

mbo

Signaal 5

Omzetten van energie

kenteq

WZVBERE



COLOFON

©2024 Kenteq, Bilthoven

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq
Soestdijkseweg Zuid 224
3721 AJ Bilthoven
uitgeverij@kenteq.nl

Inhoudsopgave

1	Transformatoren	5
1.1	Transformatoren in woningen	6
1.2	Eenfasetransformator	6
1.3	De werking van een eenfasetransformator (onbelast)	7
1.4	De werking van een eenfasetransformator (belast)	13
1.5	Soorten transformatoren	18
1.6	Samenvatting	20
1.7	Antwoorden	21
1.8	Vragen Transformatoren	22
2	Gelijkrichter	31
2.1	Diode	32
2.2	Gelijkrichting	33
2.3	Samenvatting	45
2.4	Antwoorden	47
2.5	Vragen Gelijkrichter	48
3	Omzetting van energie	59
3.1	Thermische energie	60
3.2	Energie en vermogen	62
3.3	Verliezen bij energieomzetting	62
3.4	Verlies en rendement	64
3.5	Toepassingen	67
3.6	Samenvatting	68
3.7	Antwoorden	70
3.8	Vragen Omzetting van energie	71



INZEBE

1 Transformatoren

Inleiding

Een transformator kom je veel tegen in de elektrotechniek. Je noemt een transformator ook wel trafo. Er zijn kleine, maar ook grote transformatoren. Transformatoren gebruik je voor het omzetten van vermogens en spanningen naar andere waarden.



Transformator

Leerdoelen

Je kunt:

- de opbouw van een eenfasetransformator omschrijven en de volgende onderdelen benoemen:
 - kern
 - kernmateriaal
 - primaire en secundaire spoel
- de schemasymbolen (enkel- en dubbellijng) tekenen
- het verband aangeven tussen de wikkilverhouding, de primaire en secundaire stromen, spanningen en vermogens en berekeningen hiermee uitvoeren
- de begrippen wikkilverhouding en transformatieverhouding omschrijven en aangeven wanneer beiden aan elkaar gelijk zijn
- verschillende soorten transformatoren met hun toepassingen noemen.

1.1 Transformatoren in woningen

Voorbeelden van het gebruik van transformatoren in woningen zijn:

- de voeding van een belinstallatie ($230\text{ V}_{\sim} / 3\text{-}5\text{-}8\text{ V}_{\sim}$)
- de aansluiting van halogeenverlichting van 12 V_{\sim}
- een scheertransformator in een badkamer
- de transformator in de voeding van audio-, video- en huishoudelijke apparatuur.

Grote transformatoren

Grote transformatoren kom je bijvoorbeeld tegen in elektriciteitscentrales of transformatorhuisjes van het energielevering bedrijf. Deze transformatoren zijn driefasenwisselstroomtransformatoren. Je noemt ze ook wel draaistroomtransformatoren of driefasentransformatoren.



Transformator elektriciteitscentrale

In deze leerstof maak je alleen kennis met eenfasetransformatoren.

1.2 Eenfasetransformator

Als je een spanning nodig hebt die anders is dan de gebruikelijke of aanwezige netspanning, dan kun je een transformator gebruiken om de spanning te veranderen. De frequentie van de spanning blijft gelijk.

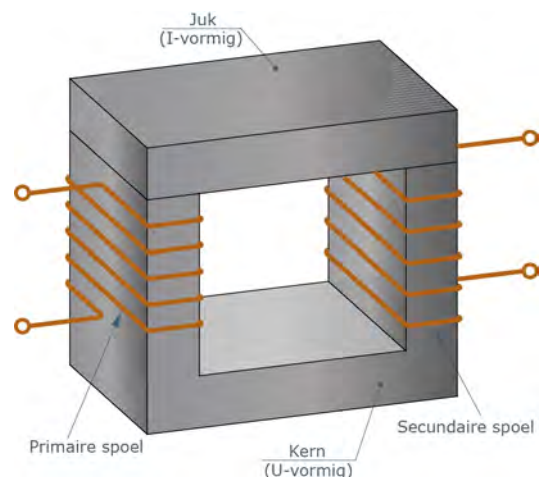
Je kunt met een éénfasetransformator de spanning:

