

### Opmerking:

Alle informatie op deze pagina's is beschikbaar als Flash-animatie op het volgende adres: <http://www.bbemg.be/nl/startpagina-emv/elektriciteit-velden/elektriciteitsnetwerk.html>

## Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we het traject van de elektriciteit van de transmissielijnen tot de stopcontacten in onze huizen. We zien enerzijds de eigenschappen van de transmissie- en verdeelnetten en anderzijds de belangrijkste elementen van een elektrisch huiscircuit, waaronder de eenfasige bekabeling en de beveiligingsmethodes (aarding, vermogenschakelaar, zekeringen, differentiaal ...).



Hebt u nog andere vragen? Aarzel niet ons te contacteren via het formulier op de website of via de pagina's van de teams.

## De hoogspanningstransmissie

Onze woningen worden gevoed met laagspanning (230 V). Het elektriciteitstransmissienet is echter samengesteld uit lijnen onder zeer hoge spanning (tussen 380 en 150 kV in België (\*)).

Waarom?

De hoge spanning laat toe om vermogensverlies op de lijn, hoofdzakelijk te wijten aan het joule-effect, te verminderen.

*Een voorbeeld maakt dit duidelijk:*

Wat voor ons gebruikers belangrijk is, is de hoeveelheid vermogen die onze elektrische apparaten voedt (voorbeeld van vermogenscurves in real time: [Belasting van het Elia-net in België](#)). Om een zo efficiënt

mogelijke transmissie van het vermogen over lange afstanden te garanderen moet de beheerder van het elektriciteitsnet de verliezen zo beperkt mogelijk houden.

### (\*) Spanningen geproduceerd in de centrales

De alternatoren van de elektriciteitscentrales zetten de mechanische energie die wordt aangevoerd door water (waterkrachtcentrale), wind (windmolen), stoom (thermische centrale of STEG), kernsplijting (kerncentrale) ... om in elektrische energie.

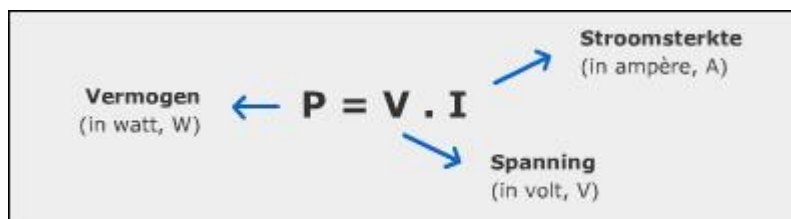
De spanningen die worden gegenereerd door de alternatoren gaan van 10 tot 20 000 volt (10 tot 20 kV) in België. De doorvoer onder zeer hoge spanning wordt gerealiseerd door spanningsverhogende transformatoren

Het **vermogensverlies** op de lijnen hangt vooral af van twee parameters: de weerstand en de stroom.

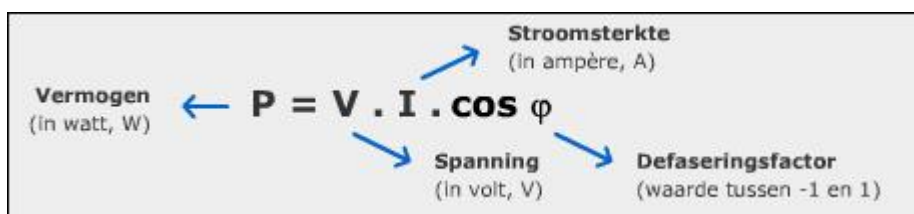


Het verlies kan dus worden beperkt door de stroom te verminderen en de weerstand van de materialen van de elektriciteitslijnen te optimaliseren.

We hebben gezien dat het vermogen afhangt van de spanning en de stroom. Het gebruik van de hoogspanning laat bij gelijk getransporteerd vermogen toe om de stroom te verminderen.



Van de eerste module weten we nog dat de berekening van het vermogen bij wisselstroom ietwat verschilt: er moet immers rekening worden gehouden met de defasering tussen de spanning en de stroom. Afhankelijk van het apparaat dat wordt gevoed (bijvoorbeeld een motor) zijn de twee grootheden niet altijd tegelijk maximaal. De formule wordt:



De weerstand wordt verminderd door het zoeken naar een compromis tussen de fysische en elektrische eigenschappen van het gebruikte materiaal en door de doorsnede van de geleiders te verhogen.

**De kabels van de hoogspanningslijnen** zijn niet bedekt met een isolerende laag en zijn samengesteld uit aluminium.



Ondanks de bijna twee keer grotere resistiviteit dan koper biedt dit materiaal het voordeel dat het lichter is en ook goedkoper. Omdat zijn houdbaarheid echter niet zo groot is, wordt het vaak opgenomen in een legering (Mg, Si...): soms zijn de kabels in het midden zelfs versterkt met stalen draden.

Bij het zoeken naar een optimale weerstand kan de netbeheerder ook de doorsnede van de geleiders aanpassen. De gekozen doorsnede bedraagt: 150 mm<sup>2</sup> (150kV), 400 mm<sup>2</sup> (200kV), 2 x 600 mm<sup>2</sup> (400kV) (waarbij 2x betekent dat twee geleiders naast elkaar worden geplaatst (met een tussenafstand van 40 cm).

