

# Relevantie van de Cosinus $\phi$



Jaap Nuesink,  
Kennisteam OVLNL,  
Dekra

Is de cosinus  $\phi$  nog wel relevant voor elektronica? Bij ledverlichting wordt de cosinus  $\phi$  nog steeds gevraagd. Is dat wel zinvol of bedoelt men eigenlijk de arbeidsfactor? De cosinus  $\phi$  beschrijft de fase verschuiving tussen een stroom en een spanning. Als de stroom en spanning in fase zijn dan is de cosinus  $\phi$  1 en wanneer ze 90 graden verschoven zijn is de cosinus  $\phi$  0. Meer zegt het niet.

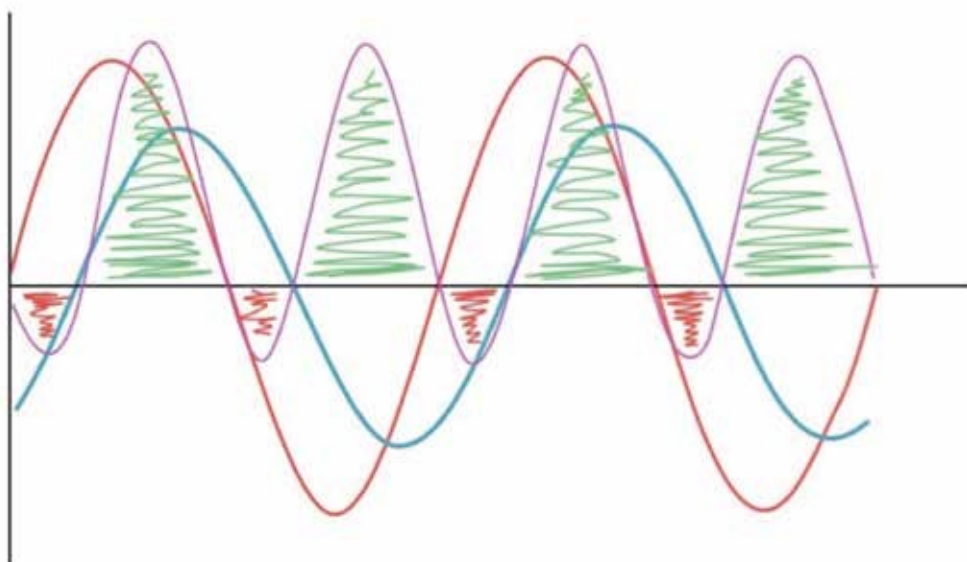
**D**e arbeidsfactor zegt iets over de hoeveelheid energie die wordt gebruikt. Hoe moeten we dat zien? Als de stroom een stukje in fase verschoven is wordt gedurende een deel van de tijd energie opgenomen uit het net maar ook wordt gedurende de tijd dat de spanning negatief is en de stroom positief (en vice versa) vermogen terug gevoed in het net. Die energie wordt niet omgezet in 'arbeid'.

In deze figuur zien we een stroom en spanning die in fase zijn verschoven en zien we ook hoe het vermogen dan verloopt. Een deel is positief vermogen. Er is ook een deel negatief vermogen, dat wordt terug gevoed in het net.

### Even in formules:

$$P = U \times I \Rightarrow \text{uitgedrukt in } W$$

Als de spanning en stroom beide volledig sinusvormig zijn is de cosinus  $\phi$  gelijk aan de arbeidsfactor.



Die kennen we allemaal; ofwel vermogen is spanning vermenigvuldigd met de stroom.

Deze formule geldt in het geval we te maken hebben met een zuiver ohmse (zuivere weerstand) belasting. Zodra we met een inductieve of capacatieve belasting te maken hebben (en natuurlijk een wisselspanning) gaat deze formule niet meer op. In dat geval komt uit de formule het schijnbare vermogen. Het vermogen dat opgenomen lijkt te worden.