- omhoog transformeren
Bijvoorbeeld van $230\text{ V}_{\sim} 50\text{ Hz}$ naar $400\text{ V}_{\sim} - 50\text{ Hz}$
- omlaag transformeren
Bijvoorbeeld van $230\text{ V}_{\sim} 50\text{ Hz}$ naar $24\text{ V}_{\sim} - 50\text{ Hz}$
- gelijk transformeren (scheidingstrafo)
Bijvoorbeeld van $230\text{ V}_{\sim} 50\text{ Hz}$ naar $230\text{ V}_{\sim} - 50\text{ Hz}$.

Opbouw van de eenfasetransformator

Een eenfasetransformator bestaat uit een U-vormige kern en een I-vormig juk. Beide zijn gemaakt van gelamelleerd transformatorplaat. Tussen de lamellen is een elektrisch isolerende laag aangebracht die kan bestaan uit:

- papier
- een laklaag
- een oxidelaagje.



Opbouw van een eenfasetransformator

De laag is aangebracht om het optreden van verliezen in het ijzer zoveel mogelijk te beperken. Verder bevat de U-kern bij de eenfasetransformator minimaal twee spoelen of wikkelingen. De spoel die de elektrische energie uit het net opneemt en omzet in magnetische energie is de primaire spoel of de primaire wikkeling. De spoel die de magnetische energie opneemt en afgeeft als elektrische energie is de secundaire spoel of de secundaire wikkeling.

Grootheden van eenfasetransformatoren

Alle grootheden die aan de primaire zijde voorkomen duid je aan met de index 1.

Bijvoorbeeld:

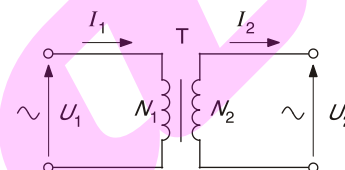
- primaire spanning U_1
- primaire stroomsterkte I_1
- primair opgenomen vermogen P_1
- primair aantal windingen N_1 .

Alle grootheden die aan de secundaire zijde voorkomen duid je aan met de index 2.

Bijvoorbeeld:

- secundaire spanning U_2
- secundaire stroomsterkte I_2
- secundair afgegeven vermogen P_2
- secundair aantal windingen N_2 .

Een eenfasetransformator wordt in stroomkringschema's aangegeven met dit symbool en aangeduid met de letter T.



Schemasymbool van een transformator

Op een enkellijnig schema wordt een eenfasetransformator anders aangegeven.



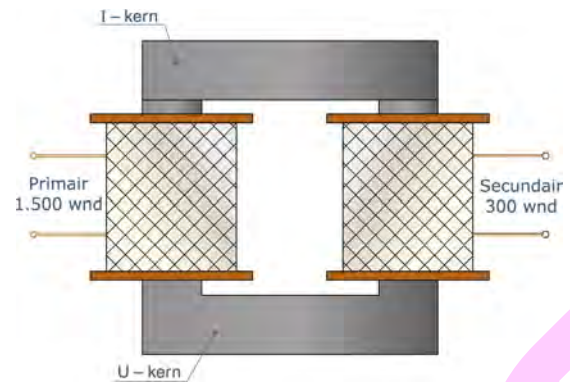
Enkellijnig symbool van een transformator

1.3 De werking van een eenfasetransformator (onbelast)

De werking van de transformator berust op de *inductiewet van Faraday*. Als er binnen een winding een magnetische fluxverandering $\Delta\Phi$ optreedt, dan wordt er in die winding een inductiespanning E opgewekt.

Inductiewet van Faraday
$E = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
E = inductiespanning (V) $-N$ = aantal windingen in de spoel $\Delta\Phi$ = fluxverandering (Wb) Δt = tijdsduur (s)

Om te zien hoe dit uitpakt voor het overzetten van spanningen doen we een denkbeeldige proef. Met behulp van twee losse spoelen, een U-kern en een I-kern, bouwen we zelf een transformator op. Het aantal windingen korten we meestal af in wnd.

