compensatie van de arbeidsfactor (condensatorbatterij voor de faseverschuiving) die aanwezig zijn op het net.

Daarom is de "propere" gelijkrichter de aangewezen oplossing als op uw net stroomaggregaten aanwezig zijn.

Een andere oplossing is het gebruik van een 12-pulsengelijkrichter met dubbele brug. Deze bestaat uit twee parallelle thyristorbruggen (12 thyristoren in totaal) en een ingangstransformator die een defasering veroorzaakt van 30° van een brug ten opzichte van de andere, waardoor de vervorming van de stroom minder is dan 10 %.

12-, 18- of zelfs 24-pulsengelijkrichters (3 % vervorming) kunnen eenvoudig worden toegepast in geval van twee of meer parallel geschakelde UPS'en, eenvoudig door een faseverschuivingstransformator stroomopwaarts van elke 6-pulsen UPS te gebruiken.

Als goedkoper alternatief wordt vaak een passief filter voorgesteld. Dit werkt volgens het principe van de resonantie met een smoorspoel en een condensator, die in theorie de harmonischen moeten onderdrukken. Tests hebben echter aangetoond dat de onverwachte en veranderende impedantie van het net de efficiëntie van de filter helaas aanzienlijk vermindert.

Erger is, dat de kleinste variatie van de frequentie van het net, zoals vaak het geval is bij een noodaggregaat, de harmonischen juist versterkt in plaats dat ze worden onderdrukt.

En het is nu juist bij het gebruik van een noodaggregaat belangrijk om de harmonischen te beperken.

Werkingsprincipe (vervolg)

Niet-lineaire belastingen

Het is afhankelijk van de in de wisselrichter toegepaste technologie of de UPS geschikt is voor het voeden van niet-lineaire belastingen.

De meeste moderne computers en elektronische apparaten gebruiken voedingen met diodeafbreking die slechts gedurende een klein deel van de periode stroom afnemen. Hierdoor kunnen piekfactoren van de stroom optreden die groter zijn dan 3.

Dankzij de IGBT-technologie, tezamen met de door SOCOMEC in UPS'en toegepaste digitale regeling, zijn deze UPS'en bijzonder geschikt voor de voeding van niet-lineaire belastingen.

Het is belangrijk dat de te voeden piekfactor past bij de vervorming van de vervorming. De overeenkomstige maximaal toelaatbare spanning van de vervorming (sommige UPS'en kunnen stroompieken leveren, maar dat gaat dan ten koste van een vervorming van de spanning, wat voor een groot aantal belastingen ontoelaatbaar is).

Voorbeeld : piekfactor 3,0 met minder dan 3 % vervorming bij belasting.

Vermindering van elektromagnetische storingen

De normen met betrekking tot elektromagnetische storingen worden voor een groot aantal elektrische apparaten, inclusief UPS'en, steeds strenger. De storingen kunnen stroomopwaarts of stroomafwaarts circuleren, door tussenkomst van de elektrische kabels. Om ze te verzwakken zijn er speciale filters leverbaar.

Elektromagnetische storingen kunnen ook optreden in de vorm van straling en op die manier andere elektronische apparaten beïnvloeden.

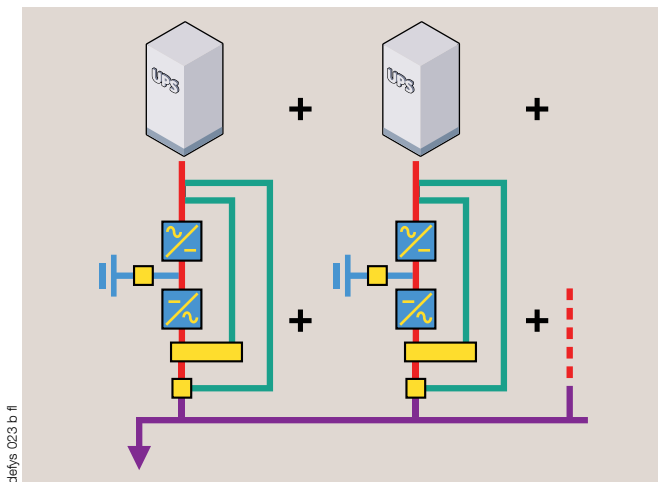
De mechanische constructie van de UPS'en van SOCOMEC is gebaseerd op het principe van de kooi van Faraday en elke toegang is gefilterd. Het geheel voldoet zo aan de civiele of militaire EMC-normen (elektromagnetische compatibiliteit).