$P_s = U \times I \Rightarrow$  uitgedrukt in VA

$P_s$  = Schijnbaar vermogen in VA

$U$  = Spanning in V

$I$  = Stroom in A

Het effectieve vermogen, het werkelijk in arbeid omgezette vermogen berekenen we met de formule:

$P_{eff} = U \times I \times \cos \phi$

$P_{eff}$  = Effectief vermogen

$U$  = Spanning in V

$I$  = Stroom in A

$\phi$  = fase verschuiving tussen spanning en stroom in graden

Dit is het vermogen dat afgerekend wordt aan de energiemaatschappij.

Als we met elektronica te maken hebben dan geldt deze formule niet meer. Dan hebben we niet meer te maken met sinusvormige stromen. De arbeidsfactor is dan niet langer gelijk aan de cosinus  $\phi$ . In formulevorm is dat:

$$\lambda = \frac{P_{eff}}{P_s}$$

$\lambda$  = Arbeidsfactor

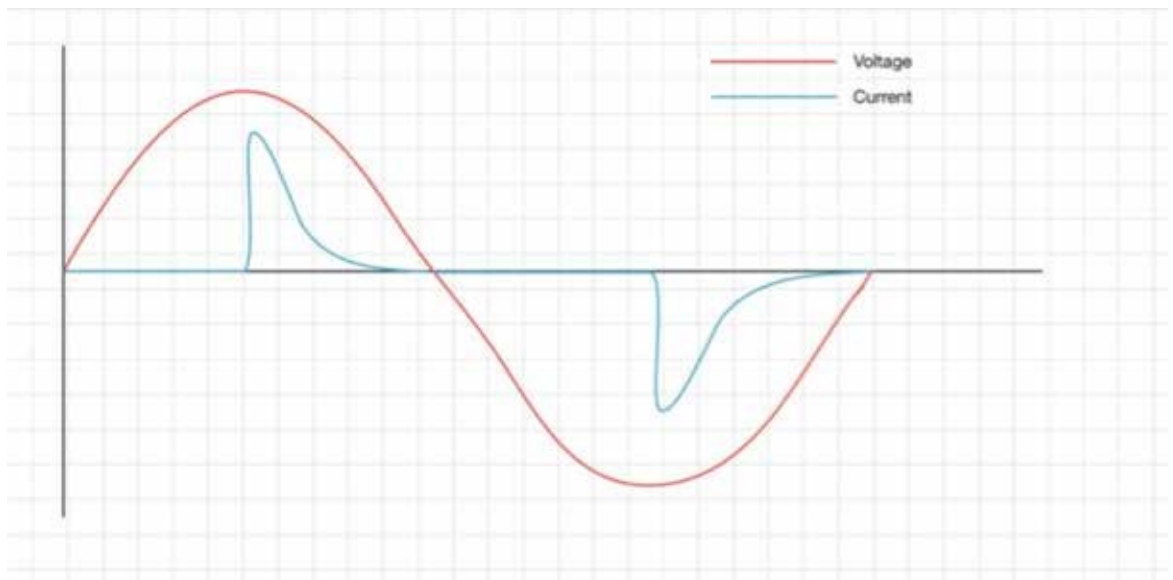
$P_{eff}$  = Effectief vermogen

$P_s$  = Schijnbaar vermogen

In het geval dat we te maken hebben met zuiver sinusvormige spanning en stroom betekent dit:

$\lambda = \cos \phi$

In onderstaande figuur een voorbeeld. De spanning is sinusvormig maar de stroom heeft een volledig ander verloop. Dit is een serieuze vervorming. Die vervorming kan wordt uitgedrukt in de harmonische vervorming.



