

# Van productie tot stopcontact



De levering van  
elektriciteit in Vlaanderen

# Inhoud

<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>Algemeen</b>	<b>4</b>
<b>Huidige situatie bij de verdeling van elektriciteit</b>	<b>7</b>
Federaal	7
Vlaams gewest	7
Praktische opsplitsing van de netten in Vlaanderen	10
Wie levert jouw elektriciteit?	11
Groene stroom	11
<b>Algemene technische kenmerken van een netwerk</b>	<b>12</b>
Driefasige wisselspanning	12
Netvormen	13
Kwartuurwaarden	15
Transformatoren	16
<b>Veiligheid bij elektriciteit: algemene aspecten</b>	<b>19</b>
Mogelijke gevaren	19
Praktische uitvoering	22
<b>Bedrijfszekerheid van elektriciteitsnetten</b>	<b>29</b>
Zekerheid van energielevering	29
Zekerheid van goede werking	29
Piekbelastingen	31
Schakelen in voedingskringen	32
<b>Metten en registreren in elektriciteitsnetten</b>	<b>33</b>
De kWh-meter	33
<b>Transmissienet</b>	<b>36</b>
Organisatie en verantwoordelijkheid	36
Technische realisatie	39
Beveiliging	52
Bedrijfszekerheid	56
Metten en registreren	59
Toezicht en controle	59
REG	61
Milieu-aspecten	62

<b>Distributienetten</b>	<b>63</b>
Organisatie en verantwoordelijkheid	63
Technische realisatie	64
Beveiliging	74
Bedrijfszekerheid	76
REG	79
<b>Residentiële aftakking</b>	<b>82</b>
Organisatie en verantwoordelijkheid	82
Technische realisatie	84
Beveiliging	85
Meten en registreren	93
Toezicht en controle	94
REG	95
Milieu	98
<b>Nuttige contacten</b>	<b>100</b>

'Van productie tot stopcontact' wil inzicht geven in de organisatie en de werking van alles wat te maken heeft met elektriciteit, een energiebron die voor ieder van ons onmisbaar is. Daarbij vertrekken we van de veronderstelling dat de lezer vertrouwd is met de elementaire begrippen uit de elektriciteit.

Deze brochure is dan ook een vervolg op de brochure 'Van amber tot onmisbaar', waarin de geschiedenis van de elektriciteit wordt behandeld.

'Van productie tot stopcontact' licht toe hoe de elektriciteit vanuit de productiecentrales, over transport- en distributienetten, uiteindelijk in het stopcontact bij de gebruiker terechtkomt. Tijdens dat proces komt een zeer grote waaier van **technieken** aan bod. We vertrekken immers op hoogspanning en komen terecht op een stopcontact met laagspanning 230 V. In deze brochure lichten we de belangrijkste specifieke kenmerken toe.

Het is echter niet alleen een kwestie van techniek. Sedert de liberalisering van de energiemarkt zijn er voor de betrokkenen duidelijke **verantwoordelijkheden** en **actieterreinen** omschreven, die we hier kort onder de loep nemen.

Deze brochure is het tweede deel van een vierluik.

Deel drie brengt honderd en een tips voor een verstandig en dus spaarzaam gebruik van elektriciteit.

Deel vier, ten slotte, leert aan welke regels je je het beste houdt om veilig met elektriciteit om te springen.

We wensen je alvast veel leesplezier.

**De elektriciteit die wij verbruiken wordt geproduceerd door een zeer uitgebreid en gevarieerd productiepark. Ze komt tot bij ons via een netwerk van kabels dat zich uitstrekt over heel Europa.**

**Dat elektriciteitsnetwerk is een complex geheel van verschillende technieken. Het wordt dag en nacht operationeel gehouden door tal van gespecialiseerde mensen.**

De eisen die worden gesteld aan **de technische uitrusting** en de **exploitatie** van het elektriciteitsnet zijn afhankelijk van de plaats op het netwerk en variëren sterk.

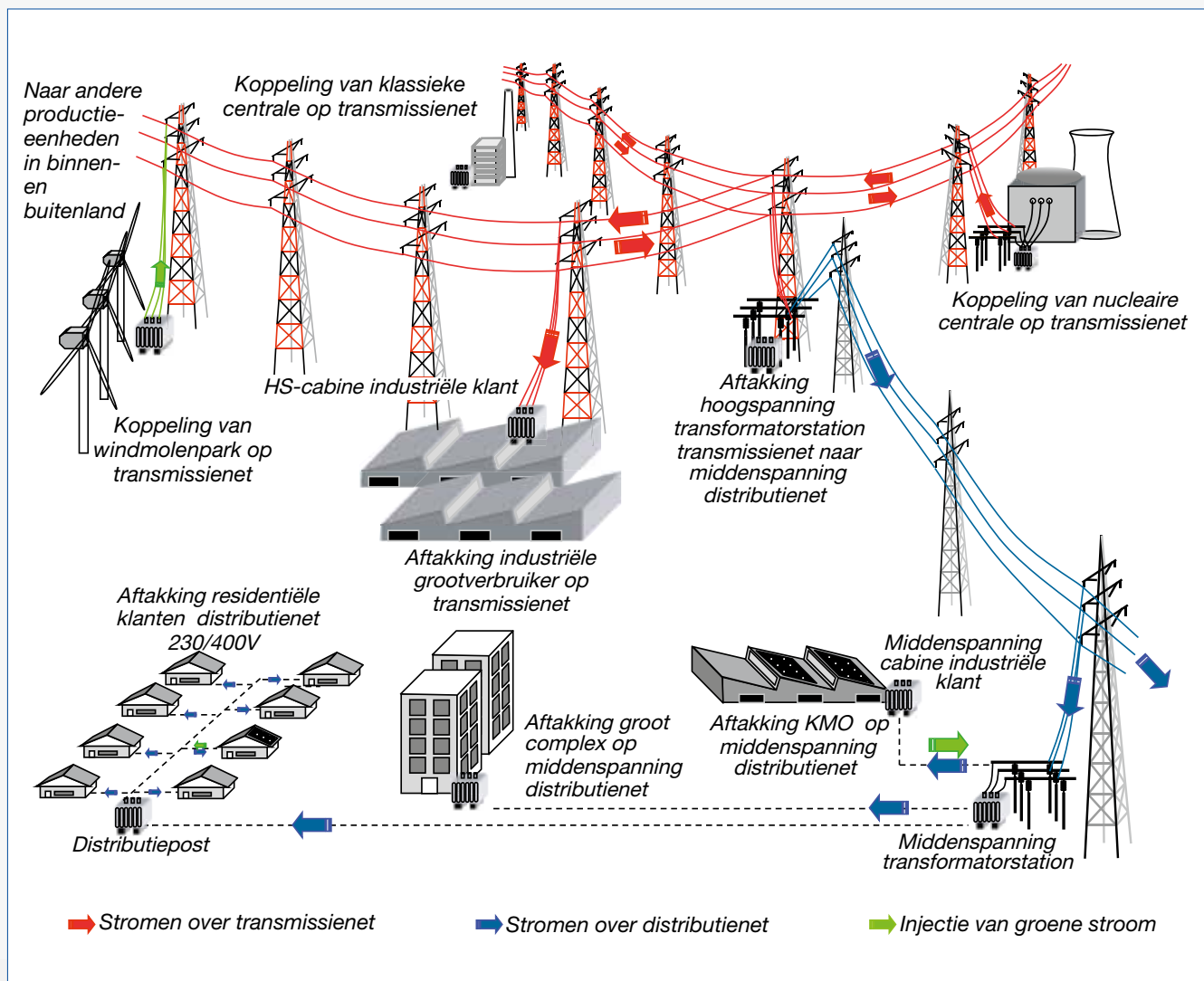
Zo zullen de transmissienetten, waarlangs relatief zeer hoge vermogens worden getransporteerd, worden uitgevoerd op zeer hoge spanning. Daarbij worden zeer hoge eisen gesteld aan de **bedrijfszekerheid**. Als hier een defect optreedt, heeft dat immers gevolgen voor zeer vele klanten. Bovendien is de herstelling van eventuele defecten hier relatief moeilijk uit te voeren en van lange duur (bv. hoogspanningslijnen op grote hoogte, zware transformatoren, strenge veiligheidsvereisten ...). Daarom zijn op transmissienetten heel wat voorzieningen getroffen om bij een eventuele panne ogenblikkelijk, en meestal automatisch, 'alternatieve circuits' in te schakelen. Die netten zijn vermaasd, wat betekent dat een bepaald station vanuit verschillende wegen kan worden gevoed. De bevoorradingszekerheid is daardoor zeer hoog en bedraagt maar liefst 99,999 %.

Nagenoeg dezelfde situatie treffen we aan op de distributienetten op middenspanning.

Gaan we meer 'stroomafwaarts', naar het einde van een abonneeaftakking, dan is het vermogen veel lager en wordt gewerkt op een lagere spanning. Hier volstaan relatief lagere eisen voor de bedrijfszekerheid omdat een eventueel defect hier relatief gemakkelijker en sneller is te herstellen. De impact van een defect is hier ook kleiner.

Het netwerk dat elektriciteit in onze woning brengt kunnen we onderverdelen in drie delen:

1. **Transmissienetten** transporteren hoge vermogens uit centrales in binnen- en buitenland op een hoge spanning naar **hoogspanningstransformatorstations**. Hierop zijn ook grote industriële klanten aangesloten.
2. **Distributienetten** vertrekken vanuit de hoogspannings-transformatorstations. Ze leveren energie op **midden-spanning** voor **hoogspanningscabines van industriële klanten** en voor de **distributieposten**. Van hieruit vertrekken **laagspanningsdistributienetten** waarop residentiële klanten zijn afgetakt.
3. Het **elektriciteitsnet in onze woning** levert vermogen aan lichtpunten, stopcontacten en aftakdozen.



Eenvoudige schematische weergave van het globale elektriciteitsnetwerk.

Zowel voor wat betreft de organisatie als de aanleg en de exploitatie, is er sinds de aanleg van de eerste netten heel wat veranderd. Vooral op technisch gebied zijn er voortdurend nieuwe mogelijkheden.

Dat maakt dat op de huidige netten installaties in bedrijf zijn die constructief gezien erg verschillen. Een belangrijke activiteit is momenteel het vernieuwen en renoveren van oude installaties. In deze brochure tonen we vooral recente technieken.

Om een volledig inzicht te geven, moeten we niet enkel aandacht besteden aan deze technische situaties maar ook aan:

- **REG (Rationeel EnergieGebruik).**

Elektrische vermogens transporteren gaat onvermijdelijk samen met een verlies van vermogen en, vanuit ecologisch en financieel oogpunt, is het belangrijk om deze energieverliezen zo laag mogelijk te houden. Energie die verloren gaat kost geld en veroorzaakt bovendien een onnodige belasting voor het milieu.

- **Het milieu.**

Elektriciteit verdelen heeft ook een sociale dimensie en verantwoordelijkheid. Bij de uitbouw van een netwerk (met kabels, pylonen, transformatoren, schakelinrichtingen ...) komen bepaalde milieuaspecten kijken die aandacht vereisen.



*Een 'noodverlichting' in een oude bedrijfspost.*

# Huidige situatie bij de verdeling van elektriciteit

## Federaal

Volgens de Belgische wetgeving beoogt de huidige splitsing in de bevoegdheden voor het energiebeleid in ons land vooral een juridische scheiding tussen productie en verkoop van elektriciteit, met de netten voor levering van deze elektriciteit.

De bevoegdheden voor het netbeheer zijn verdeeld over de gewesten en de federale overheid.

- De **gewesten** zijn bevoegd voor de distributie van elektriciteit via netten waarvan de nominale spanning lager dan of gelijk is aan 70 kV. De gewesten zijn ook verantwoordelijk voor de hernieuwbare energie (met uitzondering van de windmolenparken in zee) en het Rationeel EnergieGebruik (REG). Om de hieraan verbonden activiteiten uit te voeren, zijn **distributienetbeheerders** aangesteld.
- De **federale overheid** is bevoegd voor aangelegenheden die wegens hun technische en economische ondeelbaarheid een gelijke behandeling op nationaal vlak behoeven. Dat geldt onder meer voor het transmissienet (150 tot 380 kV). Voor uitvoering van de hieraan verbonden activiteiten werd een **transmissienetbeheerder** aangesteld (Elia). De federale overheid is ook verantwoordelijk voor het tarievenbeleid, zowel voor de distributienetbeheerders als voor de transmissienetbeheerder.

Deze bevoegdheden vallen binnen een **wettelijk kader**:

- Federaal: wet van 29 april 1999
- Vlaanderen: decreet van 17 juli 2000
- Wallonië: decreet van 12 april 2001
- Brussel: ordonnantie van 19 juli 2001

Controle wordt uitgevoerd door vier **regulatoren**:

- Federaal: door de **Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas: CREG** ([www.creg.be](http://www.creg.be));
- Vlaanderen: door de **Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt: VREG** ([www.vreg.be](http://www.vreg.be));
- Wallonie: door de **Commission Wallonne Pour l'Energie: CWaPE** ([www.cwape.be](http://www.cwape.be));
- Brussel: door de reguleringscommissie voor energie: **BRUGEL; BRUssel Gas ELEktriciteit, BRUxelles Gaz ELEctricité** ([www.brugel.be](http://www.brugel.be)).

## Vlaams gewest

In grote lijnen ziet de situatie in Vlaanderen er als volgt uit.

- De transmissienetten worden beheerd door **Elia**.
- De vroegere gemengde intercommunales in Vlaanderen (Gaselwest, IMEA, Imewo, Intergem, Iveka, Iverlek en Sibelgas) opereren nu als **gemengde distributienetbeheerders** die een beroep doen op **Eandis** voor de praktische exploitatie van hun distributienetten.
- De vroegere zuivere intercommunales in Vlaanderen (Interelectra, Iveg en WVEM) opereren nu als **zuivere distributienetbeheerders** die sedert juli 2006 hun operationele activiteiten hebben gebundeld in de cvba **Infrax**.

Erkende binnenlandse en buitenlandse leveranciers hebben vrije toegang tot de netten voor levering van elektriciteit aan alle mogelijke klanten op Belgisch grondgebied.

De voorwaarden voor verkoop van elektriciteit, de kosten voor transport op het transmissienet en voor verdeling op het distributienet zijn voor elke leverancier dezelfde.

## Leveranciers voor elektriciteit in Vlaanderen

januari 2010

- Dong Energy Sales BV
- EBEM
- Ecopower
- Electrabel Customer Solutions
- Essent Belgium
- Lampiris
- Nuon Belgium
- Belpower International NV
- SPE NV
- Wase Wind

(Voor meer informatie over de actuele lijst van leveranciers: [www.vreg.be](http://www.vreg.be) )

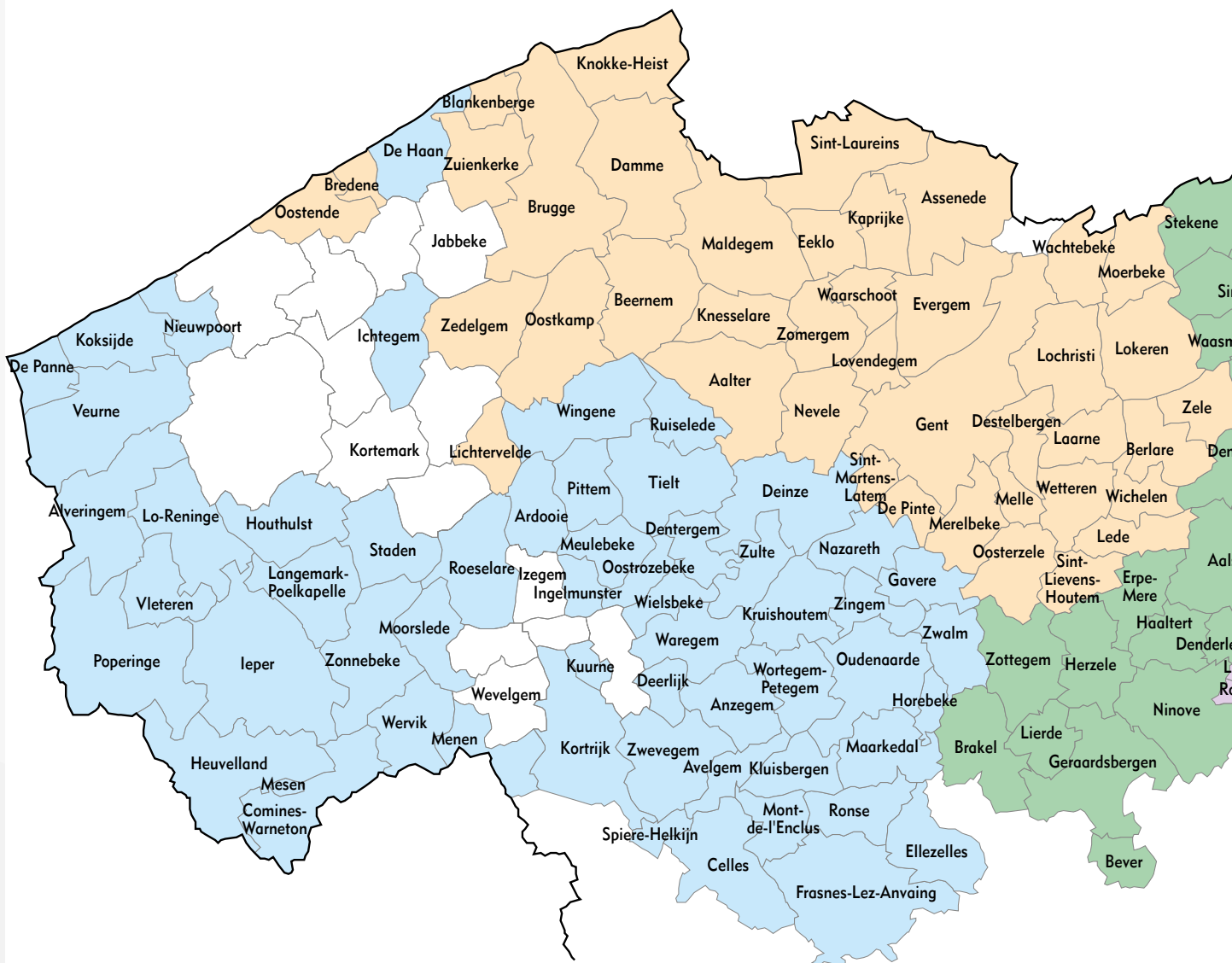
## Facturering

Niettegenstaande er een duidelijke scheiding is tussen productie/verkoop, transmissie en distributie wordt aan de klanten één factuur gestuurd die wordt samengesteld door de leverancier van de klant. Deze volgt de betalingen op en stort de verschuldigde bedragen aan de respectievelijke betrokkenen.



We kunnen een energiefactuur opsplitsen in vier delen in functie van het verbruik:

- een bedrag voor de eigenlijke **energiekost** volgens tarieven overeengekomen tussen de energieleverancier van de klant en deze klant, dat wordt ingehouden door de leverancier van de klant.
- een bijdrage voor de kosten voor **transport** via het transmissienet volgens de tarieven bepaald door de transmissienetbeheerder, dat wordt doorgegeven aan de transmissienetbeheerder.
- een bedrag voor de kosten voor **distributie** via het distributienet volgens de tarieven van de distributienetbeheerder van het gebied van de klant, dat wordt doorgegeven aan deze distributienetbeheerder.
- een bedrag voor de **heffingen en belastingen** volgens tarieven bepaald door de Belgische staat, dat wordt doorgegeven aan de Belgische staat.



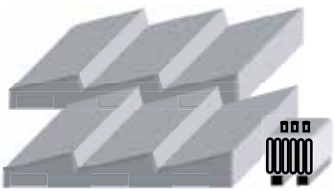
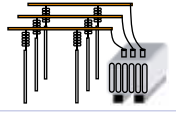
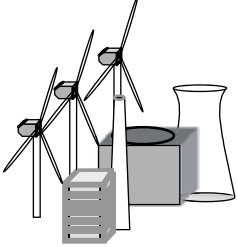



Gemengde distributienetbeheerders in Vlaanderen





## Praktische opsplitsing van de netten in Vlaanderen

- **Transmissienetten** worden beheerd door Elia en zijn de netten op een spanning van:
  - **380 kV, 220 kV.** Deze verbindingen vormen het interconnectienet dat het Belgische net verbindt met het grote Europese net. De Belgische kerncentrales en de pompcentrale van Coe injecteren rechtstreeks in dit net.
  - **150kV.** De overige grote elektriciteitscentrales injecteren rechtstreeks in het 150 kV-net.
  - **30 kV, 36 kV en 70 kV.** (In het AREI omschreven als hoogspanning 2° categorie). Dit zijn regionale transmissienetten. Kleinere productie-eenheden injecteren in deze netten.
- **Distributienetten** worden beheerd door de distributienetbeheerders
  - op een spanning lager dan 50 kV. Je kunt ze onderverdelen in **middenspanningsnetten**, 1 kV tot 50 kV (in het AREI omschreven als hoogspanning 1° categorie), en **laagspanningsnetten**, lager dan 1 kV.
  - **Binneninstallaties** worden beheerd door de klant in samenwerking met zijn elektriciën.
    - De binneninstallatie vertrekt na de kWh-teller op een spanning van 230 V/400 V voor residentiële klanten of middenspanning tot 15 kV voor industriële klanten.

Spanning		Type Net			
		Ondergronds	Bovengronds		
380 kV		2 %	98 %	Ruggengraat van het Belgische en Europese net	Transmissienetten Elia
220 kV 150 kV		30 %	70 %	Verbinding tussen HS-transformatorposten van belangrijke industriële afnemers	
70 Kv 36 kV		40 %	60 %	Verbinding tussen HS-transformatorposten van de distributienetten	
24 kV				Uitgangsspanning alternator productie (wordt getransformeerd naar 380, 150 of 70 kV)	Distributienetten (distributienetbeheerders)
15 kV 10 kV 6,6 kV				KMO met eigen hoogspanningspost op middenspanning	
230/400 V		90 %	10 %	Aftakking KMO op laagspanning distributienet	
230 V		90 %	10 %	Residentiële aftakking op laagspanning distributienet	

Spanningen en hun voornaamste toepassingen op het Belgische netwerk

## Wie levert jouw elektriciteit?

Momenteel wordt in Vlaanderen elektriciteit verkocht door verschillende leveranciers die produceren in binnen- en buitenland en die verkopen aan verschillende tarieven. Bepaalde leveranciers verkopen ook of uitsluitend groene stroom. Dat is elektriciteit die wordt opgewekt door windcentrales, zonnecentrales, biomassa, en dergelijke.

Uiteraard heeft niet elke klant een eigen privéverbinding met de productie-eenheid van zijn leverancier. De elektriciteit voor alle klanten samen wordt geïnjecteerd op de gemeenschappelijke transport- en distributienetten.

De productie-eenheden die worden ingeschakeld om in België aan de totale energievraag te kunnen voldoen, worden bepaald door Elia en de overkoepelende netbeheerdersvereniging ENTSO-E. Samen met de andere transmissienetbeheerders, zorgen zij ervoor dat op elk moment op heel het netwerk een evenwicht heerst tussen energievraag en -levering.

## Groene stroom

Sommige leveranciers garanderen hun klanten dat zij uitsluitend groene stroom krijgen. Daarom moet elke leverancier van groene stroom aan de VREG bewijzen dat hij genoeg groene stroom heeft aangekocht of zelf heeft geproduceerd om te kunnen instaan voor de stroomleveringen bij al zijn afnemers die voor groene stroom hebben gekozen.

Hiervoor werd het systeem van **garanties van oorsprong** ontwikkeld. Voor elke kWh die uit hernieuwbare energiebronnen in het Vlaams Gewest wordt geproduceerd, reikt de VREG een zogenaamde 'garantie van oorsprong' uit aan de producent van deze groene elektriciteit. Ook in andere Europese landen reiken bevoegde instanties garanties van oorsprong uit voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen.

Een **garantie van oorsprong** is dus een bewijsstuk dat garandeert dat een bepaalde hoeveelheid stroom uit hernieuwbare energiebronnen werd opgewekt en werd geïnjecteerd in het transmissie- of distributienet. Vanuit dit net wordt de stroom verder naar de eindverbruikers vervoerd.

Een leverancier die via het transmissie- of distributienet een hoeveelheid groene stroom levert aan eindafnemers in Vlaanderen, moet een overeenkomstige hoeveelheid van dergelijke garanties van oorsprong als bewijsstuk voorleggen aan de VREG.

De leverancier kan deze garanties van oorsprong (geköpeld aan **groenestroomcertificaten**) krijgen door zelf elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen te produceren, of door garanties van oorsprong aan te kopen bij een producent van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen. (dit zijn dus ook klanten die het teveel aan elektriciteit uit hun pv-panelen op het elektriciteitsnet inkoppelen)

Op deze manier kan er op een sluitende manier worden nagegaan dat een bepaalde eenheid elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen nooit door verschillende leveranciers tegelijkertijd als 'groen' wordt bestempeld.



# Algemene technische kenmerken van een netwerk

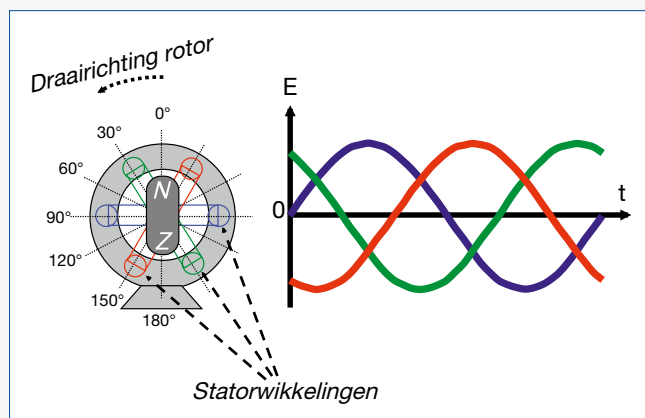
Transmissienet, distributienet, industriële installatie en residentiële binneninstallatie hebben bepaalde kenmerken en componenten die betreffende uitvoering sterk verschillen, maar in principe op dezelfde manier werken.

## Driefasige wisselspanning

De spanning die in elektriciteitscentrales wordt opgewekt komt uit drie spoelen van de **stator** van een **alternator**, die 120° tegenover elkaar zijn verschoven.

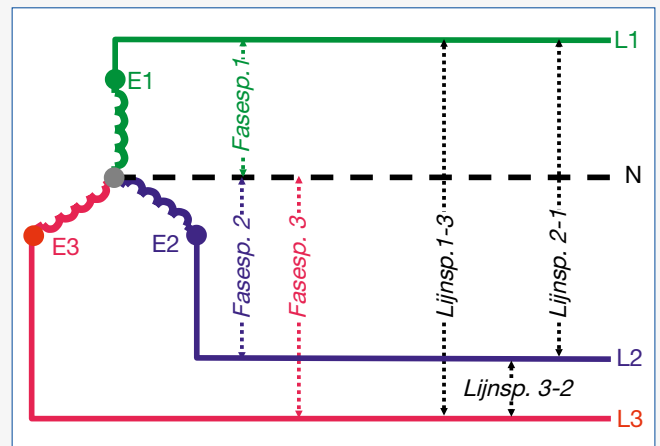
Die spoelen worden 50 keer per seconde 'gesneden' door het magnetisch veld van de draaiende **rotor**.

(zie voor meer uitleg brochure 'van amber tot onmisbaar')



Verloop van de spanning in de drie statorwindingen

Aan de uitgang van een centrale hebben we dus drie spanningen die even groot zijn en die in de tijd een derde van één periode, dit zijn 6,66 milliseconden, tegenover elkaar zijn verschoven. Dat is een driefasige wisselspanning van 50 Hz of een 'draaistroom'.



De drie statorwindingen hebben een gemeenschappelijk 'sterpunt'. Dat noemen we de 'nulgeleider' of 'nullijn' (N).

Het andere uiteinde van elke wikkeling voedt een fase: L1, L2 en L3.

De spanningen tussen N en L1, N en L2, N en L3 zijn de **fasespanningen**.

De spanningen tussen L1 en L2, L2 en L3, L1 en L3 zijn de **lijnspanningen**.

Tussen lijnspanning en fasespanning is er een vaste relatie:

$$U_{lijn} = \sqrt{3} * U_{fase}$$

**Het vermogen van een driefasige wisselspanning bedraagt:**  $P = \sqrt{3} * U_I * I_{II} * \cos \varphi$

In de grafische voorstelling van het spanningsverloop zien we dat, door de onderlinge verschuiving van 120°, de som van de drie fasespanningen op elk moment gelijk is aan 0. Dat betekent dat bij een gelijke belasting van de drie fasen ook de resulterende stroom op de nullijn gelijk is aan 0.

Dat is een belangrijk kenmerk van de spanningsval over het elektriciteitsnet.

We weten dat een stroom vloeit doorheen de voedingslijnen, van zodra ergens op het net een belasting wordt ingeschakeld. Hoe groter de belasting, hoe groter de stroom en hoe groter de spanningsval in de leidingen. Deze spanningsval wordt dus veroorzaakt door de stroom.

Vermits geen stroom vloeit in de nulgeleider bij een ster-schakeling met gelijke fasebelasting, zal hierover geen spanningsval ontstaan.

Is er geen perfect evenwichtige belasting, dan vloeit enkel een verschilstroom doorheen de nulgeleider. Die geeft dan wel aanleiding tot een zekere spanningsval.

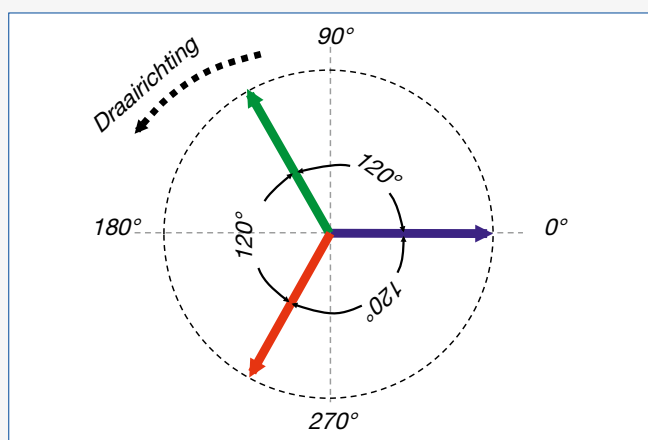
Dit verklaart waarom de nulgeleider in de praktijk een kleinere doorsnede mag hebben dan de fasegeleiders, bij een voedingskring op driefasige wisselspanning.

Een gelijke (of evenwichtige) belasting van de drie fasen is bedrijfseconomisch interessant voor de turbines in de centrales, de transmissienetten, distributienetten en alle driefasige transformatoren. De exploitanten doen er dan ook alles aan om de drie fasen van hun netten evenwichtig te belasten.

Een gelijke fasebelasting is ook interessant voor klanten die driefasig zijn aangesloten. Meestal zijn dat KMO's.

Deze drie spanningen kunnen ook vectorieel worden voorgesteld.

Elke vector draait, tegen de wijzers van een uurwerk in, elke seconde 50 keer rond met een onderlinge faseverschuiving van  $120^\circ$  (de hoek tussen twee vectoren).



Vectoriële voorstelling van een driefasige spanning

## Netvormen

De netten voor verdeling van elektriciteit kunnen op verschillende manieren worden uitgebouwd. Het belangrijkste verschil is het al of niet verbinden van een punt van de secundaire kant van de nettransformator met de aarde en hoe de nulgeleider (N) en de beschermingsgeleider (PE) worden verbonden met de verbruikers (de klanten).

Deze mogelijkheden zijn weergegeven in **netsystemen**. Ze worden ook wel **netvormen**, **verdelingssystemen** en **netstructuren** genoemd.

Onder meer de effecten van kortsluitingen zijn sterk afhankelijk van het toegepaste netsysteem. Ook de bepaling van de noodzakelijke beschermingsmiddelen tegen elektrocutie bij onrechtstreekse aanraking, is afhankelijk van de netstructuur.

De verschillende netsystemen worden weergegeven door gestandaardiseerde afkortingen die afkomstig zijn uit het Frans.

- T: terre (aarde)
- I: isolé (geïsoleerd)
- N: neutre (nulgeleider)
- S: séparé (gescheiden)
- C: combiné (gecombineerd of samengevoegd)

Een netsysteem wordt aangeduid door minstens twee letters.

- De eerste letter geeft de fysische situatie aan van de voeding (de transfo) ten opzichte van de aarde:
  - T = directe aarding van een punt van de secundaire (meestal het sterpunt)
  - I = de secundaire van de transfo (meestal het sterpunt) is geïsoleerd van de aarde of verbonden met de aarde via een impedantie
- De tweede letter geeft de fysische situatie aan van de massa's van de verbruikers (de afschermingen) ten opzichte van de aarde:
  - T = massa (de afscherming) direct geaard
  - N = massa (de afscherming) direct met geaard sterpunt verbonden
- Verdere indicaties:
  - S = nulgeleider en beschermingsgeleider (aarding) zijn afzonderlijke geleiders en samen aan de voeding verbonden
  - C = nulgeleider en beschermingsgeleider (aarding) zijn in één geleider gecombineerd (PEN).

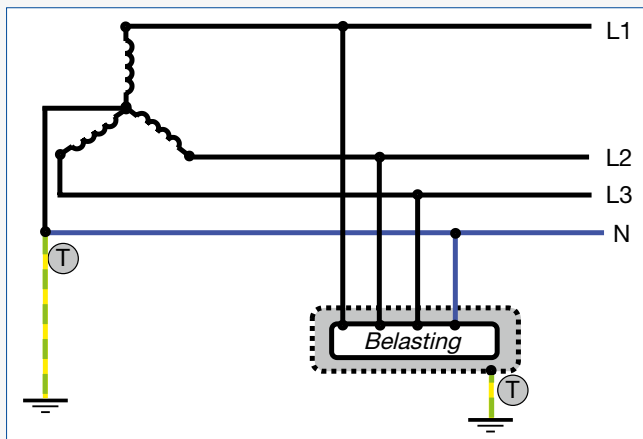
De laagspanningsdistributienetten zijn momenteel bijna allemaal **TT-netten met de secundaire van de transfo in ster geschakeld**.

Dat betekent dat:

- het sterpunt van de secundaire van de nettransformator is verbonden met de aarding van de distributiepост.
- de massa (afscherming) in de distributiepост en bij de klanten telkens ter plaatse zijn geaard. Het voedingspunt en elke aftakking hebben dus elk hun eigen aarding. Vanuit de distributiepост vertrekt geen beschermingsgeleider.

Toegepaste beveiligingen in het voedingsbord van de klant zijn aardlekbeveiligingen (door middel van automatische verliesstroomschakelaars) en stroombeveiligingen (smeltveiligheden of automaten).

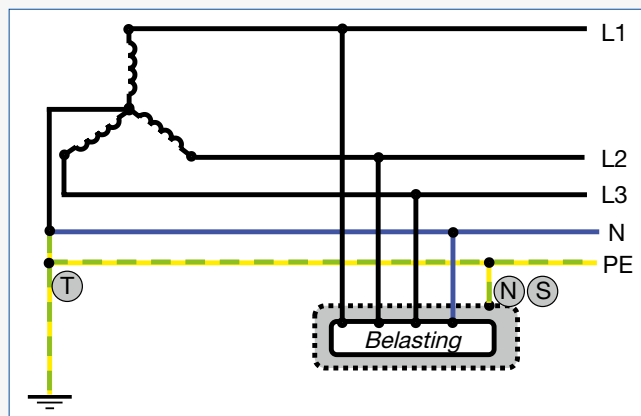
De behuizingen (de massa's) van de elektrische belastingen zijn individueel geaard.



TT-net:

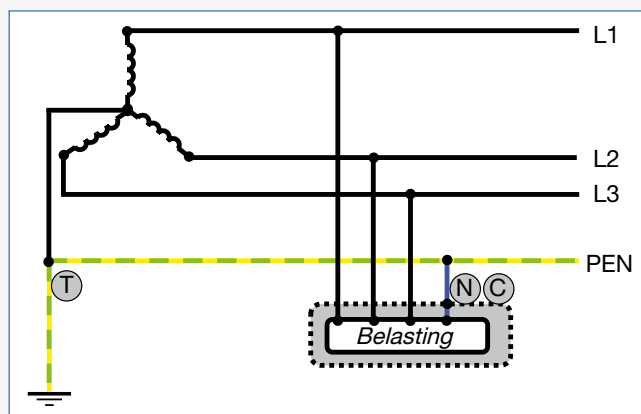
Het sterpunt van de voedingstransformator is direct geaard.

Andere netvormen worden vooral toegepast in industriële aftakkingen waar de klant over een eigen transformator beschikt die de middenspanning van het distributienet omzet naar een bedrijfsspanning met een bepaalde netstructuur.



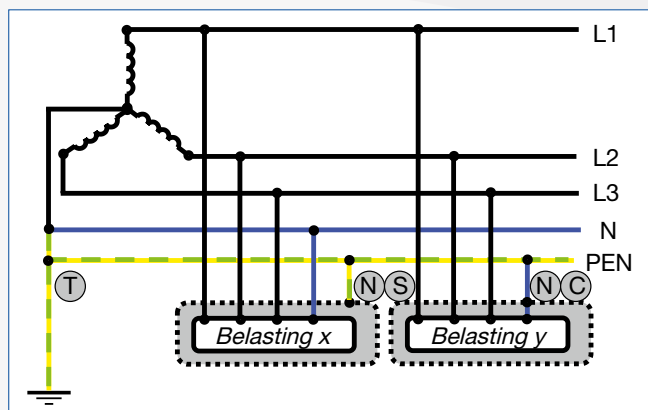
TN-S-net:

De behuizingen (de massa's) van de aangesloten belastingen zijn via de beschermingsgeleider (PE) met het sterpunt van de voedingstransformator verbonden. Nulleider en beschermingsgeleider zijn een afzonderlijke bedrading.



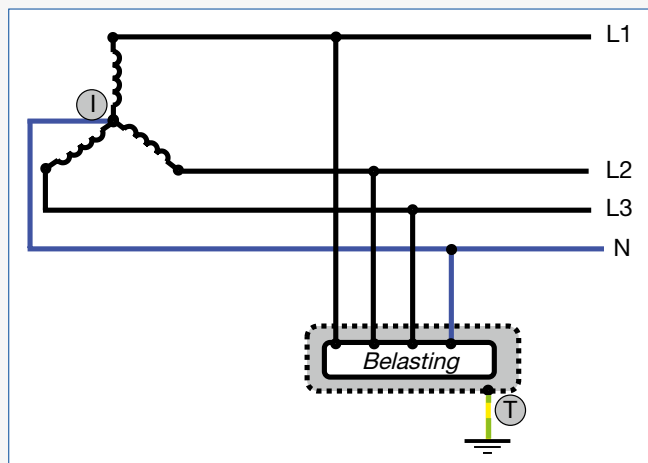
TN-C-net:

Nulgeleider en beschermingsgeleider zijn samengevoegd (PEN) als nulleider (N) met beschermingsfunctie (PE).