Parallele UPS

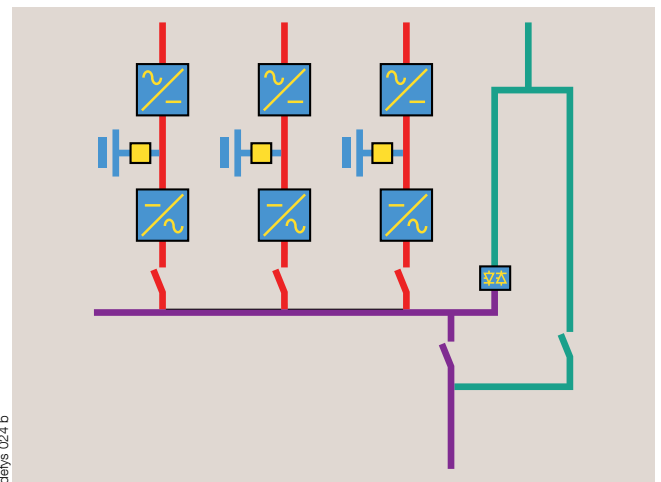
Door het parallel schakelen van twee of meer UPS'en kan het geleverde vermogen groter zijn of kan redundantie gegarandeerd worden. Verschillende opstellingen zijn mogelijk voor het parallel schakelen van UPS'en.

Er is een modulaire benadering, waarbij elke UPS zijn eigen bypass heeft. Deze biedt een grote flexibiliteit waarbij later nog modules kunnen worden toegevoegd voor het vergroten van het vermogen, zonder de centrale bypass te moeten vergroten.

De koppeling aan een centrale bypass-kast gebruikt een statische omschakelaar die is vastgesteld voor het oorspronkelijke vermogen van het systeem met een grote kortsluitcapaciteit. Deze opstelling is geschikt voor vermogensuitbreidingen en maakt een redundantie van het systeem mogelijk.



Modulaire UPS parallel geschakeld.



UPS parallel geschakeld met centrale bypass.

Statische onderbrekingsvrije voeding (UPS)

Werkingsprincipe (vervolg)

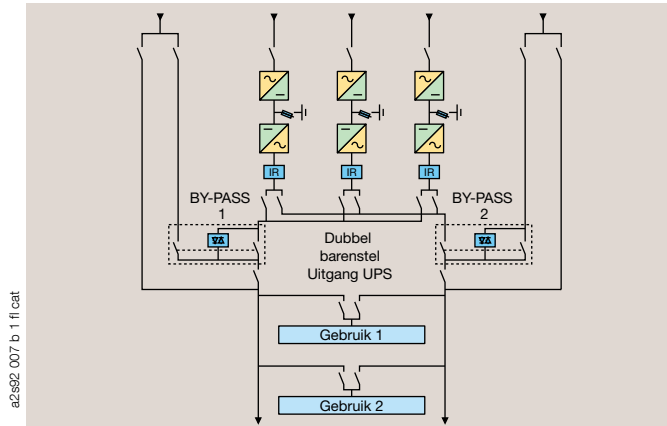
Dubbel barenstel bij de uitgang

De meeste grote systemen hebben twee of meer parallel geschakelde UPS'en met twee of meer belastingen.

Een andere mogelijkheid die bijzonder nuttig kan zijn, is een dubbel barenstel bij de uitgang, met een of zelfs twee bypassen.

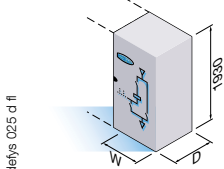
Dit geeft een grote flexibiliteit voor het:

- aansluiten van ongeacht welke UPS aan ongeacht welke belasting,
- verbinden van nieuwe apparatuur met een UPS, met een totale onafhankelijkheid ten opzichte van de oorspronkelijke belasting, die door de andere UPS gevoed blijft (op deze manier voorkomt men eventuele kortsluitingen bij de nieuwe apparatuur die invloed kunnen hebben op de bestaande installatie),
- profiteren van dubbele distributiecircuit, waardoor de MTTR (gemiddelde reparatietijd) bij een kortsluiting aanzienlijk afneemt.



Redundantie door dubbel barenstel.

Multi-bypass



Modulaire UPS parallel geschakeld.

Voor een grotere souplesse in de exploitatie, biedt de exclusieve SOCOMECS de voordelen van de functionele scheiding van de gebruiksgroepen, het selectief afschakelen ten gunste van de meest kritische verbruikers, het selectieve onderhoud, de mogelijkheid tot geleidelijke en gedeeltelijke uitbreiding en de keuze van het kaliber van iedere bypass.