Een grotere doorsnede is niet wenselijk vanwege het skineffect (zie tabblad 'wisselstroomtransmissie'). Men kan dus beter meerdere kabels van 500 mm<sup>2</sup> per fase voorzien dan de doorsnede nog verder opvoeren ... te meer daar het corona-effect ook kan worden beperkt door meerdere, dunnere kabels (zie "Het concept veld").

**De ondergrondse hoogspanningskabels** zijn samengesteld uit een aluminium- of koperkern en worden geïsoleerd van de massa door vaste isolatoren (cross-linked polyethyleen).



Het Belgische hoogspanningstransmissienet omvat in totaal meer dan 8000 km hoog- en middenspanningsverbindingen waarvan 5641 km bovengrondse lijnen en 2765 km ondergrondse kabels.

	Bovengrondse lijnen	Ondergrondse kabels
380 kV	891 km	/
220 kV	297 km	5 km
150 kV	1997 km	465 km
70 kV	2346 km	283 km
36 kV	8 km	1932 km
30 kV	22 km	124 km

(Source : Elia, 2014)

In sommige landen vinden we ook lijnen van 725 kV (Canada) en zelfs nog hogere spanningen zoals in China (1100 kV), Japan (project 1100 kV) en India (project 1200 kV). In Rusland werden proeven voor transmissie aan 1500 kV uitgevoerd.

#### Opmerking:

Hoe hoger de spanning, hoe groter het overslagrisico.

Omdat een overslag de uitrustingen kan beschadigen en kortsluiting kan veroorzaken moet bij hoogspanning isolatie worden voorzien tussen de geleiders en tussen de geleiders en de mast:

- De isolatie **tussen de geleiders** wordt gewaarborgd door de dimensionering van de masten,
- De isolatie **tussen een geleider en de mast** wordt gewaarborgd **door isolatoren**.

### De wisselstroomtransmissie 50 Hz

Toen in de 19de eeuw elektriciteit moest worden vervoerd hadden de industriëlen de keuze tussen gelijkstroomtransmissie of wisselstroomtransmissie. Rond deze keuze ontstond heel wat controverse. Uiteindelijk haalden de voorstanders van wisselstroomtransmissie de bovenhand, hoewel gelijkstroomtransmissie onder hoogspanning even gerechtvaardigd is als wisselspanning.

Het bleek immers al snel dat de **spanning** moest worden **verhoogd** om de elektriciteit efficiënt te vervoeren over grote afstanden en worden verlaagd om ze bruikbaar te maken op huishoudelijk niveau. Destijds was het noch economisch noch technisch haalbaar dat de **transformatoren niet continu zouden kunnen functioneren op wisselstroom**.

Wisselhoogspanning biedt evenwel enkele gebruiksbependingen:

- het bestaan van het reactieve vermogen (zie motoren in "Gebruik van de elektriciteit"),
- de vorming van een skineffect dat de stroom concentreert aan de rand van de elektriciteitskabels, waardoor hun weerstand en de verliezen door het joule-effect toenemen (\*).

(\*) Het skineffect is een elektromagnetisch verschijnsel dat ervoor zorgt dat hoe hoger de frequentie, hoe meer de stroom de neiging heeft om te circuleren aan het oppervlak van de geleiders.

Het gevolg is dat de “nuttige” doorsnede voor de stroomdoorvoer vermindert en de weerstand van de geleider dus toeneemt.

De doorsnede van een luchtgeleider van een hoogspanningslijn bedraagt 500 mm<sup>2</sup>. Vanwege het skineffect is het niet wenselijk om de doorsnede van de geleiders nog verder op te voeren : twee geleiders van 500 mm<sup>2</sup> veroorzaken minder verlies door het joule-effect dan één geleider met een doorsnede van 1000 mm<sup>2</sup>.

Gelijkstroomhoogspanning biedt het voordeel dat deze verschijnselen worden beperkt.

Vandaag is het technisch geen probleem meer om van wisselstroom naar gelijkstroom over te schakelen en omgekeerd.

Overschakeling van wisselstroom naar gelijkstroom en omgekeerd

- **Gelijkrichters** zetten de wisselstroom die in de centrales wordt geproduceerd om in gelijkstroom, de vorm waarin vervolgens de elektriciteit wordt getransporteerd. Dat voorkomt de capacatieve en inductieve transmissieverschijnselen (reactief vermogen).
- **Omvormers** zorgen ervoor dat de gelijkspanning vlak voor de verdeling aan de gebruikers weer wordt omgezet in wisselspanning.

Het gevolg is dat de zeer hoge gelijkstroomspanning wordt gebruikt voor het transport over zeer grote afstanden, onder de zee, om netwerken van verschillende frequenties met elkaar te verbinden (bijvoorbeeld in Japan waar 50 en 60 Hz naast elkaar bestaan) ...

## Historiek

In het begin van het elektriciteitstijdperk, eind 19de eeuw, waren de productienetten van elkaar gescheiden. Elk net gebruikte frequenties die min of meer willekeurig werden gekozen naargelang de eigenschappen van de productiemachines. Er bestonden heel wat verschillende frequenties naast elkaar.

