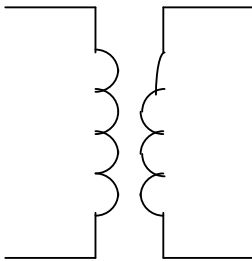


## Hoofstuk 13 -Transformatorwerking

Die transformator word gebruik om die spanning en stroom van 'n WS-sein te verander. Dit bestaan uit twee of meer windings wat op 'n gemeenskaplike kern gedraai is. Een van hierdie windings word die *primêre winding* genoem. Die res van die windings is bekend as *sekondêre windings*.

In werking word 'n wisselspanning by die primêre winding aangewend. Dit veroorsaak 'n wisselende magnetiese veld wat 'n spanning in die sekundêre winding opwek. Die eienskap word *wedersydse induksie* genoem om die te onderskei van *selfinduksie* wat 'n eienskap is van induktors. Die simbool wat vir 'n transformator in kringdiagramme gebruik word, verskyn hier onder.



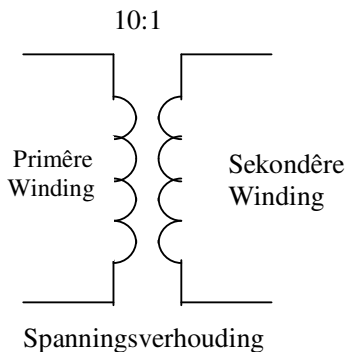
Dus, watter is die primêre en watter is die sekundêre winding? Dit word nie in die kringdiagram getoon nie maar word van die konteks afgelei. Die primêre winding is die winding waaraan die krag verbind word.

### Windingsverhouding

Die windingsverhouding van 'n transformator spesifiseer die relatiewe aantal draaie in die primêre en sekundêre windings. Die aantal draaie in die primêre winding word altyd eerste aangehaal. Byvoorbeeld, 'n 5:1 het 5 keer meer draaie op die primêre winding as die sekundêre winding en 'n 1:3 het drie maal meer draaie in die sekundêre winding as in die primêre winding.

Let op dat die windingsverhouding nie die werklike aantal draaie aandui nie maar slegs die verhouding van die draaie in die primêre winding met verwysing tot die sekundêre winding. Bv. 'n transformator met 200 draaie in die primêre winding en 10 draaie [n die sekundêre winding is bekend as 'n 10:1 transformator want daar is tien maal meer draaie in die primêre as in die sekundêre winding.

Die windingsverhouding word dikwels in syfers op die simbool aangedui, byv:



Die spannings oor die verskillende windings van 'n transformator volg 'n eenvoudige reël bekend as die transformatorbeginsel.

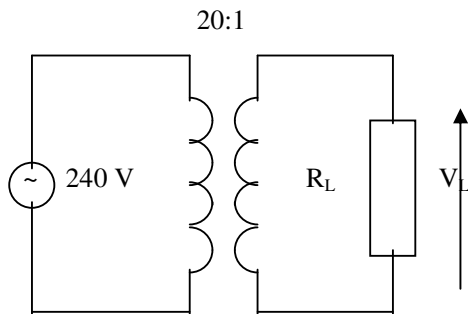
**Die Transformatorbeginsel:** *Die verhouding van die spanning oor die primêre winding tot die spanning oor die sekondêre winding is dieselfde as die verhouding tussen die aantal draaie in die primêre as die sekondêre winding.*

Dit kan matematies soos volg geskryf word.

$$V_P \div V_S = N_P \div N_S$$

dus  $V_S = (V_P N_S) \div N_P$

Waar  $N_P$  die aantal draaie in die primêre is en  $N_S$  die aantal draaie in die sekondêre winding is. Bv. Sien die kring hieronder:



240 V WS word oor die primêre winding van 'n 20:1 transformator aangewend. Wat is die spanning oor die las? Die transformatorbeginsel bepaal dat die spanning oor die primêre winding tot die spanning oor die sekondêre winding dieselfde moet wees as die verhouding tussen die aantal draaie in die primêre tot die aantal draaie in die sekondêre winding wat 20:1 is. Dus, as die spanning oor die primêre winding 240 V is, dan moet die spanning oor die sekondêre winding een-twintigste hiervan wees, of 12 V. Dieselfde resultaat word bereik as die formule gebruik word.

$$\begin{aligned} V_S &= (V_P \times N_S) \div N_P \\ &= (240 \times 1) \div 20 \\ &= 12 \text{ V} \end{aligned}$$

'n Transformator met meer draaie in die sekondêre winding as in die primêre winding word 'n *verhogingstransformator* genoem want 'n hoër spanning sal oor die sekondêre wees as wat oor die primêre winding is. Omgekeerd, 'n transformator met minder draaie op die sekondêre winding as die primêre winding sal 'n laer spanning oor die sekondêre winding hê en word 'n *verlagingstransformator* genoem. byv. 'n 1:5 transformator is 'n verhogings-transformator terwyl 'n 10:1 'n verlagingstransformator is.

### Stroomverhouding.

In 'n transformator met 'n enkele sekondêre winding sal die verhouding van die stroom in die sekondêre winding tot die stroom in die primêre winding dieselfde wees as die verhouding van die aantal draaie in primêre tot die aantal draaie in die sekondêre winding (die windingsverhouding). Let daarop dat hierdie verhouding andersom is as die spanningsverhouding, dus 'n verhogingstransformator (wat 'n groter spanning oor sy sekondêr as oor sy primêr het) sal 'n kleiner stroomvloei in sy sekondêr hê as in sy primêr. 'n

Verlagingstransformator (wat 'n laer spanning oor die sekondêre as oor die primêre het) sal 'n groter stroom in sy sekondêre as in sy primêre hê.

Wiskundige berekening van stroom in sekondêre winding:

$$\begin{aligned} I_S \div I_P &= N_P \div N_S \\ \text{of } I_S &= (I_P \times N_P) \div N_S \end{aligned}$$

Gestel die stroom in die primêre is 1 A dan kan die stroom in die sekondêre winding soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} I_S &= (I_P \times N_P) \div N_S \\ &= 1 \times (20 \div 1) \\ &= 20 \text{ A} \end{aligned}$$

Dit is interessant om die krag verskaf deur die transformator se sekondêre winding te vergelyk met die krag wat deur die primêre winding verbruik word.

Die krag verbruik in die primêre winding:

$$\begin{aligned} P_P &= V_P \times I_P \\ &= 240 \times 1 \\ &= 240 \text{ W} \end{aligned}$$

Die krag verskaf aan die las deur die sekondêre winding is:

$$\begin{aligned} P_S &= V_S \times I_S \\ &= 12 \times 20 \\ &= 240 \text{ W} \end{aligned}$$

Omdat die krag verskaf aan die sekondêre las dieselfde is as die krag verbruik deur die primêre winding het die transformator nie enige krag kwytgeraak (vrygestel) nie. In die praktyk is daar gewoonlik 'n klein bietjie wat deur die transformator gebruik word wat veroorsaak word deur die weerstand van die windings en werwelsroom (eddy current) wat in die transformator kern vloei.

Die vermoë van transformators om eenvoudig en effektief hoë spannings na lae spannings te verander en omgekeerd, is die rede waarom die hooftoevoerspanning in alle lande WS is aangesien dit toelaat dat die baie hoë spannings wat in die primêre verspreidingsnetwerk (wat die  $I^2R$  verliese in die primêre distribusiekabels verminder) omgeskakel word na laer spannings soos 240 V vir huishoudelike gebruik.