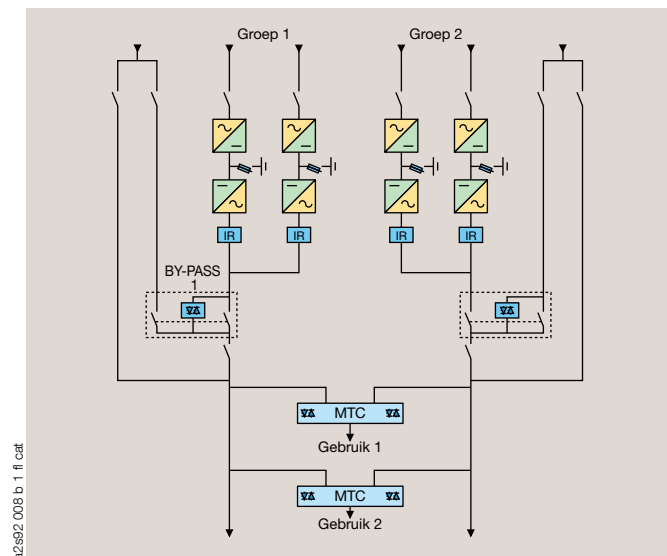
Belastingstransfermodule (MTC)

Voor bepaalde gevoelige elektronische apparatuur, zoals bijvoorbeeld van een veiligheidssysteem van een industrieel proces, zijn volledig redundante UPS-bronnen noodzakelijk. Dit betekent twee gescheiden UPS'en, elk met een eigen bypass, en twee gescheiden distributiesystemen.

SOCOMECS heeft hiervoor een intelligent belastingstransfermodule (MTC) ontwikkeld, die een storing in de voeding kan detecteren en automatisch zonder enige onderbreking de belasting van de ene bron kan overzetten, door middel van een statische omschakelaar. Hierbij is totale redundantie gegarandeerd, zelfs bij een ernstige storing van de tweede bron (kortsluiting, brand, enz.).

Een groot aantal gevoelige elektronische verbruikers, elk met zijn eigen belastingstransfermodule, kan gevoed worden door hetzelfde dubbele redundante distributiesysteem.

Belastingstransfermodules worden met veel succes toegepast in de dienstensector (banken, verzekeringen, enz.) en in de industrie (verwerking van nucleair afval, controlekamers van raffinaderijen, telecommunicatie via satellieten, enz.).



Totale redundantie belastingstransfermodules.

Speciale toepassingen

UPS'en worden toegepast in een groot aantal industriële omgevingen, waarvan sommige met zeer zware eisen.

We zien hier een paar toepassingen die SOCOMECS heeft ontwikkeld:

- speciale aardbevingbestendige versterking voor kerncentrales,
- explosiebestendige kasten voor UPS'en aan boord van marineschepen,
- stof- en vloeistofdichte machines voor industriële locaties,
- units in shelters voor luchttransport,
- waterdichte UPS'en voor booreilanden.

Communicatie

Beheer op afstand

Een compleet aanbod om te communiceren

UPS'en vormen tegenwoordig een vast onderdeel in de keten van industriële apparaten of worden beschouwd als volwaardige randorganen in de informatica. Op grond daarvan, moet een UPS zijn status en elektrische gegevens kunnen communiceren. Hiervoor worden verschillende interfaces en software gebruikt.

Kast voor beheer op afstand

Signalering en bediening op afstand bij de exploitant

Geïnstalleerd in de technische ruimte of dichtbij het informaticasysteem, geeft een kast met een scherm en een toetsenbord toegang tot het bedieningspaneel van de UPS.

Afstandsmeldcontact voor bewaking

Het op afstand overbrengen van de status en het beheer van de externe informatie

Door middel van te configureren potentiaal vrije contacten kan de exploitant geïnformeerd worden over alle in de UPS beschikbare informatie. Er zijn externe informatie-ingangen voor het beheer van de werking met een stroomaggregaat (desynchronisatie), het stoppen van het opladen van de batterij, de nooduitschakeling en andere te configureren mogelijkheden.

Seriële poort

De communicatie van alle parameters en bevelen

De seriële verbinding brengt de communicatie tot stand met de centrale technische beheersystemen. Alle informatie uit de database van de UPS, status, metingen, alarmen en bevelen worden verzonden via een seriële verbinding RS232, RS422, RS485 JBUS/MODBUS-protocol.