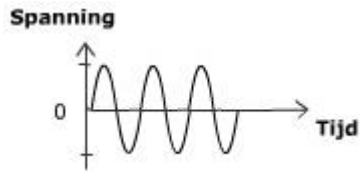
Met de veralgemening van de elektrische apparaten moest de frequentie van het net gestandaardiseerd worden om de werking van de apparaten te waarborgen. Hierdoor konden ook de verschillende productienetten met elkaar worden verbonden.

De keuze van 50 Hz in Europa (of 60 Hz in de VS (\*)) is enerzijds het gevolg van een compromis tussen de kosten en de plaatsinname van de productiemachines en anderzijds van vereisten op het niveau van het gebruik van de elektriciteit: een te lage frequentie zou bijvoorbeeld gloeilampen doen flikkeren.

(\*) Het verschil van 10 Hz tussen Europa en de VS is het gevolg van de historische keuze van destijds: “Over de historiek van de 60 Hz vs. 50 Hz bestaan verschillende theorieën en legendes, maar ook enkele zekerheden. [...] Kort voor 1892 koos Westinghouse in de VS voor 60 Hz, terwijl AEG in Duitsland in 1899 opteerde voor 50 Hz. De wereld werd daardoor grotendeels in twee verdeeld.”

(Bron Wikipedia FR - augustus 2008)

De frequentie wordt bepaald door de rotatiesnelheid van de alternatoren: ze produceren een sinusoidale wisselspanning van 50 Hz.



De sinusöide laat toe om plotse spanningsverschillen die de goede werking van de elektrische apparaten zouden kunnen verstoren te vermijden.

**Opmerking:** de bovenstaande grafiek toont de fundamentele sinusöide van 50 Hz. In de praktijk is deze sinusöide niet zo regelmatig aangezien ze harmonischen bevat, d.w.z. meervoudige frequenties van de frequentie 50 Hz (100 Hz, 150 Hz, 200 Hz ...). Deze harmonischen worden gegenereerd door sommige elektrische en elektronische apparaten.

Sinds de vrijmaking van de elektriciteitsmarkt werden in Europa "regelzones" bepaald die de kwaliteit van de onderlinge verbinding van de netwerken garanderen. Elk onevenwicht tussen de productie en het verbruik leidt tot een variatie van de rotatiesnelheid van de alternatoren en dus van de frequentie (\*). De frequentie moet binnen een veld van 50 +/- 1 Hz worden gehouden.

(\*) Een frequentieverschil wijst op een onevenwicht tussen het aanbod en de vraag:

- als de frequentie meer dan 50 Hz bedraagt, betekent dit dat de productie groter is dan het verbruik;
- bedraagt ze minder dan 50 Hz dan is het verbruik groter dan de productie.

België is aangesloten op het Europese net van de Continental Synchronous Area of [ENTSO-E](#) (European Network of Transmission System Operators for Electricity, successor to UCTE). De frequentieverschillen binnen dit synchrone Europees net zijn bij een normale werking zeer klein.

**Opmerking:**

In het domein van de luchtvaart wordt stroom van 400 Hz gebruikt. Door de frequentie te verhogen kan de massa van de magnetische circuits van de machines en transformatoren worden verminderd. Deze frequentie laat vandaag echter niet toe om stroom over lange afstanden te transporteren, wat haar gebruik op korte netten zoals in de circuits van de lijnvliegtuigen beperkt.

## De driefasige transmissie

Elektriciteit wordt driefasig geproduceerd en getransporteerd.



### ***Wat is het belang van de driefasenstroom?***

Voor de **netbeheerder** biedt de driefasenstroom het voordeel van een betere rentabiliteit:

- op het niveau van de productie omvatten de driefasige alternatoren drie wikkelingen die elk een wisselstroom leveren. Tijdens een rotatie van de alternator worden drie stromen geproduceerd met een defasering van  $120^\circ$  (zie de module "Elektromagnetisme" voor meer informatie),
- op het niveau van de transmissie moet dankzij de driefasenstroom de nulleider niet worden gebruikt voor zover de lading gelijk verdeeld is tussen de gebruikers (\*). De nulleider wordt opnieuw gecreëerd in de laagspanningstransformator.

(\*). Een te hoog verbruik op één fase ten opzichte van een andere fase moet worden vermeden om geen spanningsverschillen te creëren bij de gebruikers. Het verbruik moet zo goed mogelijk worden verdeeld tussen de drie fasen.

Hierna volgt de verdeling van het verbruik op de drie fasen in de tijd.

Voor de driefasenstroom moeten geschikte uitrustingen worden gebruikt, met name transformatoren met drie wikkelingen.

Voor de gebruikers laat de driefasenstroom ook toe om zeer krachtige motoren te voeden. Zo kan bijvoorbeeld worden beantwoord aan de behoeften van de industrie.