TN-C-S-net:

Is een combinatie van een TN-C en TN-S-net.



IT-net:

Het sterpunt van de voedingstransformator is niet geaard.  
De behuizingen van de elektrische belastingen zijn individueel geaard.

## Kwartuurwaarden

Om het verloop van continue metingen van stroom, spanning en vermogen te kunnen weergeven in tabellen of grafieken, is een registratie volgens een bepaald tijdsraster vereist.

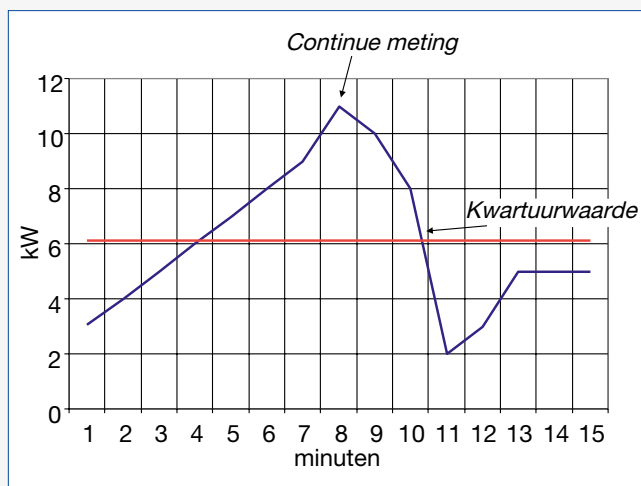
Hoe kleiner het tijdsraster - dus hoe minder tijd tussen twee opeenvolgende metingen - hoe nauwkeuriger het werkelijke verloop later kan worden gereproduceerd. Praktisch wil dit zeggen: grotere tabellen en, bij digitale verwerking, hoger datatransport en hogere geheugencapaciteit naargelang de details van de weergave toenemen.

In de meeste gevallen volstaan echter **kwartuurwaarden**.

Deze waarden zijn het gemiddelde van een continue meting gedurende 15 minuten.

Die meting egaliseert kortstondige pieken en dalen. Over het algemeen veroorzaakt dit geen praktisch probleem, omdat ook op de netten bepaalde effecten optreden die maken dat de gevolgen van kortstondige variaties als het ware worden gedempt. (In bepaalde situaties moet echter wel worden rekening gehouden met de ogenblikkelijke waarden.)

Spreek je over een vermogen, dan is dat in de praktijk meestal een **kwartuurvermogen**.



Een kwartuurmeting elimineert sterke plotse variaties van een continue meting. Het kwartuurvermogen van de weergegeven continue meting bedraagt 6,13 kW.



## Transformatoren

Een elementair elektrisch onderdeel is de **transformator** of kortweg **transfo**.

Zowel op een hoogspanningsnet, een middenspanningsnet en een laagspanningsnet, staan transformatoren opgesteld. Zij transformeren een spanning van een hoge naar een lagere waarde, of omgekeerd.

Ook in zowat alle elektrische toestellen die werken op wisselspanning, zijn transformatoren gebruikt om de 230V netspanning te verlagen naar een lagere waarde die vervolgens wordt omgezet (gelijkgericht) naar een gelijkspanning (DC spanning) voor voeding van de elektronische circuits.

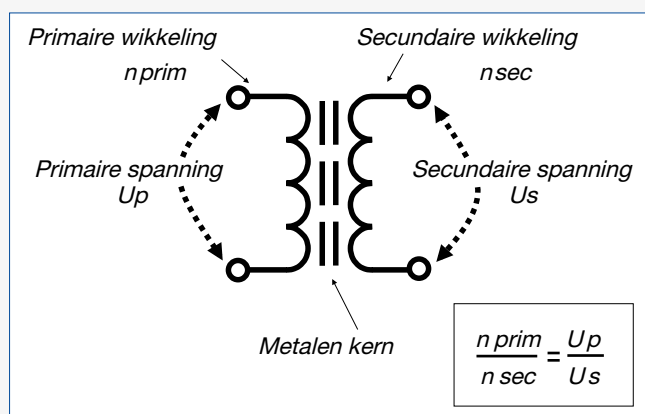
Het spreekt vanzelf dat het type transformator en de afmetingen sterk verschillen in functie van de toepassing. Het principe is echter altijd hetzelfde.

### Werking van een transfo

Een transformator is samengesteld uit één set (in geval van een monofasige spanning) of drie sets (in geval van een driefasige spanning) van telkens twee spoelen die zijn gewikkeld rond dezelfde magnetische kern.

Deze kern bestaat uit gelamelleerde zachtstalen platen.

Wordt aan de eerste wikkeling (**de primaire wikkeling**) een wisselspanning aangelegd, dan ontstaat een magnetisch veld dat ook doorheen de tweede wikkeling (**de secundaire wikkeling**) loopt en hierin een wisselspanning opwekt.



De verhouding van het aantal wikkelingen is bepalend voor de verhouding van de spanningen.

$$n_{prim}/n_{sec} = U_p/U_s$$

Dit is de **transformatieverhouding**.

Is het aantal secundaire wikkelingen hoger dan het aantal primaire wikkelingen, dan wordt de spanning **naar boven getransformeerd**. In het omgekeerde geval wordt de spanning **naar beneden getransformeerd**.

Deze constructie is volledig statisch, er zijn geen bewegende onderdelen.

Een transformator werkt dus uitsluitend op wisselspanning.

De frequentie aan primaire en secundaire zijde is steeds gelijk.

In bepaalde situaties is het aantal primaire wikkelingen gelijk aan het aantal secundaire wikkelingen, met andere woorden een transformatieverhouding van 1. De secundaire spanning blijft dan gelijk aan de primaire spanning. Dit is bijvoorbeeld het geval als je enkel twee circuits van elkaar wilt scheiden en op dezelfde spanning wilt blijven. De transformator heeft hier dus enkel de functie van **scheidingstransformator**.

### Vermogen van een transformator

Het vermogen aan de primaire kant van de transformator wordt bijna volledig overgedragen naar de secundaire kant. Bij een transformatieverhouding verschillend van 1 zal dus ook de stroom verschillen, omgekeerd evenredig met de spanning.

Het vermogen van een transformator wordt constructief bepaald bij de fabricatie. Er moet dan een keuze worden gemaakt voor wat betreft de kernaftmetingen, de spanning, de doorsnede van de wikkelingen, de koeling, en dergelijke meer.

Het vermogen van een transformator wordt uitgedrukt in VA, kVA = 1 000 VA en MVA = 1 000 kVA.

In dit proces zijn er enkele verliezen aan vermogen:

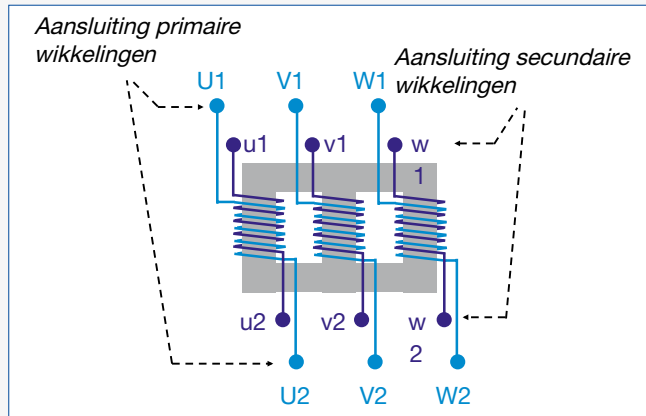
- **Koperverliezen.** Zij zijn een gevolg van de warmteproductie in de spoelen. Ze nemen toe naarmate de stroomwaarden toenemen (nemen toe met het kwadraat van de stroom).
- **IJzerverliezen.** Zij zijn het gevolg van magnetische verliezen in de ijzern kern. Ze zijn onafhankelijk van de belasting. IJzerverliezen worden ook **nullastverliezen** genoemd en worden verder onderverdeeld in wervel- en hysteresische verliezen.

Algemeen kun je stellen dat het rendement in gewone consumer transformatoren voor residentieel gebruik boven 90 % ligt.

Bij hoogspanningstransformatoren voor transmissienetten en distributienetten ligt het rendement hoger dan 99 %.

## Driefasige transformatoren

Vermits transmissienetten en distributienetten uitsluitend driefasig zijn uitgevoerd, vinden we op deze netten enkel **driefasige transformatoren**.

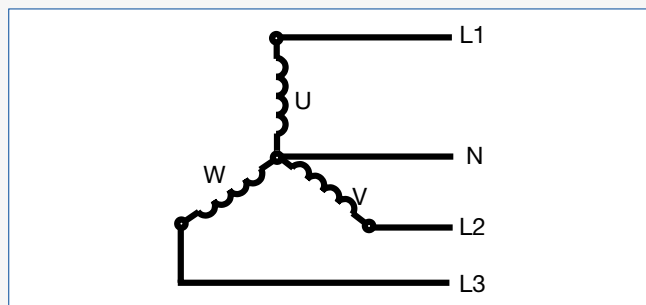


Schematische voorstelling van een driefasige transformator

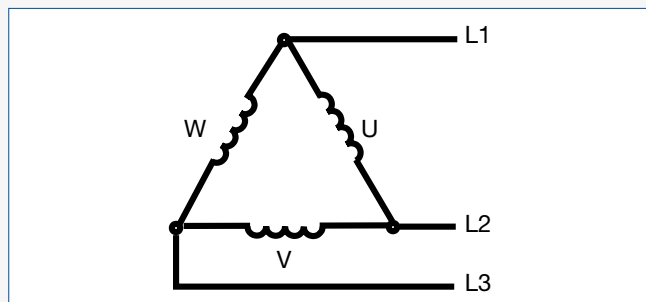
De drie primaire wikkelingen worden aangesloten op de klemmen U1-U2, V1-V2 en W1-W2.

De drie secundaire wikkelingen zijn respectievelijk u1-u2, v1-v2 en w1-w2.

Afhankelijk van de netconfiguratie worden de secundaire en de primaire wikkelingen in driehoek of in ster geschakeld.



Symbolische voorstelling van een stersschakeling.



Symbolische voorstelling van een driehoekschakeling.

Bij driehoekschakeling zijn de drie wikkelingen in een driehoek geschakeld.

Er is hier geen nullijn en dus geen fasespanning, enkel een lijnspanning.

## Koeling van nettransformatoren

Een transformator werkt aan een hoog rendement en heeft dus lage vermogensverliezen. Maar door de hoge vermogens en stroomwaarden, is de warmteontwikkeling een belangrijk aandachtspunt. Ter illustratie: een distributietransformator van 400 kVA heeft bij vollast ongeveer 4 000 Watt verliesvermogen dat zich manifesteert als warmte.

Deze warmteontwikkeling heeft een zware impact op de veroudering van het isolatiemateriaal van de wikkelingen, en dus op de levensduur van de transformator.

Nettransformatoren moeten dan ook worden gekoeld. Meestal gebeurt dat met olie, de zogenaamde **oliegekoelde transformatoren**. Bij deze transformatoren bevinden de magneetkern en de wikkelingen zich in een bak met olie.

De olie in de transformator zorgt er ook voor dat de wikkelingen worden afgeschermd tegen eventuele invloeden van vocht. Bovendien vormt ze een bijkomende elektrische isolatie.

Tot een vermogen van 1 000 kVA volstaan uitwendige **koelribben** voor de koeling. Natuurlijke circulatie van de olie is doorgaans voldoende.

Voor hogere vermogens wordt een **radiatorkoeler** toegevoegd.

Voor de hoogste vermogens wordt een **geforceerde koeling** toegepast met radiatorkoelers en ventilatoren.



Transformator van Elia.

Koeling: olie (voorraadvat linksboven) en radiatoren met ventilatoren (o.a. de drie radiatoren vooraan)

Spanning: 70 kV naar 10 kV

Vermogen: 40 MVA

Totaal gewicht: 58 600 kg

Wegens mogelijk brandgevaar werden in de loop van de jaren zestig transformatoren geïntroduceerd met de onbrandbare koelvloeistof polychlorobifenyl (PCB), beter bekend onder de handelsmerknaam Askarel.

Askarel is echter een sterk milieubelastende chemische stof. Daarom moeten alle transformatoren met Askarel verplicht worden vervangen tegen 2010.

Waar oliegekoelde transformatoren problemen kunnen veroorzaken, worden '**droge transformatoren**' gebruikt. Dergelijke transformatoren bevatten geen olie, maar een **vaste isolatie in giethars**.

Giethars heeft de eigenschap warmte redelijk goed af te voeren. Deze transformatoren zijn kleiner, en er hoeven geen voorzieningen te worden getroffen tegen eventuele olielekken. De aankoopprijs is echter hoger.



*Compacte giethartransformator in een distributietransformatorpost van Eandis*

- *Spanning: 15 kV naar 400/230 V*
- *Vermogen: 100 kVA*
- *Gewicht: 440 kg*
- *Uitgerust met laagspanning meettransfo's 250/5 A*

# Veiligheid bij elektriciteit: algemene aspecten

Waar we ons ook bevinden tussen productie en stopcontact, elektriciteit is altijd gevaarlijk.

Veiligheid voor de mensen die eraan werken en die er gebruik van maken, is altijd een absolute prioriteit.

De praktische voorzieningen verschillen sterk in functie van de omgeving die we beschouwen, de principes echter zijn altijd dezelfde.

In een woning ontstaan vooral bij defecten of 'geknutsel' aan de elektrische installatie soms gevaarlijke situaties. Ondanks alle verplichte veiligheidsvoorzieningen gebeuren zo jaarlijks heel wat ernstige ongevallen. Fysiek letsel - in meerdere gevallen met dodelijke afloop - zware beschadiging van elektrische toestellen en de elektrische installatie, en het ontstaan van brand, zijn de gevolgen.

Bij industriële installaties en op de netten wordt bij technische problemen ingegrepen door technisch bekwame mensen. Bij gevaarlijke situaties worden onmiddellijk de vereiste veiligheidsmaatregelen getroffen.

## Mogelijke gevaren

### Fysieke gevaren

Als je in aanraking komt met elektriciteit, is het mogelijk dat je lichaam een deel wordt van een gesloten stroomkring. Je lichaam komt dan onder spanning te staan en, als het deel uitmaakt van een gesloten stroomkring, zal er een elektrische stroom door vloeien. Dat kan dodelijk zijn. In dat geval spreken we over een elektrocutie.

Is er geen dodelijke afloop, spreken we van elektrisering.

Niet zozeer de spanning is gevaarlijk, wel de stroom.

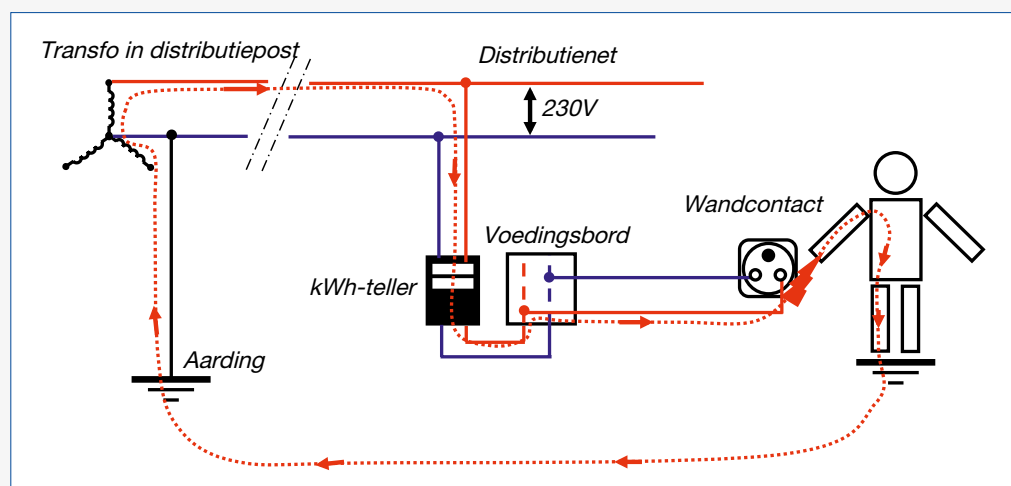
De fysieke gevolgen van een stroom door je lichaam hangen af van:

- de aard van de stroom;
- de weg die de stroom volgt doorheen je lichaam;
- de grootte van de stroom;
- de duurtijd van de stroomdoorgang.

Kom je in contact met één geleider van een elektriciteitsnet en ben je geïsoleerd van de aarde (bijvoorbeeld op een droge houten vloer of op schoenen met rubberen zolen), dan maakt je lichaam geen deel uit van een gesloten stroomkring. Je staat dan wel onder spanning, maar er vloeit geen stroom en je wordt niet geëlektrocuteerd.

De situatie is anders als iemand die niet is geïsoleerd van de aarde je aanraakt! In dat geval kun je, samen met die persoon, wel deel gaan uitmaken van een stroomkring.

Bij contact met een wisselspanning is het mogelijk dat de eigen sturing van je hart wordt verstoord en je hart stopt met pompen of gaat fibrilleren (dit is trillen aan een hoge frequentie). Je hart zal dus niet langer bloed rondpompen, waardoor er een zuurstoftekort ontstaat. Na enkele minuten kan dit dodelijk zijn of ernstige schade veroorzaken aan de hersenen. Fibrilleren doet zich niet voor bij elektrocutie met gelijkspanning.



Doordat het sterpunt van de distributietransformator is geaard, vormt je lichaam, door aanraking van een fase, via de aarde een deel van een gesloten stroomkring.

## Gevaarlijke elektrische stromen

Algemeen kun je stellen dat mensen een elektrische stroom kunnen 'voelen' vanaf een waarde van 0,5 mA. Een dergelijke stroom richt geen fysieke schade aan, je voelt slechts een licht kriebelen.

Vanaf een stroomsterkte van 10 mA kunnen spieren die in de stroombaan liggen krampachtig samentrekken. Ontstaat de elektrocutie doordat je met een hand een voorwerp onder spanning vasthoudt en zijn er geen automatische veiligheidsvoorzieningen genomen, dan is het mogelijk dat je het voorwerp door de krampen niet kunt loslaten. In de volkstaal wordt dit 'blijven plakken' genoemd. Je blijft onder spanning staan tot de stroom wordt onderbroken. De lichamelijke gevolgen hangen nu vooral af van de duur van de elektrocutie, en in de praktijk is dat gewoonlijk tot iemand ingrijpt.

Stromen tot 500 mA hebben meestal geen schadelijke fysieke gevolgen als ze niet langer duren dan 10 ms. Wordt deze tijd overschreden, dan is een dergelijke stroomsterkte dodelijk en is ogenblikkelijke reanimatie noodzakelijk.

Algemeen wordt aangenomen dat een stroom van 25 mA langer dan 5 seconden dodelijk is.

Bij ongevallen met hoogspanning kunnen stromen van meerdere Ampères door het lichaam vloeien. Hierbij kunnen, naast het stoppen van elementaire lichaamsfuncties, ook ernstige uitwendige en inwendige brandwonden worden veroorzaakt. Ook bij elektrocutie of elektrisering op laagspanning is dit een mogelijkheid.

Bij hoogspanning kan een vlamboog ontstaan tussen het materiaal onder hoogspanning en iemand in de omgeving. Elektrocutie en elektrisering kunnen dus optreden vanaf een zekere afstand, afhankelijk van de spanning, zonder eigenlijke aanraking.

Dit maakt dat bij werken aan installaties in de nabijheid van hoogspanning ook specifieke voorzieningen moeten worden getroffen om de veiligheidsafstanden te bewaren, zowel voor personen, als voor werktuigen zoals hoogwerkers of kranen.

Algemeen worden volgende situaties en bovengrenzen van spanningen als absoluut veilig beschouwd

- tot 50 V bij contact met een droge huid of vochtig door transpiratie (gewone contactweerstand);
- tot 25 V bij contact met een natte huid (lagere contactweerstand dan in vorige situatie);
- tot 12 V bij een in water ondergedompelde huid (zeer lage contactweerstand).

## Contactweerstand

Een belangrijk element bij elektrocutie is de waarde van de **contactweerstand**, ook **overgangsweerstand** genoemd. Dit is de weerstand die wordt gevormd op de plaats waar we met ons lichaam een onder spanning staand metaal raken. Deze weerstand hangt af van de oppervlakte die in contact komt met de spanning en van de vochtigheidsgraad van de huid. In geval van een wonde - als elektriciteit dus direct in contact komt met de bloedbaan - of in water is de contactweerstand zeer klein.

Hoe lager de contactweerstand, hoe hoger de stroom doorheen de kring.

Het is dan ook logisch dat voor een vochtige omgeving relatief strengere veiligheidsvereisten worden gesteld.

## Stapspanning

Een bijzondere situatie van mogelijke elektrocutie of elektrisering is de 'stapspanning' naar aanleiding van bijvoorbeeld een **blikseminslag** in de omgeving.

Bij een blikseminslag ontstaan cirkelvormige spanningslijnen rond het punt van inslag. Hun spanning vermindert met de afstand. De spanningsverschillen op een '**stapafstand**' kunnen echter zo hoog zijn dat zij een reëel gevaar voor elektrocutie inhouden. Vooral voor een paard of koe, met een grotere 'stapafstand' dan de mens, kan het gevaarlijk zijn.

Een gelijkaardige situatie kan zich voordoen bij gebroken hoogspanningslijnen die op vochtige grond liggen. Per definitie wordt een 'stapspanning' gemeten over twee punten op een meter afstand.

## Brandgevaar door elektrische mankementen

Het is mogelijk dat door **overspanning**, **overbelasting** of **kortsluiting** in leidingen of toestellen in de voedingskring een overslag van spanning gebeurt of te hoge stromen vloeien. Hierdoor kunnen toestellen of leidingen oververhitten en brand veroorzaken.

Een andere mogelijke oorzaak van brand zijn **slechte elektrische contacten** in verbindingsdozen, aftakdozen of aansluitingen van toestellen. Een dergelijke slechte verbinding vormt een **overgangsweerstand** die warm wordt als er een hoge elektrische stroom door vloeit. Hierdoor kan de behuizing of de kabelisolatie vuur vatten.

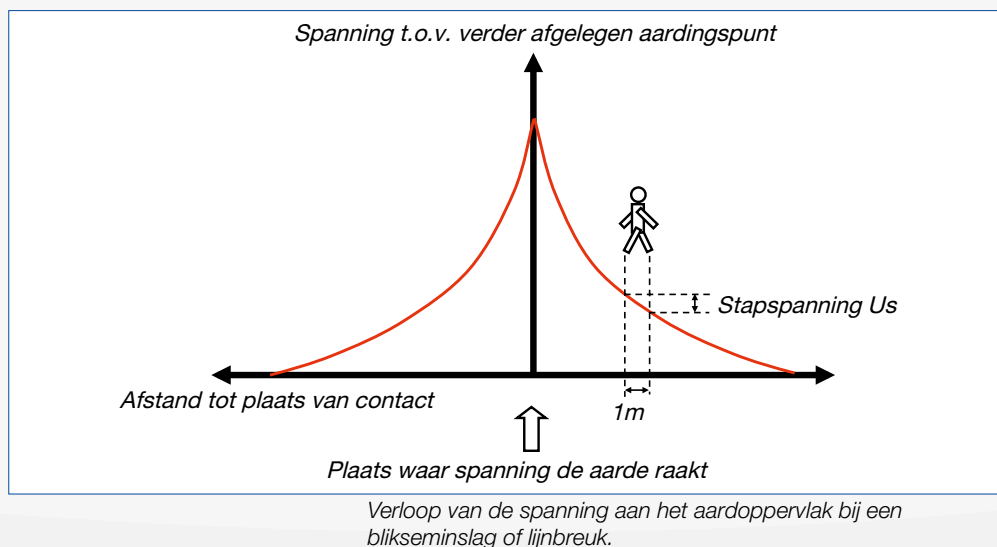
Het kan soms lang duren voordat zulke situaties ontstaan. Zo kan isolatie van draden of verbindingsdozen bijvoorbeeld stilaan **verkolen** en kunnen slecht aangedraaide contacten met de tijd (steeds meer) **oxideren**. Op een bepaald moment zal het verkoolde deel of het geoxideerde contact zodanig zijn aangetast, dat het begint te gloeien als er een voldoende hoge stroom door vloeit.

## Wettelijke verplichtingen

Er zijn tal van wettelijke voorschriften voor elektrische toestellen en installaties.

Fabrikanten worden hierop gecontroleerd en zijn verplicht duidelijke onderhouds- en gebruiksinstructies bij hun toestellen te leveren in de taal van de streek.

Elektriciens moeten bij de keuze van installatiematerialen en het uitvoeren van de werken strikt de richtlijnen van het AREI (Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties) volgen.





## Praktische uitvoering

### Algemeen

De veiligheidsvereisten en de manier van werken verschillen in functie van hun omgeving:

- In een **industriële omgeving** mag je veronderstellen dat aan elektrische installaties wordt gewerkt door mensen die er meer van af weten en meer voorzorgsmaatregelen in acht nemen dan de gewone residentiële gebruiker. Kinderen zijn hier uiteraard niet op hun plaats.
- In een **vochtige omgeving** of in een omgeving met mogelijk **explosieve gassen**, gelden uiteraard ook veel strengere veiligheidsvoorzieningen.
- Een speciale omgeving is een **ziekenhuis** en vooral het operatiegedeelte. Hier gelden specifieke voorzieningen voor wat de bedrijfszekerheid betreft en de veiligheidsvoorzieningen bij technische pannes aan medische toestellen en installatie.
- Bij **hoogspanning** beschermen afsluitingen en afbakening van de werkzones tegen elektrocutie. Hierbij gelden zeer strenge procedures voor het betreden en het werken binnen deze zones.
- Techniekers die werken aan hoogspanning, middenspanning, distributiekasten en distributieaftakkingen op laagspanning dragen **beschermende werkkledij en veiligheidsvoorzieningen** zoals gelaatsbescherming, veiligheidsbril, isolerende handschoenen, veiligheidsschoenen en helm.





## Beveiliging tegen fysieke gevaren

Het is zeer moeilijk om spanningsniveaus exact te bepalen met hun respectievelijk lichamelijke gevolgen in geval van aanraking of overslag. Een van de redenen is het individueel grote verschil in weerstandwaarde van ons lichaam en de omgeving waarin we ons bevinden. Zo zal in een natte omgeving de contactweerstand tussen ons lichaam en het voorwerp onder spanning veel lager zijn dan in een droge omgeving en bereiken we relatief veel sneller een gevaarlijke stroomsterkte.

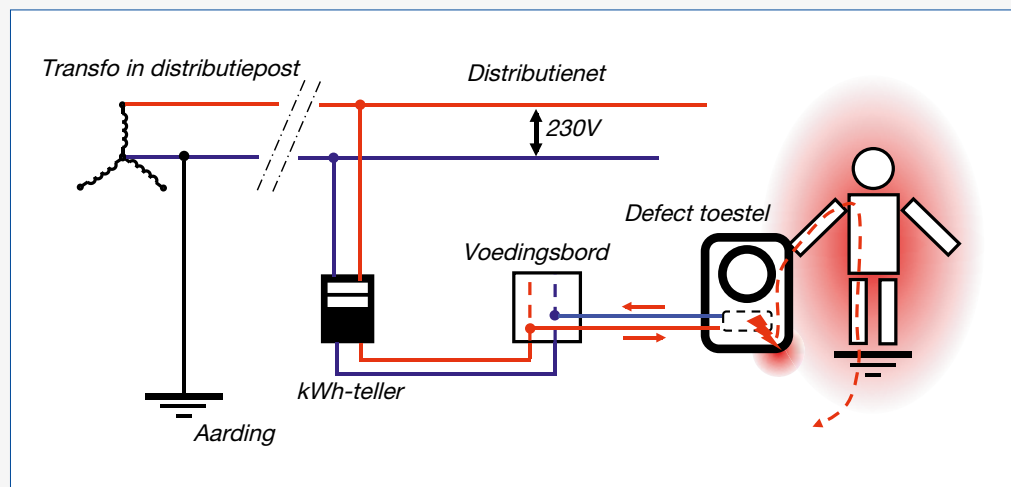
Algemeen kun je stellen dat tot een spanning van 50 V wisselspanning er geen fysiek gevaar is. Bij een hogere spanning is het noodzakelijk - en ook wettelijk verplicht - om automatische uitschakelsystemen te voorzien.

In omgevingen waar contact met elektriciteit extreem gevaarlijk is, wordt doorgaans de netspanning van 230 V naar beneden getransformeerd naar een veilige spanning van 12 V. Dit is onder andere het geval bij zwembadverlichting, tuinverlichting en speelgoed, zoals een elektrische trein.

Bescherming tegen elektrocutie komt, naast spanningsbeperking en het voorzien van automatische uitschakelsystemen, vooral neer op het voor de normale gebruikers onbereikbaar maken van elementen die onder spanning kunnen staan.

Hierbij wordt dan een onderscheid gemaakt tussen een afscherming of een isolatie die beveiligt tegen:

- **directe aanraking** van onderdelen onder spanning;
- **indirecte aanraking** door een panne in een toestel (bijvoorbeeld een behuizing of chassis die onder spanning staat door een defect in het toestel);
- **mechanische indringing** van een behuizing met onderdelen onder spanning;
- het indringen van water.



Een inwendig defect in een toestel kan het chassis en de metalen behuizing onder spanning zetten. In dit geval is er sprake van een indirecte aanraking met kans op elektrocutie.

## De automatische differentieelschakelaar

Een belangrijke beveiliging tegen een directe aanraking is de **automatische differentieelschakelaar** (ook **verliesstroomschakelaar** of kortweg **differentieel** genoemd).

Die schakelt automatisch en nagenoeg direct een stroomkring uit indien in de aangesloten kring ergens een 'lek', een stroomverlies optreedt. Dat gebeurt bijvoorbeeld bij aanraking van een geleider en contact met de aarde.

Ook indien door een inwendige isolatiefout in een toestel een stroom vloeit via de massa naar de aarding van dit toestel is er een 'stroomlek'.

Bij een 'stroomlek' is de stroom die terugkomt op het netwerk niet gelijk aan de stroom die vertrekt.

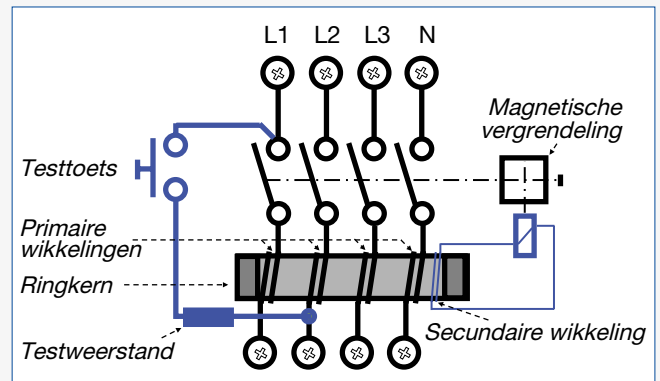
Een verliesstroomschakelaar meet de stroom van alle stroomvoerende geleiders in een circuit. Hij doet dat niet van de aardingsgeleider, omdat die geen deel uitmaakt van de stroomkring.

In een normale situatie is dus op elk moment de som van de heengaande stromen gelijk aan de som van de weerkerende stromen. Van zodra dit evenwicht echter wordt verbroken door een stroomlek ergens in het circuit, ontstaat er een onevenwicht tussen de heengaande en terugkerende stroom. Dit verschil stuurt een schakeling die alle lijnen onderbreekt.

De grootte van het verschil waarop de automaat uitschakelt is conventioneel bepaald. Voor residentieel gebruik zijn er verliesstroomschakelaars van 30, 100 en 300 mA.

Voor industriële installaties worden naast verliesstroomschakelaars met een vaste waarde, ook nog automatische differentieelschakelaars gebruikt met een instelbare verliesstroom.

Verliesstroomschakelaars kunnen niet worden toegepast op hoogspanning.



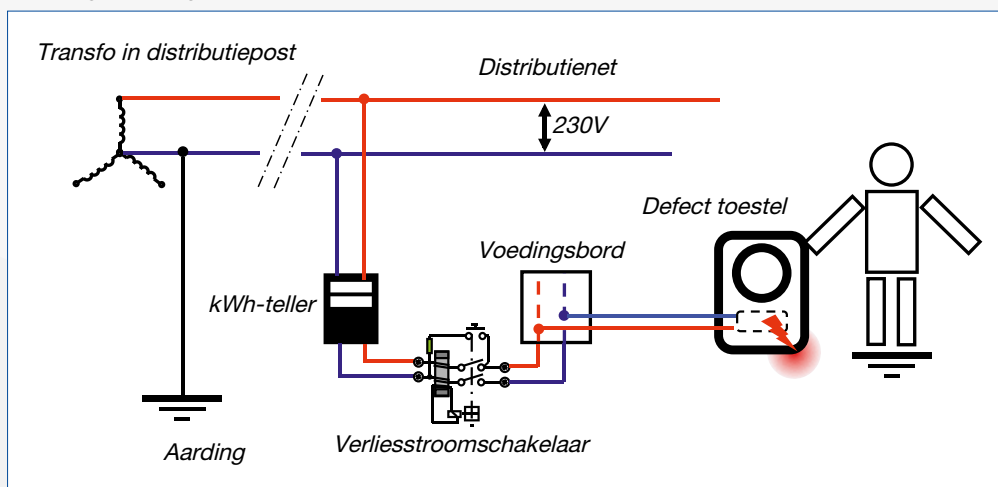
Principetekening van een verliesstroomschakelaar in uitgeschakelde toestand.

Bij normale werking wordt in de secundaire wikkeling geen spanning opgewekt.

Bij een onevenwicht tussen de stromen in de primaire wikkelingen (een stroomlek in de aangesloten installatie) wordt in de secundaire wikkelingen een spanning opgewekt die via een relais de mechanische vergrendeling ontgrendelt waardoor de contacten zich openen.

Door het indrukken van de testtoets vloeit via een gekalibreerde testweerstand een teststroom buiten de ringkern. Deze teststroom heeft de waarde van de gekozen gevoeligheid van de verliesstroomschakelaar. Dit simuleert een stroomlek en de verliesstroomschakelaar zal de kring uitschakelen.

Opgelet! Een verliesstroomschakelaar schakelt niet uit als je bijvoorbeeld twee geleiders aanraakt en geïsoleerd staat ten opzichte van de aarde. In deze situatie is hij geen beveiliging tegen elektrocutie.



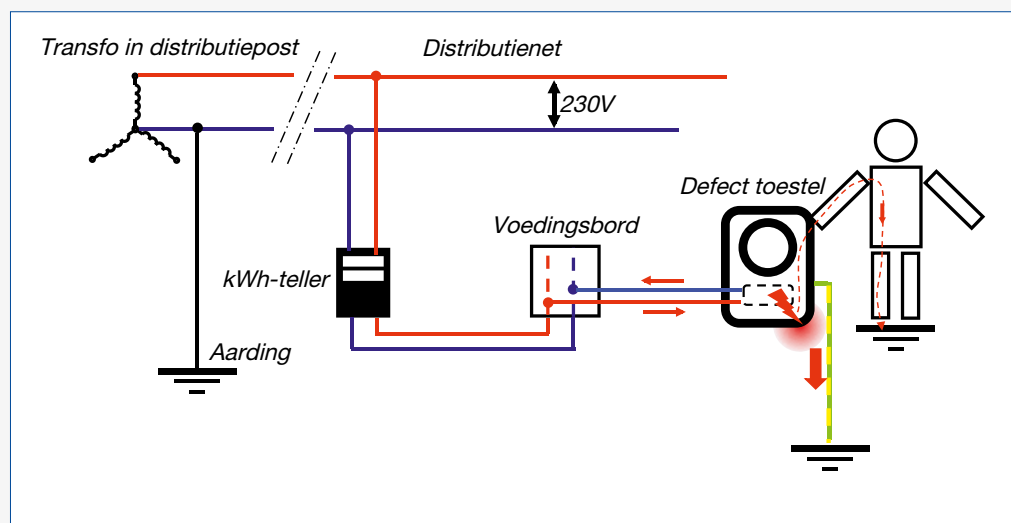
Bij een isolatiefout in het toestel vloeit er gedurende een zeer korte tijd een lekstroom doorheen de persoon die het toestel aanraakt en de grond naar de aarding van de transfo. Een differentieel onderbreekt hierdoor nagenoeg ogenblikkelijk de stroomkring en voorkomt elektrocutie.

## De aarding

Een **aarding** is een belangrijk onderdeel voor de beveiliging tegen indirecte aanraking. Doet zich in een toestel een panne voor (een isolatiefout) waardoor het chassis (de massa) onder spanning komt, dan wordt de stroom via de aardgeleider direct afgeleid naar de aarde.

Bij een isolatiefout wordt dankzij de aarding een gesloten stroomkring gevormd, waardoor een lekstroom kan vloeien naar de aarde. Hierop treedt de verliesstroomschakelaar in werking en schakelt de stroomkring zonder spanning.

Indien er geen verliesstroomschakelaar is geplaatst en je raakt het toestel met isolatiefout aan, ben je dus 'parallel geschakeld' met het toestel. Van dergelijke kring is de stroom door elke tak omgekeerd evenredig met de waarde van de weerstand. Om ons voldoende te beschermen - wat wil zeggen de eventuele stroom doorheen ons lichaam onder een gevaarlijke waarde te houden - moet de weerstand van de aarding veel kleiner zijn dan de weerstand van ons lichaam.



*Bij een geaard toestel in een kring zonder verliesstroomschakelaar wordt het grootste deel van de foutstroom direct naar de aarde afgeleid. Er loopt echter ook een deel van de foutstroom doorheen de persoon die het toestel aanraakt. Om helemaal beveiligd te zijn tegen elektrocutie moet in een TT-net altijd ook een verliesstroomschakelaar worden geplaatst.*

## Beveiliging tegen technische mankementen

De toegepaste beschermingen hebben hier vooral tot doel om de waarden van spanning en stroom te begrenzen tot maximale waarden waarbij ze niet gevaarlijk zijn. Worden deze waarden overschreden dan wordt de kring uitgeschakeld.

### Stroombeveiligingen

Stroombeveiligingen hebben tot doel de warmteontwikkeling in de geleiders onder een waarde te houden waarbij de eigenschappen van de isolatie degradeert.

Het effect van de warmteproductie van een stroom in een geleider hangt uiteraard af van de stroom en de duurtijd, maar ook van de mate waarin de geleider kan afkoelen.