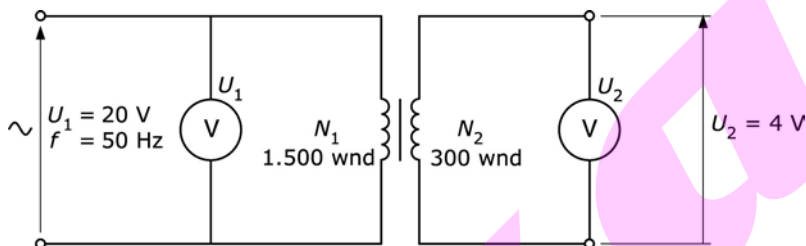


Eenfasetransformator met primair 1.500 windingen en secundair 300 windingen

Aan de primaire zijde van de transformator pas je een spoel met 1.500 wnd toe. Je schrijft dit als: $N_1 = 1.500$.

Aan de secundaire zijde van de transformator pas je een spoel met 300 wnd toe. Je schrijft dit als: $N_2 = 300$.

Als je de primaire spoel nu aansluit op een wisselspanning van $20\text{ V} \sim 50\text{ Hz}$ en je meet met een voltmeter de secundaire klemspanning U_2 , dan blijkt dat deze ongeveer gelijk is aan $U_2 = 4\text{ V} \sim 50\text{ Hz}$.



Meetopstelling voor spanningsmeting aan een onbelaste eenfasetransformator

Voor de verhouding tussen de windingen geldt dat:

$$N_1 : N_2 = 1.500 : 300 = 5 : 1$$

Voor de verhouding tussen de spanningen geldt dat:

$$U_1 : U_2 = 20 : 4 = 5 : 1$$

Uit de meting blijkt een belangrijke eigenschap voor transformatoren.

Bij een transformator verhouden de spanningen zich evenredig met het aantal windingen.

In formulevorm:

Verhouding spanning en windingen	
$U_1 : U_2 = N_1 : N_2$	of $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$
U_1 = primaire klemspanning in volt (V)	
U_2 = secundaire klemspanning in volt (V)	
N_1 = aantal primaire windingen	
N_2 = aantal secundaire windingen	

➤ **Opmerking**

Deze formule geldt alleen als er in de transformator geen verliezen optreden. De gemeten secundaire klemspanning zal in werkelijkheid dan ook iets lager zijn dan de (theoretische) spanning.

Voorbeeld

Gegeven

Een eenfasetransformator met:

$$U_1 = 400 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}, N_1 = 1.000 \text{ wnd en } N_2 = 50 \text{ wnd.}$$

Gevraagd

De secundaire spanning U_2 .

Oplossing

$$U_2 = \frac{U_1 \times N_2}{N_1} = \frac{400 \times 50}{1.000} = 20 \text{ V}$$

Voorbeeld

Gegeven

Een eenfasetransformator is primair aangesloten op de netspanning van $230 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}$ en heeft primair 1.150 wnd.

De secundaire klemspanning bedraagt $400 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}$.

Gevraagd

Het aantal windingen secundair.

Oplossing

$$N_2 = \frac{N_1 \times U_2}{U_1} = \frac{1.150 \times 400}{230} \approx 2.000 \text{ wnd}$$

?

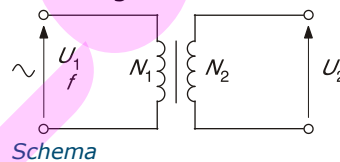
1. Spanningen en windingen van een eenvoudige éénfasetransformator.

$$U_1 = 400 \text{ V}$$

$$N_1 = 1.600 \text{ wnd}$$

$$N_2 = 440 \text{ wnd}$$

Bereken U_2 .



?

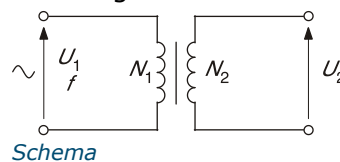
2. Spanningen en windingen van een eenvoudige éénfasetransformator.

$$U_1 = 10 \text{ kV}$$

$$N_1 = 5.000 \text{ wnd}$$

$$U_2 = 400 \text{ V}$$

Bereken N_2 .