Communicatie met servers

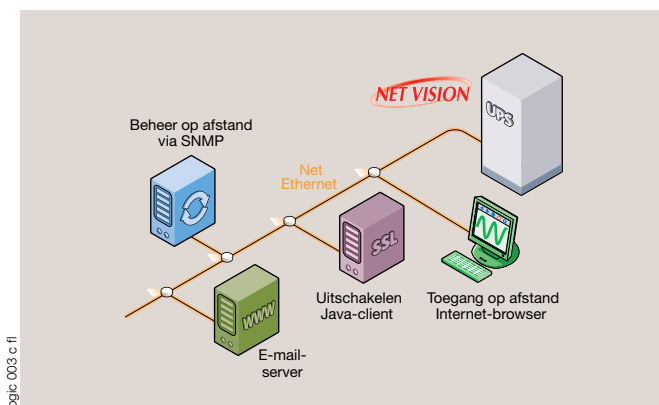
Het automatisch stoppen van de besturingssystemen

De UPS, met de UPS VISION software, communiceert met de informatica-apparatuur. Als het elektrische net wegvalt, worden de gebruikers gewaarschuwd dat op de batterij gewerkt wordt. Voor het einde van de autonomie, stopt UPS VISION de besturingssystemen op de juiste manier. De SNMP agent van UPS VISION bewaakt de UPS zoals ieder randorgaan van een informaticanetwerk.

Aansluiting op de netwerken

De rechtstreekse aansluiting op ETHERNET

Met NET VISION kan de UPS rechtstreeks op een ethernet-netwerk aangesloten worden als intelligent randorgaan dat wordt bewaakt door een SNMP beheer-pc. De informatie is toegankelijk in de vorm van HTML-pagina's met een door een Java-applet beheerde vormgeving. Met behulp van een webbrowser kan de netwerkbeheerder de UPS via het intranet configureren, bewaken en beheeren. NET VISION kan ook automatisch de besturingssystemen van de servers stoppen.



Socomec wereldwijd

BELGIË

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
Paepsem Business Park
Paepsemalaan 18 E
B-1070 Brussel
Tel. 02 340 02 30
Fax 02 346 28 99
info.be@socomec.com

IN EUROPA

DUITSLAND

Critical Power
info.ups.de@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.de@socomec.com

FRANKRIJK

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
dcm.ups.fr@socomec.com

ITALIË

Critical Power
info.ups.it@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.it@socomec.com

NEDERLAND

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.nl@socomec.com

POLEN

Critical Power
info.ups.pl@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.pl@socomec.com

PORTUGAL

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.ups.pt@socomec.com

ROEMENIË

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.ro@socomec.com

SERVIË

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.rs@socomec.com

SLOVENIË

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.si@socomec.com

SPANJE

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.es@socomec.com

TURKIJE

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.tr@socomec.com

VERENIGD KONINKRIJK

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.uk@socomec.com

ZWITSERLAND

Critical Power
info@socomec.ch

IN APAC

AUSTRALIË

Critical Power / Power Control & Safety
info.ups.au@socomec.com

CHINA

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.cn@socomec.com

INDIË

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.in@socomec.com

SINGAPORE

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.sg@socomec.com

THAILAND

Critical Power
info.ups.th@socomec.com

IN HET MIDDEN-OOSTEN

VERENIGDE ARABISCHE EMIRATEN

Critical Power / Power Control & Safety /
Energy Efficiency
info.ae@socomec.com

IN AMERIKA

USA, CANADA & MEXICO

Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.us@socomec.com

ANDERE LANDEN

NOORD-AFRIKA

Algerije / Marokko / Tunesië
info.naf@socomec.com

AFRIKA

Andere landen
info.africa@socomec.com

ZUID-EUROPA

Cyprus / Griekenland / Israël / Malta
info.se@socomec.com

ZUID-AMERIKA

info.es@socomec.com

MEER INFORMATIE

www.socomec.com/worldwide

HOOFDZETEL

GROEP SOCOMECC

SAS kapitaal 10 686 000 €
R.C.S. Strasbourg B 548 500 149
B.P. 60010 - 1, rue de Westhouse
F-67235 Benfeld Cedex - FRANKRIJK
Tel. +33 3 88 57 41 41
Fax +33 3 88 74 08 00
info.scp.isd@socomec.com

UW VERDELER

www.socomec.com

your energy
our expertise