Enkele voorbeelden:

- Een geleider met een doorsnede van 25 mm<sup>2</sup> mag maximaal 88 A geleiden als hij is geplaatst in buizen. In kabel is de maximaal toegelaten stroom 115 A.
- De nominale stroom voor deze geleider bedraagt 100 A bij een omgevingstemperatuur van 20°C. Bij een omgevingstemperatuur van 43°C moet deze geleider echter worden beveiligd voor een nominale stroom van 75 A.

De stroombeveiligingen van geleiders, of dus de toelaatbare nominale stroomsterkten, worden bepaald in functie van:

- de doorsnede van de geleiders;
- het soort isolatie van de geleiders: pvc, xlpe (polyethyleen), rubber of blanke geleider;
- de manier van plaatsen van de geleiders, of met andere woorden de mogelijkheid tot afkoelen: in buizen of kabels, in de lucht of in de grond;
- de omgevingstemperatuur.

Deze effecten zijn uiteraard meer van belang bij industriële installaties dan bij residentiële installaties.

Beveiligen tegen kortsluiting of overbelasting kan door middel van een smeltveiligheid of een automaat.

## Smeltveiligheden

Smeltveiligheden bestaan in alle mogelijke formaten en uitvoeringen en met verschillende technische kenmerken.

Het principe is steeds hetzelfde: de elektrische stroom vloeit door een **gekalibreerde draad** die bij een welbepaalde stroomwaarde na een welbepaalde tijd zal doorbranden.

Blijft de stroomsterkte onder deze waarde, dan werkt de zekering gewoon als een geleider.

Kortsluitstromen kunnen zulke hoge waarden bereiken dat koperdeeltjes van de gekalibreerde draad bij het doorbranden kunnen rondspatten. Daarom zijn deze draden afgeschermd en in bepaalde gevallen gemonteerd in een met zand gevulde behuizing.

### Automaten

Op hoogspannings- en middenspanningsnetten worden smeltveiligheden doorgaans gebruikt als stroombeveiliging.

Voor laagspanning zijn automaten echter een interessant alternatief.

De eigenlijke naam is **elektromagnetische thermische schakelaar** en die naam geeft duidelijk weer dat de automaat twee functies heeft.

- Een **thermische beveiliging**, waarbij de stroom door een bimetaal wordt gevoerd. Wordt de stroom gedurende een bepaalde tijd te hoog, dan buigt het bimetaal onder invloed van de warmte en ontgrendelt een mechanisme dat de contacten opent.
- Een **elektromagnetische beveiliging**, waarbij elke geleider door een spoeltje wordt gestuurd. Afhankelijk van de sterkte van de stroom wordt een magnetisch veld opgewekt dat een anker zal aantrekken. Dit anker is verbonden met een veer zodat bij een kortsluiting ogenblikkelijk het mechanisme van de contacten wordt ontgrendeld.

## Kortsluitingen

Een kortsluiting is een kabelfout waardoor het vermogen van de voeding niet terechtkomt in de belasting, maar in een directe verbinding.

Een kortsluiting kan ontstaan tussen:

- geleiders
- een geleider en zijn afscherming
- een geleider en de aarde.

De sterkte van de kortsluitstromen wordt enkel bepaald door de weerstand van de verbindingen tussen de plaats van de kortsluiting en de voeding (op netten: de hoogspannings-, middenspannings- of distributietransformator; in de woning: de afstand tot de distributiepост) en de inwendige weerstand van deze voeding.

In huishoudelijke installaties is de kortsluitstroom meestal lager dan 3 kA (3 000 Ampère) door de werking van de aansluitautomaat en de kabellengte tot de distributiepост 400/230 V.

In middenspanningsnetten kun je kortsluitstromen van meer dan 20 kA verwachten.

Op 380 kV hoogspanningsnetten zijn kortsluitstromen mogelijk van 63 kA.

Leidingen en schakelinrichtingen die kunnen onderhevig zijn aan kortsluitstromen moeten dus degelijk zijn berekend om na een eventuele kortsluiting naar behoren verder te kunnen functioneren.

Beveiligingen moeten duidelijk hun status signaleren en relatief gemakkelijk kunnen worden vervangen of terug ingeschakeld.

## Selectieve werking van beveiligingen

Kortsluitbeveiligingen moeten ook **selectief** werken. Zo moet bij een kortsluiting in een residentiële aftakking enkel de beveiliging van de betreffende woning uitschakelen zonder dat dit gevolgen heeft voor de distributiepост. Bij een kortsluiting in een distributiepост mag dat geen effect hebben op het transmissienet, daar moeten selectieve beveiligingen in de distributiepост voor zorgen.

Het berekenen van mogelijke kortsluitstromen en dus het dimensioneren van kabels, beveiligingen en schakelmateriaal is een zeer ingewikkelde materie.

## Effecten bij een kortsluiting

Moderne beveiligingen zorgen ervoor dat de effectieve duur van een kortsluitstroom is beperkt tot enkele milliseconden.

Gedurende deze korte tijd hebben we echter te maken met enkele effecten die zware schade kunnen veroorzaken: vooreerst is er de **ontwikkelde hoeveelheid warmte**. Die is evenredig met het kwadraat van de kortsluitstroom ( $P = I^2 \cdot R \cdot t$ ).

De tijd waarin deze warmte zich ontwikkelt, is zo kort dat de warmte zich niet kan spreiden naar de omgeving. Dat heeft vooral een effect op (slechte) contacten. Door de extreme warmteontwikkeling in de overgangsweerstand branden deze contacten weg of lassen vast. Dit heeft dikwijls de vorm van een explosie.

Een ander effect zijn de **krachten die optreden door de elektromagnetische velden** rondom de geleiders. Afhankelijk van het (kortstondige) verschil in stroomsterkte tussen naast elkaar liggende geleiders (of rails in een voedingsbord), worden ze naar elkaar toe getrokken of weggeduwd. Hierdoor kan overslag ontstaan of kortsluiting optreden.

## Overspanningbeveiligingen

Bescherming tegen overspanning heeft vooral tot doel netwerken en aangesloten apparatuur te beschermen tegen de gevolgen van hogere spanningen dan de normale bedrijfsspanning. Dat kan een hoogspanningstransmissienet zijn met hoogspanningstransformatoren of een elektriciteitsnet in een woning met huishoudtoestellen. Uiteraard zal de technische uitvoering van de overspanningbeveiliging afhangen van de te beveiligen toepassing.

In industriële installaties kan een elektrische overspanning worden veroorzaakt door toestellen op de eigen binneninstallatie of door externe oorzaken, doorgaans een bliksem.

In residentiële installaties is er bijna uitsluitend een externe oorzaak. Meestal ten gevolge van bliksem in de omgeving van de woning.

Zowel op hoogspanning als op laagspanning werken overspanningbeveiligingen volgens hetzelfde principe. Er zijn drie types.

- **Open vonkbrug**

Deze bestaat uit twee elektroden die op een bepaalde afstand van elkaar zijn gemonteerd en geïsoleerd van elkaar. Een elektrode is verbonden met de te beveiligen lijn en de andere met de aarde. Tussen beide elektroden staat dus een spanningsveld. Wordt de spanning te hoog, dan ontstaat een overslag tussen beide elektroden en wordt de stroom afgeleid naar de aarde. De spanning waarbij een overslag optreedt, is afhankelijk van de afstand tussen de elektroden. Eens de overspanning is verdwenen, stopt de overslag.

- **Gesloten of gasgevulde vonkbrug**

Die heeft dezelfde werking als een open vonkbrug met dit verschil dat de elektroden staan opgesteld in een gesloten omhulsel dat is gevuld met een edelgas om de warmte van de overslag te beperken.

- **Varistor**

Dit type wordt ook Voltage Dependent Resistor (VDR) genoemd. Het is een halfgeleider (hier uit zinkoxide of siliciumcarbide) die tot een bepaalde spanning een zeer hoge weerstandswaarde heeft. Van zodra deze spanning wordt overschreden, wordt de weerstandswaarde zeer laag. Het aantal elementen bepaalt de doorslagspanning.

Overspanningbeveiligingen hebben dus tot doel om hoge spanningen en de bijbehorende hoge stromen zo snel mogelijk te elimineren, bij voorkeur voordat ze op het netwerk, of een deel ervan, kunnen circuleren.

De plaats waar overspanningbeveiligingen in een netwerk moeten worden opgesteld en de verbinding met de aarde, is gespecialiseerde materie.

# Bedrijfszekerheid van elektriciteitsnetten

Bedrijfszekerheid van transmissie- en distributienetten heeft twee aspecten:

- de zekerheid van energielevering;
- de zekerheid van een goede werking van de verschillende componenten.

Het gaat dan enerzijds om technische installaties die perfect moeten werken en anderzijds om mensen die met kennis van zaken hun verantwoordelijkheid nemen.

## Zekerheid van energielevering

Transmissienetbeheerders en distributienetbeheerders hebben een bepaalde verantwoordelijkheid om een optimale bevoorradingszekerheid te bieden.

Een volledige garantie kunnen zij echter onmogelijk geven. Ondanks alle beschermende maatregelen kunnen zich immers in de elektriciteitsnetten schadegevallen of defecten voordoen. Zo kunnen kranen luchtlijnen naar beneden halen en kunnen graafwerken ondergrondse kabels beschadigen.

Ook in hoogspannings- en distributiepopen zijn defecten en schade mogelijk, bijvoorbeeld door kortsluiting of materiaaldefecten.

Hierdoor kunnen stroomonderbrekingen optreden.

Het is voor transmissie- en distributienetbeheerders dan ook onmogelijk om voorzorgen te nemen voor alle denkbare situaties.

Eens een net is aangelegd en in dienst genomen, komt het er in de praktijk meestal op neer om ervoor te zorgen dat

- de voorzieningen (zoals kabels en verdeelkasten) op publiek terrein duidelijk zijn gemarkeerd op plans die door andere firma's die hier actief zijn worden geraadpleegd.
- eventuele defecten snel worden gelokaliseerd en hersteld.
- technische parameters van de diverse componenten doorlopend worden gecontroleerd en bij een dreigend defect tijdig wordt ingegrepen.
- bij een uitschakeling van belangrijke delen van een net (met gevolgen voor belangrijke afnemers of vele klanten) snel alternatieve voedingcircuits worden ingeschakeld of noodaggregaten worden opgestart.

Voor bepaalde verbruikers (zoals ziekenhuizen, communicatie-installaties ...) volstaan deze voorzieningen niet. Zij moeten noodvoedingen plaatsen die in geval van een stroomonderbreking automatisch starten en gedurende een bepaalde tijd een autonome werking waarborgen. Noodvoedingen worden ook steeds meer gebruikt voor de voeding van communicatienetwerken.

## Zekerheid van goede werking

Elke component heeft zijn levensduur. Die is afhankelijk van de werkomstandigheden en de belasting die erop wordt uitgeoefend. De optimale operationele parameters respecteren en componenten tijdig vervangen is noodzakelijk om een continue stroomvoorziening mogelijk te maken.

Het effect van lichtbogen en vonken die ontstaan bij het onderbreken van elektrische voedingskringen, is een verschijnsel dat we minder in de hand hebben.

### Overslagspanning

Er is steeds een bepaalde spanning tussen twee punten van een elektrische kring op een verschillend hoogspanningspotentiaal, waarbij een overslag of doorslag van de tussenliggende lucht gebeurt.

Deze spanning neemt af naarmate de afstand tussen de twee punten afneemt. Of met andere woorden: om een overslag te vermijden, moet de fysieke afstand tussen twee punten met een hoogspanningsverschil toenemen naarmate de spanning hoger is.

Bij een overslag ioniseert de tussenliggende lucht en ontstaat een hevige lichtboog met hoge temperatuur.

Bij het schakelen van hoogspanning ontstaat een vlamboog van zodra beide contacten van de schakelaar elkaar tot een bepaalde afstand zijn genaderd. Bij het inschakelen kan deze vlamboog ontstaan, voordat de contacten zijn gesloten. Bij het uitschakelen zal de vlamboog blijven tot de contacten ver genoeg zijn geopend.



## Contactvonken

Schakelcontacten hebben soms onzuiverheden die een perfect contact verstoren. Wordt in een stroomvoerende kring een dergelijk contact geopend of gesloten, dan is er een moment dat de stroom hier slechts doorheen een gedeelte van de contactoppervlakten passeert. De onzuiverheden zullen verbranden en/of gloeien. Dat zal de corrosie van de contacten nog doen toenemen en bij een volgende schakeling het effect vergroten.

Bij kortsluiting hebben we te maken met relatief zeer hoge stromen en dus zeer hevige vonken. Contacten kunnen hierdoor verbranden of aan elkaar worden gelast, en volledige schakelmechanismen kunnen wegsmelten.

Het is een verschijnsel dat zich voordoet op elke plaats in een gesloten stroomkring waar wordt geschakeld (dus niet wanneer er geen stroom vloeit). Het is een van de grootste technische problemen bij elektrische voedingskringen op hoogspanning, middenspanning en laagspanning.

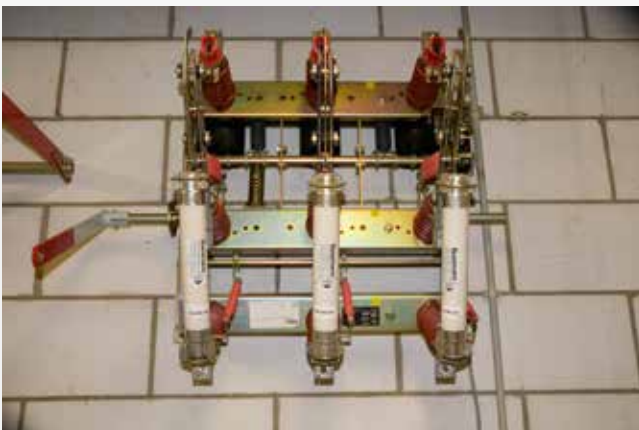
Om de gevolgen van vlambogen en het inbranden van schakelcontacten te beperken is het onder andere belangrijk dat de contacten snel worden geopend of gesloten.

Elke schakelaar, zowel voor laagspanning als voor middenspanning en hoogspanning, heeft een mechanisch systeem dat bij bediening een snel sluiten of openen realiseert.

Bij een gewone lichtschakelaar moet eerst een bepaalde druk worden uitgeoefend op een metalen plaatje, dat dus wordt 'opgespannen', vooraleer het contact in een andere positie springt.

Bij schakelaars voor hoogspanning zien wij een zelfde principe. Hierbij worden contacten gewoonlijk opgespannen door een veer die bij een bepaalde spankracht het contact 'wegschiet' in een andere positie.

Vooral bij het schakelen van stroomkringen op hoogspanning is een juiste snelheid zeer belangrijk. Slechts in uitzonderlijke gevallen kan hier nog met de hand worden geschakeld.



*Intacte, met de hand te bedienen, vermogensschakelaar voor middenspanning: de klemmen voor de schakelmessen staan bovenaan, de smeltveiligheden staan onderaan.*



*Beschadigde vermogensschakelaar ten gevolge van een overslag: de klemmen voor de schakelmessen zijn volledig weggebrand.*



*Detail van de beschadigde contactklemmen. Bedenk dat het ontbrekende koper in een fractie van een seconde is gesmolten en in de omgeving is gespat!*

## Piekbelastingen

Een verschijnsel dat het realiseren van bedrijfszekere netten soms erg bemoeilijkt, zijn de piekbelastingen, waarbij de netbelasting relatief snel oploopt tot extreme waarden.

Dergelijke belastingspieken doen zich soms slechts enkele keren per jaar voor.

Zij ontstaan door een synchroon inschakelen van (abnormaal) veel verbruikers op een net.

Dit kan puur toevallig zijn of door omstandigheden, bijvoorbeeld na een spanningsonderbreking als veel mensen opnieuw elektrische toestellen inschakelen.

Bepaalde belastingspieken zijn te voorspellen. Denken we maar aan het inschakelen van elektrische boilers 's morgens en van elektrische kooktoestellen 's middags.

Andere belastingspieken zijn niet te voorzien en gewoon het gevolg van een toeval.

Zowel transmissienetten, distributienetten als de binneninstallatie moeten rekening houden met de mogelijkheid van belastingspieken.

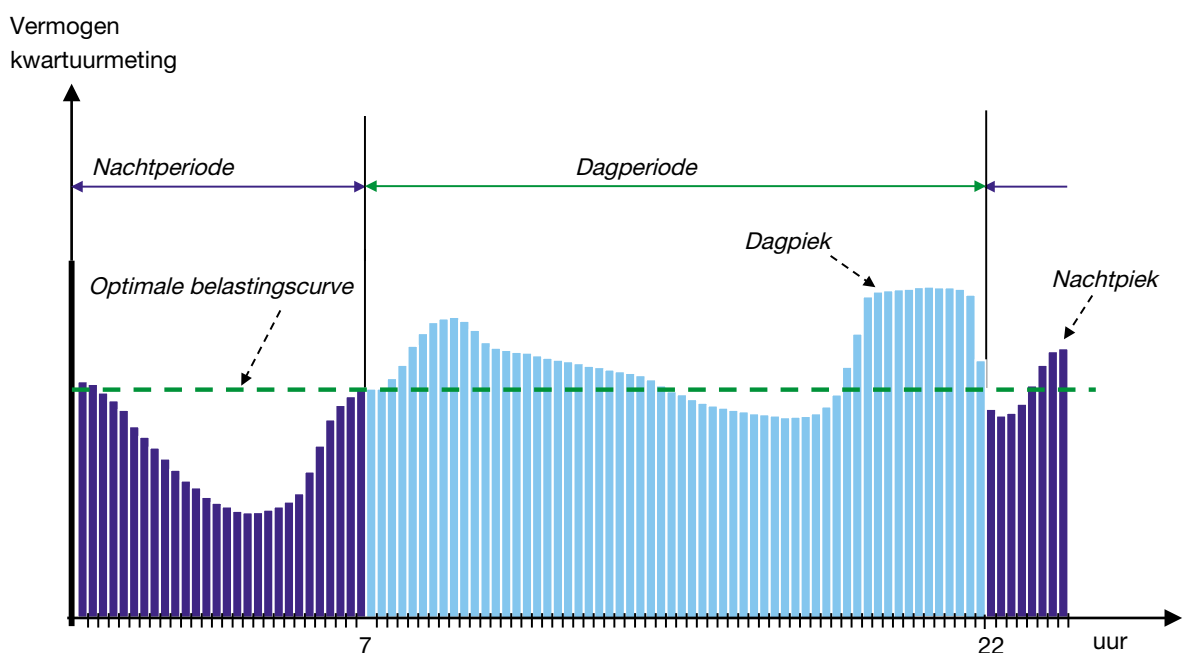
De volledige technische infrastructuur moet hierop zijn voorzien.

Netten moeten dus voldoende capaciteit hebben, wat soms zware investeringen vergt voor situaties van relatief (zeer) korte duur.

Er zijn verschillende technische mogelijkheden om piekbelastingen in zekere mate te beperken. Voor de exploitatie van transmissie- en distributienetten is het belangrijk dat de netbelasting op cruciale punten van het net doorlopend wordt opgevolgd, zodat tijdig actie kan worden ondernomen.

De '**kwartuurpiek**' (of '**kwartuurspits**') is het maximale kwartuurvermogen dat wordt geregistreerd over een bepaalde periode.

In dit verband spreken we ook over een '**dagpiek**', '**nachtpiek**', '**winterpiek**', '**avondpiek**', en dergelijke meer.



## Schakelen in voedingskringen

Een elektrische voedingskring kan zich in drie toestanden bevinden.

- De kring staat in **kortsluiting** en de stromen zijn extreem hoog.
- Er is een **nominale belasting** en dus vloeien de nominale stromen.
- Er is **geen belasting** en dus geen stroom.

Naar analogie met deze drie mogelijke situaties onderscheiden we drie types van schakelaars.

- **Vermogensschakelaars** zijn in staat om een beperkt aantal keren kortsluitstromen te onderbreken.
- **Lastschakelaars** kunnen geen kortsluitstroom uitschakelen, maar enkel stroomwaarden tot de normale belastingstroom. Zij moeten dus worden beveiligd door smeltveiligheden. Lastschakelaars kunnen gewoonlijk ook de functie van scheidingschakelaar vervullen en worden dan lastscheiders genoemd.
- **Scheidingschakelaars** mogen enkel worden bediend als de kring stroomloos is. Ze hebben geen enkel onderbrekingsvermogen. Hun eigenlijke taak is een betrouwbare (zichtbare) scheiding van de keten te verwezenlijken. Scheidingschakelaars worden steeds in combinatie opgesteld met een lastschakelaar of een vermogensschakelaar, omdat deze laatste geen zekerheid van volledige scheiding bieden.

In residentiële installaties op lage spanning zijn doorgaans de drie functies in één schakelaar gecombineerd. Eigenlijk is het enkel de stroomautomaat of de verliesstroomautomaat die met deze situaties wordt geconfronteerd.

In de praktijk liggen de kortsluitstromen in residentiële installaties onder de 3000 A. Een beveiligingsautomaat of een verliesstroomautomaat moet hier dus in staat zijn om een bepaald aantal keren zonder mechanische gevolgen een dergelijke stroom te onderbreken.

In installaties op middenspanning en hoogspanning zijn de kortsluitstromen veel hoger. De drie functies zijn hier ook duidelijk van elkaar gescheiden, elk met sterk verschillende mechanische constructies.

Vooraf bij vermogensschakelaars zijn speciale voorzieningen getroffen om de gevolgen van de lichtboog te elimineren.

De schakelcontacten zijn ondergebracht in een ruimte die ofwel

- wordt gevuld met lucht onder druk of het gas SF<sub>6</sub>
- wordt gevuld met olie
- vacuüm is getrokken.

**SF<sub>6</sub>-gas of zwavelhexafluoride** is een chemische verbinding van zwavel met fluor. Het is een zeer sterk broeikasgas. In hoogspannings- en middenspanningsinstallaties is het vooral interessant als isolatiegas door zijn zeer hoge doorslagspanning. Hierdoor kunnen onderhoudsvrije installaties worden gebouwd die relatief zeer compact zijn. Vooral bij installaties in een gebouw is dat een economisch interessante plaatsbesparing.

Vanuit technische, economische en milieustandpunten is er momenteel geen alternatief beschikbaar. Deze gasen gebruiken en ermee omgaan is aan strikte richtlijnen onderworpen en werk voor specialisten. Elke lozing in de vrije lucht moet tot elke prijs worden vermeden.

In schakelstations op hoogspanning, middenspanning en laagspanning, zijn vooral scheidingschakelaars zeer belangrijk als de kring stroomloos is. De mechanische uitvoering is relatief eenvoudig. Bij lange lijnen kunnen hier echter bij het openen ook hevige vonken ontstaan door statische elektriciteit of door capacitieve koppeling van parallelle lijnen.

Een scheidingschakelaar is in de meeste gevallen ook uitgerust met een aardingsmes. Eens de lijn is geopend, moet ze voor de veiligheid worden geaard vooraleer werken mogen worden uitgevoerd. Het aardingsmes zorgt daarvoor. Eens een lijn is geaard, wordt mechanisch belet dat ze weer onder spanning kan worden geschakeld.



*Mechanische vergrendeling van een aardingsmes.*

# Metten en registreren in elektriciteitsnetten

Iedereen verwacht voor zijn elektriciteitsverbruik een correcte factuur. Dat begint met een correcte meting. Elk verbruik exact meten is zeer belangrijk en dat belang zal nog toenemen.

Bij grote afnemers worden verbruiken op afstand uitgelezen.

Bij residentiële klanten worden de kWh-indexen periodiek opgenomen door de meteropnemer van de distributienet-beheerder of door de klant zelf doorgegeven via de post, de website van Eandis of per telefoon.

Momenteel worden verschillende technieken toegepast die de meting van het energieverbruik bij de klant online ook doorgeven aan deze klant. Dit is vooral interessant voor grote afnemers.

## kW en kWh

Elke elektrische belasting is gekenmerkt door een bepaald **vermogen** dat het product is van **spanning x stroom x  $\cos\varphi$** . Dat vermogen wordt uitgedrukt in **kW**.

Wordt deze belasting gedurende een bepaalde tijd ingeschakeld, dan hebben we een **elektriciteitsverbruik** dat wordt uitgedrukt in **kWh**.

Een vermogen van 1 kW gedurende 1 uur ingeschakeld geeft een verbruik van 1 kWh.

Een registratie van een verbruik moet dus rekening houden met de spanning, de stroomsterkte, de faseverschuiving ( $= \cos\varphi$ ) en de tijd.

## De kWh-meter



*kWh-meter voor tweevoudig uurtarief  
Het bovenste telwerk registreert het dagverbruik.  
Het onderste telwerk registreert het nachtverbruik.*

## Ferrarismeter

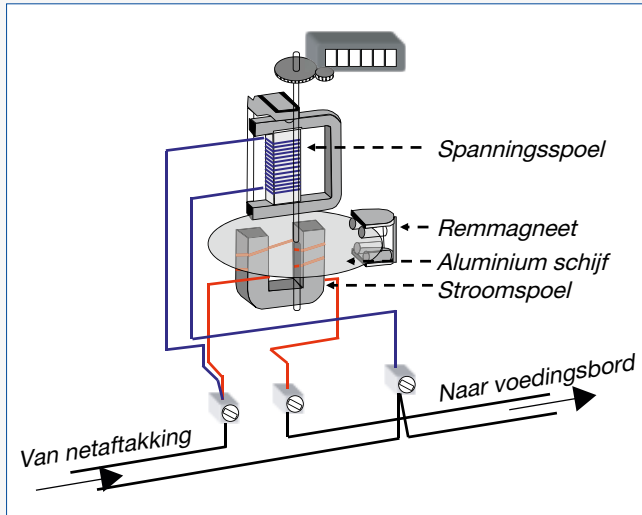
Een klassiek toestel voor meting van een elektriciteitsverbruik is de **Ferrarismeter**.

Centraal in een Ferrarismeter staat een aluminium schijfje dat mechanisch is gekoppeld aan een telwerk. Het schijfje draait onder invloed van een wervelstroom. Die wordt in het schijfje opgewekt door twee magnetische velden uit twee spoelen.

- De eerste spoel is een **spanningsspoel**. Die heeft vele wikkelingen en een hoge inwendige weerstand, en is aangesloten op de netspanning. Het veld dat door deze spoel wordt opgewekt, is dus evenredig met de netspanning.
- De tweede spoel is een **stroomspoel**. Die heeft slechts enkele wikkelingen en een zeer lage inwendige weerstand. De stroom van de aftakking vloeit door de stroomspoel. Het veld dat door deze spoel wordt opgewekt, is dus evenredig met de stroomsterkte.

De opgewekte wervelstroom in het metalen schijfje doet dit schijfje draaien. De draaisnelheid en dus de snelheid waarmee de cijfertjes van het telwerk oplopen, is afhankelijk van de netspanning, de stroomsterkte en de faseverschuiving tussen spanning en stroom. De Ferrarismeter is een **analoge meter**.

Om heel deze constructie te kunnen kalibreren is over het aluminium schijfje nog een permanente magneet geplaatst die dient als regelbare remmagneet.



*Principetekening van een Ferrarismeter*

*De blauwe kring (met hoge inwendige weerstand) wekt een veld op dat evenredig is met de spanning.*

*De rode kring (met lage inwendige weerstand) wekt een veld op dat evenredig is met de stroom doorheen de spoel.*

*Beide velden doen een aluminium schijfje draaien dat is gekoppeld met een telwerk.*

*De snelheid van het draaien is in functie van de spanning, de stroomsterkte en de faseverschuiving.*

Een Ferrarismeter kan ook worden uitgerust met twee telwerken voor het tellen van het dag- en nachtverbruik. Het telwerk in de meter schakelt over door de mechanische koppeling tussen de twee telwerken met het aluminium schijfje over te nemen. Het bevel hiervoor wordt gegeven via de Centrale Afstand Bediening (CAB) van de distributienetbeheerder.

Het telwerk dat actief is, wordt onder andere aangegeven door middel van een pijltje.

## Digitale meter

Een Ferrarismeter heeft een relatief kwetsbare mechanische constructie.

Moderne elektronica maakt het mogelijk om **digitale kWh-meters** te fabriceren zonder bewegende delen. Deze meters worden ook **statische meters** genoemd.

Statische meters hebben ook de mogelijkheid om naast het dag- en nachtverbruik meerdere perioden afzonderlijk te registreren. De geregistreerde verbruiken worden achtereenvolgend op een display weergegeven. Hierbij wordt elke index voorafgegaan door een specifieke code. Aan de hand van deze codes weten we dus over welk verbruik het gaat.

Digitale meters en ook bepaalde klassieke Ferrarismeters zijn uitgerust met een pulsgever. De frequentie van de uitgaande pulsen zijn een maatstaf voor het energieverbruik. Deze pulsen worden geteld gedurende bepaalde tijdsintervallen en de resultaten worden opgeslagen in een datalogger die door middel van een (draagbare) computer kan worden uitgelezen. Dat kan ter plaatse of, door koppeling met een telefoonmodem, GPRS en/of Internet, van op afstand.

Tellen we de pulsen over periodes van 15 minuten, dan krijgen we dus kwartuurwaarden.



*Statische kWh-meter met vier registers.*



## Slimme meters

Een recente ontwikkeling zijn de zogenaamde **slimme meters**. Dat zijn digitale meters die zijn uitgerust met communicatie-apparatuur voor het op afstand doorgeven en ontvangen van informatie.

Het is ook mogelijk dat de communicatie-apparatuur is ondergebracht in een afzonderlijke module die is gekoppeld met een gewone kWh-meter.

Communicatie gebeurt via GPRS (mobiele telefonie), internet of via het elektriciteitsnet (PLC = Power Line Communication).

Dergelijke meters geven aan de distributienetbeheerders mogelijkheden tot een beter en gemakkelijker klantbeheer en netmanagement. Voorbeelden zijn de kWh-indexen op afstand uitlezen, het vermogen beperken en de meter afsluiten.

Het is ook mogelijk om met dergelijke meters de klant online informatie te bezorgen over zijn actueel energieverbruik en hierdoor rationeel energiegebruik te stimuleren.

Deze meters vervangen de CAB-ontvangers en beschikken over verschillende uitgangen die schakelingen in de tellerkast en het voedingsbord kunnen uitvoeren en/of kunnen worden gekoppeld met de domotica van de woning.



## Metering

Meterstanden opnemen en verbruiksgegevens verwerken gebeurt bij Eandis door de afdeling Metering.

Bij grote elektriciteitsklanten met een aansluitvermogen van meer dan 100 kVA, worden de kwartuurwaarden dagelijks uitgelezen via telelezing en automatisch doorgestuurd naar de energieleverancier van de klant.

Bij alle andere klanten worden de meterindexen manueel opgenomen.

Laagspanningsklanten krijgen in principe tweemaal per jaar een bezoek van een meteropnemer. De tussenliggende jaren wordt aan de klant gevraagd om zelf zijn indexen te noteren en deze met de post, per telefoon of via internet door te geven.

Bij hoogspanningsklanten worden maandelijks de meetindexen opgenomen.



# Transmissienet

Het transmissienet vormt als het ware het autostradenet van de elektriciteit in Europa.

Het verkeer op deze autostrades verloopt volgens strikte, technische richtlijnen, die voor alle transmissienetbeheerders bindend zijn.

De technische eisen liggen zeer hoog en worden bepaald in technische reglementen. Er mogen immers geen files ontstaan, het verkeer moet 24 uur op 24 in goede banen worden geleid. Het evenwicht tussen productie en verbruik wordt permanent geregeld door elk van de Europese transmissienetbeheerders.

## Organisatie en verantwoordelijkheid

### Ontstaan van het hoogspanningstransmissienet

De eerste centrales leverden elektriciteit aan een gebied in hun directe omgeving. Om aan elke piekbelasting te kunnen voldoen, was reservecapaciteit vereist en moest steeds een bepaald aantal turbines in dit gebied in stand-by staan. Een defect of onderhoud van een centrale was een ernstige bedreiging van de bevoorradingszekerheid.

Door centrales met elkaar te verbinden werd reservecapaciteit uitgespaard en verhoogde de betrouwbaarheid van de bevoorrading aanzienlijk. De eerste connecties werden uitgevoerd in 1911 op 70 kV.

In de decennia erna nam de vraag naar vermogen steeds toe. Dit maakte het noodzakelijk om centrales te bouwen met een groter vermogen en het elektrisch vermogen op een nog hogere spanning te vervoeren, met name 150 en 220 kV. Begin jaren 70 was de eerste 380 kV-verbinding een feit. In die periode werden de eerste kerncentrales en de pompcentrale van Coo gebouwd, die op het 380 kV-net werden aangesloten.

De 380 kV-netten zijn momenteel de belangrijkste verbindingen tussen de Europese landen. In de huidige geliberaliseerde energiemarkt maken zij het mogelijk om grote hoeveelheden elektriciteit van verschillende leveranciers, in binnen- en buitenland, naar geografisch gespreide afnemers, in binnen- en buitenland, te transporteren.

### Samenwerking en concentratie

De behoefte aan een gecoördineerde werking leidde in 1937 tot de oprichting van **CPTE**, voluit de 'Maatschappij voor de Coördinatie van de Productie en het Transport van Elektrische Energie'. De klemtoon lag op coördinatie. De verschillende producenten bleven instaan voor het beheer en het onderhoud van hun netten.

In 1951 kwam er samenwerking op Europees vlak tussen de transmissienetbeheerders van continentaal Europa, met de oprichting van **UCTE** (Union for the Coördination of Transmission of Electricity, Unie voor de Coördinatie van Transport van Elektriciteit). Zij zorgde voor de technische exploitatie, coördinatie van activiteiten, efficiëntie en operationele veiligheid van het Europese koppelnet (380 kV).

UCTE groeide uit tot een technisch samenwerkingsverband tussen de transmissienetbeheerders van 24 landen van het Europese continent, waaronder Elia.

De transmissienetten van deze landen worden geëxploiteerd als één groot geheel waarbinnen de energie vrij rondstroomt. Dit UCTE-net wordt synchroon uitgebait: de frequentie over heel het net is gelijk en elke schommeling, tengevolge van een onevenwicht tussen productie en verbruik, is op dezelfde wijze voelbaar. Alle netbeheerders dragen op equivalente wijze bij tot de goede werking van dit Europese net en passen dezelfde technische exploitatiecriteria toe.

Naast UCTE ontstonden er nog andere synchrone netten in Europa. Om de coördinatie binnen één groot Europees elektriciteitsnet te bevorderen, hebben 42 transmissienetbeheerders uit 34 landen ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) opgericht. Doel is een verder doorgedreven coördinatie en versterkte samenwerking van de transmissienetbeheerders, met name in de ontwikkeling van een economisch, duurzaam en bedrijfszeker netwerk in Europa in het kader van het Europese energiebeleid en de integratie van de Europese elektriciteitsmarkt.

Eind juni 2009 werden UCTE en ETSO ontbonden. ENTSO-E vervangt UCTE en de andere synchrone netassociaties NORDEL (Scandinavische landen), BALTSO (Estland, Letland, Litouwen), UKTSOA (Verenigd Koninkrijk), TSOI (Ierland) en ETSO (European Transmission System Operators).

Door concentratie van de privé-elektriciteitsmaatschappijen bleven er eind jaren 70 in België nog drie privé-ondernemingen over die als producent/verdelers van elektriciteit actief waren: Ebes, Unerg en Intercom. Zij smolten in 1990 samen tot Electrabel. In de openbare sector hadden de producenten zich in 1978 gegroepeerd binnen SPE.

De hoogspanningsinfrastructuur van 150 kV tot 380 kV werd ondergebracht in CPTE met een participatie van Electrabel voor 91,5 % en SPE voor 8,5 %. De eigendomsrechten van de netten 70 kV tot en met 30 kV werden overgedragen naar CPTE.



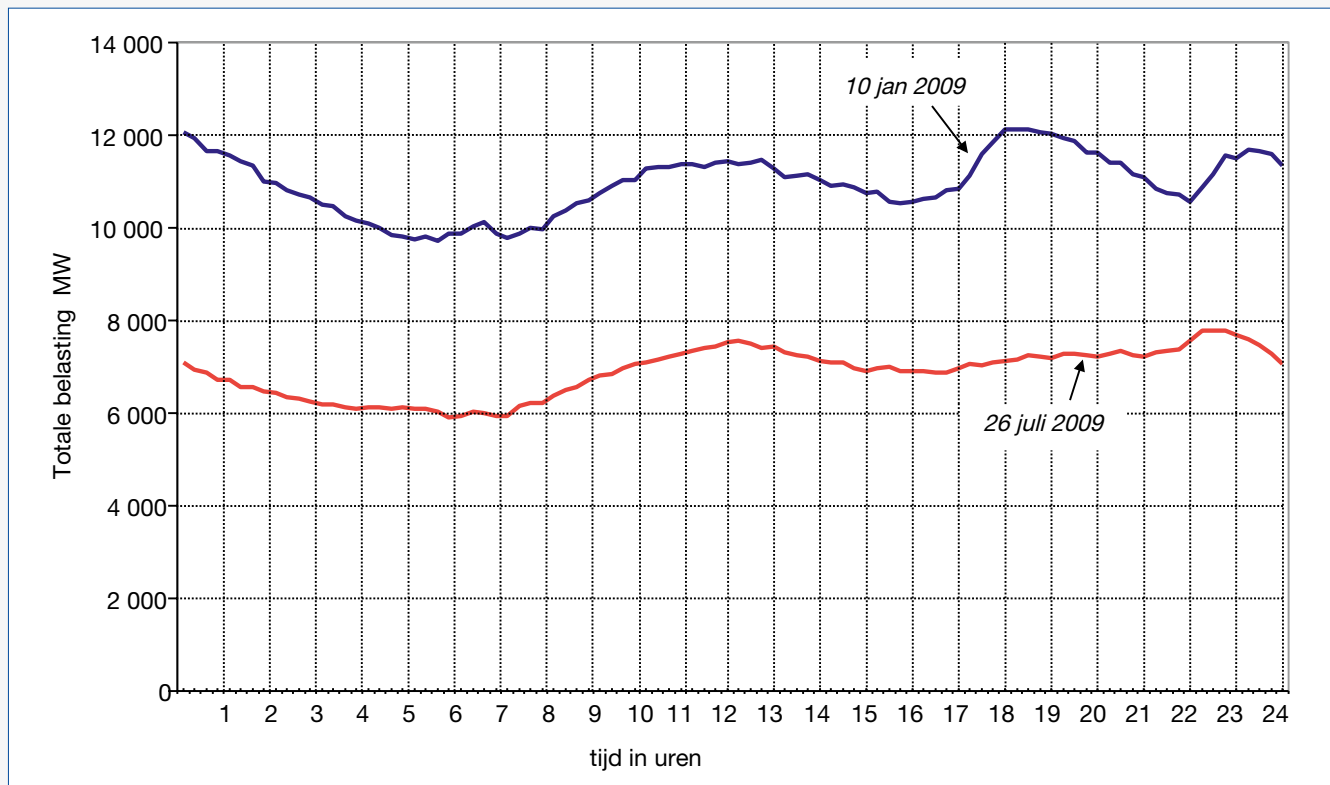
## De oprichting van Elia

Door de vrijmaking van de elektriciteitsmarkt kwam er een **verplichte scheiding** tussen het netbeheer enerzijds en de verkoop en productie van stroom anderzijds. Om dit te realiseren werd het netbeheer van 30 kV tot 380 kV van Electrabel en CPTe in één organisatie samengebracht. Op 28 juni 2001 werd deze organisatie de onafhankelijke naamloze vennootschap Elia, met als aandeelhouders CPTe (70 %) en Publi-T, dat de gemeenten vertegenwoordigt (30 %). Elia is sinds 2005 beursgenoteerd. Het aandeelhouderschap is verder gewijzigd en momenteel als volgt verdeeld: 40,10 % is in free-float, 33,01 % is in handen van Publi-T, 24,35 % van Electrabel en 1,54 % van Publi-part.