Meerdere secundaire wikkelingen

Een eenfasetransformator kan meerdere secundaire wikkelingen hebben.

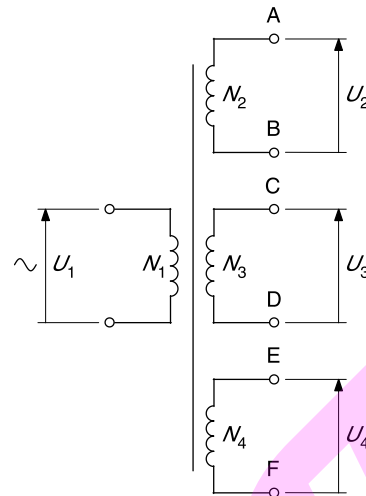
Voorbeeld

De secundaire wikkeling in de afbeelding bestaat uit drie afzonderlijke spoelen, namelijk: AB, CD en EF. Worden bijvoorbeeld de klemmen B en C met elkaar doorverbonden dan geldt:

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{CD} = U_2 + U_3$$

Als de klemmen B en D met elkaar zijn doorverbonden dan geldt:

$$U_{AC} = U_{AB} - U_{CD} = U_2 - U_3$$



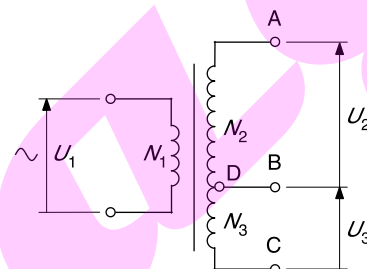
Eenfasetransformator met drie afzonderlijke secundaire spoelen

De secundaire wikkeling in deze afbeelding bestaat uit één spoel AC met een aftakking in punt D. Dit is bijvoorbeeld zo bij een beltransformator.

$$U_1 = 230 \text{ V} \sim, U_2 = 5 \text{ V} \sim \text{ en } U_3 = 3 \text{ V} \sim$$

Tussen de aansluitklemmen A en C staat dan een spanning van:

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = U_2 + U_3 = 5 + 3 = 8 \text{ V} \sim$$



Eenfasetransformator met een secundaire wikkeling met een aftakking

- ? 3. Spanningen en windingen van een éénfasetransformator met 3 secundaire spanningen.

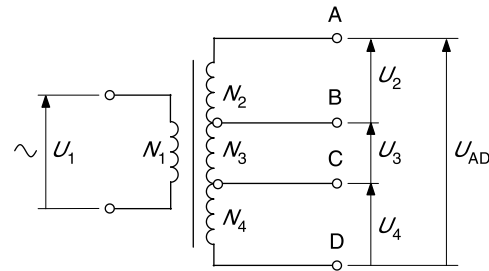
$$U_1 = 115 \text{ V}$$

$$N_1 = 230 \text{ wnd}$$

$$U_2 = 28 \text{ V}$$

$$N_3 = 284 \text{ wnd}$$

$$U_4 = 60 \text{ V}$$



Schema

Bereken:

- a. N_2

- b. U_3

- c. U_{AD}

- d. het totaal aantal windingen van de secundaire wikkeling.

Wikkilverhouding en transformatieverhouding

De wikkilverhouding wordt aangeduid met de kleine letter n en geeft de verhouding aan tussen het aantal windingen primair N_1 en het aantal windingen secundair N_2 .

In formulevorm:

Wikkilverhouding
$n = \frac{N_1}{N_2}$ <p> n = wikkilverhouding N_1 = aantal primaire windingen N_2 = aantal secundaire windingen </p>

De transformatieverhouding is de verhouding van de (toegekende) spanning van een wikkeling tot die van een andere wikkeling (NEN 2761). De transformatieverhouding geven we aan met de grote letter K (IEC-publicaties van lettersymbolen).