## Impedansieverhouding

Ons is nog nie heeltemaal klaar met die voorbeeld wat ons gebruik nie. Ons weet dat met die spanning oor die lasweerstand en die stroomvloei daarin die weerstand bereken kan word:

$$\begin{aligned} R_L &= V_S \div I_S \\ &= 12 \div 20 \\ &= .6 \Omega \end{aligned}$$

Ons kan ook die weerstand bereken wat die primêre winding oënskynlik aan die spanningsbron bied:

$$\begin{aligned}
 R_p &= V_p \div I_p \\
 &= 240 \div 1 \\
 &= 240 \Omega
 \end{aligned}$$

Let op dat die “weerstand” nie die werklike weerstand van die primêre winding is nie, wat tipies ’n weerstand van ongeveer 1  $\Omega$  het. Dis eintlik ’n skynbare weerstand veroorsaak deur die krag wat deur die primêre winding verbruik word. In hierdie geval word die krag deur die las in die sekondêre kring verbruik en nie deur die transformator nie.

’n Ander manier om dit te beskou is dat die spanningsbron vir die primêre winding “sien” die lasweerstand, maar die transformator het die werklike waarde van die van die weerstand verander netsoos dit die spanning en stroom verander het. ’n Algemene reël vir die berekening van die weerstand is soos volg:

$$\begin{aligned}
 R_L &= V_s \div I_s \\
 &= (V_p N_s \div N_p) \div (I_p N_p \div N_s) \\
 &= (V_p \div I_p) \times (N_s^2 \div N_p^2) \\
 &= (R_p N_s^2) \div N_p^2 \\
 &= R_p \times (N_s \div N_p)^2
 \end{aligned}$$

omgekeerd:  $R_p = R_L \times (N_p \div N_s)^2$

Waar  $R_p$  die “oënskynlike weerstand” van die primêre winding is. Die lasweerstand in die sekondêre kring veroorsaak dat ’n ander weerstand (maar verwant) in die primêre kring bestaan wat “impedansieoordrag” genoem word. Impedansie is ’n algemene begrip wat weerstand en reaktansie saamvat en word in die volgende hoofstuk behandel.

Die vergelykings dui aan dat die weerstand in die primêre kring en die weerstand in die sekondêre kring verwant is deur die kwadraat van die windingsverhouding. Die weerstandsoordrag gedra dit op dieselfde manier as die spanningsoordrag, dus vir ’n verlagingstransformator, waar die spanning oor die sekondêre winding laer is as die spanning oor die primêre winding, sal die weerstand in die sekondêre ook kleiner as die weerstand in die primêre winding wees. Insgelyks, ’n verhogingstransformator sal die weerstand van die primêre winding verhoog tot ’n hoër weerstand in die sekondêre kring. Die impedansie oordrag word bepaal deur die kwadraat van die windingsverhouding, terwyl die spanningsoordrag bepaal word deur die windingsverhouding (nie die kwadraat nie).

Voorbeeld: Gestel ’n oudioversterker is ontwerp om ’n 200  $\Omega$  las te voer maar ’n 8  $\Omega$  luidspreker word daaraan verbind. ’n Transformator kan gebruik word om die impedansies aan te pas. ’n Transformator met 200:8 of 25:1 impedansie-oordrag word benodig. Dit kan met ’n 5:1 transformator bewerkstellig word. Let op die windingsverhouding van 5:1 is die vierkantwortel van 25:1.

## Toepassings

Transformators word deur amateurs gebruik in kragbronne waar die netspanning 240 V is wat verlaag moet word om geskik te wees vir amateurradioapparaat van 12 V

Transformators word ook gebruik vir impedansie-aanpassing in die sender en ontvanger-kringe. Voorbeeld: ’n Antennastelsel het tipies 50  $\Omega$ , impedansie terwyl die RF-versterker van die ontvanger gewoonlik ’n hoër ingangsimpedansie het. Omdat maksimum kragoordrag verkry word wanneer die bron en lasweerstand goed aangepas is, kan ’n transformator

gebruik word om die impedansie van die antenna en impedansie van die RF-versterker aan te pas.

