

## Stroom, spanning en vermogen

Stroom moet je je voorstellen als deeltjes die gevuld zijn met energie en die per seconde een doorsnede passeren. Spanning is een indicatie voor de hoeveelheid energie van elk deeltje dat getransporteerd wordt. Bij lage stroom en lage spanning heb je het dus of slechts weinig deeltjes per seconde met daarin maar weinig energie. Bij hoge stroom en hoge spanning heb je het over veel deeltjes per seconde met daarin veel energie.

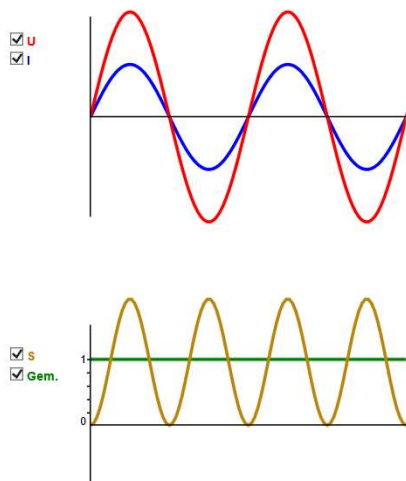
$P = U \times I$  wil zeggen dat het vermogen gelijk is aan het product van spanning en stroom. Met andere woorden dat de hoeveelheid energie per seconde gelijk is aan het product van het aantal deeltje dat per seconde een doorsnede passeert (de stroom  $I$ ) en de energie in dat deeltjes (de spanning  $U$ ).

Ik vergelijk dit met een transportband waarop kolen liggen. Dit wordt gevisualiseerd in een film die je kunt bekijken door op onderstaande link te klikken.

<https://www.youtube.com/watch?v=Fs7vOYyd0p0&t=79s>. De uitleg over het vermogen wordt getoond vanaf 5min. 13sec. Bekijk gerust de hele film. Hij geeft veel inzicht in spanning, stroom en vermogen.

Het is belangrijk dat je begrijpt dat op ieder moment geldt dat het product van spanning en stroom het vermogen oplevert. Dus ook op ieder moment bij sinusvormig verloopende spanningen en stromen.

Bij een belasting in een wisselspanningsnet waarbij elektrische energie wordt omgezet in warmte, licht of beweging verloopt de stroom in fase met de spanning. Dit zijn de rode en de blauwe lijn in onderstaande figuur.



De vermenigvuldiging van spanning en stroom leidt dan tot pulsen van energie boven de nul-as. Dit staat bekend als actief vermogen of watt vermogen. Dit is de bruine lijn. De sinusvormige pulsen kun je ook zien als de som van een gemiddelde waarde en een sinuslijn die er omheen slingert. De sinuslijn heeft de dubbele frequentie van de sinuslijn van de spanning en de stroom.

Maar.....

Stroom en spanning zijn onlosmakelijk verbonden met respectievelijk magnetische en elektrische velden. Dus met spoelen en condensatoren.

Mijn uitgangspunten zijn de regels die op de banner staan die ik steeds in het leslokaal opstel.

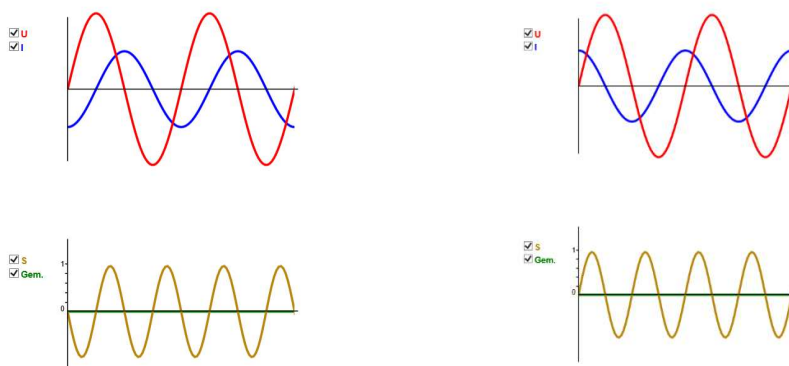


De werking van de spoel en condensator kun je mooi zien in de simulatie <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/legacy/faraday> voor magnetische velden en <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/capacitor-lab-basics> voor elektrische velden. Deze simulaties staan ook op de USB stick tijdens de opleiding wordt uitgereikt.