Transformatieverhouding
$K = \frac{U_1}{U_2}$ <p> K = transformatieverhouding U_1 = primaire spanning in volt (V) U_2 = secundaire spanning in volt (V) </p>



Bij een eenfasetransformator is de transformatieverhouding gelijk aan de wikkilverhouding $n = K$. Daarom geldt:

Wikkilverhouding
$n = K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$
n = wikkilverhouding
K = transformatieverhouding
N_1 = aantal primaire windingen
N_2 = aantal secundaire windingen
U_1 = primaire spanning in volt (V)
U_2 = secundaire spanning in volt (V)

➤ **Opmerking**

De wikkilverhouding is bij complexere transformatoren niet altijd gelijk aan de transformatieverhouding.

Uit de formule $K = \frac{U_1}{U_2}$ volgt $U_2 = \frac{U_1}{K}$ en $U_1 = K \cdot U_2$

Is K is kleiner dan 1, dan wordt de secundaire spanning hoger dan de primair aangelegde spanning. De transformator transformeert de spanning dan omhoog. Is K is groter dan 1, dan wordt de secundaire spanning lager dan de primair aangelegde spanning. De transformator transformeert de spanning dan omlaag.

Voorbeeld

Gegeven

Een eenfasetransformator heeft primair 480 windingen en secundair 240 windingen. De transformator wordt primair aangesloten op een netspanning van 230 V_~ - 50 Hz.

Gevraagd

- Bereken de wikkilverhouding n .
- Bereken de secundaire spanning U_2 .
- Bereken de transformatieverhouding K .

Oplossing

a. $n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{480}{240} = 2$

b. $U_2 = \frac{U_1}{n} = \frac{230}{2} = 115 \text{ V}$

De transformator transformeert de spanning omlaag van 230 V naar 115 V.

- c. De transformatieverhouding bereken je met de formule:

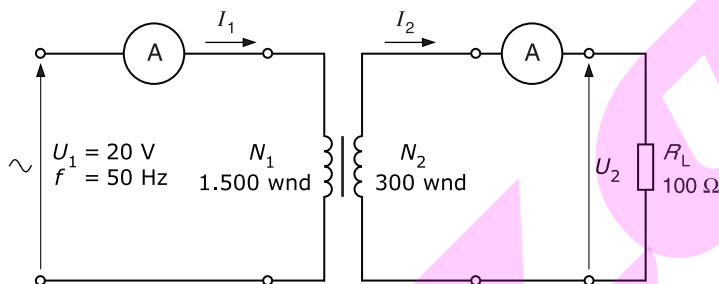
$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{230}{115} = 2$$

- ? 4. De primaire spanning van een transformator is 300 V.
De transformatieverhouding is 5.
Bereken de secundaire spanning U_2 ?

- ? 5. De primaire spanning van een transformator is 150 V en de secundaire spanning is 600 V.
Bereken de transformatieverhouding K ?

1.4 De werking van een eenfasetransformator (belast)

Om het gedrag van een belaste transformator na te kunnen gaan, bouwen we in gedachten de volgende meetopstelling.



Meetopstelling voor stroommeting aan een belaste eenfasetransformator

De primaire spoel is aangesloten op een voedingsspanning van 20 V_{\sim} - 50 Hz.

Op de klemmen van de secundaire spoel is een belastingsweerstand R_L van $100\ \Omega$ aangesloten.

De stroom wordt gemeten met een ampèretang. Aan de secundaire zijde met ampèretang A2. De stroom dat door de primaire spoel heen gaat met ampèretang A1.

Uit het schema volgt dat:

$$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1.500}{300} = 5$$

$$U_2 = \frac{U_1}{n} = \frac{20}{5} = 4\text{ V}$$

Je hebt nu alle gegevens om I_2 te berekenen. Je doet dit met de wet van Ohm.

$$I_2 = \frac{U_2}{R_L} = \frac{4}{100} = 0,04\text{ A} = 40\text{ mA}$$

De ampèremeter in de secundaire stroomkring zal dan 40 mA aanwijzen.

De ampèremeter in de primaire stroomkring wijst dan ongeveer 8 mA aan.

$$I_2 = 40\text{ mA en } I_1 = 8\text{ mA}$$

Voor de verhouding tussen de primaire en secundaire stroom geldt dus dat:

$$I_1 : I_2 = 8 : 40 = 1 : 5 \quad \Rightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{40}{8} = \frac{5}{1} = 5$$