Op 17 september 2002 werd Elia officieel aangesteld als federaal transmissienetbeheerder. Elia is ook transmissienetbeheerder in Vlaanderen, lokaal transmissienetbeheerder in Wallonië en regionaal transmissienetbeheerder in het Brusselse Gewest.

Transmissienetbeheerders in onze buurlanden zijn:

- EnBW TNG, E.ON Netz, RTE, RWE TSO en Vattenfall Europe Transmission voor Duitsland;
- RTE voor Frankrijk;
- TenneT voor Nederland.

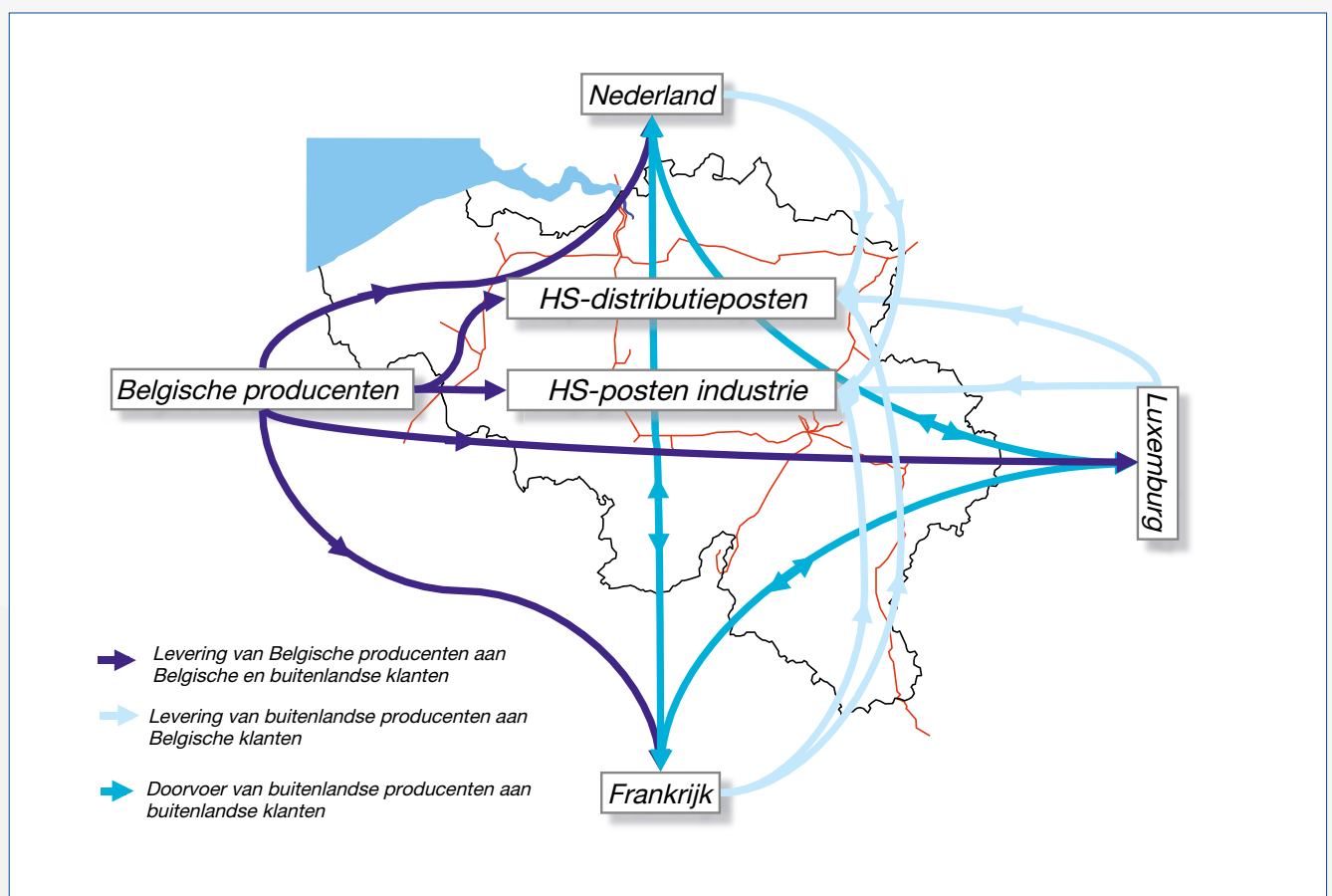


Totale belasting in het regelgebied van Elia op 10 januari en 26 juli 2009.  
Het verschil tussen een koude en een warme dag bedraagt ongeveer 4 000 MW.

## Taken van de transmissienetbeheerder

Als netbeheerder zorgt Elia voor een transparante, niet-discriminerende en objectieve toegang tot het net. Elia beschikt hiervoor over een wettelijk monopolie. Voor elektriciteit wordt het transmissienet gedefinieerd als het net met een nominale spanning van 150 kV en meer. Elia staat als beheerder van het Belgische hoogspanningsnet in voor het beheer van de hoogspanningsinfrastructuur (de ontwikkeling en het onderhoud) en voor het beheer van het elektrisch systeem (behoud van het evenwicht productie-verbruik en goede werking van het net). Als marktfacilitator zorgt Elia voor de toegang tot het net voor alle netgebruikers. Elia ontwikkelt marktmechanismen die de werking van de elektriciteitsmarkt bevorderen. Over het hoogspanningsnet wordt stroom vervoerd van de producenten naar de distributienetbeheerders en de industriële grootverbruikers die rechtstreeks op het hoogspanningsnet zijn aangesloten.

Elia bezit alle Belgische netinfrastructuur van 150 tot 380 kV en nagenoeg 94 % van de netinfrastructuur van 30 tot 70 kV.



Stroomverkeer over het Belgische transmissienet: Elia beheert de leveringen van binnenlandse producenten naar hun klanten in binnen- en buitenland en de leveringen van buitenlandse producenten aan Belgische klanten; de doorvoer van buitenlandse producenten tussen onze buurlanden.

# Technische realisatie

## Grote vermogens met hoge spanning

Voor het transporteren van een bepaald vermogen kan de hieraan gekoppelde stroomsterkte worden verlaagd door de spanning te verhogen. ( $P=U \cdot I$ )

Een hoge spanning is interessant, omdat hierbij de lagere stromen in de transmissieleidingen minder spanningsverlies geven ( $U = R \cdot I$ ) en minder warmte produceren door het Joule-effect ( $P = R \cdot I^2$ )

Deze warmteproductie is een vorm van energieverlies. ( $P = R \cdot I^2 \cdot t$ )

Wanneer we dus een bepaalde hoeveelheid energie transporteren met een spanning die 10 keer hoger is, dan wordt het energieverlies door het Joule-effect 100 keer lager.

Over een bestaande kabel kan dus bij een verhogen van de spanning meer vermogen worden getransporteerd. Of omgekeerd: voor een bepaald vermogen volstaat een kabel met een lagere sectie.

In principe kan het beste altijd op een zo hoog mogelijke spanning worden gewerkt. Dit geeft het minste energieverlies en maakt het mogelijk om kabels te gebruiken van een lagere sectie, wat gezien de prijs van koper en aluminium, een grote besparing kan betekenen.

Lagere sectie van kabel betekent ook minder gewicht, doet de luchtlijnen minder doorhangen en maakt dus grotere afstanden tussen de pylonen mogelijk. Dat betekent voor een bepaald tracé en vermogen minder pylonen en opnieuw een financiële besparing.

Zo simpel is het echter niet. Een hogere spanning betekent onder andere ook een betere isolatie en hogere veiligheidsvoorzieningen, niet enkel voor de leidingen maar ook voor transformatoren, schakelinrichtingen en elke component van het circuit.

Een optimale spanning kiezen, is dus een doordacht afwegen van verschillende factoren.

## Het transmissienet van Elia

Het hoogspanningsnet is te vergelijken met een spinnenweb, met verbindingen op eenzelfde niveau en tussen de verschillende spanningsniveaus. Het Elia-net is sterk vermaasd. Dat biedt een zeer hoge leveringszekerheid, maar ook een relatief groot aantal te controleren punten.

De 380 kV-lijnen zijn de ruggengraat van het Belgische en Europese net. Internationale uitwisselingen verlopen hoofdzakelijk langs deze lijnen.

Op dit spanningsniveau zijn ook de kerncentrales en de pompcentrale van Coe aangesloten. De alternatoren leveren een spanning tussen 10 en 20 kV. Deze spanning wordt getransformeerd naar 380 kV. Andere grote elektriciteitscentrales injecteren op het 150 kV-net, kleinere eenheden op 70 en 36 kV.

Op dit net zijn er tal van 'knooppunten': de hoogspanningsstations. Hier worden verbindingen gemaakt tussen bovengrondse lijnen en/of ondergrondse kabels met verschillende spanningen. De hoogspanningsstations zijn als verkeerswisselaars: enerzijds maken zij het mogelijk om de energie op de gepaste spanning verder te verdelen naar de

verbruikscentra; anderzijds zorgen zij ervoor dat de energie kan worden omgeleid via verschillende wegen. Dankzij deze wisselaars is het mogelijk verbindingen uit dienst te nemen voor onderhoud zonder de energielevering aan de verbruikers te onderbreken.

Het transport van elektriciteit naar belangrijke verbruikscentra verloopt hoofdzakelijk op 220 en 150 kV.

De verdere verdeling naar de netten van de distributienetbeheerders verloopt grotendeels via verbindingen op 70 en 36 kV.

Grote industriële verbruikers zijn rechtstreeks op het hoogspanningsnet aangesloten.

Het hoogspanningsnet van Elia bestaat uit luchtlijnen en ondergrondse kabels.

Meer dan 800 hoogspanningsposten zetten de spanning om tot op het vereiste niveau.

In totaal omvat het transmissienet van Elia 8 412 kilometer verbindingen, waarvan 5 645 km bovengrondse lijnen en 2 767 km ondergrondse lijnen.



380 kV-netwerk van Elia

## Bovengrondse verbindingen

### Pylonen

Bij bovengrondse verbindingen worden geleiders opgehangen aan pylonen. Hoogspanningsluchtlijnen transporteren grote hoeveelheden elektriciteit over relatief lange afstanden. Onze elektriciteit is driefasige wisselstroom. Een hoogspanningslijn is bijgevolg altijd samengesteld uit drie lijnen of een veelvoud hiervan, en een aardkabel. Elke pyloon is geaard.

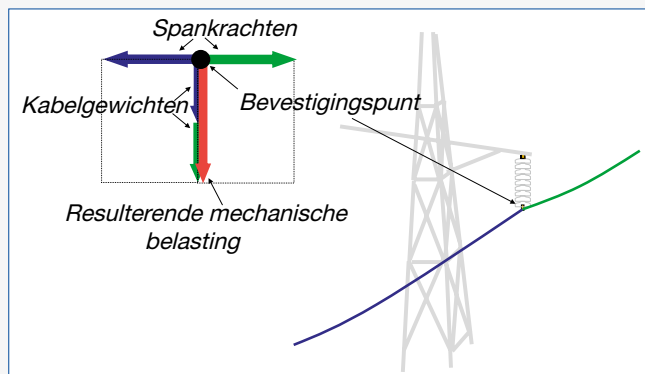
Meestal loopt een lijn in de top van de pylonen die fungeert als onderlinge aardgeleider en tevens als bliksemgeleider. Aan deze geleider zijn soms ook aluminium bollen bevestigd als reflector voor de radar van vliegtuigen. En soms bevat deze lijn bovendien een glasvezelkabel voor het communicatienetwerk van Elia.

De constructie van pylonen, en dus het type pyloon, is vooral bepaald door de mechanische krachten die door de opgehangen geleiders worden uitgeoefend. Deze krachten zijn vooral afhankelijk van het gewicht van de kabels (en dus de afstand tussen twee pylonen), de windvang, de mogelijke ijsafzetting en de torsiekrachten bij een niet-rechte verbinding.

De pylonen kunnen worden onderverdeeld in volgende groepen:

### Lijnmasten

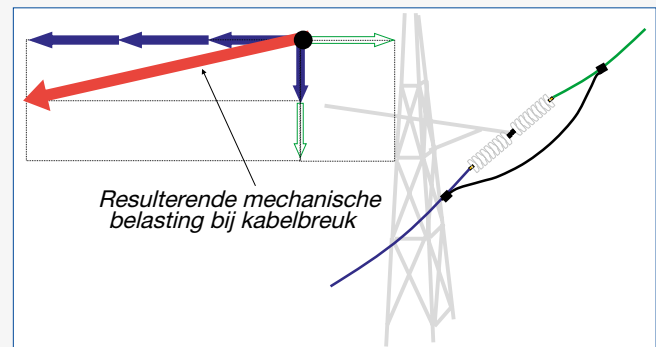
In een rechtlijnig tracé dienen de masten enkel als 'ondersteuning' van de kabels, op deze masten worden in de richting van de kabels en in de dwarsrichting relatief weinig krachten uitgeoefend. We spreken hier over 'lijnmasten'. Het gewicht aan beide kanten van de lijnmast is gelijk en houdt deze in evenwicht.



De spankrachten van de kabels links en rechts van het bevestigingspunt zijn gelijk en heffen elkaar op. Enkel het gewicht van de kabels oefent een kracht uit op de pyloon. Zonder wind is de resulterende kracht die door de kabels op de pyloon wordt uitgeoefend, verticaal naar beneden gericht.

### Verankeringsmasten

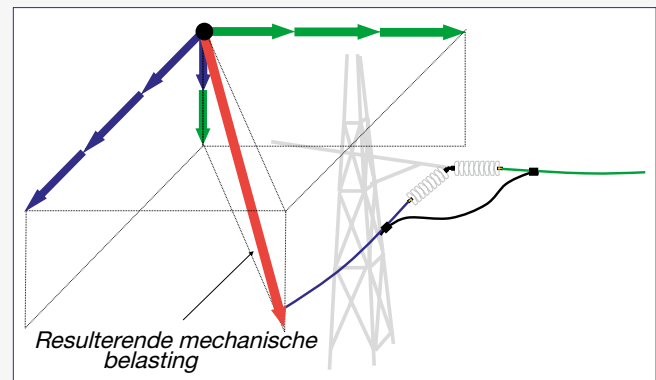
Om de schade te beperken bij een eventuele breuk van een of meerdere kabels en onder andere een domino-effect van omvallende pylonen te beletten, wordt op regelmatige afstanden, om de 4 tot 6 masten, een 'verankeringsmast' geplaatst. Deze mast vervult tevens de functie van lijnmast of hoekmast en moet blijven rechtstaan als aan een kant alle kabels breken. Verankeringsmasten maken het ook mogelijk om een luchtlijn die wordt aangelegd in segmenten op te spannen.



In normale toestand is de mechanische belasting hier dezelfde als bij een lijnmast. Bij een kabelbreuk moet de mast echter de spankracht van de overspanningen langs de andere kant van de breuk kunnen opnemen. In dit voorbeeld veronderstellen we een kabelbreuk rechts van de mast en links drie lijnmasten tot de eerstvolgende verankeringsmast. De resulterende mechanische kracht trekt zeer sterk aan één zijkant van de pyloon.

### Hoekmasten

Op een plaats waar het tracé van richting verandert, moet de mast ook weerstand kunnen bieden aan de zijwaartse trekkracht die wordt uitgeoefend. We spreken hier over een 'hoekmast'.



De spankrachten liggen hier niet in dezelfde lijn en oefenen een zijwaartse kracht uit op de pyloon.

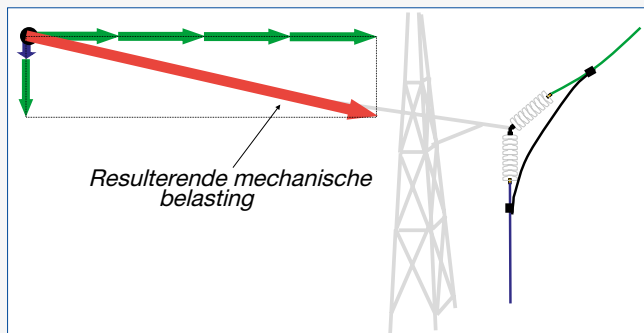
In dit voorbeeld veronderstellen we aan elke kant drie lijnmasten tot de eerste verankeringsmast.

De resulterende kracht is schuin naar binnen van de bocht gericht.

De constructie van de pyloon werkt hier als hefboom. Dit maakt dat nog een veel grotere kracht wordt uitgeoefend op de verankeringspunten aan de grond.

## Eindmast

De mast aan het begin en het einde van een tracé moet aan het gewicht en de trekkrachten van de overspanningen tot de eerste verankeringsmast kunnen weerstaan. Dit is de 'eindmast', gewoonlijk de sterkste van een tracé.



In dit voorbeeld veronderstellen we vier lijnmasten tot de eerste verankeringsmast.

## Aftakmast

Op elke aftakking staat een 'aftakmast', specifiek geconstrueerd in functie van de aftakverbindingen.



Aftakmasten op een 150 kV-lijn van Elia

## Specifieke eigenschappen van luchtlijnen

### Corona-effect

In bepaalde situaties kunnen zich **glimontladingen** voordoen aan scherpe kanten van metalen onder hoogspanning, bijvoorbeeld aan de klemmen van de verbindingen. In een vochtige atmosfeer geeft dit een knetterend geluid en storingen bij radio- en tv-ontvangst met een antenne. Bij volledige duisternis zijn deze ontladingen met het oog waarneembaar.

### Skineffect

Dit is een '**stroomverdringingseffect**' dat zich voordoet bij dikke kabels en hoge stromen. Hierdoor ontstaat in de kern van de geleider een zone -zie het als een tunnel- waardoorheen geen stroom vloeit. De kabel krijgt, op elektrisch geleidingsgebied, als het ware een lagere sectie.

## Galopperen van kabels

'Galopperen' is een fenomeen dat mogelijk optreedt bij luchtlijnen onder invloed van uitzonderlijke weersomstandigheden waarbij grote ijsafzettingen op de geleiders voorkomen. Als die ijslagen wegsmelten en zo plots loskomen van de geleiders, kunnen die gaan 'galopperen'. Ook bij rukwinden kan dit gebeuren. De lijn gaat dan in een golfbeweging op en neer. Door resonantieverschijnselen ontstaan hierbij extreme krachten op de bevestigingspunten van de lijn. Het galopperen kan als gevolg hebben dat de geleiders te dicht bij elkaar komen, waardoor een overslag tussen fasen mogelijk wordt. Specifieke manieren van 'weven' van de kabel kunnen dit voorkomen.



Dempgewichten voorkomen op lange overspanningen metaalmoeheid aan de bevestigingsklemmen tengevolge van de kabelbeweging bij lichte wind.



## Overslag van een isolator

Bij een eventueel te hoge spanning op een luchtlijn, bijvoorbeeld tengevolge van een blikseminslag, kan over de isolator een lichtboog-overslag ontstaan tussen kabel en pyloon, die de isolator beschadigt. Om deze schade te voorkomen worden **hoornafleiders** geplaatst. De eventuele lichtboog zal nu de gemakkelijkste weg kiezen en overspringen langs deze afleiders. In principe is dit dus een 'vonkbrug' die dient als overspanningbeveiliging.



*Hoornafleiders op isolatoren*

*Bij een overspanning op de lijnen is er een overslag tussen de beide elektroden aan de uiteinden van de isolatorketting en wordt de spanning afgeleid naar de aarde.*

## Isolatorketting

Kabels worden aan de draagarmen van pylonen bevestigd door middel van isolatorkettingen in porselein of glas. De lengte van deze isolator wordt bepaald in functie van de elektrische spanning op de kabels en dus ook de overslagspanning tussen de kabel en de metaalconstructie die in verbinding staat met de aarde. Hoe hoger de spanning, hoe meer 'schotels' de isolatorenketting telt. Bij 380 kV is een isolatorketting tot enkele meter lang, met een twintigtal schotels.



*Isolatoren van een 380 kV-lijn.*

*De brugverbinding over de isolatoren (een zogenaamde 'bretel') is een elektrische koppeling tussen de lijnen aan beide kanten van het bevestigingspunt. Een dergelijke verbinding heeft een dempende werking op de kabelbeweging.*

## Doorbuiging

Luchtlijnen hebben steeds een bepaalde doorbuiging. Hoe strakker de lijn wordt opgespannen, hoe sterker de noodzakelijke trekkracht en de mechanische belasting voor verankeringsmasten en hoekmasten.

Luchtlijnen moeten ook kunnen krimpen bij koude, en uitzetten bij warme luchttemperaturen en bij eigen warmteontwikkeling in de kabel. De hoogte van een pyloon is onder andere bepaald in functie van de afstand die moet worden overbrugd en de minimumafstand tussen de maximaal te verwachten doorbuiging en de onderliggende zone.



*Lijn 70 kV*

*Gerealiseerde overspanning: 250 tot 300 m  
volledige hoogte 40 m.*

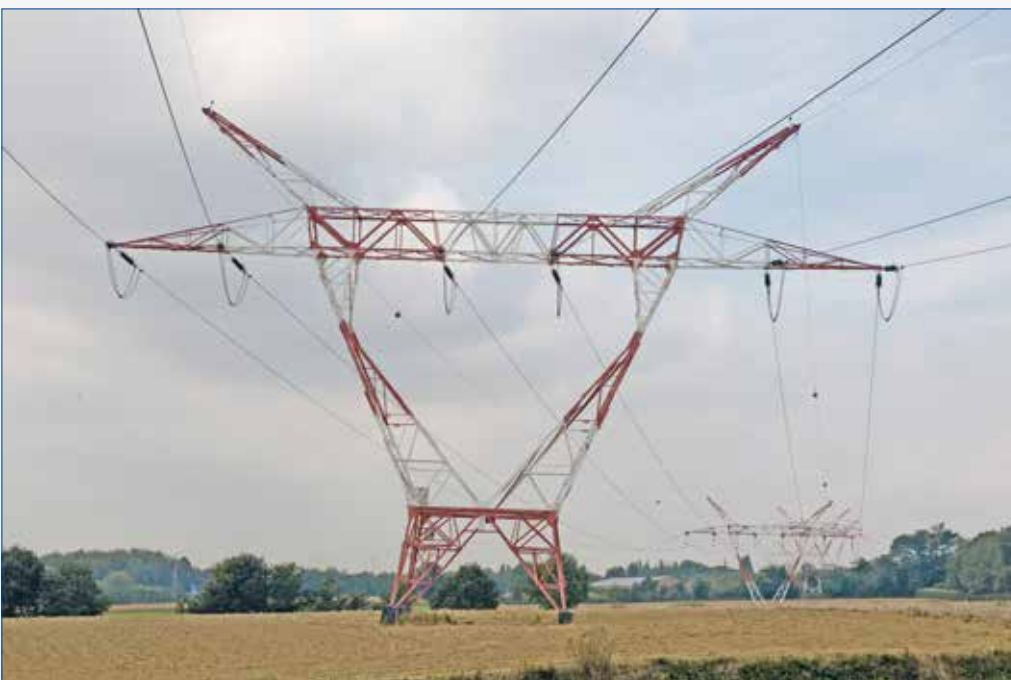




*Lijn 150 kV  
Gerealiseerde overspanning: ongeveer 350 m  
Volledige hoogte: 50 m*



*Lijn 380 kV  
Gerealiseerde overspanning: ongeveer 400 m.  
Volledige hoogte: 65 m*



*In de omgeving van bijvoorbeeld luchthavens worden relatief lage pylonen van een speciale constructie geplaatst. (hier in Meise voor het luchtverkeer van Zaventem)*



Bij zeer hoge spanning (380 kV) moet tevens rekening worden gehouden met het corona-effect. Dit effect kan hier ook optreden aan de oppervlakte van de geleiders.

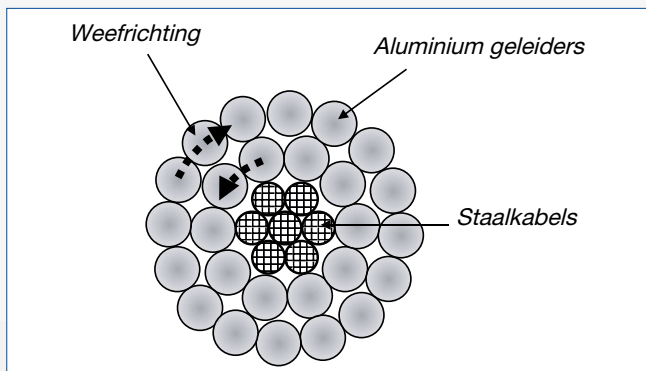
Om het skin-effect te voorkomen wordt op 380 kV-lijnen een geleider soms opgesplitst in twee, drie of vier geleiders die door middel van afstandstukken uit elkaar worden gehouden. Hierbij gedragen deze afzonderlijke geleiders zich als één dikke geleider.

*Voor specifieke overspanningen worden speciale hoge pylonen opgesteld (hier de overbrugging van de Schelde door de 380 kV-lijn Doel-Zandvliet). Volledige hoogte: 185 m*

## Constructie van luchtkabels

Een luchtkabel is samengesteld uit een centrale kabel in staal waarrond kabels van een aluminium legering zijn gevlochten. De stalen draagkabel zorgt voor de stevigheid en de aluminium kabels voor de geleiding van de stroom.

De draaddoorsnede is bepaald in functie van de toegelaten spanningsval (of met andere woorden de stroomsterke en de lengte) en de warmteontwikkeling in de kabel.



*Voor het transport van hoge stromen worden per lijn twee kabels gespannen die op afstand worden gehouden door afstandstukken. Deze twee kabels gedragen zich als een dikke kabel met een sectie gelijk aan de som van beide kabels.*

## Ondergrondse verbindingen

### Luchtlijn versus ondergrondse kabel

Een luchtlijn kan relatief gemakkelijk over hindernissen worden gespannen als de nodige veilige hoogte wordt gerespecteerd. Luchtlijnen zijn ook relatief gemakkelijk koel te houden en elektrische isolatie stelt meestal weinig problemen. Bovendien zijn ze eenvoudiger te onderhouden dan ondergrondse verbindingen.

Ondergrondse kabels moeten elektrisch worden geïsoleerd en zijn bij defect moeilijker te herstellen. Bij aanleg van het net moet rekening worden gehouden met de afvoer van de warmte. Daarom moet elke kabel op voldoende afstand van de andere worden gelegd.

De constructie is voor een zelfde vermogen, tot vijf keer duurder dan voor een luchtverbinding.

Luchtnetten hebben echter ook hun specifieke impact op de omgeving:

- Bij een luchtlijn moet naast de grondoppervlakte voor de bouw van de pylons ook rekening worden gehouden met de toegang naar de openbare weg vanaf elke pylon.
- Het Corona-effect wordt door omwonenden van een hoogspanningslijn soms als hinderlijk ervaren.
- Een luchtlijn brengt niet enkel magnetische, maar ook elektrische velden met zich mee. Ondergrondse verbindingen veroorzaken enkel een magnetisch veld.

Ondanks het feit dat de ingreep veel groter is bij het aanleggen van de ondergrondse kabels, en ze bovendien veel duurder zijn, kunnen ondergrondse verbindingen toch in een aantal gevallen een interessant en waardevol alternatief voor zijn voor luchtlijnen.

Als een netversterking nodig is, zal Elia eerst onderzoeken of het mogelijk is de bestaande infrastructuur te optimaliseren. Dit kan betekenen:

- een bijkomend draadstel aan een bestaande luchtverbinding;
- de uitbatingspanning verhogen;
- nieuwe geleiders met een hogere capaciteit gebruiken;
- een bestaande verbinding naar een hogere spanning brengen.

Indien de voorgaande mogelijkheden onvoldoende zijn om de vereiste capaciteit te bekomen, wordt nagegaan of bestaande verbindingen kunnen worden vervangen of worden omgebouwd tot verbindingen met een hogere spanning op dezelfde locatie.

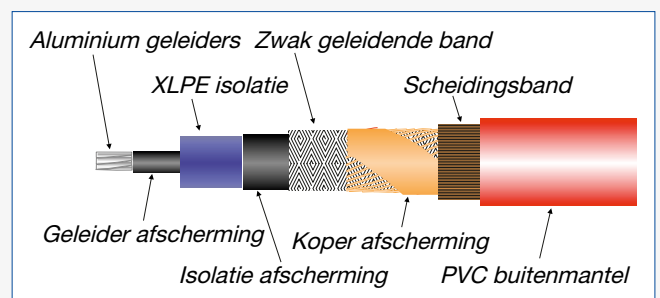
Voor de locatie van nieuwe verbindingen wordt gestreefd naar een maximale bundeling met bestaande infrastructuur. Dit kunnen andere, reeds bestaande, hoogspanningslijnen zijn maar ook andere infrastructuur zoals spoor- of waterwegen.

Voor nieuwe verbindingen van 150 kV en lagere spanning wordt nagegaan of het mogelijk is om ze ondergronds aan te leggen. Voor 380 kV-lijnen wordt deze mogelijkheid slechts in zeer uitzonderlijke gevallen overwogen voor korte afstanden.

### Constructie van ondergrondse kabels

Er zijn drie soorten kabels

- Monopolaire kabels (één geleider per kabel) met een synthetische isolatie van polyethyleen (PRC of XLPE). Dit is de nieuwste soort hoogspanningskabel. In deze kabels is vaak ook een glasvezel ondergebracht voor de overdracht van signalen uit temperatuuropmeters die de warmteontwikkeling in de kabel registreren.
- Monopolaire kabels met een in vloeibare olie gedrenkte papierisolatie. Deze kabels worden nog gebruikt voor netten op 150 en 70 kV maar verdwijnen stilaan.
- Tripolaire loodkabels (drie geleiders) geïsoleerd door middel van in olie geïmpregneerd papier. Zij worden gebruikt voor netten op een spanning lager dan 40 kV.



Samenstelling van een monopolaire kabel

### Hoogspanningsstations of onderstations naar middenspanning

In een transmissienet zijn op verschillende plaatsen hoogspanningsstations gebouwd voor het **koppelen** en het **aftakken** van lijnen, het **transformeren** van de spanning en het koppelen met de netwerken op middenspanning van de distributienetbeheerder.

Hier worden ook lijnen in dienst genomen of uitgeschakeld.

### Velden

De verschillende componenten voor deze specifieke acties zijn opgesteld in wat 'velden' wordt genoemd. We spreken in dit verband van een 'lijnveld', 'kabelveld', 'transformatorveld' en 'koppelveld'.

De volledige installatie, en dus elk veld, is uitgevoerd voor driefasenspanning.



## Rails



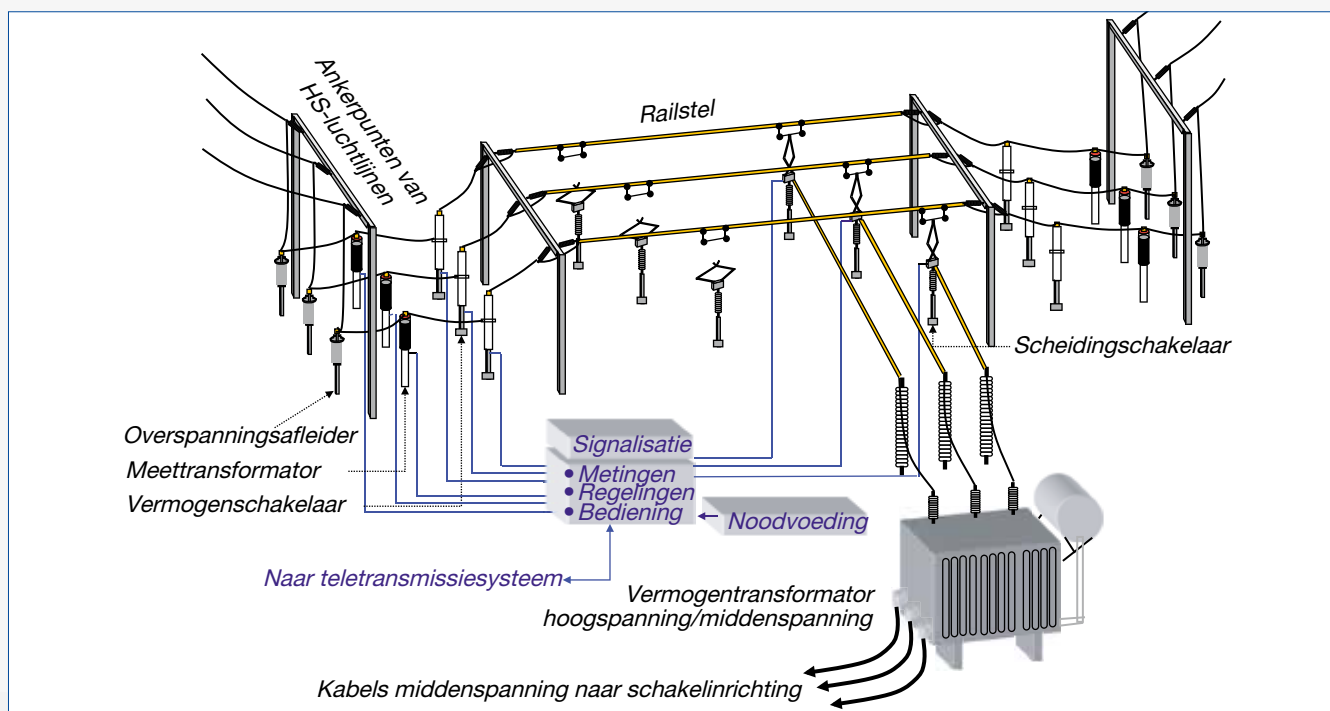
Het railstel op deze foto is uitgevoerd met strak gespannen kabels.

De onderlinge verbindingen tussen de verschillende velden worden gemaakt door middel van 'rails'. Een hoogspanningspost heeft doorgaans meerdere rails. Bij meerdere sets van drie rails spreken we over een 'railstelsel'.

Rails in open lucht zijn uitgevoerd met strak gespannen kabels of buizen.

In binnenposten (36 kV, 30 kV en middenspanning) zijn de rails uitgevoerd in koperen buizen of koperen latten.

Het formaat van isolatoren en de onderlinge afstanden tussen de geleiders van de rails worden bepaald in functie van de spanning. De dikte van de rails wordt op zijn beurt bepaald in functie van de waarde van de stromen die er doorvloeien. Daarbij wordt ook rekening gehouden met eventuele kortsluitstromen.



In dit schema zijn de elementaire delen van een hoogspanningspost weergegeven.

## Schakelaars

Schakelen in hoogspanningsposten gebeurt door drie types schakelaars: **vermogenschakelaars**, **lastschakelaars** en **scheidingschakelaars**.

### Vermogenschakelaar

Een vermogenschakelaar kan in- en uitschakelen bij **alle stroomwaarden** (nominale stromen en kortsluitstromen) die op de lijn kunnen voorkomen. Hij doet hier geen beveiliging, maar voert enkel schakelcommando's uit die meestal van op afstand worden gegeven.

Er zijn verschillende types afhankelijk van het spanningsniveau.



Vermogenschakelaars op een 150 kV-railstel.  
Totale hoogte is ongeveer 5 m.

### Lastschakelaars

Lastschakelaars kunnen geen kortsluitstroom uitschakelen, maar enkel stroomwaarden tot de normale belastingstroom. Zij moeten dus worden beveiligd door smeltveiligheden. Lastschakelaars kunnen gewoonlijk ook de functie van scheidingschakelaar vervullen en worden dan lastscheiders genoemd.

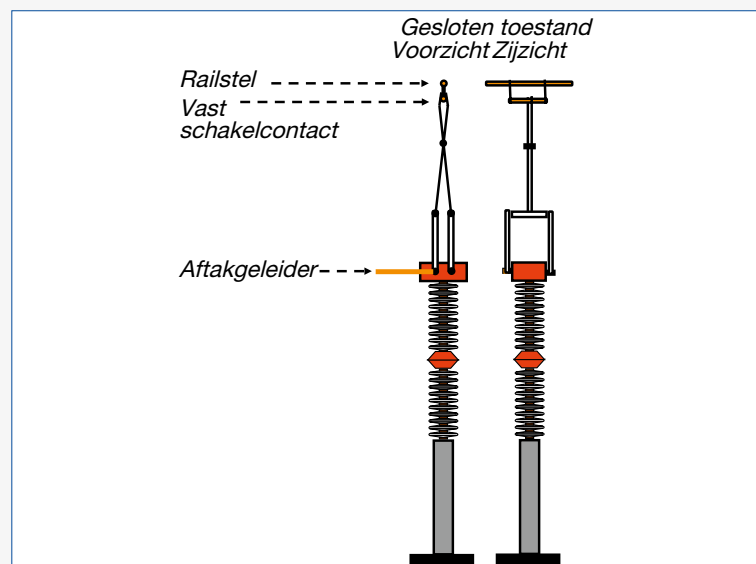
### Scheidingschakelaar

Een scheidingschakelaar, of kortweg 'scheider' genoemd, kan enkel stroomloze lijnen onderbreken, dus lijnen die niet worden belast.

Er zijn verschillende types van scheiders.

- Voor spanningsniveaus van 380 kV tot 70 kV: type pantograaf, semipantograaf of rotatief.
- Voor spanningsniveaus van 36 kV tot middenspanning: type met bewegend mes.

Bij een **pantograafscheider** wordt de koppeling met een railstel gemaakt door middel van een hefboomsysteem. Het systeem wordt elektrisch aangedreven.

