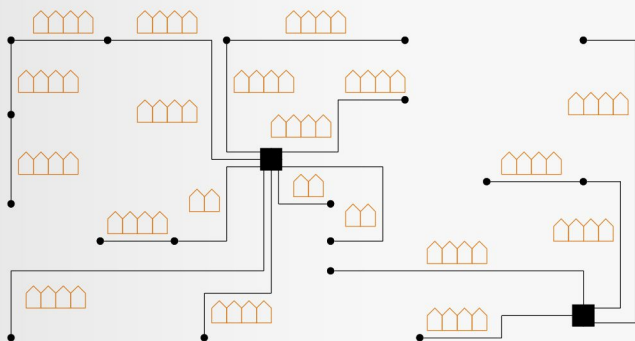


transportnet en de 20 kV-subringen een enkelvoudige storingsreserve zonder energieonderbreking. De open bedreven subringen op 10 kV-niveau hebben een enkelvoudige storingsreserve met energieonderbreking.

#### 2.4.4 Structuur van laagspanningsdistributienetten

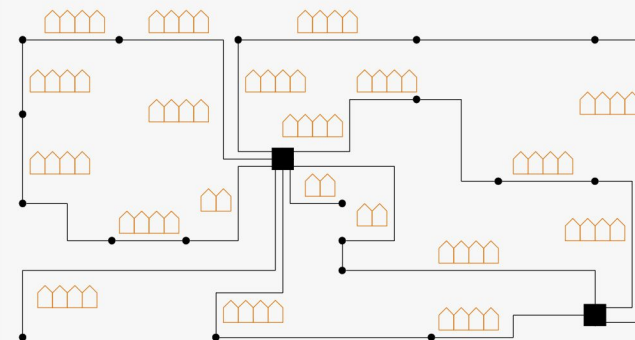
Laagspanningsnetten hebben als functie alle klanten met een laagspanningsaansluiting voor vermogens tot 300 kVA (bij 3 fasen, 400 V, maximaal 435 A) op het elektriciteitsnet aan te sluiten. De netopbouw is sterk afhankelijk van de lokale situatie. Laagspanningsnetten zijn in principe vanaf een netstation stervormig aangelegd en hebben meestal geen verbinding met een ander netstation. Er bestaan echter ook situaties van ringvormige en vermaasde structuur.

Figuur 2.11 illustreert de radiale structuur. De netstations zijn aangegeven met dichte vierkanten. Er is sprake van geen storingsreserve. Eventueel kan een generatorwagen worden ingezet om de levering te herstellen.



Figuur 2.11 Radiaal LS-net; voeding vanuit één netstation; geen storingsreserve

In oudere stedelijke distributienetten komen soms vermaasde LS-netten voor, die ook vermaasd worden bedreven. Figuur 2.12 geeft een voorbeeld hiervan. Bij deze netten moeten de voedende distributiestationen zich in dezelfde MS-streng bevinden.



Figuur 2.12 Vermaasd LS-net; voeding vanuit meerdere netstations; geen storingsreserve

In het algemeen leidt vermaasd bedrijf tot een betere spanningshuishouding en tot minder verliezen. Een groot nadeel hierbij is dat dit in geval van een storing leidt tot grotere kortsluitstromen. Er is ook een complexere beveiliging nodig. Er is daarom een trend om nieuwe laagspanningsnetten radiaal aan te leggen.

#### 2.4.5 Stations

In alle netten, op plaatsen waar verbindingen samenkomen of worden opgesplitst en waar transformatie naar een ander spanningsniveau plaatsvindt, komen stations voor. Afhankelijk van de functie van het net en de impact van uitval op de energievoorziening is in het ontwerp veel tot weinig redundantie ingebouwd. Ook de mate van stationsautomatisering en de omvang van de beveiliging hangt af van de functie. De belangrijkste stations zijn onderstation (OS), schakelstation (SS), regelstation (RS) en netstation. Een onderstation wordt gevoed vanuit het HS- of TS-net en voedt een MS-transportnet of MS-distributienet. Een schakelstation en een regelstation worden gevoed vanuit het MS-transportnet en voeden een MS-distributienet. Een netstation wordt gevoed vanuit het MS-distributienet en voedt een LS-net. Deze stations worden in dit hoofdstuk verder behandeld.