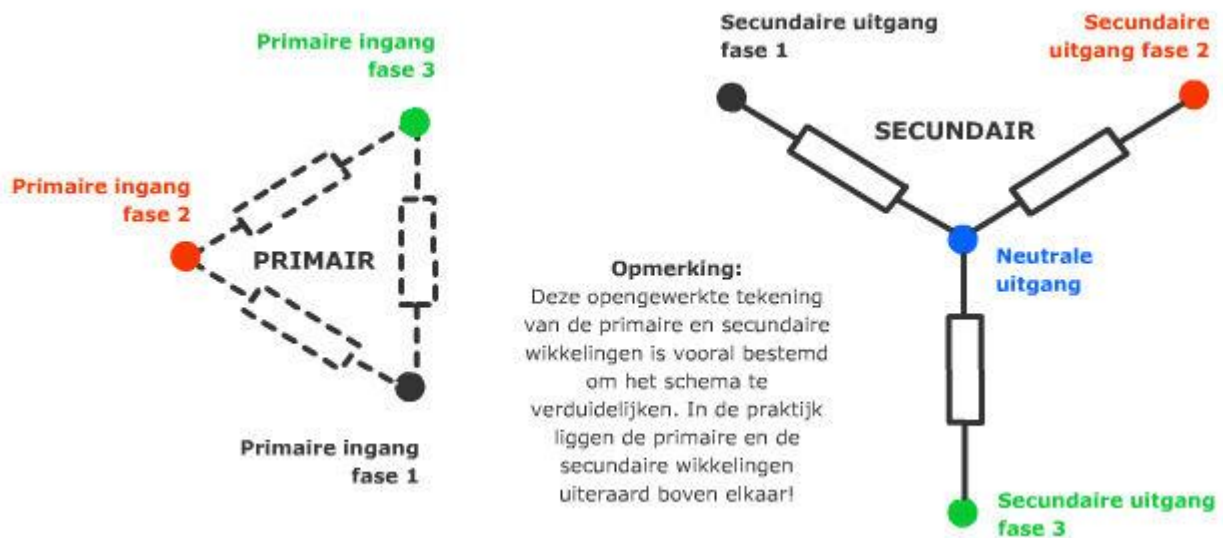
## Eenfasige huisstroom

Elektriciteit wordt driefasig getransporteerd tot aan het middenspanningsnet, maar onze woningen worden meestal gevoed met eenfasestroom (een fase en de nulleider).

Het middenspanningsnet (15 kV in de illustratie) omvat een vierde kabel, de nulleider, die opnieuw wordt gevormd in de transformator.

## 1. Hoe wordt de nulleider gevormd tussen de hoogspanning en de middenspanning in de transformator?

De primaire wikkelingen van de transformator zijn driehoekig geschikt (zoals we eerder zagen in de illustratie van de werking van een driefasige transformator) en de secundaire wikkelingen stervormig. Hierdoor kan de nulleider in het midden van de ster worden gevormd.



## 2. Waarom eenfasestroom?

We hebben gezien dat bij driefasenstroom de lading over de drie fasen moet worden verdeeld.

Door de elektriciteit eenfasig te verdelen garandeert de netbeheerder dat de drie fasen gelijk verdeeld zijn tussen de gebruikers. Zo vermijdt hij dat de ene fase overbelast is ten opzichte van de andere, wat de elektriciteit zou onderbreken.

De fase en de nulleider zijn rechtstreeks verbonden met onze elektriciteitsmeter. Vervolgens gaan ze door het schakelbord, vanwaar ze verdeeld worden naar de stopcontacten en de verlichtingscircuits.

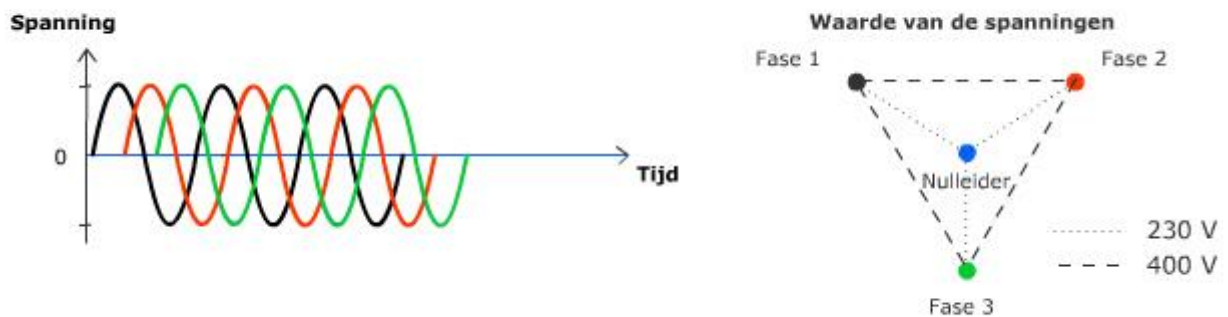
De beschikbare spanning aan een stopcontact is het potentiaalverschil tussen de twee hoofddraden van het stopcontact: de ene is aangesloten op een fase van het voedingsnet, de andere is neutraal. Tussen de twee draden zit 230 V (110/120 V in de Verenigde Staten). De derde draad van de stopcontacten is de aardingsdraad.



In onze eenfasige installaties bedraagt de spanning tussen de fase en de nulleider ongeveer 230 V (gegarandeerde norm: tussen 220 en 240 V). In het driefasige laagspanningsnet daarentegen bedraagt de spanning 400 V tussen de fasen. 400 V tussen de fasen van het laagspanningsnet en 230 V tussen een fase en de nulleider?