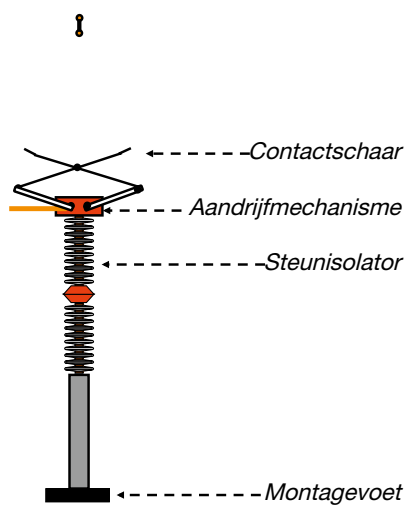


Bij een **roterende scheider** maakt of verbreekt een draaiend contact de verbinding.



Roterende scheiders op een 150 kV-railstel.

Open toestand



Pantograafscheiders op een 150 kV-railstel.  
Hoogte is ongeveer 4 m.



## Opstelling

### Buitenopstelling

Hoogspanningsstations van 380 kV tot 36 kV zijn doorgaans in de buitenlucht gebouwd, de zogenaamde **luchtgeïsoleerde hoogspanningsstations of AIS-stations** (Air Insulated Stations). Dit is noodzakelijk wegens de afmetingen van onder andere isolatoren en transformatoren. Bovendien moeten de vereiste veiligheidsafstanden worden gerespecteerd tussen de verschillende delen om overslag te vermijden.

Een installatie in de buitenlucht maakt dat er gemakkelijker en sneller kan worden gewerkt. Transformatoren en isolatoren zijn groot en zwaar en moeten met kranen worden gemanipuleerd. Snel werken is bovendien belangrijk bij de herstelling van defecten.

Om de noodzakelijke afstand tot stroomvoerende gedeelten te kunnen respecteren en te kunnen beschikken over voldoende manoeuvreerruimte om transformatoren en schakelinrichtingen te vervangen, is een terreinoppervlakte tussen 1 500 en 3 000 m<sup>2</sup> vereist voor installaties op 150 kV. Voor installaties op 70 kV volstaat een oppervlakte tussen 800 en 1 200 m<sup>2</sup>.

### Binnenopstelling

Schakelen op transmissienetten wil in de praktijk zeggen dat in een voedingslijn een fysieke onderbreking wordt gemaakt, waarvan de geleidende delen zo ver uit elkaar komen dat geen overslag mogelijk is en een vlamboog wordt gedoofd. Schakelaars en rails die staan opgesteld in open lucht moeten dus rekening houden met de overslagspanning van vochtige lucht.

De afstand tussen de schakelcontacten en de rails kan sterk worden verminderd door ze onder te brengen in een gas of vloeistof met een hogere waarde voor de overslagspanning. Hiermee worden deze installaties dus ook beduidend compacter, wat vooral bij installaties in gebouwen belangrijk is. Werken met perslucht of SF<sub>6</sub> is hier een oplossing. Op een druk van 1 bar is het isolatievermogen bij SF<sub>6</sub> driemaal hoger dan lucht. Op een druk van 5 bar is de isolatie 6 maal beter dan die van lucht.

Een belangrijke plaatsbesparing wordt gerealiseerd door te werken met **gasgeïsoleerde stations of GIS-stations** (Gas Insulated Stations). Hierbij staan de transformatoren (voor transformatie van 380, 150 en 70 kV naar middenspanning van 15 of 10 kV) gewoonlijk in open lucht opgesteld en het middenspanningsgedeelte in een gebouw. Dankzij de isolatie met gas zijn ze veel beperkter qua afmeting in vergelijking met luchtgeïsoleerde buitenposten van een zelfde spanningsniveau.



SF<sub>6</sub> geïsoleerde schakelapparatuur van een 150 kV onderstation van Elia.

Rechts is de koppeling met ingaande en uitgaande kabels op 150 kV.

150 kV schakelapparatuur staat links en rechts van het loopplatform opgesteld. Deze opstelling maakt de beveiliging en koppeling van 2 lijnen van 150 kV en 2 aftakkingen voor 2 transformatoren 150 naar 15 kV van elk 50 MVA.

Deze compacte installatie bevat onder meer 2 rails, 4 vermogensschakelaars en 8 railscheiders.



## Transformatoren

In het hoogspanningsnet vinden we transformatoren van 380/220 kV, 380/150 kV, 220/70 kV 150/70 kV en 150/36 kV en transformatoren die naar middenspanning transformeren: 220 kV/MS, 150 kV/MS, 70 kV/MS en 36 kV/MS.

Deze transformatoren staan bijna steeds in open lucht, het zijn **olietransformatoren met een geforceerde koeling**.

De eisen die aan dergelijke transformatoren worden gesteld zijn extreem hoog. Slechts een beperkt aantal fabrikanten kan aan deze eisen voldoen.



150 naar 70 kV transformator van Elia  
Koeling: olieradiatoren met ventilatoren.  
Vermogen: 125 MVA

## Beveiliging

### Algemeen

Ook transmissienetten en distributienetten kunnen ondanks alle veiligheidsvoorzieningen in kortsluiting geraken. Meestal liggen de eigenlijke oorzaken hier buiten het toezicht van de exploitanten van deze netten. Hoogspanningsluchtlijnen kunnen worden beschadigd door luchtballons, vliegtuigjes, kranen, blikseminslag en storm. Ondergrondse verbindingen kunnen worden beschadigd door graafwerken.

Transformatoren zijn ook onderhevig aan verouderingsverschijnselen en kunnen, ondanks alle preventief onderhoud, defect gaan. Beveiliging is dus noodzakelijk.

Het is belangrijk dat beveiligingen **selectief werken**. Dat betekent onder andere dat als een fout optreedt op een lijn van een rail, enkel deze rail wordt uitgeschakeld.

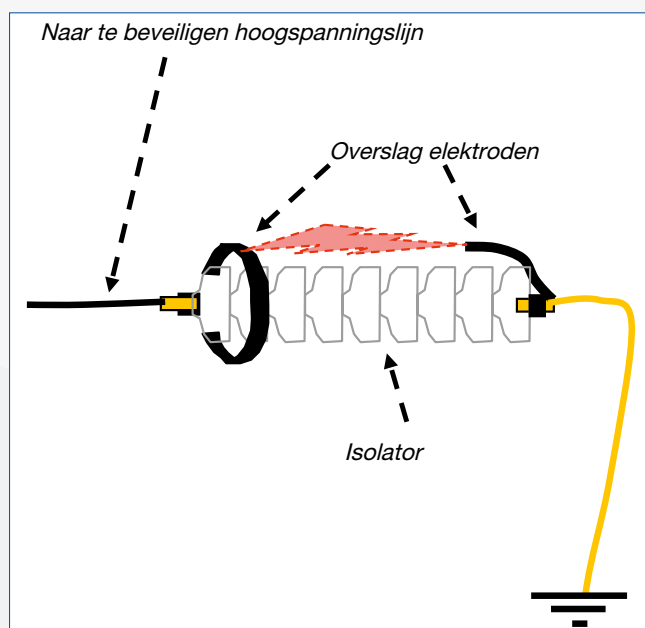
### Overspanningen

Bij hoogspanningsluchtlijnen zijn overspanningen meestal het gevolg van bliksem.

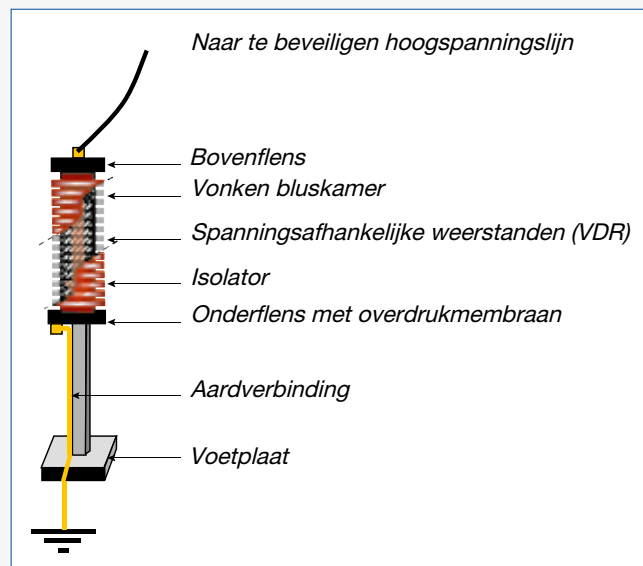
In principe moet de aardingsgeleider die is gespannen in de top van de pylonen een eventuele blikseminslag afleiden naar de aarde.

Bliksem kan echter ook doordringen tot de andere kabels.

Een eerste voorziening tegen overspanningen zijn de 'hoornafleiders' op de isolatoren van de hoogspanningslijnen. Treden deze in werking dan wordt de overspanning afgeleid naar de aardverbinding van de pyloon.



Alle aankomende en vertrekkende hoogspanningslijnen in een hoogspanningspost worden bijkomend beveiligd tegen overspanning door overspanningsafleiders. Doorgaans zijn dit varistoren.

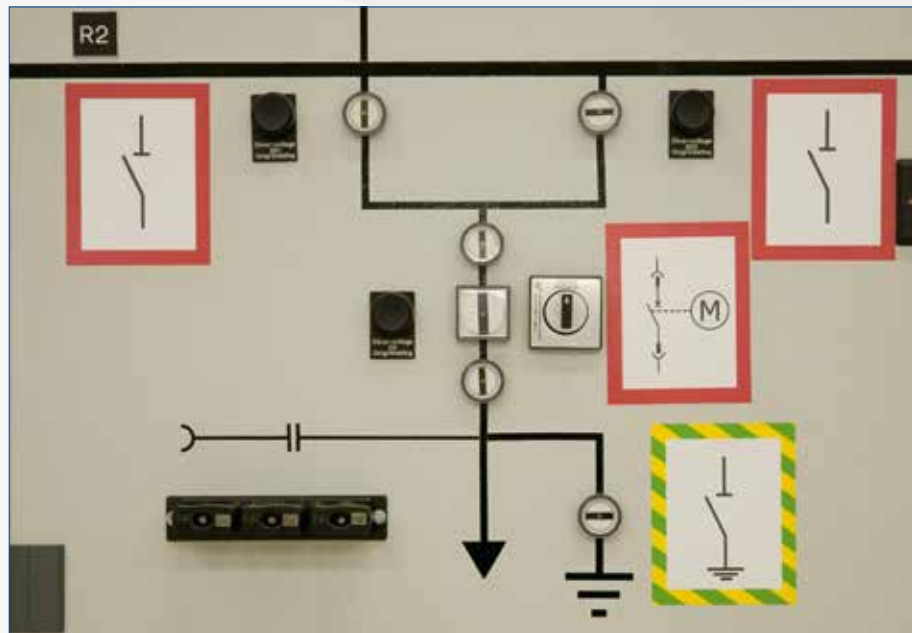


VDR overspanningsafleiders in een 150 kV openluchtstation.

## Hulpfuncties

In hoogspanningsposten zijn verschillende beveiligingen, ook 'hulpfuncties' genoemd, gerealiseerd door beveiligingsschakelingen. Hierin worden signalen uit stroomtransformatoren, spanningstransformatoren, temperaturopnemers en dergelijke in elektronische schakelingen verwerkt en worden relais gestuurd die onder meer vermogenschakelaars bedienen.

Wordt een fout vastgesteld en reageert een vermogenrelais van een railstelsel niet of niet snel genoeg, zijn er de zogenaamde '**back-up beveiligingen**' die in dit geval alle vermogenschakelaars van het betrokken railstelsel uitschakelen.



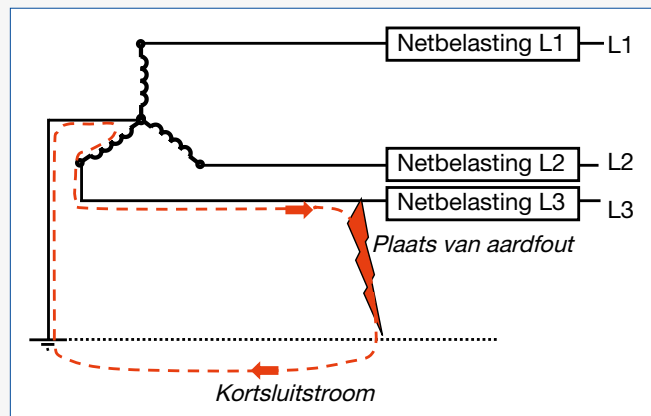
*In moderne onderstations is de bedieningsapparatuur ondergebracht in compacte modules met onder andere optische borden die een duidelijk overzicht geven van de schakeltoestand van een bepaalde lijn.*

## Kortsluiting op transport- en distributienetten door een blikseminslag

### Eenfasige aardfout

Zowel luchtnetten als grondnetten kunnen in kortsluiting komen door een blikseminslag.

Bij een directe blikseminslag op een van de geleiders van een bovengronds hoogspanningsnet kan een blijvende overslag optreden tussen deze geleider en de bliksemgeleider. Eén fase komt hierdoor in kortsluiting te staan waardoor een kortsluitstroom vloeit naar de voedende transformator. We spreken over een 'eenfasige aardfout'.



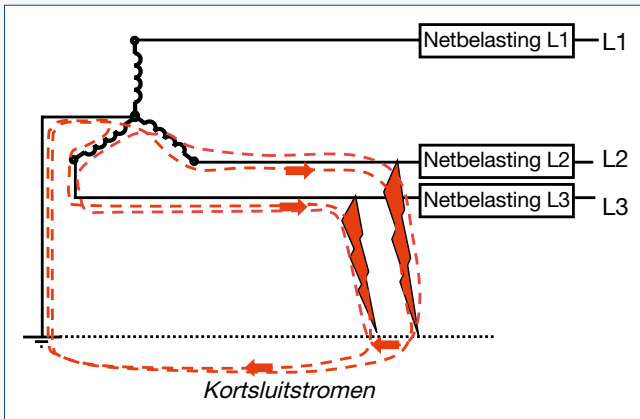
*Stroomcircuit bij een eenfasige aardfout*

Bij grondkabels kan door een blikseminslag een blijvende overslag ontstaan tussen een geleider en de afscherming van de kabel.

De kortsluitstromen over de bewapening kunnen moffen voor aftakkingen en eindsluitingen zodanig verhitten dat ze ontploffen.

## Dubbele aardfout

De aardfout op een fase door een blikseminslag, kan ook op een ander zwak punt in de lijn een tweede aardfout opstarten. We spreken over een 'dubbele aardfout'.



Stroomcircuits bij een dubbele aardfout.

## Stapspanning

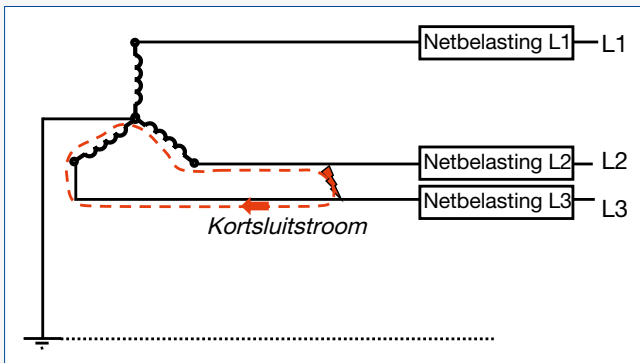
Slaat een bliksem op de mast van een luchtlijn, dan is het mogelijk dat het potentiaalverschil tussen de mast en een spanningsgeleider zo hoog wordt dat een blijvende overslag optreedt over de isolator. De kortsluitstroom vloeit in dit geval naar de aarding van de mast. Rond de poten van de mast ontstaat hierdoor aan de grondoppervlakte een cirkelvormig potentiaal verloop. In de directe omgeving van de mast kan het spanningsverschil tussen twee stappen (de stapspanning) of de poten van een dier zodanig hoog worden, dat er een reëel gevaar is voor elektrocutie.

Een gelijkaardige situatie kan zich voordoen bij een breuk van een hoogspanningslijn.

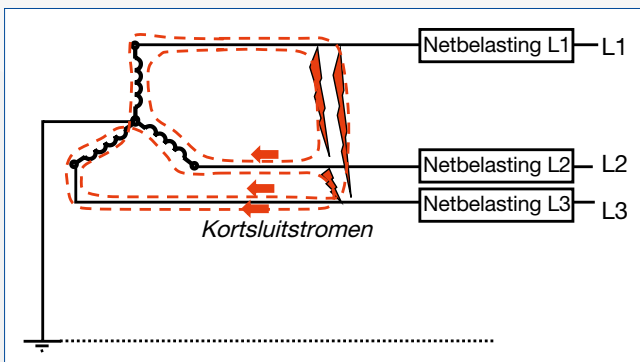
## Tweefasige en driefasige kortsluiting

Bij een kortsluiting tussen twee fasen spreken we over een 'tweefasige kortsluiting'. Hierbij vloeien er geen stromen naar de aarde, maar via de geleiders rechtstreeks naar de voeding.

Samen met een 'driefasige kortsluiting' ontstaan hier de hoogste kortsluitstromen.



Stroomcircuit bij een tweefasige kortsluiting



Stroomcircuits bij een driefasige kortsluiting



## Beveiliging tegen elektrocutie

### Overslag

Overslag is een zeer belangrijk aandachtspunt voor mensen die werken in hoogspanningsstations. **Veiligheidszones** respecteren is de enige manier om elektrocutie door overslag te voorkomen. Dit houdt ook in dat geen lange voorwerpen zoals ladders, kranen, borstels en dergelijke in de gevarenzone mogen worden gestoken.



*Terreinen met hoogspanningsinstallaties zijn steeds verboden toegang voor onbevoegden en iedereen zonder toelating van de exploitatieverantwoordelijke.*

### Inductiespanning

Ook inductiespanningen vormen een reëel gevaar. Deze spanningen ontstaan op uitgeschakelde lijnen onder invloed van inductie, veroorzaakt door nabijgelegen lijnen die nog in dienst zijn. Een inductiespanning kan oplopen tot 1/10 van de nominale spanning.

Om deze reden moet elke lijn die spanningsloos is geschakeld ook worden geaard. Dit gebeurt door middel van de zogenaamde 'aardingsmessen'.

De kabels die door een kabelbreuk naar beneden zijn gekomen, mogen nooit worden aangeraakt, ook niet als ze hinderlijk zijn.

Elke pyloon heeft een eigen nummer dat bij een kabelbreuk, het best zo snel mogelijk wordt doorgegeven aan het telefoonnummer dat ook is vermeld.

### Procedures

Elke schakeling en andere werken in een hoogspanningspost gebeuren onder strenge veiligheidsvoorzieningen en volgens strikte procedures.

Geen enkel werk mag worden aangevat zonder de formele werktoelating, die precies weergeeft hoe moet worden te werk gegaan, welke veiligheidscontroles tijdens elke fase van de werken moeten worden uitgevoerd en welke persoonlijke beschermingsmiddelen moeten worden gedragen.

### Vergrendeling tegen ongepaste inschakeling

Een mechanische vergrendeling op de schakelaar zelf en/of een vergrendeling op de afstandsbediening, zorgt ervoor dat vermogensschakelaars niet kunnen inschakelen. Ze zijn bedoeld om foute handelingen, zoals het ongepast terug inschakelen, te voorkomen.

Elke in- en uitschakeling van een lijn op hoogspanning, verloopt volgens een strikt protocol.



## Bedrijfszekerheid

Niettegenstaande de zeer strenge technische eisen die worden gesteld aan transformatoren, isolatoren en alle onderdelen van een transmissienet, is een defect niet uit te sluiten.

Mogelijke oorzaken zijn veroudering, de inwerking van weersinvloeden, fabricatie-, materiaal- of montagefouten.

De toegepaste technieken en materialen worden vooraf in gespecialiseerde laboratoria grondig getest. Op die manier worden de risico's op een panne tot het uiterste beperkt. Alle materialen moeten ook in staat zijn om de gevolgen van blikseminslag of kortsluiting te weerstaan. Het testen gebeurt voor het overgrote deel bij Laborelec ([www.laborelec.be](http://www.laborelec.be)).

## Back-upbeveiligingen

Beveiligingssystemen grijpen ogenblikkelijk in bij een kortsluiting en ontkoppelen het getroffen netgedeelte.

Momenteel wordt gewerkt met afschakeltijden van 100 à 80 milliseconden en minder.

Bij een eventuele slechte werking van een kortsluitbeveiliging zal bijna ogenblikkelijk een volgende beveiliging, de back-upbeveiliging, in werking treden waardoor uiteindelijk nog afschakeltijden van 250 milliseconden of lager worden gehaald.

## Nulpunttransformator

Vooraf bij een kortsluiting tussen de lijnen van een transmissienet zijn zeer hoge stromen mogelijk. Om die binnen 'beheersbare waarden' te houden, wordt in het sterpunt van de secundaire van een transformator een nulpunttransformator gemonteerd (vroeger waren dit de Petersen-spoelen).



Nulpunttransformator op een 10 kV vertrek.

## Periodieke testen

Van zodra de installaties effectief in dienst zijn, moet systematische controle mogelijke defecten lokaliseren vooraleer zij zich werkelijk manifesteren.

Dit gebeurt periodiek door testen uit te voeren op complete installaties of op componenten.

## Opnieuw inschakelen van luchtlijnen

Luchtlijnen worden regelmatig getroffen door bliksem. Door de bliksemafleider en de overspanningsbeveiliging, richt die meestal geen schade aan. Om stroomonderbrekingen te beperken wordt een luchtlijn, na een uitschakeling, automatisch één keer terug ingeschakeld.

Wordt hierna echter opnieuw een fout vastgesteld, zal de luchtlijn definitief uitschakelen.

## Noodvoedingen

Hulpfuncties voor onder andere beveiliging, schakelen, teletransmissie en signalisatie, worden gevoed op laagspanning. Deze spanning komt uit voedingen die ook onafhankelijk kunnen werken van de hoogspanningspost waar ze staan opgesteld. Valt de plaatselijke netspanning weg, dan wordt automatisch overgeschakeld op noodvoeding(-en).

## Evenwicht tussen aanbod en afname

Bij de transmissie van elektriciteit is het belangrijk dat er een evenwicht is tussen de ogenblikkelijke energievraag en levering.

Indien méér energie wordt geleverd op het transmissienet dan momenteel wordt afgenomen, verhoogt de netfrequentie en is er onnodig verbruik van primaire energie.

Is de energievraag hoger dan momenteel wordt geleverd, dan resulteert dit in een daling van de netfrequentie (normaal 50 Hz) en de netspanning. Het evenwicht wordt continu bijgesteld.

Bij een ernstig leveringstekort kan het noodzakelijk zijn om 'belasting van het net te ontkoppelen'. In de praktijk betekent dit: afnemers uitschakelen.

Sommige grote verbruikers hebben een contract met Elia om in bepaalde situaties vermogens tijdelijk uit te schakelen.

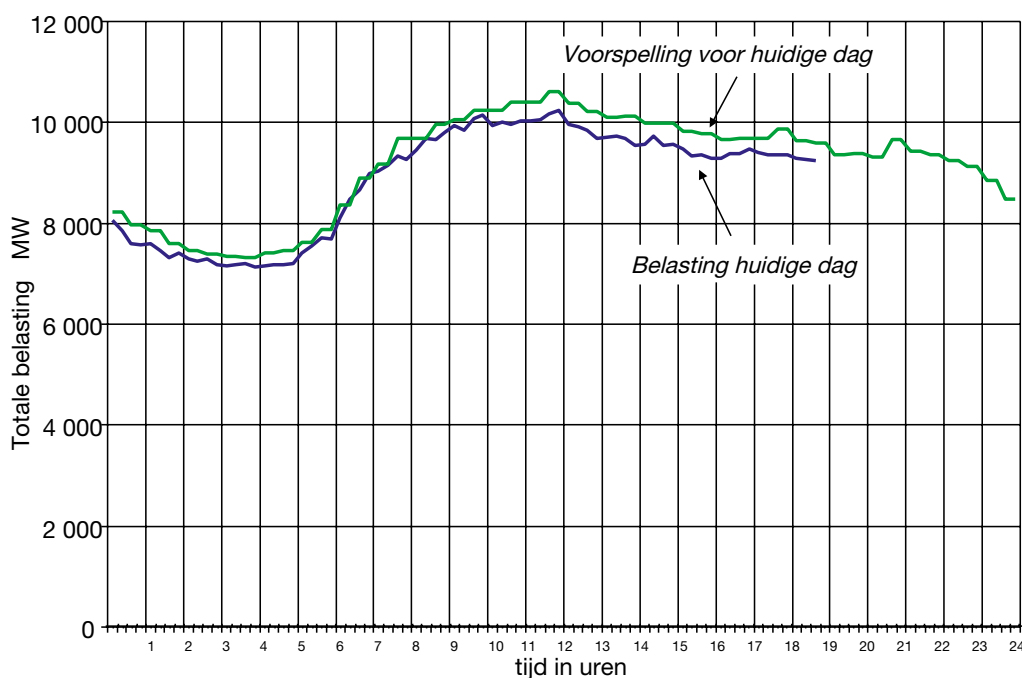
De onderlinge koppeling van de netten zorgt er ook voor dat door het plotseling wegvallen van een belangrijk injectiepunt (met één of meerdere centrales), de andere nog gekoppelde centrales en injectiepunten plotseling kunnen worden overbelast. Hierdoor treden beveiligingen in werking, wat soms tot een domino-effect van automatische uitschakeling zou kunnen leiden.

Op elk on-evenwicht moet dus zeer snel en op gepaste wijze worden geanticipeerd. De vraag en het aanbod van elektriciteit moeten op elk moment in evenwicht zijn. Niet eenvoudig, want het verbruik kent grote schommelingen (dag of nacht, zomer of winter, weekend of weekdagen) en is niet altijd voorspelbaar. Ook de productie uit windmolens kan plots sterk variëren. Doorlopend moet worden bijgestuurd om het evenwicht te bewaren.

Er zijn afspraken gemaakt met producenten, andere transmissienetbeheerders en bepaalde afnemers over de manier waarop wordt gereageerd op een eventueel onevenwicht tussen productie en verbruik. Als de netfrequentie zou dalen of stijgen, gelden ook onderlinge afspraken over het reservevermogen dat ter beschikking wordt gehouden.

We onderscheiden hier

- **de primaire reserve** die wordt vrijgemaakt binnen de 15 seconden en geleverd tot 15 minuten na het incident.
- **de secundaire reserve** die tussen de 15 en 30 seconden kan worden opgestart. Zij moet binnen 15 minuten de primaire reserve hebben vervangen.
- **de tertiaire reserve** die over een lange periode (tot 12 uur) kan worden aangewend. In de praktijk worden hier specifieke productie-eenheden opgestart of wordt bij bepaalde afnemers, met wie hiervoor een contract werd afgesloten, vermogen afgeschakeld.



Tal van metingen van Elia zijn online beschikbaar op de website [www.elia.be](http://www.elia.be)

De groene curve op bovenstaande grafiek uit deze website geeft een overzicht van de voorspelde belasting voor 11 september 2009.

De blauwe curve is een weergave van het effectieve verbruik in real time.

De grafiek geeft de situatie weer om 18.30 uur.



## Piekaggregaten

De belasting van elektriciteitsnetten kan soms onverwacht plots oplopen. Een centrale kan slechts na een bepaalde tijd meer vermogen leveren. Het is ook mogelijk dat delen van een net met piekbelastingen worden geconfronteerd. Teneinde moeilijk voorspelbare piekbelastingen of plaatselijke overbelasting van netten te voorkomen, staan op strategische plaatsen piekaggregaten opgesteld. Die hebben de eigenschap om op relatief zeer korte tijd, veel sneller dan een klassieke centrale, te starten en vol vermogen te leveren aan het net.

## Netspanning

Even belangrijk is het stabiel houden van de spanning. Een storende factor hierbij is het reactief vermogen. Reactief vermogen is een 'bijproduct' van wisselstroom. Alle netelementen (ook luchtlijnen, kabels en transformatoren) produceren of verbruiken reactief vermogen. Ook verbruikers kunnen reactief vermogen in het net leveren of het eraan onttrekken. Omdat reactief vermogen zich niet goed laat vervoeren, moet de verhouding tussen actief en reactief vermogen lokaal worden geregeld. Dit gebeurt door generatoren in de centrales of door condensatoren op het net.



*Condensatorbatterij op een uitgaande 10 kV-lijn van Elia.*

## Meten en registreren

Gezien de hoge spanning en sterke stromen is het uiteraard onmogelijk om in transmissienetten rechtstreeks een kWh-meter te koppelen aan het net.

Daarom worden hier **spanningstransformatoren** (ook potentiaaltransformatoren of TP's genoemd) en **stroomtransformatoren** (ook intensiteitstransformatoren of TI's genoemd) tussen geschakeld.

Die zijn meestal ingewerkt in de schakelinrichtingen van een hoogspanningspost en leveren signalen voor plaatselijke indicaties en voor de telelezing voor de dispatchings.

Deze metingen sturen ook alarmen en beveiligingsschakelingen.

Overdracht van de signalen gebeurt bij Elia overwegend langs een eigen glasvezelnet.

## Toezicht en controle

### Controlecentra

De controlecentra (of 'dispatchings') waken de klok rond over de energiestromen, de frequentie, de spanning in elk knooppunt en de belasting van elk netelement. De 'dispatchers' hebben hier ook een zicht op de stand van alle vermogensschakelaars in het net dat Elia beheert. Via een uitgebreid eigen telecommunicatienetwerk kunnen de controlecentra alle nodige gegevens in real time raadplegen.

Zij beschikken ook over real time-gegevens van alle productie-eenheden die vermogen leveren aan het Elia netwerk.

Momenteel beschikt Elia over **drie regionale controlecentra**: Antwerpen (Merksem), Brussel, en Namen.

De operatoren in deze centra kennen op elk moment de toestand van alle punten in het net en kunnen waar nodig ingrijpen.

Ook bij de uitschakeling van een netelement door een incident zoals een kabelbreuk, of bij onderhoudswerken, worden van hieruit maatregelen genomen om de bedrijfszekerheid van het net en de stroomvoorziening aan alle klanten te waarborgen. De dispatcher kan van op afstand bepaalde netelementen in dienst nemen of buiten dienst stellen.

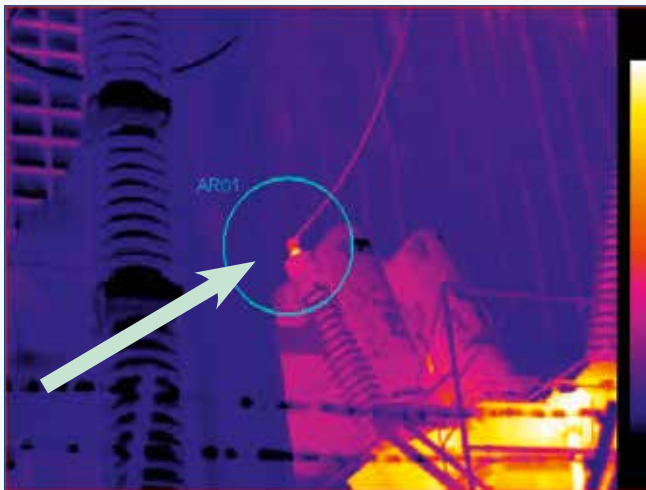
Het **nationale controlecentrum** in Brussel waakt over de grensoverschrijdende stromen die constant over het Belgische net vloeien en coördineert die met de netbeheerders van de naburige landen.



Globale foto dispatching Elia (Bron: fototheek Elia)

## Infraroodmetingen

Een slechte verbinding of een beschadiging van een isolator of kabelisolatie kan desastreuze gevolgen hebben voor een net en de energielevering. Zulke defecten gaan steeds samen met warmteontwikkeling. Daarom worden luchtnetten, schakelposten en transformatieposten regelmatig onderzocht met infraroodcamera's (thermografisch onderzoek).



*Thermografisch onderzoek van een transformator toont een hoge temperatuur (een slecht contact) aan een verbinding. (foto Vincotte)*

## Gasanalyse van transformatorolie

Transformatoren voor een transmissienet zijn zeer duur en meestal niet onmiddellijk voorradig. Zij zijn ook zeer zwaar en vervanging is een tijdrovende activiteit. Het is dus belangrijk om de goede werking van transformatoren doorlopend goed in het oog te houden om tijdig te kunnen ingrijpen en voorzieningen te treffen.

Een belangrijk hulpmiddel hierbij is een regelmatige controle van stalen van de transformatorolie. Thermische of elektrische fouten in een transformator veroorzaken een gasontwikkeling met specifieke kenmerken die door een gaschromatograaf kan worden vastgesteld. Het soort gedetecteerde gassen, wijzigingen in de samenstelling en de evolutie van de hoeveelheid, zijn indicatoren van het defect dat zich aan het vormen is.

Grondige analyse en ervaring maakt het mogelijk om de verdere evolutie te voorspellen en geschikte maatregelen te nemen.

Een plotselinge gasontwikkeling wordt gedetecteerd door een zogenaamd **Buchholzrelais** dat een transformator kan uitschakelen voordat hij zwaar wordt beschadigd.

## REG

### Transmissienet op DC spanning

Van bij het ontstaan van de elektriciteitsdistributie was de mogelijkheid om wisselspanning op een relatief gemakkelijke manier te kunnen transformeren naar een hogere of een lagere spanning, een van de belangrijkste pluspunten in vergelijking met gelijkspanning.

Transformatoren zijn bovendien relatief eenvoudig van constructie en gemakkelijk te onderhouden. Momenteel halen ze een rendement van meer dan 99 %.

Gelijkspanning heeft echter ook voordelen tegenover wisselspanning.

- Zo is gelijkspanning gemakkelijker elektrisch te isoleren dan wisselspanning. Degelijke isolatie van leidingen, schakelvoorzieningen, alle kringcomponenten en alle veiligheidsvoorzieningen moeten bij wisselspanning immers voorzien zijn op de amplitude van de spanning en niet op de effectieve waarde. Deze amplitudespanning ligt  $\sqrt{2}$  of 1,41 maal hoger dan de effectieve waarde of dus de overeenkomende waarde bij gelijkspanning. Gelijkspanningsleidingen voor een bepaald vermogen zijn dus relatief gemakkelijker te isoleren dan bij wisselspanning. De kabels zijn hierdoor ook gemakkelijker manipuleerbaar.
- Beschouwen we een bestaand driefasig AC net dat we overschakelen op DC spanning. In principe kunnen we nu de DC spanning verhogen tot de amplitudewaarde van de vroegere AC spanning. Dus  $\sqrt{2}$  of 1,41 maal verhogen. Voor transmissie van een zelfde vermogen zal dus nu een lagere stroomwaarde volstaan waardoor ook de warmteontwikkeling vermindert tot 67 %. Bij een transmissienet op gelijkspanning is het energieverlies door warmteontwikkeling, de Joule verliezen, 67 % van de Joule-verliezen in geval van een driefasig AC net voor hetzelfde vermogen.

Het is vooral de recente ontwikkeling op gebied van halfgeleiders, dioden en thyristoren, die het technisch mogelijk maken, en in bepaalde gevallen financieel interessant, om energietransport op gelijkspanning te doen.

Hierbij wordt de wisselspanning eerst naar boven getransformeerd en gelijkgericht voor injectie op het DC transmissienet. Op het einde wordt deze gelijkspanning weer omgevormd naar een driefasige wisselspanning met een frequentie van het net waaraan het wordt gekoppeld en naar beneden getransformeerd naar de gewenste wisselspanning.

Deze techniek maakt het ook mogelijk om netten met een verschillende netfrequentie te koppelen. Ook problemen van netsynchronisatie vervallen.

Deze technieken zijn zeer gespecialiseerd en duur. Ze moeten financieel worden afgewogen tegen de besparingen die worden gerealiseerd met koper of aluminium. Momenteel gaat het in de praktijk over het transport van grote vermogens over lange afstanden.

De meer handelbare kabels bij gelijkspanning zijn een bijkomend argument voor onderzeese verbindingen.

Het gelijkrichten van wisselspanningen met grote vermogens is eigenlijk niet zo nieuw. Treinen rijden immers op gelijkspanning die afkomstig is uit het AC elektriciteitsnet.

Het omzetten van hoge DC spanning met groot vermogen naar een AC spanning met groot vermogen, is een vrij recente techniek die echter al veel verder staat dan de experimentele fase. In Japan zijn op deze manier netten op 50Hz en 60Hz met elkaar gekoppeld, wat de enige mogelijkheid is.

## Milieu-aspecten

### Straling

De blootstelling van mensen aan elektrische en magnetische velden, is een onderwerp dat tegenwoordig vrij actueel is.

Mensen worden op vele manieren blootgesteld aan elektrische en magnetische velden. Immers elk elektrisch huis-houdtoestel en elke elektrische leiding creëert een elektrisch en magnetisch veld van 50 Hz. Elektromagnetische velden zijn afkomstig van zowel natuurlijke als kunstmatige bronnen.

Dergelijke velden komen ook voor in de omgeving van hoogspanningslijnen.

- Het **elektrisch veld** ontstaat ten gevolge van de spanning op de lijnen, ongeacht of er stroom doorheen gaat. Hoe groter de spanning op de luchtleiding, hoe groter het elektrisch veld. Bij grondkabels wordt het elektrische veld geneutraliseerd door de blindering van de kabels.
- Een **magnetisch veld** ontstaat als er een stroom vloeit doorheen de leiding. Hoe sterker de stroom, hoe sterker het magnetisch veld. Zowel ondergrondse als bovengrondse verbindingen brengen een magnetisch veld met zich mee.

Met andere woorden: in de omgeving van luchtnetten onder spanning is er steeds een elektrisch veld dat even groot blijft en een magnetisch veld dat wisselt naargelang de stroomsterkte.

Het magnetische veld dat wordt opgewekt door elektrische toepassingen en elektrische netten is van extreem lage frequentie. 50 Hz in Europa en 60 Hz in Noord-Amerika.

De grootte van deze velden wordt weergegeven in de 'veldsterkte'.

Bij zowel het elektrische als het magnetische veld neemt de veldsterkte sterk af met de afstand tot de hoogspanningslijnen.

Geen enkele experimentele studie met betrekking tot elektromagnetische velden met extreem lage frequenties heeft tot nu toe een causaal verband kunnen leggen tussen blootstelling aan deze velden en het veroorzaken van een gezondheidsrisico.

De impact van hoogspanningslijnen op de gezondheid is na meer dan 30 jaar onderzoek niet aangetoond.

ICNIRP, de Raad van de Europese Unie en de WGO hebben maximale richtwaarden voor de veldsterkten aanbevolen die vele malen lager liggen dan de laagste veldsterkte waarbij al bepaalde effecten zijn waargenomen. Ons land volgt deze Europese aanbeveling.