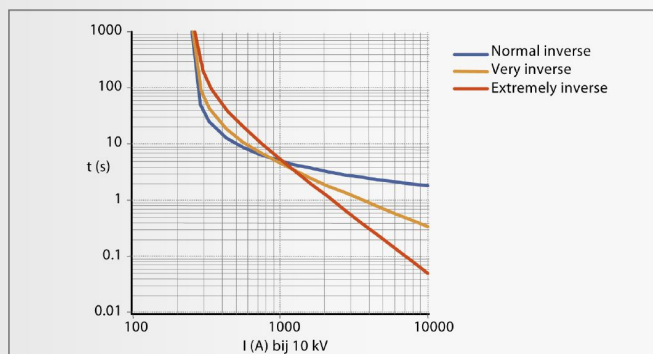
#### Railsysteem

Elk station is gebouwd rondom een railsysteem. Een railsysteem bestaat uit drie

Tabel 6.1 Inverse beveiligingskarakteristieken volgens IEC 60255

Normkarakteristiek	Standard inverse (SI)	Very inverse (VI)	Extremely inverse (EI)
Functie	$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_k}{I>}\right)^{0,02}} - 1$	$t = \frac{13,5}{\left(\frac{I_k}{I>}\right)} - 1$	$t = \frac{80}{\left(\frac{I_k}{I>}\right)^2} - 1$

Hierin is  $I_k$  de optredende kortsluitstroom en  $I>$  de ingestelde stroomwaarde. De drie normkarakteristieken worden getypeerd door de steilheid van hun hellingen: standard inverse (minst steile), very inverse (steiler) en extremely inverse (steilste). Deze karakteristieken zijn vaste eigenschappen van oude elektromechanische relais, maar kunnen ook bij moderne statische relais ingesteld worden. Van de inverse karakteristiek moet eerst het aanspreekpunt (pick up) ingesteld worden. Dit is de waarde van de stroom waarboven de timer begint te lopen. Hierna kan de afschakeltijd ingesteld worden, indien wordt afgeweken van de normkarakteristieken. Figuur 6.10 illustreert de drie normkarakteristieken.



Figuur 6.10 Relaiskarakteristieken volgens IEC 60255

In de meeste gevallen voldoet een relais met een standaard inverse karakteristiek. Indien echter geen voldoende selectiviteit kan worden verkregen, kan wellicht voor een very inverse of een extremely inverse karakteristiek gekozen worden. Very in-

verse relais zijn met name geschikt voor het geval dat de kortsluitstroom snel afneemt bij toenemende afstand van de bron. Dit is het geval bij een substantiële toename van de impedantie bij de toenemende afstand.

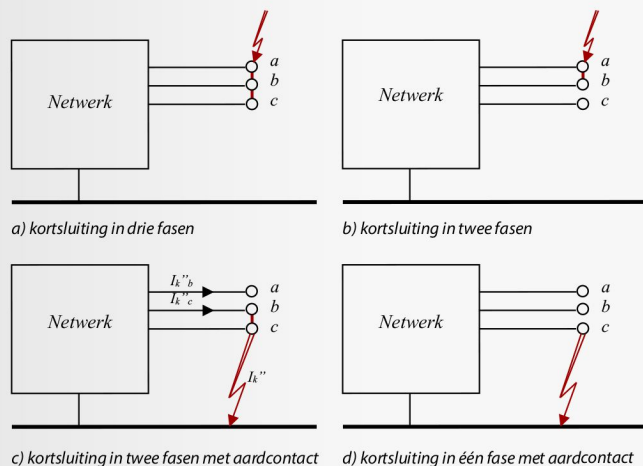


Figuur 6.11 Elektromechanische maximaal stroom-tijdbeveiligingen

### 6.1.6 Energerichtingrelais

Naast de standaard MST bestaat er een soort, waarbij ook de spanning wordt gemeten. Hierdoor kan de richting van de stroom bepaald worden. Dit wordt een energierichting (ER) beveiliging genoemd. In het middenspanningsnet is het niet meer vanzelfsprekend dat de klant een pure belasting is. Door decentrale opwekking (DCO) gaan stromen steeds vaker in andere richtingen lopen dan de gebruikelijke, van de bron naar de afnemer. Ook in het geval van parallelle circuits is het belangrijk om op grond van de stroomrichting al dan niet een uitschakelcommando te geven.