Inderdaad! De spanning die wordt gemeten tussen de fasen is 1,73 keer groter (vierkantswortel van 3) dan deze gemeten tussen een fase en de nulleider. Waarom? Vanwege de defasering van de spanning tussen de 3 fasen.

*Weergave van de evolutie van de spanning op elk van de fasen in de loop der tijd (de nulleider wordt aangeduid met de blauwe lijn van 0 V)*



**Let op:** 230 V en 400 V zijn de effectieve waarden van de spanning en geen piekwaarden (die zijn vierkantswortel van 2 keer groter, zie module "Elektriciteitsbegrippen").

**Aangezien de transmissielijnen geen nulleider hebben,** spreekt men steeds van de spanning tussen de fasen (380 kV, 75 kV ...).

## De aarding

Voor de aarding van een installatie zijn verschillende configuraties mogelijk: TT, TN (C of S) en IT. Deze letters duiden de aardingsystemen aan.

De eerste letter staat voor de situatie van de nulleider aan de kant van de elektriciteitsleverancier:

- T: rechtstreekse verbinding van de nulleider met de aarde,
- I: afwezigheid van een verbinding tussen de nulleider en de aarde, geïsoleerde nulleider of verbinding met tussenkomst van een impedantie.

De tweede letter duidt de situatie van de massa's aan de kant van de gebruiker aan:

- T: rechtstreekse verbinding van de massa's met de aarde,
- N: verbinding van de massa's met de nulleider.

Bij een TN-schema is nog een derde letter nodig:

- TN-C: de nulleider en de beschermgeleider zitten samen. Om de gebruikelijke namen van elkaar te onderscheiden draagt deze geleider de naam PEN: PE voor beschermend en N voor neutraal,
- TN-S: de nulleider en de beschermgeleider zijn gescheiden.

Elk schema heeft zijn voor- en nadelen. De keuze van de aardingsystemen hangt af van de eigenschappen van het gebouw en van het soort beveiliging dat wordt beoogd (\*).

(\*) De keuze van een regime ten opzichte van het andere hangt af van de analyse van de behoeften in verhouding tot de essentiële technische eigenschappen van een aardingsstelsel:

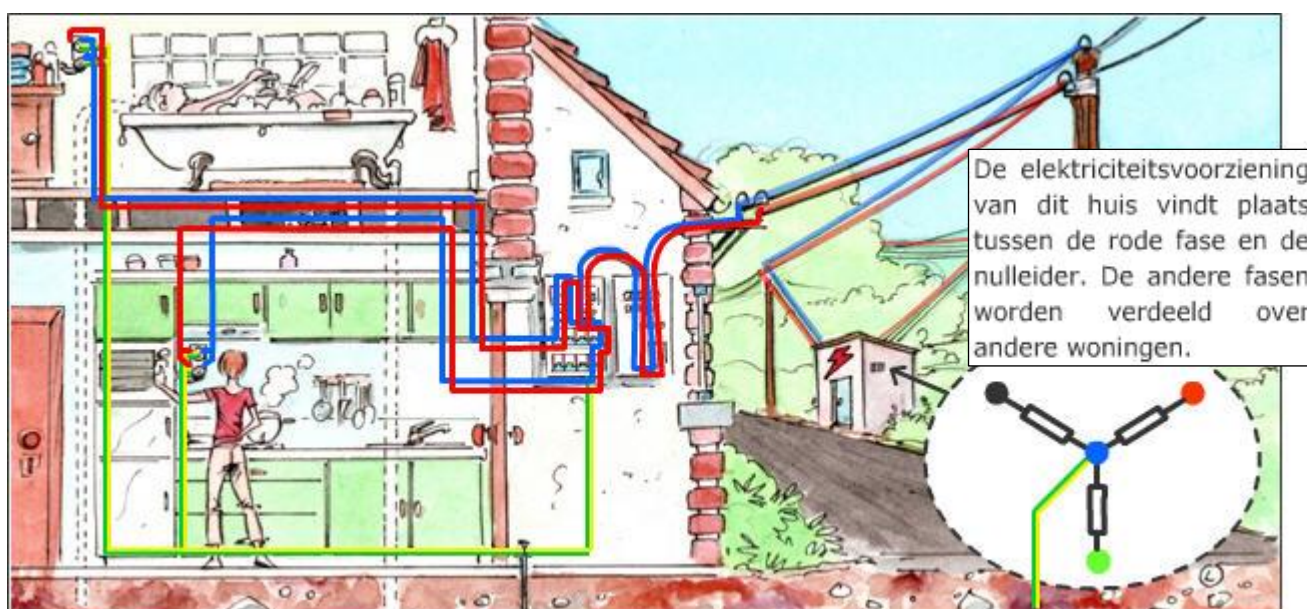
- De veiligheid: bij een fout houdt dit criterium rekening met de risico's voor de gebruikers maar ook met de risico's verbonden aan brand en explosies.  
Voordeel voor IT maar TT is een goed compromis. Het TN dat hoge foutstromen ontwikkelt, mag niet worden gebruikt in de omgevingen met explosie- en brandgevaar.
- De beschikbaarheid: dit criterium vertaalt in welke mate het elektrisch vermogen beschikbaar blijft bij een fout.  
Voordeel voor IT... dat daarvoor werd ontworpen! Het is in het bijzonder voorbehouden voor ziekenhuizen waar de dienstcontinuïteit van kapitaal belang is.
- Het onderhoud: dit criterium houdt rekening met het gemak om de fout te vinden en ze te repareren. Voordeel voor IT en TT.
- De betrouwbaarheid: zij vertaalt de stabiliteit van het circuit ten aanzien van storingen. Voordeel voor IT en TT.
- De storingen: dit criterium bepaalt in welke mate de installatie storingen uitzendt of vervoert voor de installaties die zij voedt. Voordeel voor IT en TT.