Meer info vindt u in de brochure 'Elektrische velden, magnetische velden en hoogspanningslijnen' die u kan downloaden op [www.elia.be](http://www.elia.be).



# Distributienetten

## Organisatie en verantwoordelijkheid

### Algemeen

Distributienetten verbinden het transmissienet van Elia met de eindgebruikers. Ze beginnen na de transformatorposten, waar de hoogspanning van het transmissienet wordt omgezet naar middenspanning en verder naar laagspanning, en lopen tot en met de aftakking en de kWh-meter bij de klant.

Voor het beheer en de exploitatie van deze elektriciteitsnetten zijn distributienetbeheerders aangesteld. In Vlaanderen zijn zeven 'gemengde distributienetbeheerders' actief die elk verantwoordelijk zijn voor een bepaald grondgebied: Gaselwest, IMEA, Imewo, Intergem, Iveka, Iverlek en Sibelgas.

Bij gemengde distributienetbeheerders zijn zowel gemeenten voor minstens 70 %, als een privébedrijf, in dit geval Electrabel, aandeelhouder.

Bij zuivere distributienetbeheerders is er geen privépartner en bezitten de gemeenten 100 % van de aandelen.

### Eandis

Sedert 30 maart 2006 doen de gemengde distributienetbeheerders voor het uitvoeren van hun opdrachten een beroep op Eandis.

Eandis staat voor Elektriciteit, Aardgas, Netten en DIStributie en is momenteel actief in 239 steden en gemeenten en telt ruim 4 200 medewerkers.

Eandis voert uitsluitend de exploitatietaken uit voor de gemengde distributienetbeheerders en is daarbij totaal onafhankelijk van de producenten en leveranciers van energie.

Eandis produceert of verkoopt dus zelf geen energie, maar zorgt ervoor dat de elektriciteit en het aardgas in de best mogelijke omstandigheden bij u thuis of in een onderneming terechtkomen.



### Opdracht Eandis

Eandis is verantwoordelijk voor een **professionele voorbereiding** en **uitvoering** van alle beheersbeslissingen van de Vlaamse Gemengde distributienetbeheerders.

Eandis staat in voor een **optimale dienstverlening** aan de klanten van de gemengde distributienetbeheerders. Eandis

- ontwikkelt netten voor elektriciteit en openbare verlichting: 86 000 km elektriciteitsnet.
- zorgt voor de investeringswerken aan deze netten.
- onderhoudt, herstelt en lost storingen op deze netten op.
- realiseert en onderhoudt de aansluitingen: 2,4 miljoen aansluitingspunten elektriciteit en 800 000 straatverlichtingspunten.
- realiseert sociale openbaredienstverplichtingen opgelegd door de Vlaamse Regering: dit betekent onder andere dat Eandis zuinig gebruik van energie bevordert en energielevering organiseert bij mensen met betaalmoeilijkheden.
- verwerkt klantgegevens met onder meer de opname van meterstanden die aan de leverancier van de klant worden doorgegeven.

Al deze activiteiten worden uitgevoerd met respect en zorg voor het milieu, en met maximale veiligheidsmaatregelen voor eigen medewerkers en alle klanten.

In overleg met de gemengde distributienetbeheerders staat Eandis ook in voor de communicatie met de klanten over distributie gerelateerde onderwerpen.

Nb: Eandis is voor deze gemengde distributienetbeheerders ook verantwoordelijk voor de aardgasdistributie. Dit aardgasnet is momenteel 36 000 km lang en telt 1,4 miljoen aansluitingspunten.



## Technische realisatie

Distributienetten doen eigenlijk een 'selectieve' levering van vermogen aan de klanten.

Deze levering kan gebeuren op middenspanning voor distributienetbeheerders en industriële klanten (6 tot 15 kV), en op laagspanning voor residentiële klanten (230/400 V).

### Globale structuur

In de **hoogspanningsstations van Elia (onderstations)** wordt de hoogspanning (380 tot 150 kV) van de transmissienetten systematisch naar beneden getransformeerd naar middenspanning, 6 tot 15 kV, voor de distributienetten. Op deze spanning is het mogelijk om met leidingdoorsneden van 50 mm<sup>2</sup> koper en 240 mm<sup>2</sup> aluminium, zonder grote leidingverliezen, het nodige vermogen te leveren aan distributieposten op 5 tot 10 km kabel-afstand van het hoogspanningsstation.

Dergelijke leidingsecties zijn relatief gemakkelijk hanteerbaar. Dat is belangrijk omdat zij de verbinding vormen met distributieposten die meestal in woonkernen staan opgesteld. De kabels moeten hierbij soms zeer kronkelige tracés volgen met veel onderboringen. Voor grotere afstanden en/of grotere vermogens worden uiteraard grotere kabelsecties gebruikt.

De middenspanning heeft ook een waarde die maakt dat aftakmodules en connectiemodules (mofverbindingen) compact kunnen worden uitgevoerd zonder gevaar voor overslag.

Meestal staat een **distributie-schakelpost van Eandis** opgesteld in de directe omgeving van een hoogspanningsstation van Elia. Daar wordt het beschikbare vermogen op middenspanning verdeeld over meerdere voedingskabels (feders) voor de voeding van distributieposten of voor de voeding van industriële klanten.

Het middenspanningsnet is momenteel bijna volledig ondergronds uitgevoerd. De kabels worden op min. 60 cm diepte naast de andere nutsleidingen ingegraven.

In landelijke gebieden wordt nog gewerkt met luchtnetten op middenspanning.

Op deze feders op middenspanning zijn **distributie-transformatieposten** aangesloten waar de middenspanning wordt getransformeerd naar 230/400 V en verdeeld over verschillende distributielijnen waarop laagspanningsklanten zijn aangesloten.

Op deze distributielijnen staan **distributie-aftakkasten** opgesteld waarop andere distributielijnen worden aangesloten.



*Distributie-schakelpost van Eandis.*

## Distributie-schakelposten

Vanuit de hoogspanningsstations van Elia vertrekken voedingskabels op middenspanning naar schakelposten van Eandis en naar hoogspanningsposten van grote industriële klanten.

In deze schakelposten moet de inkomende voedingslijn van Elia en het vermogen verder worden gesplitst naar de verschillende aangesloten distributieposten van Eandis.

Ook de signalen voor de centrale afstandsbediening (CAB) worden hier geïnjecteerd.

Moderne schakelinrichtingen zijn opgebouwd uit geblindeerde compacte modules met SF6 vermogenschakelaars.



*Binnenposten met SF6-vermogenschakelaars voor middenspanning zijn momenteel uitgevoerd in gestandaardiseerde modules die worden samengesteld tot de gewenste configuratie. In deze opstelling heeft elke uitgaande voedingslijn bovenaan de meet-, regel- en communicatieapparatuur, in een onderstaande module de bediening en het optische bord en daaronder de vermogen-, scheiding- en aardingschakelaar(s).*



*Dit 150 kV onderstation bestaat uit meerdere verdiepingen: een verdieping voor de kabelaansluitingen; een verdieping voor de 150 kV schakelapparatuur van Elia (een SF6 station); een verdieping voor de 15 kV schakelapparatuur van Eandis en een verdieping voor onder andere de generatoren van de CAB besturing. De 2 transformatoren 150 naar 15 kV van elk 50 MVA staan buiten opgesteld.*

## Distributie-transformatorposten (transfocabine)

Vanuit de distributieposten vertrekken de 230/400 V laagspanning distributieleidingen naar residentiële klanten in een geografisch beperkte regio.

Deze distributieposten worden gevoed op middenspanning.

Voor het transformeren van een middenspanning (6 tot 15 kV) naar een distributiespanning van 230/400 V, zijn vermogentransformatoren nodig. Deze transformatoren moeten worden beveiligd en voorzien van een schakelinrichting voor koppeling aan het middenspanningsnet.

Vermogentransformatoren hebben een zeer hoge impedantie om kortsluitstromen te beperken. Hun rendement ligt momenteel hoger dan 99 %.

De meeste vermogentransformatoren hebben ook een regeling waarmee de uitgaande spanning kan worden bijgesteld om spanningsval op het distributienet te compenseren.

Een distributie-transformatiepost levert het elektrisch vermogen in een beperkte distributiezone. (100 tot 630 kVA)

Distributieposten zijn er in verschillende uitvoeringen.

De praktische uitvoering is onderworpen aan het AREI en de richtlijnen van de VREG, beschreven in het technisch reglement voor de distributie van elektriciteit.



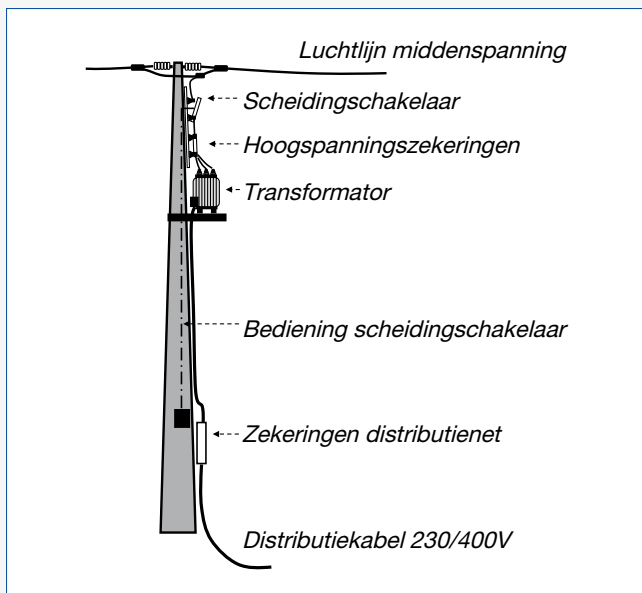
## Paaltransformatorstations (paalcabines)

In een landelijke omgeving (weinig aftakpunten en lange distributienetten) wordt nog gewerkt met luchtnetten op middenspanning.

De transformator wordt hier soms gemonteerd in een pyloon van het middenspanningsluchtnet.

De transformator staat op een platform van waaraf ook de vermogenschakelaars en de beveiligingen bereikbaar zijn.

De vermogenschakelaar is voorzien van een mechanisch systeem dat het mogelijk maakt om van aan de voet van de pyloon te schakelen. Deze schakelinrichting is uiteraard afgesloten.



Schets van de opbouw van een paaltransformatorstation



Paaltransformatorstation met hoogspanningszekeringen en scheidingschakelaar.

Spanning: 10 kVA naar 400/230 V

Vermogen: 100 kVA

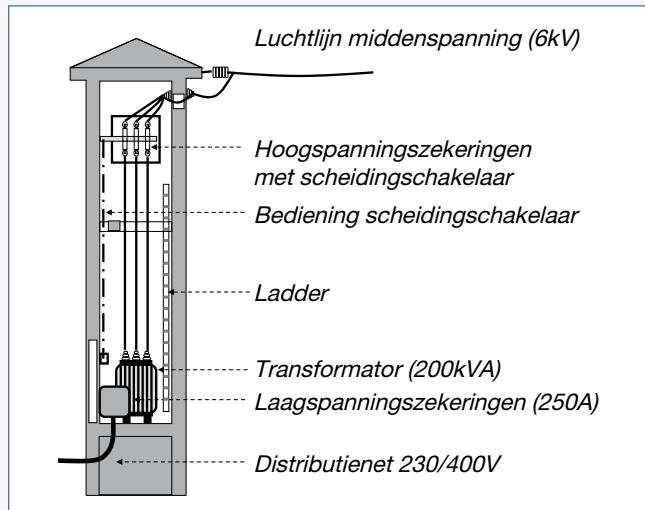
## Torentransformatorstations (torencabines)

Klassiek zijn torentransformatorstations: gemetste torentjes die meestal zijn gekoppeld met luchtlijnen.

Aftakkingen op het middenspanningsnet, beveiligingen en schakelinrichting zijn ondergebracht in het bovenste compartiment van deze 'toren'.

In het onderste compartiment bevindt zich de transformator.

Doorgaans kan de verbinding met het middenspanningsnet van buiten het gebouw worden bediend. Dit maakt het mogelijk om het onderste compartiment spanningsloos te maken vooraleer het gebouw te betreden.



Schets van de opbouw van een torentransformatorstation



Modern en compact torentransformatorstation.  
De torenconstructie vormt samen met de betonplaat één geheel.  
De betonplaat en het zwarte gedeelte komen onder het maaiveld.  
De drie oranje markeringen onderaan zijn doorgangen voor ondergrondse kabels.



## Geprefabriceerde modulaire cabines

Zijn uitgevoerd in metaal, kunststof of beton. De inrichting bestaat uit gestandaardiseerde modules die worden samengesteld tot één geheel dat aan de specifieke behoeften voldoet.

Het grote voordeel van dergelijke opstelling is de compactheid en zeer snelle plaatsing.

Het geheel wordt in een atelier geconstrueerd en later vervoerd naar de plaats van bestemming. Plaatsing, aansluiting en indienstneming zijn hierdoor mogelijk in minder dan 24 uur.

Geprefabriceerde modulaire cabines worden aangesloten op ondergrondse netten. Ze kunnen worden opgesteld in openlucht of in een afgesloten ruimte, zoals bijvoorbeeld een magazijn.

Ze worden ook veel gebruikt voor industriële aftakkingen op middenspanning.

## Gemetste distributiestellen

Gemetste distributiestellen komen het meeste voor. Op architectonisch vlak zijn deze kleine gebouwen optimaal geïntegreerd in de omgeving. De aansluitingen gebeuren via ondergrondse kabels. De binneninrichting is uitgevoerd volgens de plaatselijke behoeften.



*Geprefabriceerde behuizing voor een distributiestel.*



*Binnenkant linker wand van een geprefabriceerde distributietransformatorpost: middenspanningsgedeelte.*



*Binnenkant rechter wand van een geprefabriceerde distributietransformatorpost: transformator met achteraan de zekeringen voor de 230/400 V-vertrekken.*

## Distributie-verdeelkasten

Laagspanningsdistributienetten (230/400 V) zijn uitgerust met verdeelkasten van waaruit meerdere aftakkingen vertrekken. Elke vertrekkende lijn hierin is beveiligd met smeltveiligheden.

Momenteel staan nagenoeg alle verdeelkasten bovengronds opgesteld en zijn ze uitgevoerd in polyester.



*Bovengrondse voetpadkast met 9 vertrekken (waarvan 7 aangesloten en 2 voor uitbreiding) en een aardingset. Beveiligd door zekeringen met klapdeksel.*

## Laagspanningsdistributieleidingen

Dit zijn de leidingen waarop laagspanningsklanten worden afgetakt. Deze leidingen lopen meestal ondergronds.

Oudere netten kunnen nog zijn uitgevoerd als luchtnet. Stelselmatig worden ze echter omgebouwd naar ondergrondse netten. Gewoonlijk gebeurt dit naar aanleiding van wegenwerken.

### Luchtleidingen

Luchtleidingen worden bevestigd aan palen in gewapend beton, houten palen of steunijzers die worden bevestigd aan huisgevels. De leidingen zijn uitgevoerd:

- met **blanke koperdraden** uit volle draad of gevlochten kabel, die zijn bevestigd aan porseleinen isolatoren;
- als geïsoleerde gebundelde geleiders in Almelec. We spreken hier over een '**bundelnet**'. Eén geleider van dergelijke bundel, de nulleider, fungeert als draagkabel. Almelec is een aluminium legering met 0,6 % silicium en magnesium. Dit geeft een dubbele treksterkte in vergelijking met zuiver aluminium, zonder dat de elektrische kenmerken noemenswaardig veranderen.



*Aansluiting van een ondergrondse XLPE op een bovengrondse 15 kV-lijn.*

### Ondergrondse leidingen

Hier worden kabels op minstens 0,6 m diepte in sleuven ingegraven. De kabels worden afgeschermd met kabeldekpannen. Meestal wordt hierboven nog een plastic waarschuwingslint geplaatst.

Het zijn meestal kabels met PVC of XLPE geïsoleerde aluminium geleiders.



*Bundelnet.*



*Gevelnet met overgang naar grondnet.*



## Schakelinrichtingen in distributieposten

In tegenstelling tot de schakel- en transformatie-installaties van een transmissienet, staan de installaties van een distributienet meestal in een bebouwde zone en is er slechts een beperkte oppervlakte beschikbaar. De meeste distributieposten staan in een gebouw opgesteld en zijn uitgevoerd als open installaties of gasdichte installaties.

### Open installaties op middenspanning

Op middenspanning is de kans op overslag in die mate afgenomen, dat de te respecteren afstanden het mogelijk maken om in een gebouw praktisch hanteerbare installaties te maken met enkel een elektrische en mechanische afscherming.

De schakelinrichtingen worden hier uitgevoerd in 'open materiaal' en de isolator tussen de stroomvoerende delen is hier lucht.

Messchakelaars worden meestal gecombineerd met smeltzekeringen, waardoor ze als vermogensschakelaar fungeren.

De ruimte waarin open installaties staan opgesteld, zijn gewoonlijk verdeeld in cellen.

De opstelling in cellen is nodig om veiligheidsredenen en om de gevolgen van beschadiging bij eventuele defecten met kortsluitingen en overslag te beperken.

- Cel 1 en 2 zijn de aankomst en de vertrekcel. Op de aankomende en vertrekkende kabel op middenspanning is hier een eindmof geplaatst en een scheidings- of vermogensschakelaar aangesloten.
- Vanuit deze cellen vertrekken koperen latten naar een scheidingschakelaar en vermogensschakelaar in cel 3.
- Cel 4 bevat de stroom- en spanningsmeettransformatoren.
- In cel 5 staat de transformator opgesteld van waaruit kabels vertrekken naar het laagspanningsbord.

Het is een opstelling die momenteel vooral te vinden is bij klantposten, dus industriële klanten die worden gevoed uit het middenspanningsnet.

Vereenvoudigd schema van een vacuümlastschakelaar  
De schakelkamer staat op een onderdruk en wordt hermetisch afgesloten.  
Deze schakelaars worden vooral gebruikt voor extreme werkomstandigheden (hoge schakelfrequentie en hoge stromen).  
Ze halen een levensduur van 20 000 schakelingen, wat relatief hoog is.



Aankomst van een ondergrondse kabel op middenspanning in cel 1 van een (oude) klantpost.

### Open installaties op middenspanning met SF6 of vacuümschakelaars

Voor schakelingen op middenspanning worden overwegend SF6 of vacuümschakelaars gebruikt.



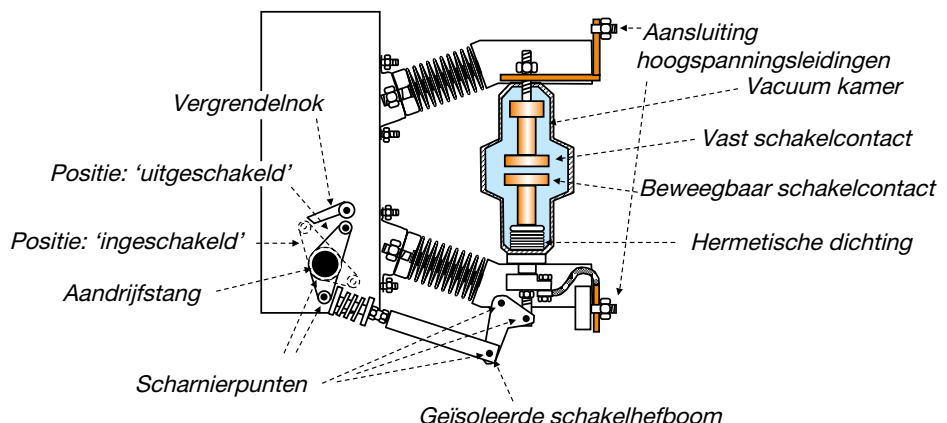
Opstelling van modulaire luchtgeïsoleerde schakelapparatuur tijdens een controle.

Uitgerust met vacuümvormschakelaars.

Nominale spanning: 12 tot 24 kV

Nominale stroom: 630 A

Nominale kortstondige houdstroom: 20 tot 25 kA



## Kringen op laagspanning

De meeste schakelaars op distributienetten zijn **lastschakelaars**. Ze kunnen geen kortsluitstroom, maar enkel stroomwaarden tot de **normale belastingstroom** afschakelen. Zijn zij beveiligd door smeltveiligheden dan kunnen zij ook de functie van scheidingschakelaar vervullen en worden ze lastscheiders genoemd.

Op laagspanning (230/400 V) worden deze schakelaars doorgaans manueel bediend.

Lastschakelaars zijn meestal zodanig geconstrueerd dat door het lostrekken van een klapdeksel een hierop gemonteerde smeltveiligheid uit zijn houders (vaste schakelmessen) wordt gerukt. Het klapdeksel beschermt de nettechnicus meteen ook tegen een eventuele lichtboog.



De 230/400 V-lijnen zijn hier beveiligd door zekeringen met klapdeksel.

## Injectie van lokale productie-eenheden

### Algemeen

Reeds enkele jaren geleden zijn tal van acties opgestart en premies ingevoerd voor de installatie van zonneboilers, fotovoltaïsche panelen en windmolens. De bedoeling hiervan was enerzijds om ons land meer energie-onafhankelijk te maken. Anderzijds zijn er natuurlijk milieuredenen: door om te schakelen van fossiele primaire brandstoffen naar 'groene energie' wordt de CO<sub>2</sub>-uitstoot beperkt.

- **Zonneboilers** worden hoofdzakelijk gebruikt in residentiële toepassingen. Ze produceren warm water voor eigen gebruik en realiseren hierdoor een besparing op de eigen energiefactuur. Ze produceren dus geen elektriciteit die elders kan worden gebruikt.
- **Fotovoltaïsche** panelen vinden hun toepassing in een residentiële omgeving en ook steeds meer in kleine en middelgrote ondernemingen. Ze produceren elektriciteit voor eigen gebruik. Is er een overschot, dan wordt die op het elektriciteitsnet geïnjecteerd. Naast de besparing op de energiefactuur, is er dus een levering aan het openbaar elektriciteitsnet waarvoor de eigenaar wordt vergoed in de vorm van groenestroomcertificaten. Het vermogen van deze installaties mag maximaal 10 kW-piek bedragen.
- **Windmolens** zijn meestal eigendom van grote firma's en energiemaatschappijen. Is het een energiemaatschappij, dan wordt de geproduceerde elektriciteit aangeboden aan haar klanten aan een specifiek tarief als 'groene energie'. De windturbines voor residentieel gebruik hebben een vermogen van 500 W tot 20 kW. De grote windmolens hebben een vermogen van 2 MW en meer. De zes eerste windturbines van Thortonbank leveren 5 MW.



Fotovoltaïsche panelen leveren momenteel een bescheiden bijdrage aan de totale elektriciteitsconsumptie. Het is echter de bedoeling om tegen 2020 minimum 20 % van ons elektriciteitsverbruik te dekken met groene energie.



## Levering aan het elektriciteitsnet

Grote installaties van zelfproducenten zijn, elektrisch gezien, eigenlijk elektriciteitscentrales. Zij worden gekoppeld met het middenspanningsdistributienet.

De kleine fotovoltaïsche- en windinstallaties van residentiële klanten en kleine en middelgrote ondernemingen, worden gekoppeld met het laagspanningsdistributienet.

Een distributienet is echter constructief uitgebouwd om energie te leveren in één richting, namelijk 'stroomafwaarts' naar de klanten toe. De levering van de 'zelfproducenten' loopt in veel gevallen ook 'stroomopwaarts', omdat ze 'onder' het inkoppelpunt hun energie niet kwijt kunnen.

De huidige schakelinrichtingen en beveiligingen zien dus niet enkel een stroom vertrekken, maar ook terugkomen.

Het is logisch dat dit problemen geeft voor de betreffende distributienetten en distributieposten.

Daarom moeten distributienetten met zelfproducenten worden aangepast, zeker voor hoge vermogens, zoals geleverd door windmolens. In de praktijk betekent dit dat kabels worden bijgeplaatst en voorzien van bijkomende inkoppelpunten, beveiligingen en schakelinrichtingen.

## Aangepaste kWh-meter

Voor productie-installaties met een maximaal vermogen van 10 kW-piek aan de omvormer en maximum 3 680 W per fase dient enkel een kWh-teller te worden voorzien die ook kan achteruit draaien wanneer de installatie vermogen levert aan het net. De door de installatie geproduceerde elektriciteit die wordt geïnjecteerd op het distributienet wordt hierdoor in mindering gebracht van de gemeten afname. De meeste van de opgestelde kWh-tellers kunnen dit. Zo niet zal Eandis de kWh-teller vervangen.

Voor installaties met een vermogen hoger dan 10 kW-piek moet een leverancier worden gezocht met wie een leveringscontract wordt afgesloten. Een bestaande kWh-teller wordt hier vervangen door een dubbel richting-telegelezen teller. Eandis plaatst hier ook een bijkomende telegelezen 'groene meter' die de productie van onder andere pv-panelen registreert.

## Bijkomende eisen voor de veiligheid

In een normale situatie wordt een gedeelte van het net automatisch uitgeschakeld bij een defect. Nu bestaat echter de mogelijkheid dat op het uitgeschakelde net een lokale productie-eenheid elektriciteit blijft pompen. De lokale productie-eenheid werkt hier dus als het ware op **een eiland**, zonder rekening te houden met het net waaraan het is gekoppeld. Voor de nettechnici van het distributienet die herstellingen uitvoeren, kan dit zeer gevaarlijke situaties creëren.

In overleg met de zelfproducenten van deze energie moeten specifieke voorzieningen worden getroffen om een goede werking van de installatie en de veiligheid te verzekeren.

Elke toegang tot het distributienet is onderworpen aan het 'Technisch reglement distributie elektriciteit' van de VREG en voor het distributiegebied van Eandis ook aan het 'Reglement betreffende toegang tot het distributienet voor elektriciteit' van de betrokken gemengde intercommunale. Via de website [www.eandis.be](http://www.eandis.be) kunt u beide reglementen raadplegen.

## Beveiliging

### Niet-huishoudelijke installaties

Ook deze veiligheidsvoorschriften zijn weergegeven in het **AREI**. Ze zijn verklaard door respectievelijke Koninklijke Besluiten.

- Lijnen voor transport en verdeling van elektrische energie verwezenlijkt vanaf 1 januari 1983 (KB van 10 maart 1981)
- Industriële elektrische installaties zonder elektriciteitsdienst en verwezenlijkt vanaf 1 oktober 1981 (KB van 2 september 1981)
- Industriële elektrische installaties met elektriciteitsdienst en verwezenlijkt vanaf 1 oktober 1983 (KB van 2 september 1981).

De veiligheidsvoorschriften waaraan de industriële elektrische installaties verwezenlijkt vóór de genoemde data moeten voldoen, werden vroeger weergegeven in het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming (**ARAB**). Intussen werden deze artikels in het ARAB opgegeven en opgenomen in de Codex voor het Welzijn op het Werk.

Zo dienen de oude elektrische installaties, mits de uitvoering van een risicoanalyse en een overgangperiode tot juni 2013, eveneens te voldoen aan de veiligheidsprincipes van het AREI (KB van 2 juni 2008-Koninklijk Besluit betreffende de minimale voorschriften inzake veiligheid van bepaalde oude elektrische installaties op arbeidsplaatsen).

### Selectief beveiligen

Op elke aftakking van een distributiepост, elke schakelinrichting en verdeelkast kunnen zich fouten voordoen. Die kunnen overbelastingen, kortsluitstromen, aardingsfouten en onderbrekingen veroorzaken.

Beveiligingen moeten selectief reageren, zodat ze enkel werken voor het gestoorde netgedeelte en de intacte delen in dienst laten.

## Cellen

Bijzondere aandacht moet worden besteed aan eventuele lichtbogen. Die veroorzaken meestal ernstige beschadigingen en vormen een reëel thermisch gevaar voor mensen in de omgeving.

Daarom zijn schakelinrichtingen voorzien van afscheidingen die moeten beletten dat een vlamboog zich laat voelen in de omliggende ruimte of overslaat naar de naastliggende delen van de installatie. De hitte van een vlamboog wordt door 'kanalen' gecontroleerd afgeleid naar een veilige zone.

De schakelapparatuur van een distributiepост wordt meestal gespreid in verschillende cellen of compartimenten. Speciale wanden en deuren moeten ervoor zorgen dat de uitgestraalde warmte en de bijhorende luchtdruk binnen het betreffende compartiment blijft.

## Beveiliging tegen overbelasting en kortsluitstromen

Het gedeelte op middenspanning wordt vooral door smeltveiligheden tegen kortsluiting beveiligd. De uitschakeltijden bij kortsluiting liggen lager dan 10 milliseconde.

De smeltveiligheden die hier worden gebruikt hebben een speciale uitvoering. Ze worden meestal gecombineerd met een lastschakelaar. In geval van kortsluiting wordt een pin uitgeduwd die een vergrendelmechanisme van de bijhorende driepolige lastschakelaar ontgrendelt, waardoor die uitschakelt.

Een dergelijke combinatie wordt gebruikt voor spanningen van 3,6 tot 36 kV, voor nominale stromen van 6 tot 200 A en kortsluitstromen tot 400 MVA.

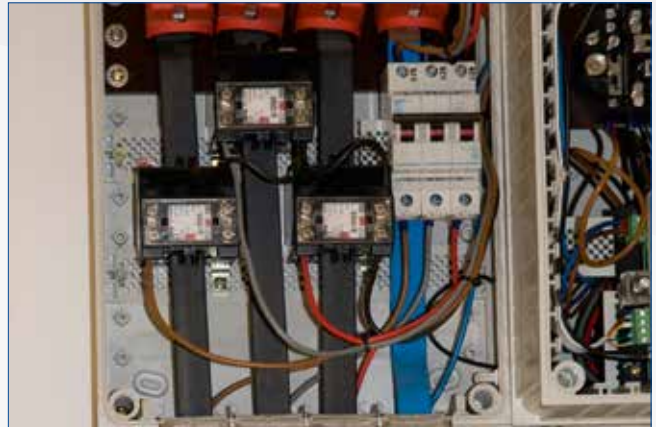
Naast smeltveiligheden, de klassieke beveiligingen, wordt op middenspanningsnetten heel wat geschakeld en beveiligd door middel van vermogensschakelaars die worden bediend door beveiligingsrelais. Die relais worden gestuurd door signalen uit spannings- en stroomtransformatoren.



Smeltveiligheid voor hoogspanning met centraal in de voet de 'pin' die naar buiten springt bij kortsluiting.



Mechanisme voor ontgrendeling van de lastschakelaar.



Drie stroomtransformatoren in een verdeelkast.



Spanningstransformatoren op een hoogspanningstransformator.

Aan de laagspanningszijde worden gewoonlijk **mesveiligheden** tussen geschakeld. Die worden met een speciale handgreep in hun houders gedruwd of er uitgetrokken. Dergelijke veiligheden fungeren ook als lastschakelaar.

De handeling vereist wel een zekere 'vastberadenheid' van de nettechnicus. Om vonkvorming te beperken, moeten de zekeringen 'met vaste hand' en zonder aarzelen worden in- of uitgeplugd.



Uitgeschakelde mesveiligheid op vertrekkende distributielijnen 230/400 V in een distributiepост.

## Bedrijfszekerheid

### Algemeen

Ook op distributienetten neemt de noodzaak aan een zekere energielevering steeds maar toe. Enerzijds zijn er de groeiende comfortverlangens van de mensen en de toenemende afhankelijkheid van elektriciteit om aan deze verlangens tegemoet te komen. Anderzijds zijn op veel van deze netten ook aftakkingen gemaakt voor voedingspunten van kabeldistributie, telefonie en gsm-masten. Ook de openbare verlichting en de verkeerssignalisatie mogen we zeker niet vergeten.

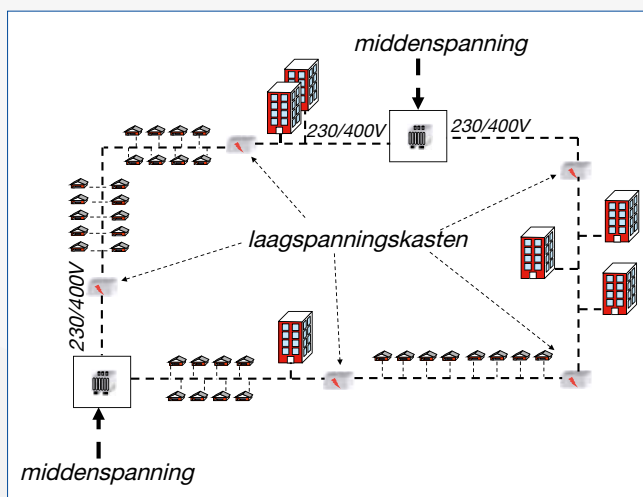
De hoofdnetten van kabeldistributie, telefoon en de gsm-masten hebben doorgaans een noodvoeding. Hierdoor blijven hier essentiële delen werken als de netvoeding wegvalt. De autonomie van noodvoedingen is echter beperkt in de tijd.

### Voeding in lus of ringnet

Distributiepостen krijgen meestal hun voeding op middenspanning uit twee richtingen. In vaktaal heet dit een 'lusvoeding'.

Bij normale werking is één voedingslijn effectief in dienst via het railstel.

Doet zich op die voedingslijn een fout voor of is er een defect in de voedende hoogspanningstransformator, dan kan het defecte netgedeelte worden geïsoleerd en wordt overgeschakeld op de andere voedingslijn. Meestal gebeurt dat automatisch. Die overschakeling is tijdelijk tot het defect is hersteld.



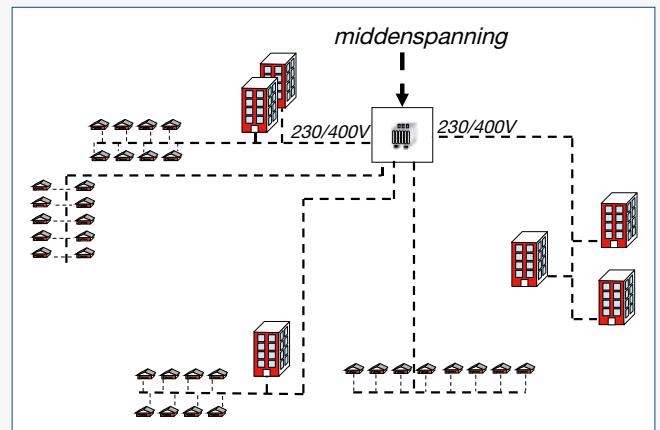
*Voeding in lus.*

*Doet zich op het net een panne voor, dan kan het defecte netdeel in de aangrenzende laagspanningskasten worden ontkoppeld tot de fout is hersteld. De rest van het distributienet blijft hierdoor in dienst.*

### Antennevoeding of sternet

Het tegengestelde van een distributiepост in lusvoeding is een antennevoeding.

Hierbij is er slechts één toevoerlijn naar de distributiepост. Gebeurt hier een fout, dan kan geen andere toevoerlijn worden ingeschakeld. Het is dan voor alle aangesloten klanten op deze lijn wachten tot het defect is hersteld. In afwachting kan een noodstroomgenerator worden geplaatst.



*Voeding in ster.*

*Bij een defect op een van de takken blijven alle klanten van deze tak buiten dienst tot de fout is hersteld.*

### Reservecapaciteit

Distributietransformatorposten hebben meestal twee transformatoren die zodanig zijn gedimensioneerd dat, bij een defect van een transformator, de andere de volledige voeding op zich kan nemen. Hierbij is het zelfs mogelijk hem gedurende een bepaalde tijd in overbelasting te laten werken.

Dergelijke installatie maakt het ook mogelijk om onderhoudswerken uit te voeren zonder hinder voor de klanten.

In bepaalde gevallen kan een mobiel stroomaggregaat worden ingeschakeld.

### Mapping

'Mapping' is het digitaliseren van alle plaatsingschema's van de elektriciteitskabels.

Die kunnen worden geraadpleegd door de eigen diensten van Eandis, maar ook door bijvoorbeeld gemeentediensten, aannemers van wegenwerken, diensten voor andere nutsleidingen en dergelijke.

Ondanks deze service worden regelmatig ondergrondse kabels beschadigd bij werken door externe aannemers.



## Lokaliseren en herstellen

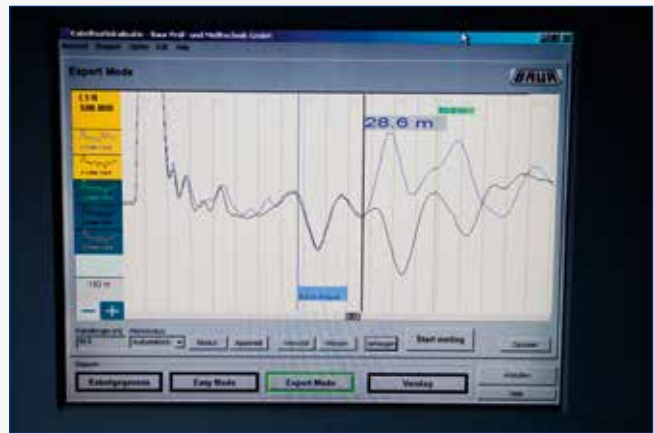
Bij een **kabelfout** is het noodzakelijk om, na het uitvoeren van de nodige schakelingen om de stroomlevering te herstellen, de exacte plaats van het kabeldefect te bepalen.

Meestal volstaat een visuele waarneming. De meeste defecten worden immers veroorzaakt door aannemers van wegenwerken.

Tal van beschadigingen zijn echter niet direct een aanleiding tot uitschakeling, maar degenereren langzaam een beschadigde kabel waarbij, soms jaren later, een kortsluiting of onderbreking gebeurt. De sporen van eerdere graafwerken zijn dan verdwenen en enkel met gesofisticeerde apparatuur kan de fout worden gelokaliseerd. Dergelijke situaties doen zich vooral voor op oude grondnetten waarbij nog 'papier-lood' kabels werden gebruikt. Geleiders zijn hier geïsoleerd door middel van in olie gedrenkt papierlinnen. Rond deze geleiders is dan een loden mantel aangebracht. Herstelling duurt hier uiteraard langer.

Zijn er geen visuele waarnemingen, dan wordt een **meetwagen** ingeschakeld. In deze wagen staan diverse hoog-elektronische meetapparaten om alle mogelijke kabelfouten tot op enkele decimeter nauwkeurig te lokaliseren.

De eigenlijke duur van de herstelling wordt in de meeste gevallen hoofdzakelijk bepaald door de duur van de noodzakelijke graafwerken.