## Opsomming

'n Wisselspanning aangewend aan die primêre winding van 'n transformator wek 'n wisselende magnetiese veld op wat 'n spanning in die sekondêre winding induseer. Dit word wedersydse induktansie genoem.

Die verhouding tussen die spanning oor die primêre winding en die spanning oor die sekondêre winding is dieselfde as die verhouding van die aantal windings op die primêre winding tot die aantal windings op die sekondêre winding. (*windingsverhouding*).

$$V_S = (V_P \times N_S) \div (N_P)$$

'n Transformator met meer windings op die sekondêre winding as op die primêre winding is 'n verhogingstransformator en een met minder windings op die sekondêre winding as op die primêre winding is 'n verlagingstransformator.

Die verhouding van die stroom in die sekondêr tot die stroom in die primêr is die omgekeerde hiervan, dus:

$$I_S = (I_P N_P) \div (N_S)$$

Let op dat die krag in die primêre kring dieselfde is as die krag in die sekondêre kring, dus verbruik 'n perfekte transformator geen krag nie. Net soos spannings en strome in 'n transformator oorgedra word, verander die lasweerstand ook die skynbare weerstand in die primêre winding.

$$R_P = R_L \times (N_P \div N_S)^2$$

## Hersieningsvrae

### 1 Die beginsel van werking van 'n transformator berus op:

- Statische elektrisiteit
- Spanningsverskil
- Elektrostaties.
- Elektromagnetiese oordrag

### 2 In transformators word energie van een spoel na 'n ander oorgedra d.m.v.:

- Induktiewe koppeling.
- Statische ontlading.
- Kapasitansie.
- Elektriese geleiding.

### 3 'n Transformator met 'n windingsverhouding van 1:8 word genoem:

- 'n Verlagingstransformator.
- 'n Verhogingstransformator.
- Laestroomtransformator.
- 'n Hoogspanningstransformator.

- 4** Op 'n transformators se naamplaat verskyn 'n syfer van 1:4. As 12 V WS by die primêre winding aangewend word, wat is die spanning oor die sekondêre winding se aansluitpunte:
- 3 V.
  - 48 V.
  - 16 V.
  - 8 V.
- 5** Op watter elektriese beginsel berus die werking van 'n transformator:
- Strooikapasitansie.
  - Wedersydse induktansie.
  - Werwelstrome.
  - Kringweerstand.
- 6** Wat is die windingsverhouding van and transformator om 'n oudioversterker met afvoerimpedansie van 200 ohm aan te pas met 'n luidspreker met 'n lasweerstand van 10 ohm?
- 4,47 tot 1.
  - 14,14 tot 1.
  - 20 tot 1.
  - 400 tot 1.
- 7** Die werkingbeginsel van 'n transformator kan beskryf word as:
- 'n Wisselende magnetiese veld wat 'n geleier sny en 'n spanningsverskil opwek.
  - 'n Wisselende elektriese veld wat geleier sny en 'n spanningsverskil opwek:
  - 'n Wisselende stroomvloei in 'n geleier wat 'n statiese magnetiese veld laat ontstaan:
  - 'n Wisselende spanning oor 'n geleier wat 'n statiese magnetiese veld laat ontstaan.
- 8** 'n Impedansie-aanpassingtransformator het 'n windingsverhouding van 10:1. As 'n mikrofoon met 500 ohm impedansie aan die winding met minder draaie verbind word sal dit reg werk as dit verbind word aan 'n las van:
- 5 ohm.
  - 50 ohm.
  - 50 k ohm.
  - 500 k ohm.
- 9** 'n Transformator met 1 200 draaie op die primêre winding en 30 draaie op die sekondêre winding word verbind aan die netspanning van 240 V WS. Wat sal die sekondêre spanning wees?
- 9 600 volt.
  - 240 volt.
  - 30 volt
  - 6 volt.
- 10** In die primêre winding van 'n 5:1 transformator vloei 1 A. Die stroom in die sekondêre winding is:
- 40 mA
  - 200 mA
  - 5 A
  - 25 A