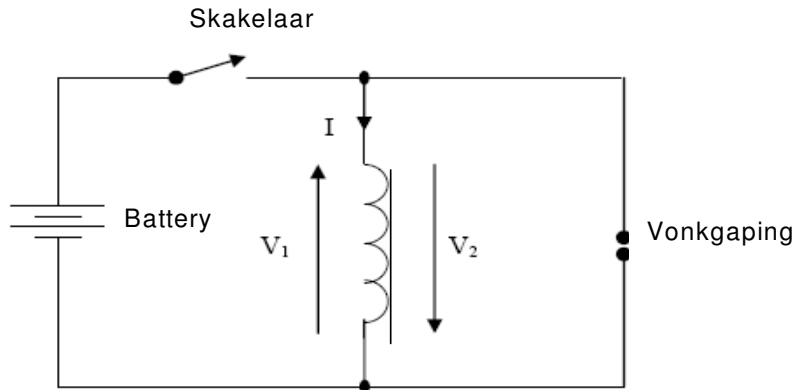


## Hoofstuk 9 – Induktansie in die Induktor

'n Tipiese induktor bestaan uit 'n draadspoel wat selfondersteunend of om 'n spoelvorm gedraai mag wees. Wanneer 'n stroom deur 'n geleier vloei, ontstaan 'n magnetiese veld net soos met 'n elektromagneet. Wanneer die stroom in die geleier verander, induseer die ooreenstemmende veranderinge in die magneetveld 'n spanning in die geleier



wat die verandering in die vloei van die stroom opponeer. Hierdie verskynsel is bekend as 'selfinduktansie' aangesien die spanning in dieselfde spoel wat die magnetiese veld genereer. Beskou die volgende kring as voorbeeld:

In hierdie kring is 'n battery via 'n skakelaar aan 'n induktor verbind. (Die induktor is die komponent in die middel van die kring wat soos 'n draadspoel lyk). 'n Vonkgaping is in parallel oor die induktor verbind (dit word deur die twee kolle aan die regterkant van die diagram voorgestel).

Wanneer die skakelaar toegemaak word, vloei daar aan die begin nog geen stroom deur die induktor nie. Die battery spanning wat nou oor die spoel aangewend word sal egter veroorsaak dat 'n stroom daardeur begin vloei. Dit veroorsaak dat die spoel 'n magneetveld opwek, en die groeiende magneetveld induseer op sy beurt 'n spanning  $V_1$  in die induktor wat die poging om die stroom deur die induktor te laat toeneem opponeer. Die gevolg is dat die stroom  $I$  wat deur die induktor vloei stadig in waarde toeneem en dus nie sy volle waarde bereik onmiddellik nadat die skakelaar toegemaak is nie.

Wanneer die skakelaar oopgemaak word, begin die magnetiese veld afneem wat weer 'n spanning  $V_2$  oor die induktor induseer.  $V_2$  opponeer nou die afname in  $I$ , wat begin is deur die oopmaak van die skakelaar. Omdat daar geen lae weerstandpad oor die kring is wanneer die skakelaar oopgemaak word nie, is die enigste manier waardeur dit kan gebeur is om 'n hoog genoeg spanning op te wek wat 'n vonk oor die vonkgaping te laat spring. Hierdie geïnduseerde oor 'n induktor, wat ook die *tru-EMK* genoem word, kan baie hoër as die aangelegde spanning wees.

Hierdie verskynsel is die beginsel waarop die ouer (nie-elektroniese) ontstekings-stelsel van petrolenjins werk. Die onstekingspoel is die induktor en die punte is die skakelaar wat

wanneer dit oopmaak, dit die stroom deur die onstekingspoel onderbreek, wat die spoel 'n spanning hoog genoeg laat opwek wat oor die vonkgaping van die vonkproppe kan spring. Op hierdie manier kan vanaf 'n 12 V battery 'n spanning van baie duisende volt verkry word.