In België, Frankrijk en Nederland zijn de meeste huishoudelijke elektrische installaties (of welke worden gevoed via het laagspanningsnet) geconfigureerd volgens het TT-schema. Het TN-C-schema wordt vooral gebruikt in de VS en in de Angelsaksische landen.

Een fundamenteel verschil tussen de schema's TT en TN-C berust op de mogelijkheid dat er frequent stroom door de leidingen gaat die dus systematisch op parasietpotentialen worden gebracht (waarde lager dan de huidige veiligheidsnormen maar het zorgt ervoor dat er een hogere contactstroom door gaat dan in de TT-schema's). Het belang van het schema TN-C is eerder van economische aard.

Informatie uit de cursus "**Effets indirects des champs électromagnétiques**" (Prof.JL.Lilien). Het volledige document kan worden gedownload van de website van de dienst Transport et Distribution de l'Energie Electrique (rubriek "Enseignement") van de Universiteit van Luik. U vindt er ook de schema's van de verschillende sterpuntschakelingen.

In België en de meeste van onze buurlanden zien we vaak het TT-schema. Er is dus een scheiding tussen de nulleider, beheerd door de elektriciteitsleverancier, en de plaatselijke "aarde". De leidingen mogen niet met dezelfde aarding worden verbonden als deze die wordt gebruikt voor deze beveiliging. De "aardgeleider" is de beschermgeleider (geel en groen).



Het doel van de aarding is de lekstromen naar de aarde te laten wegstromen om zo spanningspieken te voorkomen die gevaarlijk kunnen zijn voor personen. Elk apparaat (omkasting van de wasmachine, elektrische oven, ...) moet met een beschermgeleider PE worden verbonden met behulp van de gele en groene geleider (in Europa). Bij een interne fout aan de apparaten laat deze "aarding" toe om de metalen structuren (in ons voorbeeld de omkasting van de wasmachine of de elektrische oven) te behouden van de apparaten met een zeer laag potentieel ten opzichte van de lokale grond, zonder gevaar voor een persoon die de omkasting met een hand en de grond met de voeten zou aanraken.

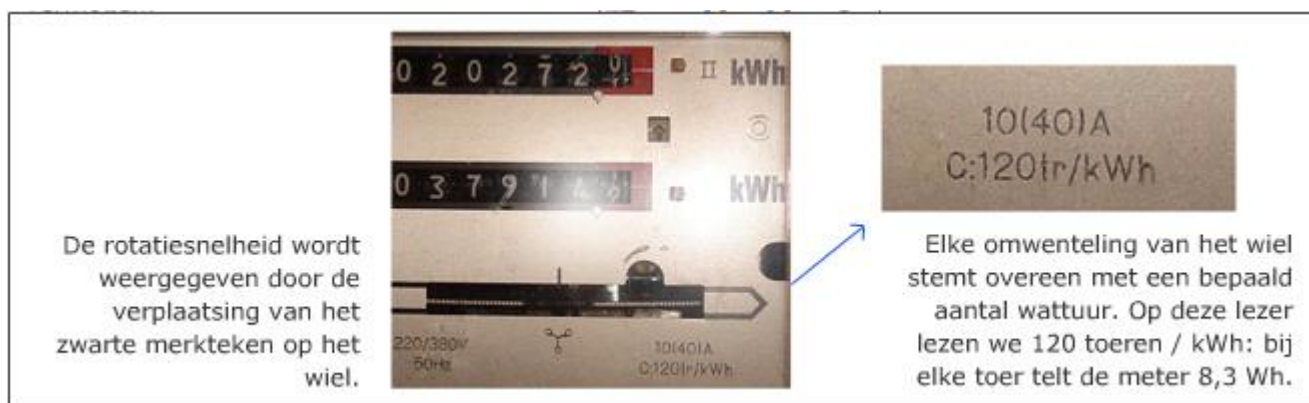
De weerstand van de aarding moet zo laag mogelijk zijn (kleiner dan 30 ohm). De verbinding met de aarding mag worden uitgevoerd met geleidingspiketten die in de grond worden gedreven of, voor nieuwbouw, met een lus onder de funderingen.

## De elektriciteitsmeter

De elektriciteitsmeter is het element van het circuit van onze woning dat rechtstreeks aangesloten is op het elektriciteitsverdeelnet.