*De positie van een kabelfout kan tot op enkele decimeter nauwkeurig worden bepaald.*



*Gesofisticeerde meetapparatuur om kabelfouten op te sporen, is ondergebracht in een bestelwagen. Dit maakt een snelle interventie mogelijk bij kabelfouten.*



## Toezicht en controle

### Algemeen

Van elke hoogspanningspost en de meeste distributieposten worden doorlopend heel wat parameters zoals stromen, spanningen, schakeltoestanden en temperaturen, van op afstand opgevolgd. Bij een abnormale situatie gaat een alarm af in de controlepost in Merksem of Kortrijk. Gesofisticeerde computersystemen zoomen automatisch in op het defect en schakelschema's verschijnen automatisch op de computerschermen van de operatoren.

Bovendien is elke hoogspannings- en distributiepost uitgerust met tal van verklidders en signalisatiesystemen die de diverse schakeltoestanden en werking weergeven.

De informatie die op deze manier wordt gegeven is meestal voldoende om de nettechnici een eerste indicatie te geven over de plaats en de aard van het defect.

Interventieploegen, die opereren vanuit verschillende locaties in Vlaanderen, staan 24 uur op 24 en elke dag paraat om ogenblikkelijk uit te rukken.



*Rek met meettoestellen en communicatieapparatuur in een distributie-schakelpost van Eandis.*



*Dispatching Eandis.*

## REG

### Gelijke fasebelasting

Bij een driefasig net is het interessant om de drie fasen gelijkmatig te belasten. Zo wordt de transformator optimaal belast. Staat de secundaire van de voedende transformator in ster geschakeld, dan zorgt een gelijke fasebelasting ook voor een minimale spanningsval over de nullijn.

De distributienetbeheerder zal er dan ook naar streven om woningen, die overwegend monofasig worden aangesloten, zodanig te spreiden over de drie fasen van een zelfde net, dat bij een maximale belasting de drie fasen van de nettransformator gelijkmatig zijn belast.

De ter beschikking gestelde vermogens aan de diverse klanten kunnen echter onderling zeer sterk verschillen. Vandaar dat aftakkingen op een doordachte manier moeten worden gepland, waarbij ook rekening wordt gehouden met de toekomstige uitbreidingen van een net. Het afgesproken maximaal vermogen bij een klant wordt bovendien bewaakt door de aansluitautomaat.

### Vermogenegalisatie door Centrale AfstandsBediening (CAB)

**Centrale AfstandsBediening** is een systeem waarmee de distributienetbeheerder gecodeerde pulsen verstuurt naar ontvangers die op het elektriciteitsnet zijn aangesloten.

Oorspronkelijk stuurde CAB hoofdzakelijk openbare verlichting.

Momenteel sluiten of openen ontvangers in de tellerkast ook contacten die bepaalde toepassingen sturen zoals:

- overschakeling dag/nachttarief;
- uitsluitend nachttarief;
- warmwaterboilers;
- accumulatieverwarming
- ...

Bepaalde programma's hebben een vast tijdstip van in- en uitschakelen. Andere programma's passen hun tijdstippen aan in functie van de buitentemperatuur (onder andere voor accumulatieverwarming) en nog andere in functie van het daglicht (onder andere voor openbare verlichting). Sommige programma's zijn bovendien seizoensgebonden.

Dit systeem dient in hoofdzaak om de klant, gestimuleerd door een tijdelijk voordeliger tarief, bepaalde toepassingen te laten inschakelen op momenten van lage netbelasting. Bedoeling is de maximale belastingspieken te beperken en de netten op een economisch interessante manier te exploiteren.

Van bepaalde programma's die relatief hoge belastingen sturen, zoals accumulatieverwarming en boilers, kunnen de schakeltijdstippen ook worden aangepast in functie van de ogenblikkelijke netbelasting. De netbeheerder kan deze programma's ook kortstondig onderbreken. Dit maakt het voor de exploitant van de distributienetten in beperkte mate mogelijk om aan vermogenbeheer te doen.

Aangezien de CAB-signalen op verschillende plaatsen in het distributienet worden geïnjecteerd, kan in zekere mate gericht worden ingegrepen.

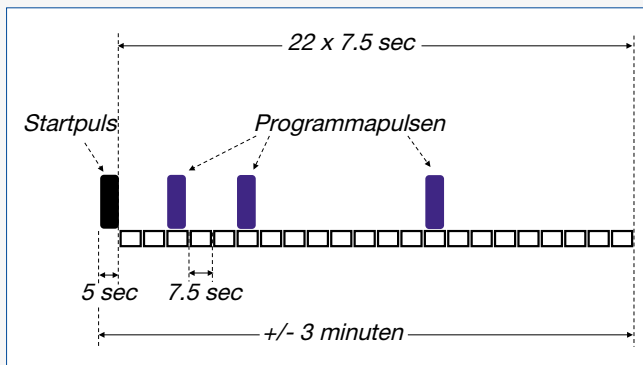
Belastingspieken zijn een zeer vervelend verschijnsel op elektriciteitsnetten. Ze worden veroorzaakt door het gelijktijdig inschakelen van vele toestellen bij vele verbruikers op hetzelfde net. Soms zijn deze pieken te voorspellen, maar soms zijn ze een gevolg van een toevallige synchronisatie van belastingen. Elk net moet in staat zijn om het gevraagde vermogen te kunnen leveren in alle omstandigheden, dus ook bij plotse relatief zeer hoge belastingspieken. Elektriciteitsnetten (met onder andere kabels, transformatoren, beveiligingen en schakelinrichtingen) worden noodzakelijkerwijze gedimensioneerd in functie van de te verwachten belastingspieken. Een hoge belastingspiek betekent dus een hoge investering. Spreiding van de netbelasting is voor de distributienetbeheerder dus een interessante zaak.

Het eerste CAB-systeem dat in 1954 in dienst werd genomen, werkt met elektro-mechanische ontvangers. Na het ontvangen van een startpuls begint in die ontvanger een motortje te draaien aan een vast bepaalde snelheid. Dit motortje drijft een trommel aan waarop een ruiters kan worden ingesteld op 22 mogelijke posities.

Deze posities komen achtereenvolgend voor een schakelaar. Wordt op een welbepaalde tijd na de startpuls een schakelpuls gezonden, dan zal de ruiters die op dat moment voor de schakelaar staat, zijn programma inschakelen.

Elke ruiters die passeert zonder dat op zijn overeenkomende looptijd een schakelpuls wordt gegeven, zal uitschakelen.

De mechanische tolerantie van dit systeem vereist relatief zeer lange pulstijden.



*Pulstrein van de klassieke afstandsbediening.*

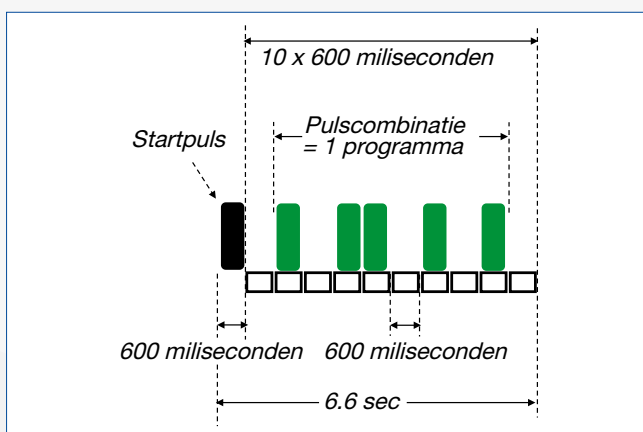
Om te reageren op de getekende programmapulsen, moet in de ontvanger een ruiter steken op posities 3, 6 en 14.

In de praktijk is dergelijke CAB-ontvanger uitgerust met een trommel met 22 mogelijke posities waarop 3 ruiters zijn geplaatst. Een CAB-ontvanger van dit type kan 3 programma's sturen. Gewoonlijk zijn dat het nachttarief, de boiler en de accumulatieverwarming.

Vanaf 1975 werden elektronische ontvangers gebruikt en een digitale sturing. Een van deze systemen is het 'decabit systeem', waarbij 'deca' staat voor tien en 'bit' een component is van een digitaal signaal.

Elk programma wordt hier gekenmerkt door een bepaalde combinatie van vijf pulsen. Elke puls is in de 'pulstrein' gepositioneerd op een exact bepaalde tijd na een startpuls. Op die manier komen we tot 252 schakelbevelen, tegenover 22 in het vorige systeem.

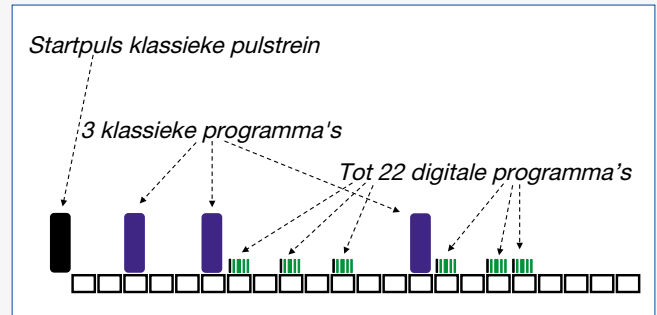
Bij elk programma hoort een in- en een uitschakelbevel. Dit in tegenstelling tot het vorige systeem, waarbij het programma uitschakelt als het bij een volgende zending niet wordt herhaald.



*Pulstrein voor een digitale ontvanger voor afstandsbesturing.*

De totale duur van een pulstrein bij decabit is 6,6 seconden, wat bijna 1 seconde korter is dan de duur van één puls van een klassiek programma.

Hierdoor kan een volledige decabit-pulstrein worden ondergebracht in één programmaplaats van een klassieke sturing.



*Gecombineerde pulstrein.*

De pulscombinaties voor de digitale ontvangers zijn ondergebracht in de lege posities van de klassieke pulstrein.

Het instellen van de programma's van de CAB-ontvanger wordt uitsluitend gedaan door de distributienetbeheerder. Bij de klassieke ontvangers wordt een programma ingesteld door een schijf te positioneren.

Digitale ontvangers bieden verschillende mogelijkheden: onder andere door een programmaplaatje in te pluggen of door een eeprom ter plaatse te programmeren.

De CAB-programma's worden vanuit centrale punten via het net verstuurd naar de klanten. Daarvoor worden de pulstreinen gemoduleerd op een draaggolf.

De frequentie van deze draaggolf ligt tussen 180 en 1 350 Hz, is afhankelijk van het systeem en kan verschillen per distributienetbeheerder. Bij sommige distributienetbeheerders zijn deze signalen soms hoorbaar in de binneninstallatie. Als dit storend is voor de bewoners, kan een filter een oplossing bieden.

## In het voedingsbord

Bij klanten die worden gevoed op middenspanning wordt maandelijks een hoogspanningsenergiefactuur gemaakt. Naast het normale verbruik, wordt hier ook het reactieve verbruik aangerekend en een vergoeding voor de dagpiek en de nachtpiek.

## Beheer van de installatie

De uitgestrektheid van terreinen, gebouwen en installaties maken dat bepaalde elektrische verbruikers soms aan de aandacht ontsnappen en te lang zijn ingeschakeld. Dat leidt tot onnodig energieverbruik.

Dergelijke installaties hebben soms ook verschillende toepassingen met hoog vermogen. Het gelijktijdig inschakelen hiervan, creëert (dure) belastingspieken.

De belasting in grafiek zetten, geeft in veel gevallen een beter inzicht in het verbruikspatroon van een bedrijf en helpt om preventief actie te ondernemen: zo kunnen 'verscholen verbruikers' worden opgespoord zoals bijvoorbeeld een verlichting of een compressor die onnodig blijft ingeschakeld. Een doordacht geprogrammeerd inschakelen van zware verbruikers kan de belastingspieken sterk reduceren.

In samenwerking met Elia kunnen maandelijks belastingsgrafieken worden gemaakt. Het is ook mogelijk om in real time, via internet, op een computer van het bedrijf in kwestie, de belasting op de volgen. Eens een grafiek opgenomen in een 100 % gecontroleerde situatie, kan een afwijking van deze 'referentiegrafiek' een indicatie zijn van een abnormale situatie.

## Softstarters

Bij het klassieke in- en uitschakelen van zware machines ontstaan soms aanloopstromen van relatief hoge waarden. Deze vereisen een voedingscircuit dat hiervoor is voorzien. Daarnaast creëren deze stromen zware mechanische belastingen voor de motor en de aangedreven toepassingen, en relatief hoge belastingspieken.

Het geleidelijk op vol vermogen laten komen van motoren, kan deze nadelen voorkomen.

Een eenvoudige mogelijkheid is een ster/driehoek schakelaar.

Een moderne methode zijn de softstarters. Hierbij wordt de motor elektronisch gestuurd, waarbij hij 'zacht' aanloopt tot vol vermogen.

## Toerentalregeling van motoren

Voor verschillende industriële toepassingen is het eigenlijk niet nodig dat motoren doorlopend op vol vermogen werken als ze worden ingeschakeld. Bijvoorbeeld een luchtcompressor, koelgroep of ventilatiegroep. Het steeds op vol vermogen in- en uitschakelen gaat gewoonlijk ook samen met een relatief groot regeldifferentieel.

Een elektronische toerentalregeling kan het vermogen van de installatie regelen in functie van wat effectief nodig is. Dit maakt een efficiëntere werking mogelijk met laag regeldifferentieel, langere levensduur van de installatie en minder vermogen.



# Residentiële aftakking

## Organisatie en verantwoordelijkheid

Een 'aftakking' omvat

- de aansluiting op het laagspanningsdistributienet,
- de verbindingskabel met de tellerkast in de woning,
- de tellerkast met de kWh-meter en algemene automaat (de 'hoofdschakelaar').

Het eigenlijke aansluiten op het distributienet en het inschakelen van de algemene zekeringautomaat van de tellerkast, gebeurt uitsluitend door de nettechnici van de distributienetbeheerder of door geselecteerde aannemers die werken in opdracht van de distributienetbeheerder. En dit enkel na keuring door een erkende keuringsorganisatie.



*Uitvoering van een aftakking op een bundelnet.*



*Uitvoering van een aftakking op het grondnet.*



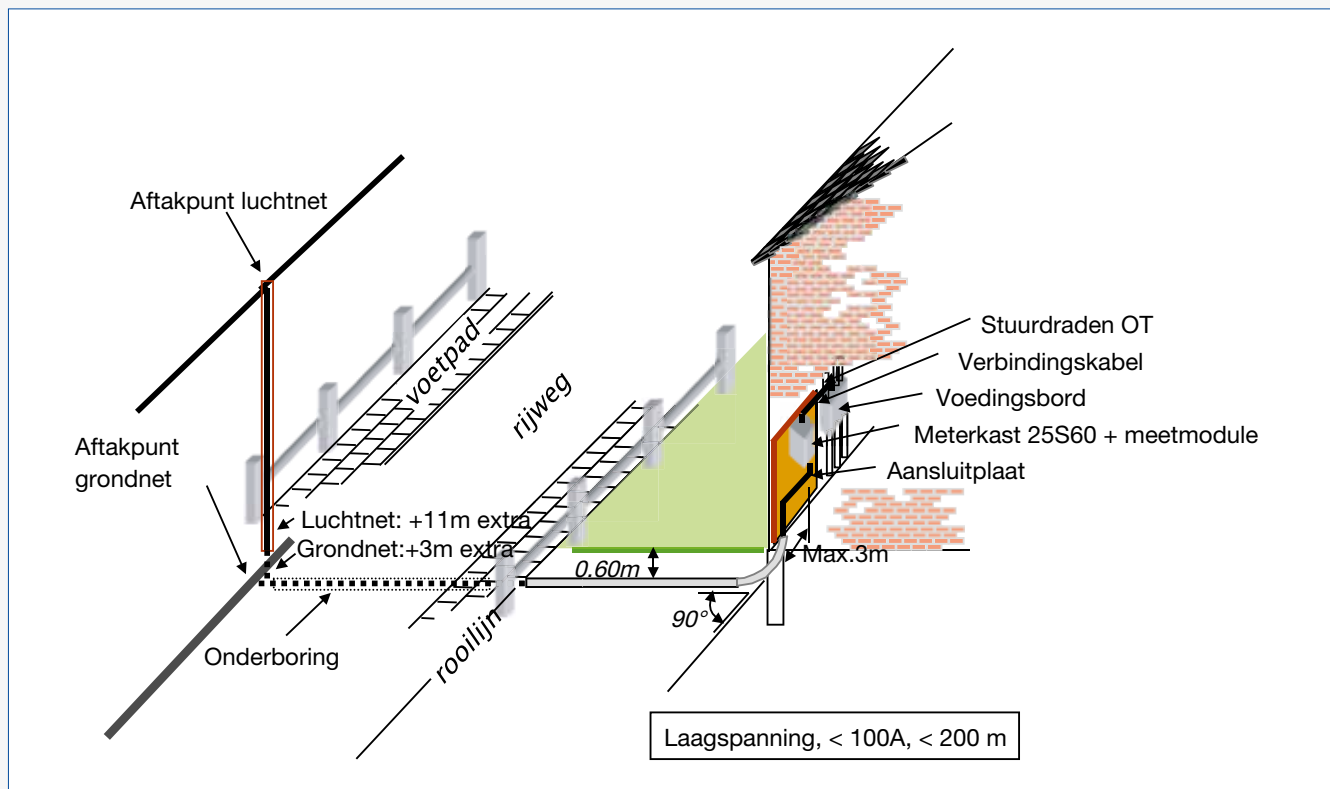
## De aftakking uitvoeren

Wie maakt de aansluiting? Wie schaft de nodige materialen aan? Duidelijke afspraken en richtlijnen bepalen welke taken zijn voorbehouden voor de nettechnici van de distributienetbeheerder en welke taken mogen worden uitgevoerd door de elektriciens van de klant of door de klant zelf. Je vindt ze terug in gedetailleerde folders op [www.eandis.be](http://www.eandis.be).

Bij een aftakking voor vijf en meer eindgebruikers moet de batterij van meterkasten worden gebouwd door een door de distributienetbeheerder erkende **batterijbouwer**. De installateur plaatst de batterij volgens het ontwerp van de distributienetbeheerder.

Eens in dienst genomen, wordt de aftakking tot en met de tellerkast eigendom van de distributienetbeheerder.

Vanaf de verbindingenkabel tussen de tellerkast en het voedingsbord van de klant, is de klant zelf en zijn elektriciens verantwoordelijk.



Schema van een zogenaamde 'standaardaansluiting'.  
Wordt een aftakking volgens dit schema uitgevoerd, dan is een standaardtarief van toepassing.

## Technische realisatie

Een aftakking is dus de verbinding tussen het openbaar elektriciteitsnet en de tellerkast bij de klant. Vanzelfsprekend moeten de hieraan verbonden werken en de verbinding op een veilige manier worden uitgevoerd, zonder hinder te veroorzaken voor alle betrokkenen: de nettechnici van Eandis, de andere klanten op het net en de klant in kwestie met zijn elektriciens. Daarom moeten de werken worden gecoördineerd en vlot en veilig uitgevoerd volgens afgesproken procedures en de bepalingen van het AREI.

### Aansluitbocht voor nieuwbouw eengezinswoning

Om onderlinge problemen over de aansluiting van een woning tussen de verschillende nutsbedrijven te voorkomen, hebben zij een overeenkomst om de verschillende nutsleidingen op een gestandaardiseerde manier in een nieuwbouwwoning binnen te brengen. Dat gebeurt door middel van een **aansluitbocht**.

Een aansluitbocht is samengesteld uit vijf gebogen buizen in kunststof, elk met een specifieke doormeter. Die zijn bestemd voor telefoon, kabeltelevisie, aardgas, elektriciteit en waterleiding.



*Op de aansluitbocht worden de respectievelijke wachtbuizen aangesloten. De andere kant komt uit in de woning onder de muurplaat voor bevestiging van de tellers en de aansluitingen van de nutsbedrijven.*

## Gestandaardiseerde opstelling

Met dezelfde nutsbedrijven werd ook een gestandaardiseerde opstelling uitgewerkt voor de apparatuur die bij de klant moet worden geplaatst.

De opstelling verschilt naargelang de leidingen links of rechts in de woning komen.

### Aftakspanning

De netspanning en de manier waarop de secundaire van de transformator in de distributiestation aan een distributienet wordt gekoppeld, wordt bepaald door de distributienetbeheerder.

Voor recente laagspanningsdistributienetten wordt de secundaire in ster geschakeld waarbij het sterpunt wordt geaard. Het distributienet is in dit geval samengesteld uit drie fasen en een nulgeleider. Laagspanningsklanten worden bij voorkeur afgetakt op een fasespanning van 230 V, dus op één fase en nulgeleider.

In bepaalde gevallen wordt een driefasige aftakking gemaakt. De klant (doorgaans een KMO) beschikt dan over drie fasespanningen van 230 V en drie lijnspanningen van 400 V.

Bij een standaardaansluiting die monofasig wordt uitgevoerd, wordt een aansluitautomaat van 40 A geplaatst. Een driefasige standaardaansluiting krijgt een aansluitautomaat van 25 A.

Oudere netgedeelten staan onder 230 V, die wordt afgetakt van een in driehoek geschakelde secundaire wikkelingen van een driefasige transformator.

Nog vroeger werden aftakkingen gemaakt op 127 V. Die netten zijn nu allemaal omgebouwd.

# Beveiliging

## Huishoudelijke installaties

De veiligheidsvoorschriften waaraan iedere huishoudelijke elektrische installatie, geplaatst na 1 oktober 1981 moet voldoen, zijn weergegeven in het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI) en bindend verklaard door het Koninklijk Besluit van 10 maart 1981.

Voor een huishoudelijke installatie moet een **gelijkvormigheidscontrole** worden uitgevoerd door een erkende keuringsorganisatie bij:

- de aansluiting van een nieuwe installatie op het net;
- belangrijke wijzigingen of uitbreidingen van een bestaande elektrische installatie;
- aanvraag tot verzwaring van de aansluiting;
- iedere overdracht van eigendom. Dit betreft enkel de elektrische installaties van een wooneenheid die niet het voorwerp uitmaakten van een gelijkvormigheidsonderzoek of waarvoor geen verzwaring op het openbaar verdeelnet werd aangevraagd na 1 oktober 1981. Deze bepaling is van kracht sinds 1 juli 2008;
- een installatie die 25 jaar in dienst is na een vorige controle.

Een huishoudelijke elektrische installatie is:

- een elektrische installatie, samengesteld uit een of meerdere installatie-eenheden:
  - die een wooneenheid, een huishoudelijke werkeenheid, of de gemeenschappelijke delen van een residentiële eenheid voedt
  - en die toebehoort aan een en dezelfde natuurlijke persoon, rechtspersoon of aan een geheel van mede-eigenaars.
- een productiemiddel van elektrische energie en de elektrische installatie die een wooneenheid of huishoudelijke werkeenheid of de gemeenschappelijke delen van een residentieel geheel voedt.

Elke andere elektrische installatie is niet-huishoudelijk.

Documenten die moeten worden overhandigd bij de gelijkvormigheidscontrole:

- **eendraadsschema:** een schematische voorstelling waarbij door middel van symbolen alle componenten van een stroombaan worden weergegeven.
- **situatieschema:** de aanduiding van de plaats van alle componenten die op het eendraadsschema voorkomen op een plattegrond van het gebouw en het terrein.
- **de EAN-code (European Article Numbering):** een code van 18 cijfers die vanaf 1 januari 2007 op de factuur is vermeld. De EAN-code is een identificatie van de elektrische installatie.

Een elektrische installatie kan technisch gezien perfect veilig zijn. Elke elektrische installatie en elk elektrisch toestel blijft echter gevaarlijk bij verkeerd en ondoordacht gebruik.

Er is geen enkele reden om in een residentiële omgeving te werken aan een elektrische installatie als ze onder spanning staat. In tegenstelling tot industriële installaties en distributienetten, waar het voor de technici niet altijd mogelijk is om de spanning uit te schakelen. Bovendien is er voor heel wat pannes geen dringende herstelling nodig en kan de betrokken klant zich zonder veel problemen behelpen totdat een elektricien ze herstelt. Elke fabrikant van elektrische toestellen is momenteel wettelijk verplicht om duidelijke instructies voor gebruik en onderhoud samen met het toestel te leveren.

Bij residentiële installaties schuilt het gevaar er meestal in dat mensen, zonder voldoende technische kennis, aan elektrische kringen werken zonder de spanning uit te schakelen. Ook ondoordacht gebruik van elektrische toestellen is een frequent voorkomende oorzaak van elektrocutie. Een klassiek voorbeeld hiervan is het gebruik van een haardroger in het bad.

## Kenmerken van elektrische toestellen

### Kenplaatje

Elk elektrisch toestel moet wettelijk zijn voorzien van een **kenplaatje**. Dat vermeldt het merk, het type van toestel, het fabricatienummer en de belangrijkste elektrische kenmerken.

Ook de mate van elektrische veiligheid is hierop vermeld, zoals:

- bescherming tegen aanraking van onder spanning staande delen en bescherming tegen indringen van vaste voorwerpen.
- bescherming tegen indringen van vloeistoffen.



*Kenplaatje op een elektrische convector.*

*Dit is een dubbel geïsoleerd toestel (het dubbele vierkantje) dat mag worden gebruikt in het beschermingsvolume van een badkamer (de indicatie IP24). Het toestel heeft een CE markering.*

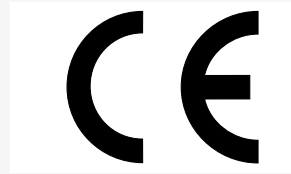
## CE-markering

Elektrisch materiaal voor laagspanning moet een CE-markering hebben.

Het CE-keurmerk is een initiatief van de Europese unie met als doel de veiligheid van personen en producten te waarborgen door uniforme eisen en richtlijnen die gelden in alle lidstaten.

De CE-markering geeft aan dat een product overeenstemt met de door de Europese richtlijnen vastgestelde niveaus van bescherming (veiligheid) en dat alle, door de richtlijnen vastgestelde conformiteitsbeoordelingsprocedures met betrekking tot het product werden gevolgd.

Het gaat dus niet uitsluitend om het voldoen aan de essentiële eisen inzake veiligheid, volksgezondheid, consumentenbescherming en dergelijke, maar ook om de bijzondere verplichtingen die in bepaalde richtlijnen zijn vastgelegd. Eén van deze verplichtingen kan bijvoorbeeld zijn dat het product moet worden gekeurd door een aangemelde instantie.



## Bescherming tegen indirecte aanraking door middel van een aarding

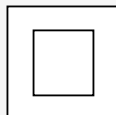
### Defect in een toestel

Bij een defect in een toestel waarbij het chassis (ook de 'massa' genoemd) onder fasespanning komt te staan ten opzichte van de aarde, moet een aarding de gebruiker beschermen tegen elektrocutie.

Door de massa te aarden wordt bij een isolatiefout in een defect toestel, een gesloten stroomkring gevormd via de aarding van de elektrische installatie en via de aarding van de secundaire van de voedende transformator. Hierdoor kan de differentieelschakelaar een stroomlek detecteren en de kring uitschakelen.

### Dubbele isolatie

Heel wat huishoudtoestellen hebben een 'dubbele isolatie'. Alle delen van het elektrisch circuit zitten dan in een bijkomend afgesloten omhulsel van kunststof. Deze toestellen hebben geen aardverbinding. U herkent ze aan het symbool in de vorm van een dubbel vierkantje.



### Aardingslus

Een goede aarding heeft een weerstandswaarde van minder dan 30 Ohm. Bij nieuwbouw wordt de aarding gemaakt door onder de fundering een koperen lus te plaatsen. Wordt de vereiste weerstandswaarde ( $< 30 \text{ Ohm}$ ) niet bereikt, dan worden staven bijgeplaatst tot de vereiste waarde wordt gehaald.

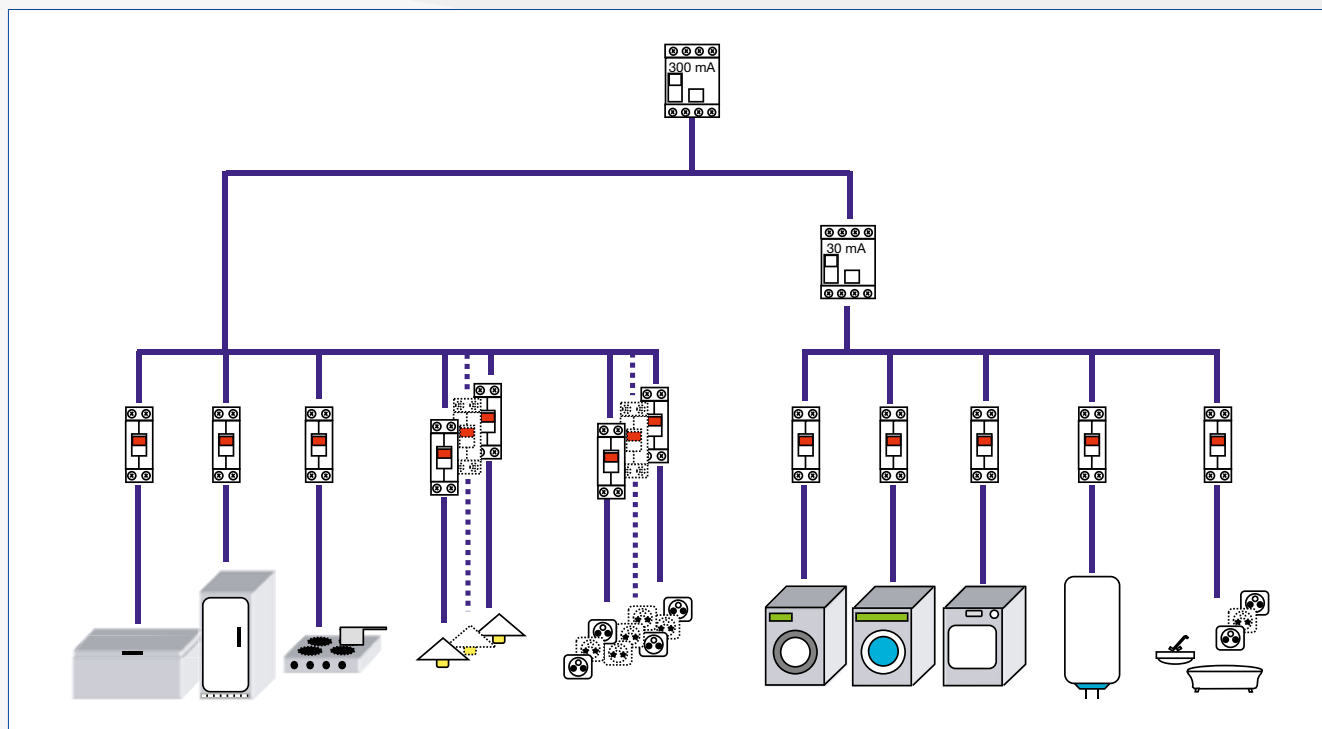
### Aardingsstaven

Bij bestaande bouw wordt een aarding gerealiseerd door koperstaven of gegalvaniseerde staven die in de grond worden gedreven. Het aantal staven dat nodig is om een weerstandswaarde kleiner dan 30 Ohm te bereiken, hangt af van de samenstelling van de bodem.

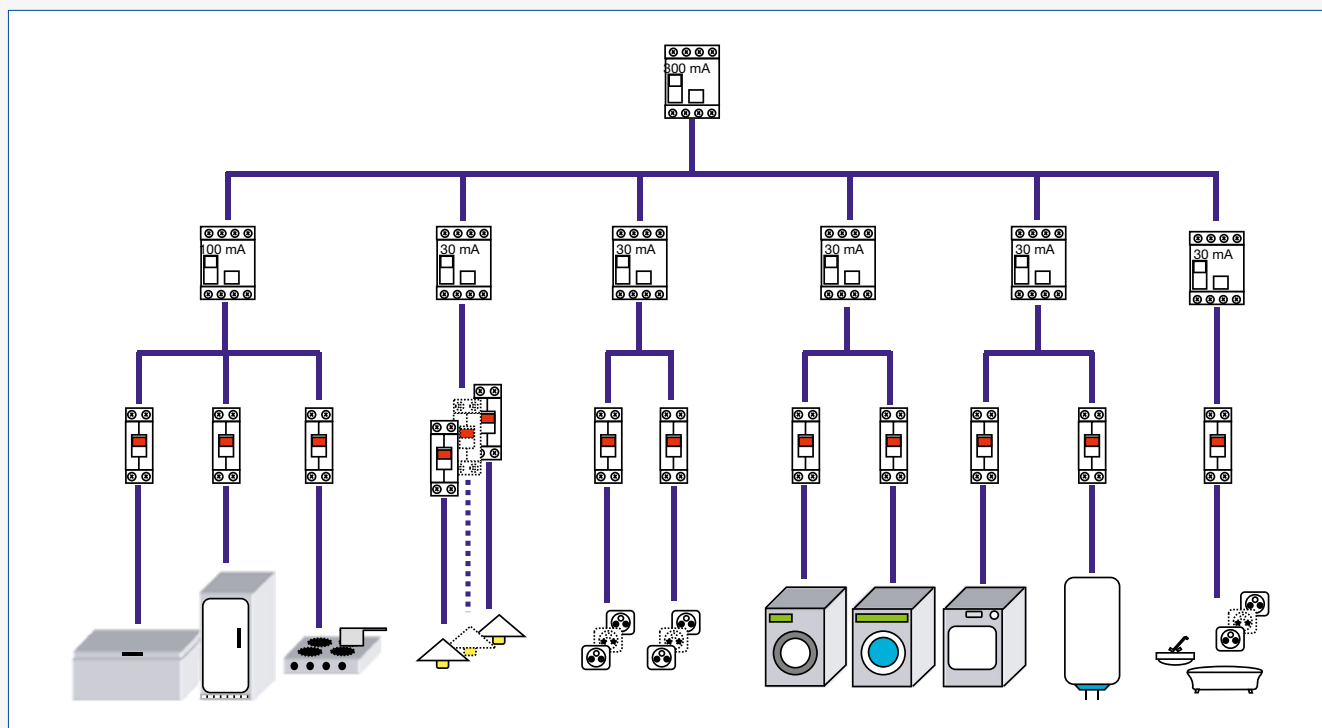
Indien het mechanisch niet mogelijk is om verschillende staven aan elkaar in de bodem te slaan - bijvoorbeeld door stenen in de ondergrond of een kleilaag - kunnen aardingsstaven volgens een bepaald patroon gespreid worden opgesteld.

In bepaalde situaties echter is 30 Ohm in de praktijk niet realiseerbaar. Dan is 100 Ohm een maximale waarde en moeten, achter de algemene verliesstroomschakelaar van 300 mA, meerdere verliesstroomschakelaars van 30 mA in de binneninstallatie worden gemonteerd.

Bij 30 Ohm volstaat, achter de algemene verliesstroomschakelaar van 300 mA, één verliesstroomschakelaar van 30 mA voor de voedingskringen in 'vochtige lokalen'. Dit dus samen met de algemene verliesstroomschakelaar van 300 mA.



Principetekening van de elektrische voedingskringen in een woning met een aarding met een weerstandwaarde onder 30 Ohm.



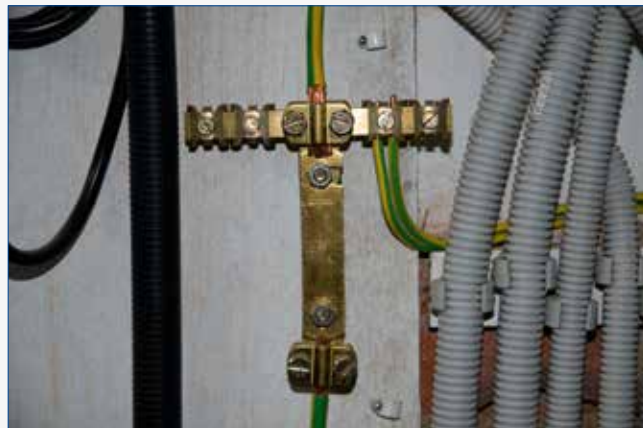
Principetekening bij een aardingsweerstand tussen 30 en 100 Ohm.



## Aardverbinding

Alle aardverbindingen moeten worden uitgevoerd met draden met een welbepaalde sectie en groen/geel-markering. Een dergelijke draad mag enkel hiervoor worden gebruikt.

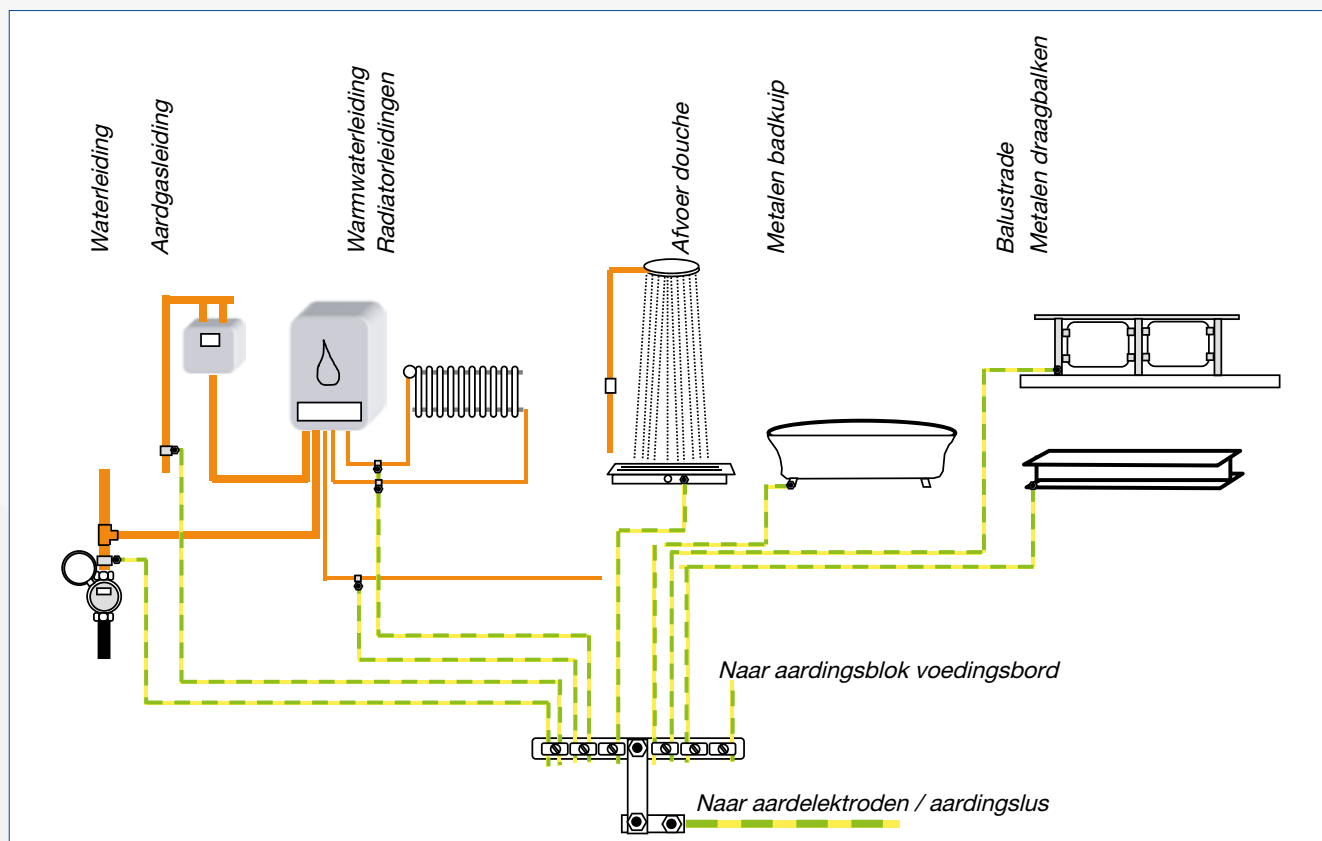
Toestellen worden verbonden met de aarding van een woning door middel van de aardingspen in een stopcontact. Is een elektrische installatie in dienst, dan mag een aarding nooit worden onderbroken. Enkel voor het meten van de aardingsweerstand wordt de aardingsseparator geopend. Dit kan gebeuren bij de controle door een erkende keuringsorganisatie. Hierdoor kan de aarding worden gemeten onafhankelijk van de binneninstallatie.