In de les wordt uitgelegd waarom bij een sinusvormige spanning de stroom bij een spoel 90 graden **moet** naijlen op de spanning en bij een condensator 90 graden **moet** voorijlen. Het volgt gewoon uit het toepassen van de regels op de banner. Geen wiskunde maar natuurkunde!

Ook bij spoelen kun je  $P=U \times I$  toepassen. Het vermogen verloopt dan volgens een sinuslijn rond de nul-as. Dat wil zeggen dat de spoel het ene moment energie vraagt en het andere moment die energie teruggeeft. Die energie wordt aangewend om het magnetische veld op te bouwen. Dit gebeurt als de stroom toeneemt. Als de stroom weer afneemt en het magnetische veld ook afneemt wordt de vrijkomende energie weer teruggeleverd in het elektrische net. Deze energiestroom noemt men het blindvermogen of reactief vermogen. Men gebruikt de letter Q en de eenheid VAR. De sinuslijn van het vermogen heeft nu ook de dubbele frequentie van de sinuslijn van de spanning en stroom.

Je ziet dat mooi in de onderstaande linker figuur.



Bij condensatoren is sprake van een voorijlende stroom en krijgen we eveneens een sinusvormig verloop van de vermogenslijn. Nu is het vermogen positief als de spanning stijgt. Immers bij toenemende spanning hoort een toenemende lading en dus een toenemend elektrisch veld. Om dit op te bouwen is energie nodig. Als P positief is gaat de energie van de bron naar het elektrisch veld en als P negatief is geeft het veld die energie weer terug aan de bron. Dit laatste gebeurt als de spanning afneemt. Dit wordt getoond in de rechter figuur.

De stroom die een spoel vraagt ijlt 90 graden voor op de spanning en de stroom die nodig is voor de condensator ijlt 90 graden na op de spanning. Je kunt dus zeggen dat deze twee stromen tegengesteld gericht zijn. Met andere woorden: Als de spoel energie vraagt is de condensator energie aan het terugleveren en als de condensator energie vraagt is de spoel die aan het terugleveren. De condensator en de spoel kunnen dus aan elkaar de energie leveren. Door toepassing van condensatoren kan de noodzakelijke blindstroom die door de bron aan de spoelen moet worden geleverd worden verlaagd en door toepassing van spoelen kan de noodzakelijke blindstroom die door de bron aan de condensatoren moet worden geleverd worden verlaagd. Dit heet  $\cos \varphi$  verbetering.

### De richting van het blindvermogen.

Zowel spoelen als condensatoren vragen om blindvermogen. Voor de spoelen is een naijlende stroom nodig en voor condensatoren een voorijlende. Deze stromen zijn dus tegengesteld aan elkaar. Je kunt dus ook een richting toekennen aan het blindvermogen. Maar wanneer spreek je nu van het "leveren" van blindvermogen en wanneer van "ontvangen" van blindvermogen?

Hiervoor maken we de vergelijking met het wattvermogen. We noemen het wattvermogen positief als de energie van de bron naar de belasting gaat. Dus de bron levert dan energie. We noemen het wattvermogen negatief als de energie van de belasting naar de bron gaat. De bron ontvangt dan energie. Voor de spanning geldt dat de spanning bij de bron meer daalt naarmate de bron meer energie moet leveren en stijgt als hij meer energie ontvangt.

Nu bekijken we dit voor het blindvermogen. Als de inductieve belasting in het net toeneemt zal de blindstroom toenemen en daalt, net als bij toename van het wattvermogen, de spanning. Als de capacatieve belasting in het net toeneemt zal echter de spanning bij de bron stijgen. Daarom zeggen we dat een condensator blindvermogen levert.

Het schijnbaar vermogen S is de som van de 2 energiestromen P en Q