Hij bestaat uit een eigenlijke energiemeter (hier een dubbeltariefmeter) en een vermogenschakelaar

De **elektriciteitsmeter** is ontworpen om de energie te meten dat mettertijd wordt gebruikt. Het is een wattuurmeter. Door de spoelen van de meter te doorlopen laat de stroom een wiel draaien door magnetische inductie. De rotatiesnelheid van het wiel staat in verhouding tot het verbruikte vermogen.



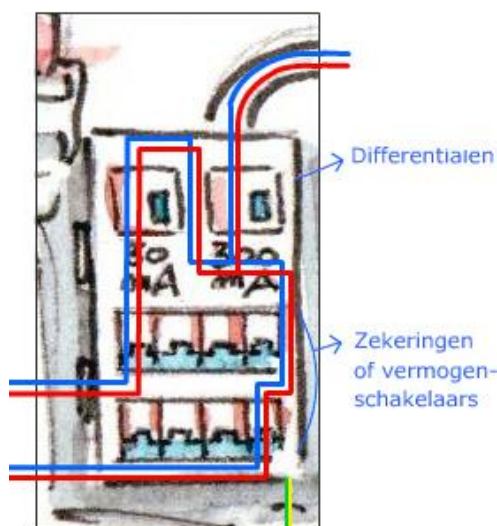
De **vermogensschakelaar** is een systeem dat onze elektrische huisinstallatie beveiligt tegen te hoge stromen.

Door onze woning op het elektriciteitsnet aan te sluiten vragen wij de elektriciteitsleverancier een bepaalde hoeveelheid vermogen, dat onderschreven vermogen wordt genoemd. Dat is het maximumvermogen dat door het net wordt geleverd.

Voor een onderschreven vermogen van 9 kW krijgen we een stroom van maximaal 40 A. Als op het net te veel elektrische apparaten tegelijk worden aangesloten, zal de hoofdschakelaar zichzelf uitschakelen om oververhitting in ons elektrische huiscircuit te vermijden. Dat circuit is immers niet voorzien om te grote stromen te dragen.

### De elementen van het schakelbord

Het schakelbord is het zenuwcentrum van onze elektrische installatie. Vanaf het schakelbord worden de verschillende circuits van onze woning verdeeld. Het bevat ook de belangrijkste elementen voor de beveiliging van personen en goederen: de differentialen en de zekeringen / vermogensschakelaars.



## 1. Differentieelschakelaars

De differentieelschakelaars zijn bedoeld om een verschil in stroomsterkte te detecteren tussen de toevoergeleider (bijv. een fase) en de retourgeleider (bijv. de nulleider). Dit laat toe een circuit of een installatie die lekstromen vertoont uit te schakelen (deze laatste kunnen door een persoon stromen en deze in gevaar brengen). In het algemeen worden deze lekstromen afgevoerd door de aarding van de installatie.



Ze beveiligen tegen de elektrisatie- en elektrocutierisico's door het circuit met de fout uit te schakelen binnen een tijd die verenigbaar is met de veiligheid van de personen

### Let op:

Als we geïsoleerd zijn van de grond (isolerende zool, isolerende bekleding) en de twee geleidersdraden aanraken, loopt er een stroom door ons lichaam die dodelijk kan zijn, zonder dat het differentiaal het circuit uitschakelt! De differentiaal sluit het circuit af wanneer de fout te maken heeft met een stroom die wordt afgeleid naar de grond.

De elementaire voorzichtigheidsregels moeten worden nageleefd, zelfs in aanwezigheid van ad-hocdifferentiaalbeveiligingen.

## 2. Zekeringen en vermogenschakelaars

De zekeringen en de vermogenschakelaars behoeden ons voor overstroom. Als de lading van een circuit

de stroomgrenzen die ze aanvaarden overschrijdt, schakelen ze het circuit met de fout uit.

Hun nominale intensiteit moet aangepast zijn aan het voorziene vermogen van een circuit (en met name aan de doorsnede van de geleiders) aangezien de overbelasting van een installatie brandrisico's kan veroorzaken.

De doorsnede van de geleiders en de nominale intensiteit (\*) van de vermogenschakelaars moeten aangepast zijn aan het voorziene vermogen van een circuit. Voor bijvoorbeeld:

- een verlichtingscircuit beveelt de norm een doorsnede aan van 1,5 mm<sup>2</sup> en een nominale sterkte van 16 A
- een circuit van stopcontacten die verwarmende toestellen, bijvoorbeeld raclettetellen, kunnen voeden bedraagt de doorsnede 2,5 mm<sup>2</sup> en de nominale sterkte 20 A
- elektrische kookplaten en andere grote verwarmende toestellen, legt de norm het gebruik op van kabels van 6 mm<sup>2</sup> en vermogenschakelaars met een nominale intensiteit van 32 A.

(\*) De nominale sterkte van een vermogenschakelaar (of een zekering) is de maximale effectieve stroomsterkte die hij aanvaardt. De kortsluitingsintensiteit is de intensiteit die de uitschakeling van het circuit tot gevolg heeft.