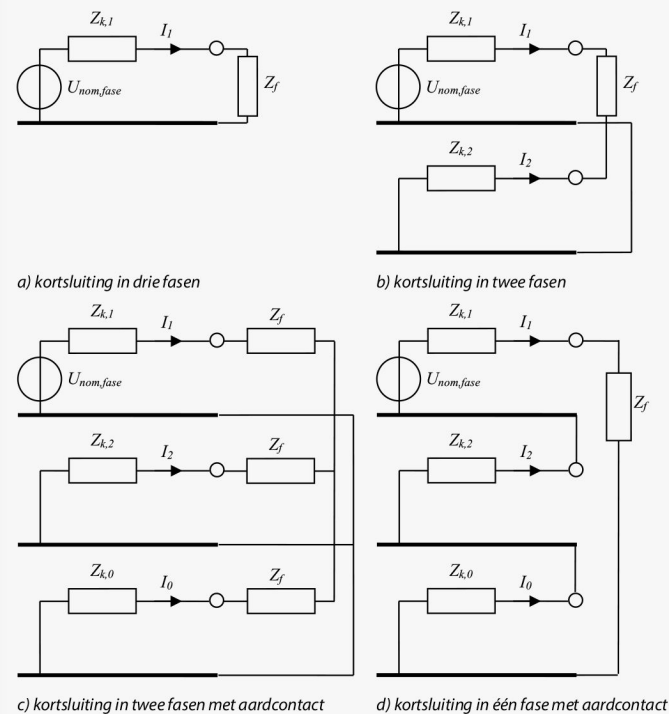
In principe bestaat de energierichtingsbeveiliging uit een combinatie van een maximaal stroom-tijdrelais en een richtingrelais. Het MST kan onafhankelijk of afhankelijk zijn. Dit relais bepaalt of de stroom boven de ingestelde waarde ligt en bepaalt het moment waarop een eventuele uitschakeling plaatsvindt. Het richtingsrelais



Figuur 10.9 Kortsluittypen

De basis voor de kortsluitstroomberekeningen wordt gelegd door de samschakelingen van de symmetrische componentnetwerken (Happoldt, 1978). Voor elke symmetrische component wordt een model gemaakt van het netwerk, waarna het type kortsluiting bepaalt op welke manier de normale, inverse en homopolaire componentnetwerken met elkaar worden verbonden. De fasestromen en fasespanningen kunnen na de terugtransformatie (zie hoofdstuk 7) uit de componentstromen en componentspanningen worden berekend. De schakelingen voor de vier kortsluittypen zijn samengevat in figuur 10.10. Hierin zijn  $Z_{k,1}$ ,  $Z_{k,2}$  en  $Z_{k,0}$  de kortsluitimpedantie van respectievelijk het normale, inverse en homopolaire netwerk op de foutplaats en is  $Z_f$  de impedantie van de kortsluiting. De spanningsbron in de componentnetwerken is de nominale fasespanning.

Bij kortsluitberekeningen volgens IEC 60909 is de impedantie van de kortsluiting  $Z_f$  altijd nul Ohm en worden niet de component-stromen  $I_1$ ,  $I_2$  en  $I_0$  berekend, maar de kortsluitstroom  $I_k$  op de foutplaats, waardoor de waarde van de spanningsbron de nominale gekoppelde spanning is, vermenigvuldigd met de  $c$ -factor.



Figuur 10.10 Componentnetwerken voor de kortsluittypen

Voor symmetrische kortsluitingen blijkt alleen de normale impedantie ( $Z_1$ ) van belang. Voor asymmetrische kortsluitingen moet ook de inverse impedantie ( $Z_2$ ) worden bepaald. Deze wordt in de meeste gevallen (ver van generator) gelijk verondersteld aan de normale impedantie ( $Z_1 = Z_2$ ). Indien de kortsluiting tussen een of twee fasen en aarde plaatsvindt, moet ook de homopolaire impedantie ( $Z_0$ ) worden bepaald.