Aardingsseparator  
De brugverbinding moet steeds degelijk gesloten zijn.

## Equipotentiale verbinding

Niettegenstaande een goede aarding is het mogelijk dat in een woning bepaalde metalen delen van de bouwkundige constructie onder spanning komen te staan ten opzichte van elkaar of van de aarde. Dit kan het gevolg zijn van een fout in de elektrische bedrading of van blikseminslag. Daarom moeten alle elektriciteit geleidende delen - zoals metalen trapleuningen, aluminium ramen, metalen steunbalken, waterleiding, centraleverwarmingsbuizen, metalen badkuip - worden verbonden met de aarding van de woning door middel van een **equipotentiale verbinding**.



Overzicht van de equipotentiale verbindingen in een woning

## Beveiliging van leidingen tegen oververhitting door middel van stroombeveiligingen

### Kortsluitingen

In huishoudelijke installaties worden kortsluitingen meestal veroorzaakt door defecten in een toestel en beschadiging aan snoeren of stekkers.

Let vooral op bij het inschakelen van een voedingskring met een kortsluiting. Dan wordt de belasting van de voeding immers enkel gevormd door de verbindingsdraden. De elektrische weerstand is dus relatief zeer laag, waardoor er grote stromen vloeien. Hierdoor ontstaan bij het inschakelen van contacten van een schakelaar, smeltzekering of automaat zeer hevige vonken.

Een kortsluiting ontstaat niet zomaar. Ze is steeds het gevolg van een fout die eerst moet worden hersteld, voordat de kring opnieuw mag worden ingeschakeld.

### Overbelasting

Stroombeveiligingen worden gedimensioneerd in functie van de sectie van de aangesloten geleider. Een bijkomende factor is het normale maximale vermogen van de aangesloten belastingen. Hierdoor zal de voeding dus ook uitschakelen bij een te hoge stroom als gevolg van een slechte werking van een toestel, bijvoorbeeld een geblokkeerde motor.

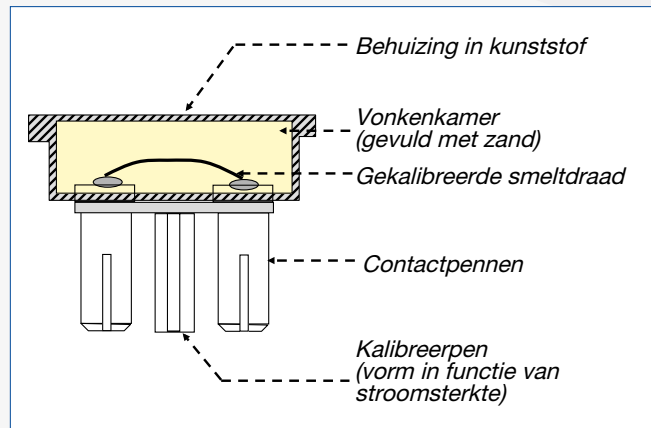
Een overbelasting wordt meestal veroorzaakt door te veel toestellen op één kring in te schakelen of een toestel met een te hoog vermogen.

Hoe snel een zekering uitschakelt, hangt af van de waarde van overschrijding van de nominale stroomsterkte. Een hoge overschrijding, mogelijk een gevolg van een kortsluiting, geeft een zeer snelle uitschakeling. Een relatief kleine overschrijding heeft gedurende een bepaalde tijd geen gevolgen. Hierdoor worden periodieke korte hogere belastingen toegestaan.

Dergelijke beschermingen zijn dus ook noodzakelijk bij voedingskringen op zeer lage spanning. Ter illustratie: oververhitting van leidingen bij halogeenverlichting op 12 V is een veel voorkomende situatie.

### Smeltveiligheid

Vooraf in oudere installaties vinden we nog smeltveiligheden. In moderne installaties zijn het meestal automaten die ervoor waken dat voedingskringen niet worden overbelast.



Schema van een smeltveiligheid voor huishoudelijke installaties



Oud voedingsbord.

Deze voedingsborden zijn zeer onveilig en worden het best vervangen.

Ze hebben ook geen differentieelschakelaar.

Een smeltveiligheid voor een residentiële installatie wordt met zijn contactpennen in een voetstuk geplugd dat in het voedingsbord is gemonteerd. In functie van de sectie van de bedrading, heeft elke voedingslijn zijn eigen smeltveiligheid die is aangepast aan de nominale stroom in deze lijn.

Om te beletten dat een smeltveiligheid van een te hoge waarde op een voedingskring zou worden geplugd, is de smeltveiligheid voorzien van een kalibreerpen die moet overeenkomen met de kalibreeropening in de voet van de smeltveiligheid. Elk kalibreerelement heeft een specifieke kleur die overeenkomt met de kleur van de normaal bijhorende smeltveiligheid.

Een smeltveiligheid van 10 A kan gedurende 1 uur een stroom doorlaten van 15 A. Bij een permanente stroom van 19 A, brandt ze echter binnen het uur door. Bij een kortsluiting in de beveiligde kring brandt ze ogenblikkelijk door.

Elektronische toestellen zijn gewoonlijk voorzien van buiszekeringen. Als de gekalibreerde waarde wordt overschreden smelt het draadje. Buiszekeringen hebben een doormeter van 5 mm en een lengte tussen 20 en 30 mm.

Tussen de wikkelingen van een 230 V laagspanningstransformator (bijvoorbeeld voor halogeenverlichting) bevindt zich meestal een smeltveiligheid die is opgebouwd door een soldering en een veercontact. Wordt de transformator te warm, wat duidt op een overbelasting en dus een te hoge stroom, dan smelt het soldeersel en wordt de voedingskring onderbroken.

Smeltveiligheden hebben enkele constructieve nadelen.

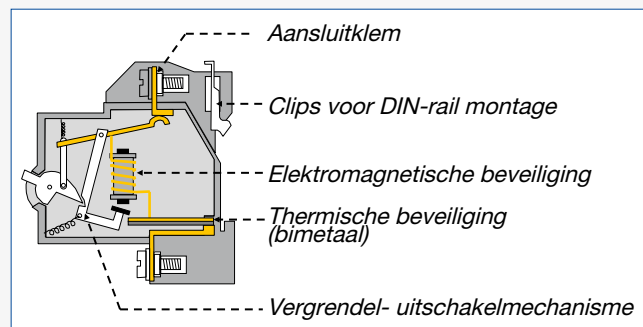
- Eens de smeltdraad doorgebrand, moet de zekering in zijn geheel worden vervangen en mag ze niet worden hersteld. U hebt dus het best steeds reserve smeltveiligheden in voorraad, meestal van verschillende waarden.
- Nogal wat mensen 'herstellen' smeltveiligheden met koperdraadjes. Dat is uit den boze, want het creëert gevaarlijke situaties.
- Elke smeltveiligheid beveiligt slechts één lijn van een kring. Het is dus best mogelijk dat bij een driefasige voeding de twee andere fasen in dienst blijven. In bepaalde gevallen (motoren) kan dat de aangesloten toestellen ernstig beschadigen.
- Om een voedingskring beveiligd door smeltveiligheden uit te schakelen, moeten de zekeringen uit elke lijn worden verwijderen of een schakelaar in het voedingsbord worden gemonteerd.

## Automaten

Automaten hebben niet de nadelen van smeltveiligheden.

De beveiligingsrange van automaten is ook veel nauwkeuriger te bepalen dan die van smeltveiligheden. Een automaat heeft immers een veel enger werkingsgebied dan een smeltveiligheid. Zo zal een automatische schakelaar van 10 A bij een stroom van 11 A gedurende 1 uur ingeschakeld blijven, maar binnen het uur uitschakelen bij een stroom van 13 A.

Eenvoudige 'penautomaten' hebben dezelfde kleur, pen-nen en kalibers dan smeltveiligheden met dezelfde waarde. Ze kunnen dan ook zonder problemen in de plaats van gewone smeltveiligheden worden geplugd. Doordat de werking veel nauwkeuriger is, mag bij een vervanging een hogere waarde worden gebruikt dan die van de eerdere smeltveiligheid.



*Principeschema van een automaat voor residentiële installaties.*

*Bij thermische werking plooit het bimetaal en duwt hierdoor tegen het uitschakelmechanisme.*

*Bij elektromagnetische werking wordt het stootblokje van het uitschakelmechanisme door de elektromagneet aangetrokken.*

Een penautomaat beschermt dus één voedingslijn.

Meervoudige automaten beschermen alle lijnen van een voedingskring. Bij een fout in één fase worden alle lijnen in deze kring onderbroken. Een automaat kan eenvoudig manueel opnieuw worden ingeschakeld en fungeert ook als schakelaar.

Bepaalde uitvoeringen kunnen mechanisch worden gekoppeld met een differentieelschakelaar. Bij een stroomverlies zal de automaat, die nu ook wordt gestuurd door de differentieelschakelaar, dan uitschakelen.

## Algemene aansluitautomaat (hoofdschakelaar)

Bij elke aftakking op een elektriciteitsdistributienet wordt op het einde van de aftakkabel, in de tellerkast, een algemene aansluitautomaat geplaatst. De waarde van deze automaat is afhankelijk van het contractueel aftakvermogen dat is overeengekomen tussen de klant en de distributienetbeheerder. Het aantal lijnen dat wordt geschakeld, is bepaald in functie van het type aftakking, namelijk éénfasig of driefasig.

Eenzijds belet de automaat dat er meer vermogen zou worden afgenomen dan is overeengekomen en anderzijds beschermt hij tegen overbelasting van de aftakkabel.

De aansluitautomaat fungeert tevens als vermogensschakelaar voor de binneninstallatie. Hij maakt het dus mogelijk om snel en eenvoudig de volledige binneninstallatie zonder spanning te zetten.

Aangezien een automaat een bescherming is van de 'achterliggende installatie' zou hij eigenlijk aan het begin van een aftakking moeten staan, dus daar waar de aftakkabel is aangesloten op het distributienet. Praktisch is dat echter bijna onmogelijk, omdat deze aftakkingen ondergronds of op palen zijn gemaakt. De aftakkabel zelf is beveiligd door de (zwarte) beveiliging van het distributienet in de distributiestop. Die heeft een veel te hoge zekeringwaarde voor de relatief dunne aftakkabel. Daarom wordt het tracé van een aftakkabel, zeker in de woning, zo kort mogelijk gehouden. Bovendien moet een ingegraven aftakkabel degelijk worden afgeschermd en zijn precieze ligging zijn gekend.

## Beveiliging tegen indirecte aanraking door middel van een differentieelschakelaar

Een differentieelschakelaar moet de aangesloten voedingskringen direct uitschakelen als een foutstroom (ook 'lekstroom' genoemd) naar de aarde optreedt. Deze foutstroom kan een gevolg zijn van een defect in de installatie (bijvoorbeeld een beschadigde isolatie of water in een aftakdoos) of van een aanraking van een deel dat onder spanning staat door iemand die in verbinding staat met de aarde.

De foutstroom waarbij een differentieelschakelaar reageert noemt men de aanspreekstroom of de gevoeligheid van de differentieelschakelaar. Hoe lager de aanspreekstroom hoe hoger de gevoeligheid.

In residentiële toepassingen vinden we hoofdzakelijk volgende gevoeligheden.

- 1 000 mA: voor kringen die weinig gevoelig mogen zijn aan foutstromen
- 300 mA: voor kringen die middelmatig gevoelig moeten reageren op foutstromen
- 30 mA: voor kringen waar een grote gevoeligheid is vereist
- 10 mA: voor kringen waar een zeer grote gevoeligheid is vereist.

In elke binneninstallatie moet minstens één algemene differentieelschakelaar van 300 mA worden geplaatst aan het einde van de verbindingenkabel tussen tellerkast en voedingsbord. Via die differentieelschakelaar loopt alle voeding van de woning. Bij de keuring wordt deze verbinding verzegeld.

Het aantal differentieelautomaten met een hogere gevoeligheid en het aantal bijhorende kringen hangt af van de opgestelde toestellen en de Ohmse waarde van de aardingsweerstand.



Driefasige differentieelschakelaar 300 mA en monofasige differentieelschakelaar 30 mA in voedingsbord.

## Overspanningbeveiliging

Met de toename van elektronische componenten in de woning neemt ook de kwetsbaarheid bij overspanning toe. Elektrische apparatuur gefabriceerd na 1996 moet voldoen aan de Europese EMC richtlijnen (Electromagnetic Compatibility). Hierin wordt onder meer bepaald dat elektrische toestellen moeten bestand zijn tegen een kortstondige spanningpiek van 1,5 kV. Maatregelen voor overspanningbeveiliging richten zich naar deze waarde.

Voor de beveiliging tegen overspanning van een volledig netwerk van een woning moet niet enkel aandacht worden besteed aan de netspanning, maar ook aan alle leidingen die in de woning aankomen zoals telefoon, kabel en dakantenne.

In de woning zijn steeds meer toepassingen met elkaar gekoppeld. Denken we maar aan de computer die is verbonden met het internet via de kabel, en dus ook via de coax-kabel met het tv-toestel, de radio en de telefoon.

Over deze verbindingen kunnen, in geval van overspanning ergens op het netwerk, parasitaire spanningen en stromen voorkomen. Het is hierdoor ook noodzakelijk om gevoelige toestellen bijkomend te beveiligen in functie van hun eigen connecties.

Om een netwerk van een woning doeltreffend te beveiligen tegen overspanning, beschikken we over een '**globale beveiliging**' ter hoogte van het voedingsbord, een beveiliging van de andere binnenkomende leidingen, en '**fijnbeveiligingen**' van toestellen zoals computers, video en audio-installaties en andere gevoelige apparaten.



De twee eerste modules van de rij zijn de globale overspanningbeveiliging voor een monofasige aftakking.



Fijnbeveiliging

### Eigen verantwoordelijkheid

Elektriciteit veilig gebruiken is in de eerste plaats een kwestie van gezond verstand en waakzaamheid van de gebruiker.

- Een voedingskring met zijn beveiligingen mag enkel worden belast met de stroomwaarde waarvoor hij is gedimensioneerd. 'Overbruggen' of 'verzwaren' van zekeringen is absoluut ontoelaatbaar.
- Aanpassingen aan of uitbreiding van een elektrische installatie is specialistenwerk. Vertrouw het toe aan een vakman.
- Beschadigingen aan schakelaars, stopcontacten, aftakdozen en leidingen moeten ogenblikkelijk worden hersteld. In afwachting moet de betreffende kring worden uitgeschakeld.
- Respecteer de instructies van de fabrikanten.
- Zeer belangrijk: blijf van elektrische installaties af als u een leek bent! Dikwijls wordt eigen technisch kunnen overschat of de gevaren onderschat ... met alle mogelijke gevolgen van dien.
- Begin zeker nooit aan elektriciteit te werken zonder eerst de spanning uit te schakelen.

Bedenk dat gespecialiseerde elektriciens bij werken op hoogspanning meestal minder gevaar lopen dan iemand die zonder de nodige voorzorgen en kennis zit te prutsen aan een stekker van een verlengdraad!

Wilt u meer weten over hoe een veilige huishoudelijke elektrische installatie moet worden uitgevoerd dan kunt u een brochure hierover downloaden onder andere op de website: [www.vincotte.be/nl/particulier/publicaties/leaflets-brochures](http://www.vincotte.be/nl/particulier/publicaties/leaflets-brochures).



## Meten en registreren

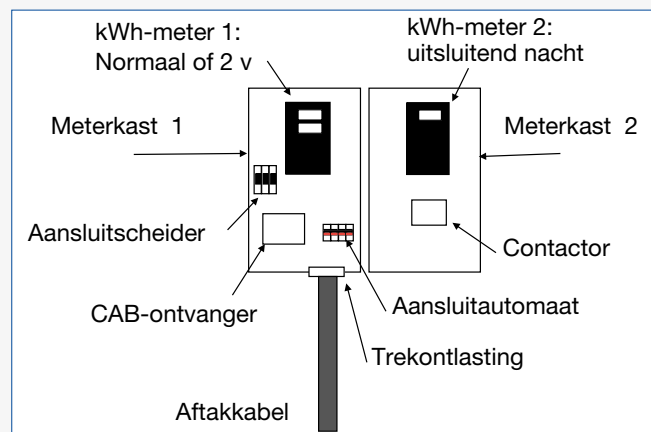
### kWh-meter

Een **kWh-meter** registreert het elektriciteitsverbruik. Hij wordt in de tellerkast bij de klant opgesteld en is rechtstreeks aangesloten op de netaftakking.

Het kan een **enkelvoudige** of een **tweevoudige kWh-meter** zijn.

De tariefperiodes dag/nacht worden gestuurd via CAB-signalen en zijn voor alle klanten in het gestuurde gebied dezelfde.

Eventueel wordt bijkomend een tweede kWh-meter opgesteld voor de registratie van het **uitsluitend nachttarief**.



Beide kWh-meters worden gevoed door dezelfde aftakkabel en aansluitautomaat.

In meterkast 2, van het uitsluitend nachttarief, staat een 'contactor' die de uitgaande verbinding kabel enkel onder spanning zet tijdens perioden van uitsluitend nachttarief.

### Slimme kWh-meter

Door de liberalisering van de energiemarkt zijn meerdere leveranciers in een zelfde distributiegebied actief. Dit maakt het noodzakelijk voor de distributienetbeheerder om uit te kijken naar mogelijkheden om meer dan twee tariefperiodes te sturen.

Mensen wisselen nu ook sneller van leverancier. We verwachten bovendien dat leveranciers binnen afzienbare tijd tijdelijke promotieaanbiedingen zullen doen. Een soepele manier van telleropneming is dus wenselijk, zonder dat telkens een meteropnemer ter plaatse gaat.

Energie wordt steeds duurder en de belasting op het energiebudget neemt toe. Pogingen tot fraude en wanbetaling worden steeds frequenter. Dat maakt controle en snelle actie, zoals het beperken van het vermogen of tijdelijke afsluiting, noodzakelijk.

In het verlengde hiervan worden momenteel projecten opgestart met zogenaamde **slimme meters**.

Slimme meters hebben een ingebouwde elektronica met communicatiemogelijkheid via het elektriciteitsnet, GSM of internet, die onder meer het aflezen van op afstand mogelijk maakt.

Door continu kwartuur kWh-waarden uit te lezen en op te slaan in een centraal bestand, kunnen een onbeperkt aantal factureringsschalen worden toegepast.

Factureringsperiodes kunnen ook van op afstand worden geprogrammeerd. Nadien worden de verbruiken opgeslagen in een datalogger bij de klant, in specifieke registers die periodiek (automatisch) worden uitgelezen.

Slimme meters kunnen ook van op afstand worden gestuurd om bepaalde acties uit te voeren zoals bijvoorbeeld de levering stoppen of beperken. Bij een leverancierswissel of een verhuizing, kunnen kWh-waarden onmiddellijk worden uitgelezen.

## Toezicht en controle

### Technische keuring

Elke nieuwe elektrische installatie of een installatie die werd uitgebreid, moet voor ze wordt in dienst genomen, worden gecontroleerd door een erkende keuringsorganisatie.

Bij deze keuring worden de aansluitingen van de verbindingenkabel met de algemene differentieelschakelaar van 300 mA verzegeld. Dit zegel mag nooit worden verbroken. Het wil voorkomen dat ooit ergens in de woning een spanning wordt gebruikt die niet is beveiligd tegen indirecte aanraking.

Constructief gezien is een differentieelschakelaar een combinatie van mechanische componenten (onder meer voor de vergrendeling van een schakelaar) en elektrische componenten (onder meer een relais en een ferromagnetische kring). Wegens verouderingsverschijnselen, kans op technische mankementen en vooral het belang van deze beveiliging, wordt aangeraden om een differentieelschakelaar regelmatig te testen op zijn goede werking. Elke differentieelschakelaar is hiervoor uitgerust met een testknop. Meer info vindt u in de instructies van de fabrikant.

### Dossier van de elektrische installatie

Bij de technische keuring hoort een dossier van de elektrische installatie.

Hierin steekt een eendraadschema, een situatieschema en een proces-verbaal van de controle en gelijkvormigheid.

Het eendraadschema wordt na keuring ondertekend door de vertegenwoordiger van de erkende keuringsorganisatie en de installateur.

De keuringsorganisatie doet enkel een vaststelling en test een **momentele situatie** op **zichtbare gebreken** en fouten volgens de richtlijnen van het AREI. Worden er inbreuken vastgesteld, dan worden ze vermeld in een rapport en krijgt de distributienetbeheerder geen toelating om de spanning in te schakelen.

In principe is de installateur verantwoordelijk voor alle latere gevolgen van een slechte uitvoering van de installatie. Dat geldt ook voor verborgen fouten die niet bij de controle werden vastgesteld. De installateur kan hiervoor burgerlijk aansprakelijk worden gesteld.

Hij is uiteraard niet meer aansprakelijk voor delen van de installatie waaraan na de keuring nog wordt geknoeid door derden.

De tellerkast met kWh-meter staat op privéterrein. Toch is de klant verplicht om steeds toegang te verschaffen aan de distributienetbeheerder.

## REG

De elektrische installatie van een woning kan efficiënt worden gebruikt om rationeel om te springen met energie. Dat doet u zo.

- Installeer toestellen met een **hoog rendement**.
- Gebruik de beschikbare energie **efficiënt** op de plaats **waar ze nodig is**, tijdens de **periode** dat het effectief nodig is en met een **optimaal vermogen**.

Zowel de distributienetbeheerders ([www.eandis.be](http://www.eandis.be)), officiële instanties ([www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be)), als verbruikersorganisaties nemen tal van initiatieven met betrekking tot beide aspecten.

## Energielabel

Om makkelijker een energiezuinig toestel te kiezen, moet elk huishoudelijke toestel zijn voorzien van een energielabel.

Een energielabel deelt elektrische toestellen in zeven energieklassen in, van A tot en met G.

De meest energiezuinige, dus de meest efficiënte, krijgen een klasse A-label.

De minst energiezuinige, dus de relatief hoogste energieverbruikers, worden voorzien van een G.

Momenteel zijn er koelkasten en diepvriezers op de markt die het nog beter doen dan de originele rangschikking. Zij hebben het label A+ en A++.

Wasmachines en vaatwassers krijgen naast de beoordeling van het elektriciteitsverbruik, ook een beoordeling van het waterverbruik en de wasprestatie. De beste in de reeks halen een AAA-label.

Lampen hebben verplicht hun eigen energielabel dat informeert over hun relatief energieverbruik. Een lamp met A-label is het zuinigst. De lamp met G-label verbruikt voor dezelfde lichtopbrengst de meeste energie. Fluorescentiebuizen en spaarlampen hebben label A, halogeenverlichting label D, en gloeilampen label E, F en G.

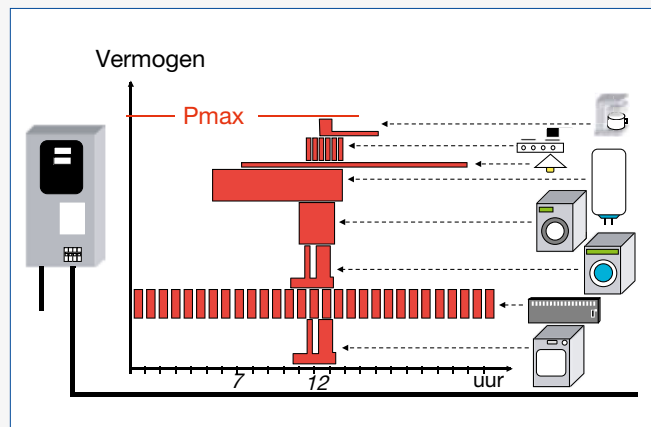
Naast de energielasse moet de fabrikant ook het opgenomen vermogen (in Watt), de lichtopbrengst (in Lumen) en de normale levensduur (in uren) vermelden.

## Domotica

Een zeer belangrijk aspect voor een energiezuinig gebruik van de elektrische installatie is de manier waarop alles wordt geregeld en in- en uitgeschakeld.

Klassieke manuele regelingen en bedieningen zijn relatief onnauwkeurig. Uit energiezuinig standpunt, vereist de manuele bediening van licht, ventilatie en verwarming een voortdurende waakzaamheid. Nogal wat mensen kunnen dit niet opbrengen en glijden langzaam af naar doorlopend comfortabele situaties, waarbij de aandacht voor het energieverbruik naar de achtergrond verschuift. Met onnodig energieverbruik en een te hoge energiefactuur als gevolg.

Moderne elektronica, in de vorm van domotica, kan hierbij een stevig handje toesteken. Een **goed gedimensioneerde en vakkundig geïnstalleerde domotica-installatie**, aangepast aan de **reële behoeften**, kan het energieverbruik sterk reduceren zonder aan het comfort te raken. Ze kan dat comfort zelfs in belangrijke mate bevorderen ([www.vef.be](http://www.vef.be)).



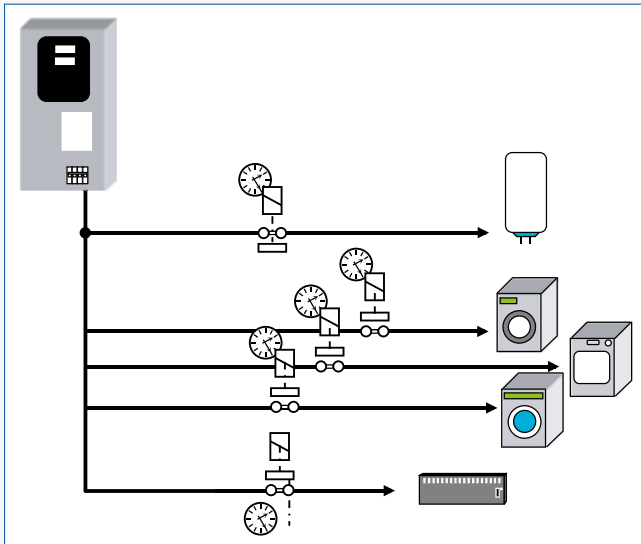
*Veel elektrische toepassingen die gelijktijdig inschakelen, creëren een piekvermogen.*

## Reduceren van het aansluitvermogen

In principe zal de distributienetbeheerder er naar streven om elke klant het gevraagde vermogen te leveren. Dit vermogen wordt individueel berekend in functie van de opgestelde vermogens en de toepassingen. Het is echter ook een taak van de distributienetbeheerder er voor te zorgen dat de levering aan andere klanten niet in het gedrang komt en de beschikbare netcapaciteit evenredig wordt verdeeld.

Daarom wordt, in samenspraak met de klant, soms minder vermogen geleverd dan eerst gevraagd. In dit geval kan door de betreffende klant veel worden opgelost door volgende technieken.

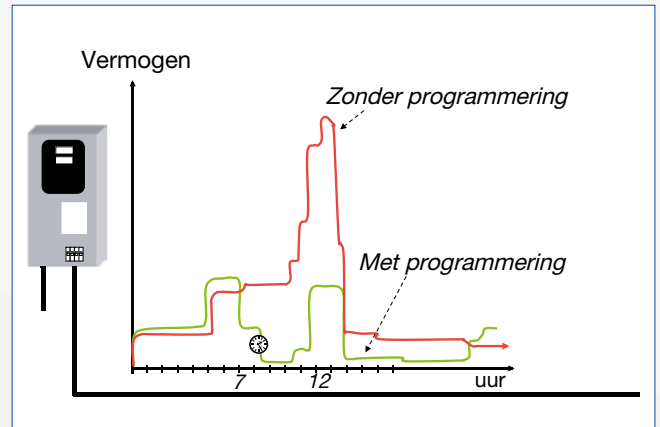
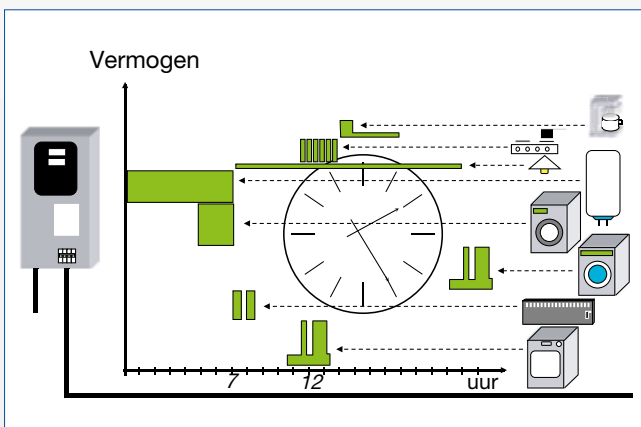
- Een **programmering**: die kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat wasmachine, vaatwasser, droogkast, boiler en elektrische bijverwarming gespreid in de tijd worden ingeschakeld.



Geprogrammeerd inschakelen kan worden gerealiseerd door middel van afzonderlijke klokken aan de toestellen, klokken in het voedingsbord (meestal één tijdwerk met meerdere programma's) of tijdwerken in de verschillende toestellen.



Twee modellen van klokken voor montage op DIN-rail in een voedingsbord.  
De eerste wordt mechanisch ingesteld, de tweede is elektronisch.

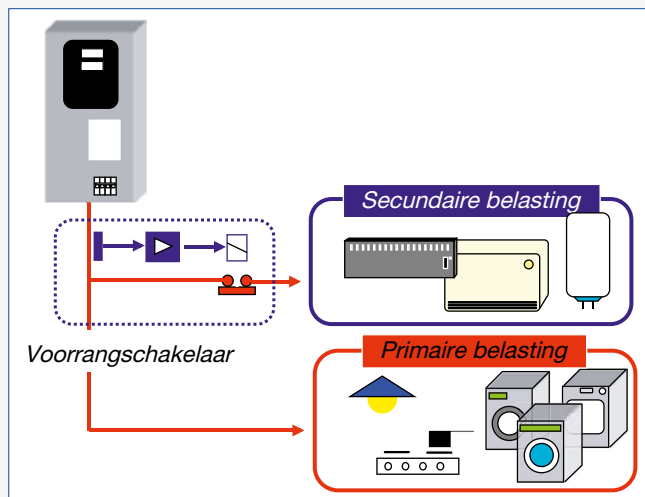


Een doordachte programmering kan het globaal vermogen sterk verminderen zonder aan het comfort te raken.

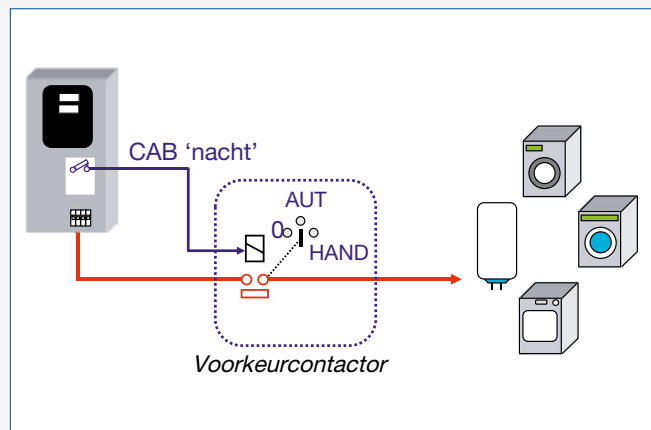
- Een **voorrangschakeling**: hierbij wordt de woning gesplitst in primaire en secundaire kringen. Een elektronische regeling zorgt ervoor dat secundaire kringen (zoals een boiler of accumulatiekachel) slechts worden ingeschakeld als het ingeschakelde vermogen in de primaire kring onder een ingestelde waarde is gedaald.

- Een **voorkeurschakeling**: laat bepaalde toepassingen automatisch bij voorkeur enkel werken aan (goedkoop) nachttarief als de netbelasting laag is. Indien de klant het wenst, kan hij de voorkeurschakeling ook manueel aan dagtarief inschakelen.

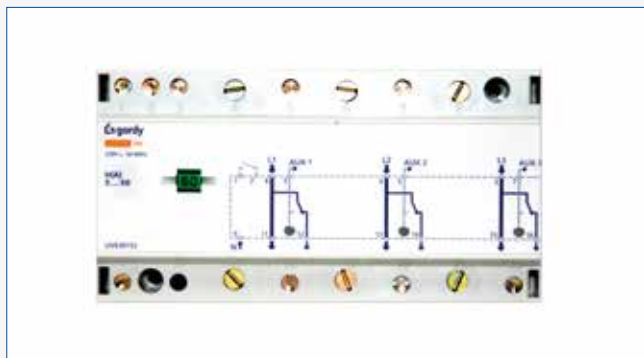
Programmering en/of gebruik van voorrangschakelingen en/of voorkeurschakelingen maken het mogelijk om het nodige aftakvermogen in belangrijke mate te beperken. Of met andere woorden: ze laten toe om op een bestaand beperkt aftakvermogen toepassingen bij te schakelen zonder verzwarend van het aftakvermogen.



Bij overschrijding van het ingestelde vermogen onderbreekt de voorrangschakelaar systematisch de voeding van secundaire belastingen.



Het signaal 'nachttarief' uit de ontvanger van de centrale afstandsbediening stuurt hier de voorkeurcontactor. Wordt die met de hand ingeschakeld, dan gaat hij bij de eerstvolgende afstandsbediening terug naar automatische werking.



Voorrangschakelaar voor driefasige voedingskring.



Voorkeurcontactor



## Milieu

Ook al is elektriciteit op zichzelf een zeer zuivere energie, als ze wordt opgewekt door middel van fossiele brandstoffen of kernenergie veroorzaakt deze primaire energie een belasting voor het milieu.

Bovendien ligt het gemiddelde productierendement van de elektrische centrales rond de 40 %. Dat betekent dat voor 1 kWh elektriciteit die in de woning wordt verbruikt, bijna 2,5 keer zoveel moet worden geproduceerd. Of omgekeerd: besparen we in de woning 1 kWh, dan betekent dat bij de productie een besparing van nagenoeg 2,5 kWh aan primaire energie.

Rationeel energiegebruik heeft dus ook positieve gevolgen voor het milieu.

Een zeer milieuvriendelijke energie is de elektriciteit die wordt opgewekt door windmolens, biobrandstoffen en zonnepanelen. Verschillende leveranciers van elektriciteit verkopen deze energie als groene energie.

Zonnepanelen worden steeds meer aangewend om elektriciteit op te wekken voor eigen gebruik. Een goed gedimensioneerde en goed werkende installatie kan in belangrijke mate in de energiebehoefte van een woning voorzien.

De Europese Unie lanceerde ook het **Ecolabel**, een made-liefje.

Bedoeling is 'het ontwerp te stimuleren, en producten in de handel te brengen en te gebruiken die minder schadelijk zijn voor het milieu tijdens hun volledige levenscyclus'.

Staat het Ecolabel op een toestel vermeld, dan kunt u er zeker van zijn dat de productiemethode en het hergebruik zeer milieuvriendelijk zijn.





# Hoe contacteer je Eandis?

## Dringende oproepen

 <b>0800 65 0 65</b>	<b>Gasreuk</b>
---	----------------

Hier kun je een gasreuk melden, 24 uur per dag en 7 dagen per week. Deze oproepen worden prioritair behandeld. Dit is een gratis nummer.

 <b>078 35 35 00</b>	<b>Storingen en defecten</b>
---	------------------------------

Op dit nummer kun je terecht om storingen of defecten op het elektriciteits- of aardgasnet te melden. Het nummer is 24 uur per dag en 7 dagen per week bereikbaar. Je betaalt het zonale tarief.

 <b>8635</b>	<b>Mensen met een spraak- en/of gehoorstoornis</b>
--	--

Mensen met een spraak- en/of gehoorstoornis kunnen een gasreuk, storingen en defecten melden via een sms-codebericht naar **8635**. Meer info vind je op [www.eandis.be](http://www.eandis.be) > Contact > Info voor mensen met spraak- of gehoorstoornis.

 <b>078 35 35 34</b>	<b>Algemeen telefoonnummer</b>
---	--------------------------------

Voor alle vragen kun je ook terecht op dit nummer. We zijn iedere werkdag bereikbaar van 8 tot 20 uur en op zaterdag van 9 tot 13 uur. Je betaalt het zonale tarief.

## Website

Snel en makkelijk via het web.

 <b><a href="http://www.eandis.be">www.eandis.be</a></b>
---

- ▶ **Aansluitingen gas en elektriciteit:** nieuwe aansluitingen, verzwaring van aansluitingen, verplaatsing en vervanging van meters.  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Aansluitingen**
- ▶ **Doorgeven meterstanden**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Meteropname**
- ▶ **Melden van verhuizing**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Verhuizen**
- ▶ **Rationeel energiegebruik:** premies, tips ...  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Energie besparen**
- ▶ **Dienstverlening van de sociale leverancier en budgetmeters**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Sociale dienstverlening**
- ▶ **Oplaadpunten budgetmeters**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Sociale dienstverlening** > **Een oplaadpunt zoeken**
- ▶ **Stroomonderbrekingen**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Stroomonderbreking**  
Op deze pagina krijg je een overzicht van alle actuele en recente stroomonderbrekingen op het distributienet van Eandis.
- ▶ **Defecte straatlampen**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Een defect doorgeven aan Eandis**  
Een defecte straatlamp opgemerkt? Geef de adresgegevens van de paal door en we herstellen het defect zo snel mogelijk. Defecte straatlampen kun je ook telefonisch melden: **0800 6 35 35**.
- ▶ **Klachten**  
[www.eandis.be](http://www.eandis.be) > **Eandis helpt je graag snel verder**  
Heb je een probleem met de dienstverlening van Eandis? We horen graag je reactie, zodat we onze werking kunnen verbeteren.



@eandis\_cvba      eandis cvba  
company/eandis