Hierdie verskynsel kan ook anders gesien word, en dit is dat wanneer die skakelaar toegemaak word en stroom vloei wat 'n magneetveld tot gevolg het, is dat energie uit die kring geneem word en deur die induktor in die magnetiese veld gestoor word. Wanneer die skakelaar oopgemaak word, gee die induktor die energie aan die kring terug soos die magnetiese veld afneem. Dus, soos 'n kapasitor, 'leen' 'n induktor energie van 'n kring en 'gee dit weer terug' aan die kring, maar sonder om werklik energie te gebruik.

## Induktorwaardes

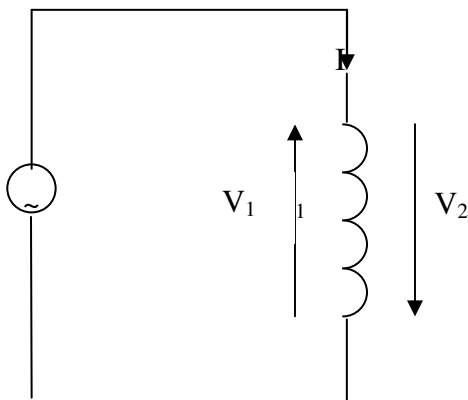
Die waarde van 'n induktor bepaal hoeveel energie dit in sy magneetveld kan stoor, en dus hoe effektief dit pogings om stroom wat deur hom vloei te laat verander kan opponeer. Induktorwaardes word in henry, afkorting H, aangedui. Tipies gebruiklike waardes word in mikrohenry ( $\mu\text{H}$ ) of millihenry (mH) gemeet.

Die waarde van 'n induktor word bepaal deur die aantal windings in 'n spoel asook die spasiëring tussen die drade van die wikkings – hoe meer wikkings, hoe hoër die waarde. Dit is ook afhanklik van die *permeabiliteit* van die materiaal binne-in die spoel. Dit mag lug wees, vir 'n spoel sonder 'n kern, of metaal, tipies ysterferriet. Die permeabiliteit van die kern bepaal die sterkte van die magneetveld wat deur die stroomvloei deur die induktor veroorsaak sal word. Aangesien ysterferriet se permeabiliteit baie hoër as die van lug is, sal 'n ferrietkern-induktor hoër induktansie hê as een sonder 'n kern (of met 'n lugkern), maar met dieselfde aantal windings. Alhoewel ferrietkern-induktors hoër induktansies as lugkerninduktors het, het hulle ook hoër verliese, veral by radiofrekwensies. Lugkerninduktors kan van stywe draad gedraai word, in welke geval hulle selfondersteunend kan wees, of hulle kan op plastiekvorms gedraai word.

Induktansie word met die simbool 'L' aangedui aangesien 'I' reeds vir stroom gebruik word.

## Induktors in WS-kringe

Beskou die volgende kring, wat 'n wisselspanningsbron toon wat aan 'n induktor verbind is:



Die effek van die WS-toevoer is om deurlopend te probeer om die stroomvloei deur die induktor te verander. Dit sal die magnetiese veld verander, wat op sy beurt 'n spanning oor die induktor sal induseer wat enige verandering in stroomvloei deur die induktor sal opponeer. By voorbeeld, veronderstel die spanningsbron probeer om die stroom wat in die rigting van  $I$  vloei te vergroot. Die geïnduseerde spanning sal in die rigting van  $V_1$  wees en sal die toename in stroom teëwerk. Wanneer die spanning egter begin om die stroom wat in die rigting  $I$  vloei, te verminder, sal die geïnduseerde spanning in die rigting  $V_1$  wees wat die toename in stroomvloei opponeer. Wanneer die spanning egter begin om die stroomvloei in die rigting  $I$  te verminder, sal die geïnduseerde spanning in die rigting van  $V_2$ , wees en die poging om die stroom in die rigting van  $I$  vloei, opponeer, ens.

Die feit dat die geïnduseerde spanning altyd die verandering in die stroomvloei opponeer, beteken nie dat die stroomvloei in 'n induktor nie verander kan word nie. Dit beteken net dat stroomvloei deur 'n induktor nie oombliklik kan verander nie; dit sal altyd 'n bietjie tyd neem (afhangende van die waarde van die induktor en die aangelegde spanning) om die finale waarde te bereik.