De waarden verschillen voor de zekeringen:

- een doorsnede van 1,5 mm<sup>2</sup> heeft te maken met een nominale intensiteit van 10 A
- een doorsnede van 2,5 mm<sup>2</sup> heeft te maken met een nominale intensiteit van 16 A

De circuits die een overbelastingsrisico bieden (bijvoorbeeld het circuit van een keuken met verschillende elektrische apparaten die veel vermogen vragen, zoals een oven, kookplaten of die een motor bevatten), moeten worden gedimensioneerd om te vermijden dat stromen die iets groter zijn dan de nominale stroom langdurig door de lijn lopen

Ze verschillen door hun werkwijze: Zekeringen schakelen uit omdat ze doorsmelten (\*) en bij automaten gebeurt het uitschakelen hetzij via thermische uitschakeling (overbelasting), hetzij via ultrasnelle magnetische uitschakeling (in geval van kortsluiting).

(\*) De werking van de zekeringen

In de module "Elektriciteitsbegrippen" hebben we gezien dat de weerstand van een materiaal wordt bepaald door zijn resistiviteit, zijn lengte en zijn doorsnede. Op deze laatste parameter steunen de zekeringen om onze circuits te beveiligen tegen te hoge stroomsterktes.

Ze bevatten een draad met een bepaalde doorsnede. De grootte van de doorsnede bepaalt de hoeveelheid toegelaten belasting:

- in de oudere zekeringen smelt de draad bij overbelasting waardoor het circuit wordt uitgeschakeld. De zekering moet dan worden vervangen;
- in automatische zekeringen veroorzaakt de opwarming de verplaatsing van een schakelaar die het circuit uitschakelt. De zekering kan dan opnieuw worden ingeschakeld.

De dimensionering van de zekeringen en vermogenschakelaars en de doorsnede van de geleiders zijn bepaald in een aantal normen die in België verenigd zijn in het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI). Een overzicht van de Belgische normen vindt men op de website van de firma AIB Vinçotte.

## Quiz

Om aan de quiz deel te nemen, klikt u op het volgende adres:

<http://www.bbemg.be/nl/startpagina-emv/elektriciteit-velden/elektriciteitsnetwerk.html>

## Bijlagen

### 1. Hoe kennen we de spanning van een hoogspanningslijn?

De isolatie tussen de geleiders wordt gewaarborgd door de dimensionering van de masten: een mast die bestand is tegen een spanning van 380 kV is veel hoger dan een mast bestand tegen 75 kV, om de geleiders van de mast 380 kV verder van elkaar te kunnen plaatsen.

De isolatie tussen de geleiders en de masten wordt gewaarborgd door isolatoren. Deze zijn uitgevoerd in glas, keramiek of een synthetisch materiaal. Hoe hoger de spanning van de lijn, hoe groter het aantal isolatoren in de ketting. De spanning van de lijnen kan worden geraamd door het aantal isolatoren te vermenigvuldigen met ongeveer 15 kV (afhankelijk van de vervuiling, de vorm van de isolatoren ...). Dat geeft een idee van de spanning van de lijn.

Overigens moet men weten dat er slechts enkele spanningsniveaus bestaan die zijn vastgelegd in normen. In België bijvoorbeeld vinden we de volgende spanningen: 70 kV (4 tot 7 isolatoren), 150 kV (9 tot 11 isolatoren), 220 kV (13 tot 16 isolatoren), 380 kV (19 tot 23 isolatoren).

220 kV



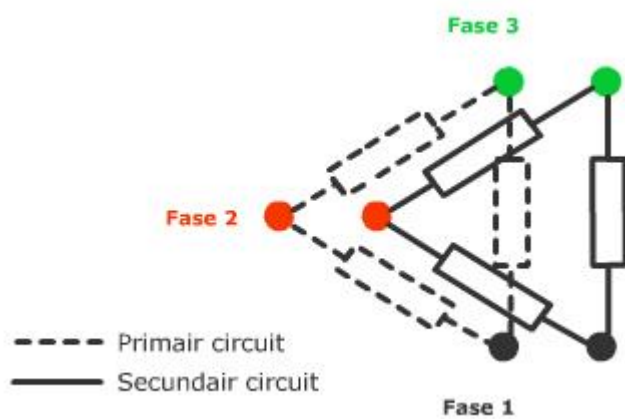
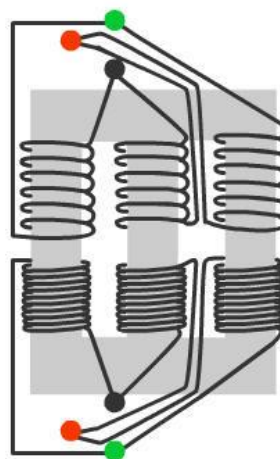
380 kV



Als u het BBEMG een vraag stelt over een hoogspanningslijn, vergeet dan niet de spanning van de lijn te vermelden. Met die informatie kunnen wij u beter informeren.

## 2. Illustratie van een driefasige transformator

Een driefasige transformator is samengesteld uit een kern met drie takken waarop de primaire en secundaire wikkelingen zijn geplaatst.



### Driehoeksaansluiting

Bij transformatoren van hoogspanningslijnen wordt de aansluiting tussen de drie fasen uitgevoerd volgens een driehoeksschema (zie hiernaast en hierboven).