In stroom zitten hogere frequenties, dat wil zeggen frequenties met een veelvoud van de basisfrequentie (50 Hz). Samen bepalen ze de vorm van de stroom. Het blijkt dat de stroom is samengesteld uit een stroom met de basis frequentie (50 Hz) en stromen met de hogere harmonische frequenties, elk met z'n eigen sterkte. Middels een fourrier analyse kan bepaald worden wat de stroom is van de harmonischen. Daarmee kan dan de totale harmonische vervorming worden berekend. De THD of wel de 'total harmonic distortion'.

Verder kunnen we ook een faseverschuiving vinden. De faseverschuiving wordt dan displacement factor genoemd. Deze factor is vergelijkbaar met wat we cosinus  $\phi$  noemen bij sinusvormige stromen. In formules ziet dat er dan als volgt uit.

$$\lambda = K_{\text{displacement}} \times K_{\text{distortion}}$$
$$K_{\text{distortion}} = 1/\sqrt{(1+\text{THD}^2)}$$

Anders gezegd:

$$\lambda = \cos \phi / \sqrt{(1+\text{THD}^2)}$$

$\lambda$  = Arbeidsfactor

$\phi$  = fase verschuiving tussen spanning en stroom in graden

THD = Totale harmonische vervorming

In de praktijk wordt nog steeds veel verwezen naar de cosinus  $\phi$ . Dit is in geval van led niet logisch en is ook niet relevant. De arbeidsfactor is relevant en bepalend voor het werkelijk opgenomen vermogen. Deze factor is ook onderwerp van de wettelijke eisen waar producten aan moeten voldoen.

Op de drivers zal ook enkel een arbeidsfactor vermeld zijn. De cosinus  $\phi$  is enkel terug te vinden op de conventionele voorschakelapparaten en transformatoren. Na de introductie van elektronische voorschakeltoestellen is de cosinus  $\phi$  al verlaten als aanduiding.

### Hoe zit het volgens wettelijke eisen?

Op dit onderwerp zijn voor producten (de armatuur) twee richtlijnen van toepassen. Let op: dit wordt een richtlijn genoemd maar is een wettelijke eis en fabrikanten zijn verplicht om aan die eisen te voldoen als ze producten willen leveren.

- EMC-richtlijn

- ErP-richtlijn

- In sommige gevallen geldt de RED-richtlijn.

Om aan de EMC richtlijn te voldoen wordt de norm EN 61000-3-2 gebruikt. Deze norm vereist een arbeidsfactor van 0,9 voor armaturen met een vermogen > 25 W. Ook zijn in die norm eisen gesteld aan de specifieke harmonischen.

Voor vermogens onder de 25 W kent de EMC-richtlijn geen norm. Echter de ErP-richtlijn kent daar weer wel eisen:

- $\leq 2$  W: Geen eisen
- $> 2$  W en  $\leq 5$  W:  $\lambda \geq 0,4$
- $> 5$  en  $< 25$  W:  $\lambda \geq 0,5$
- $\geq 25$  W:  $\lambda \geq 0,9$

### Wat nu voorschrijven?

1. Eisen dat men aan zowel de EMC- als ErP-richtlijn moet voldoen is principieel overbodig. De fabrikant dient zich aan de wet te houden. Wel kan vermelding van de eis de fabrikant nogmaals op zijn verantwoordelijkheden wijzen.

2. Voor grote projecten waar veel armaturen worden gebruikt op 1 groep, is het aan te raden om een arbeidsfactor van tenminste 0,9 te eisen (ongedimd). Dit om de aansluitwaarde voor de energieleverancier te garanderen. Volgens de norm moeten ze namelijk een arbeidsfactor van 0,8 nastreven. Vaak wordt dit ook in de leveringsvoorwaarden van de energieleverancier vermeld als minimum.

Het vermelden van de normen is in dit geval minder relevant en je loopt het risico dat de vermelde normen inmiddels achterhaald zijn. Ook kan de fabrikant dan het idee krijgen dat hij voor dat bestek niet aan de nieuwste stand van de techniek hoeft te voldoen. □