## Induktiewe Reaktansie

Omdat stroom in WS-kringe gedurig verander, en induktors enige poging om stroom deur die induktor te verander teenstaan, opponeer induktors die vloei van stroom in 'n WS-kring. Hierdie teenstand is egter nie weerstand nie aangesien daar nie energie in die induktor vrygestel word nie – dit 'leen slegs energie' van en 'besorg dit weer terug' aan die kring, soortgelyk aan die kapasitor. Net soos vir kapasitors is die opposisie wat deur 'n induktor teen stroomvloei in WS-kringe gebied word *reaktansie* genoem.

Beskou die effek van frekwensie. Hoe hoër die frekwensie, hoe hoër is die tempo waarteen stroomvloei verander. Aangesien die induktor effektief die veranderings in stroom teenstaan, sal dit hoër reaktansie by hoër frekwensies vertoon (waar die stroom vinnig verander) as by laer frekwensies (waar die stroom stadig verander). Dit blyk uit die formule vir die reaktansie van 'n induktor:

$$X_L = 2 \pi f L$$

Waar  $X_L$  die reaktansie van die induktor in ohm is,  $\pi$  die wiskundige konstante pi (ongeveer 3,14),  $f$  die frekwensie in Hertz en  $L$  die induktansie in Henry. Let op die afwesigheid van 'n minusteken – die reaktansie van 'n induktor is altyd positief. Dit is ook proporsioneel aan die frekwensie, as die frekwensie verdubbel, verdubbel die reaktansie, en as die frekwensie halveer, halveer die reaktansie.

## Ohm se Wet en Reaktansie

Nadat die reaktansie van 'n induktor vasgestel is, kan Ohm se wet gebruik word om stroom of spanning in 'n kring te bereken deur weerstand met die reaktansiewaarde  $|X_L|$  te vervang. By voorbeeld, veronderstel 'n 1 V sein by 'n frekwensie van 1 MHz aan 'n induktor van  $10 \mu\text{H}$  aangelê. Die reaktansie van die induktor *by hierdie frekwensie* word as volg bereken:

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \pi f L \\ &= 2 \times 3.14 \times 10^6 \times 10^{-5} \\ &= 62.8 \Omega \end{aligned}$$

Die stroom wat deur die induktor vloei kan bereken word met die gebruik van Ohm se wet maar met weerstand vervang met die waarde van die reaktansie:

$$\begin{aligned}
I &= V \div |X| \\
&= 1 \div 62.8 \\
&= 0.016 \\
&= 16 \text{ mA}
\end{aligned}$$

Let op dat alhoewel reaktansie in ohm gemeet word, dit nie dieselfde as weerstand is nie, dus kan weerstande en reaktansies nie bymekaar getel word nie.

## Faseverhoudings tussen Spanning en Stroom

Die spanning oor 'n induktor *yl altyd met 90° voor* die stroom wat deur in induktor vloei. Andersom gestel, *yl die stroom altyd met 90° agter* die aangelegde spanning aan 'n induktor. Die 90° faseverskil tussen die spanning en die stroom beteken dat geen energie in perfekte induktor vrygestel word nie – energie wat van die kring ontnem en in die magneetveld gedurende een deel van 'n siklus gestoor word, word weer gedurende 'n volgende deel van die siklus aan die kring teruggegee.

Praktiese induktors word van elektriese draad gemaak wat weerstand het. Alhoewel die weerstand gewoonlik laag is, word 'n mate van energie tog as gevolg van die weerstand verbruik.

'n Bruikbare akroniem wat gebruik kan word om die faseverhouding in kapasitore en induktore te help onthou is "CIVIL". Die eerste drie letters "CIV" beteken "in 'n kapasitor (C) yl die stroom (I) voor die spanning (V)", Die laaste drie letters beteken "spanning (V) yl voor die Stroom (I) in 'n induktor (L)".

## Induktors in Serie in Parallel

Induktors in serie en parallel gedra hulle soortgelyk as weerstande in serie en parallel. Vir induktore in serie:

$$L_{EKWIV} = L_1 + L_2 + \dots$$

terwyl vir induktore in parallel,

$$1 \div L_{EKWIV} = (1 \div L_1) + (1 \div L_2) + \dots$$

By voorbeeld, indien 'n 4,7  $\mu\text{H}$  induktor in parallel met 'n 3,3  $\mu\text{H}$  induktor verbind word, kan die ekwivalente induktansie as volg bereken word:

$$1 \div L_{EKWIV} = (1 \div L_1) + (1 \div L_2) + \dots$$

$$= 1 \div (4.7 \times 10^{-6}) + 1 \div (3.3 \times 10^{-6})$$

$$= 212\,766 + 303\,030$$

$$= 515\,796$$

$$\text{dus } L_{EKWIV} = 1 \div 515\,796$$

$$= 1.9 \mu\text{H}$$

## Opsomming

Induktore stoor energie in hulle magnetiese velde. Soos die stroom in 'n induktor verander, induseer die veranderende magnetiese veld 'n spanning oor die induktor wat die verandering in stroom in die induktor opponeer. Dit word 'selfinduktansie' genoem.

In WS-kringe vertoon induktore 'n reaktansie proporsioneel aan die frekwensie. Die formule vir die reaktansie van 'n induktor is:

$$X_L = 2 \pi f L$$

Ohm se wet kan toegepas word met gebruik van die grootte van reaktansie in die plek van 'n weerstand:

$$V = Ix |X| \text{ or } |X| = V \div I \text{ or } I = V \div |X|$$

Die spanning oor 'n induktor *ly met 90° voor* die stroom deur die induktor. Die faseverhouding tussen spanning en stroom in kapasitors en induktors kan met behulp van die akroniem "CIVIL" onthou word.

Die ekwivalente induktansie van twee of meer induktore in serie word aangegee deur:

$$L_{EKWIV} = L_1 + L_2 + \dots$$

Die ekwivalente induktansie van twee of meer induktore in parallel word aangegee deur:

$$I \div L_{EKWIV} = (I \div L_1) + (I \div L_2) + \dots$$

## Hersieningsvrae

**1 Die karakteristieke tru-EMK wat deur 'n verdwynende magnetiese veld in 'n spoel veroorsaak word, word genoem:**

- Mutual induktansie.
- Selfinduktansie.
- Magnetiese vloed.
- Die solenoïde-effect.

**2 Wat is die eenheid van induktansie?**

- Die henry.
- Die coulomb.
- Die farad.
- Die ohm.

**3 'n Klein lugkernspoel het 'n induktansie van 5 mikrohenry. Wat moet jy doen indien jy 'n 5 millihenry spoel met die dieselfde afmetings benodig?**

- Die spoel moet om 'n niegeleidende buis gedraai word.
- Die spoel moet om 'n ysterkern gedraai word.
- Die ente van die spoel moet by mekaar gebring word sodat die spoel die vorm van 'n "doughnut" aanneem.
- Die spoel moet van dikker draad gemaak word.

**4 Vir radiofrekwensie-kragaanwendings, watter tipe induktor sal die laagste verliese toon?**

- Magnetiese draad.
- Ysterkern.
- Lugkern.
- Slug-tuned.

**5 In an induktiewe kring sal die wisselstroom wat opgewek word relatief tot die aangelegde EMK:**

- Nalydend met 90 grade wees.
- 180 grade uit fase wees.
- Voorlydend met 90 grade wees.
- In fase wees.

**6 Die faseverskuiwing tussen spanning en stroom in 'n induktor is:**

- a. 90 grade.
- b. 45 grade.
- c. 360 grade.
- d. In fase.

**7 Die reaktansie van 'n induktor:**

- a. Bly konstant met veranderende frekwensie.
- b. Neem toe met stygende frekwensie.
- c. Neem af met stygende frekwensie.
- d. Neem toe met afnemende frekwensie.