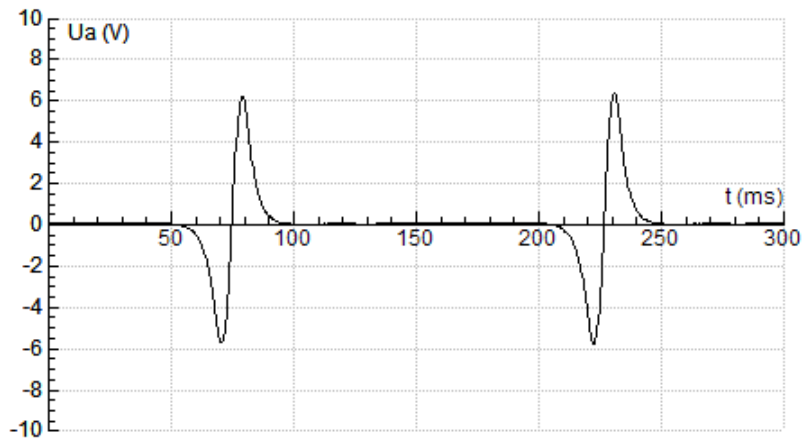


**Opgaven 6.1 – Inductiespanning**

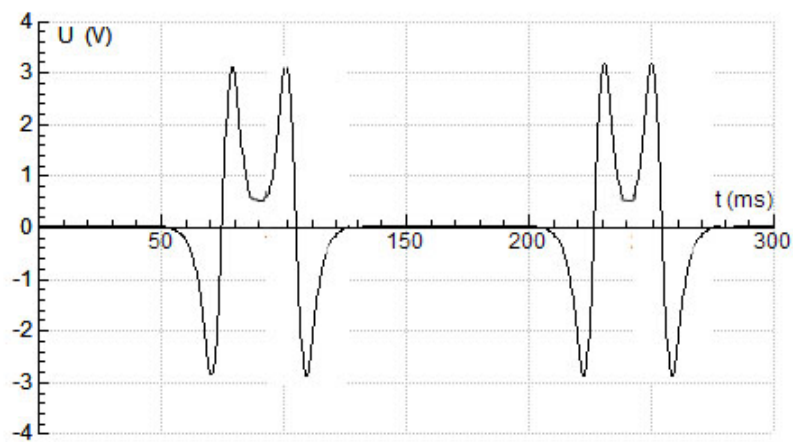
- 1 a De spanning wordt 2× zo hoog.



- b Ook nu is de spanning 2× zo hoog en de pieken volgen elkaar 2× zo snel op.



- c Na  $0,25T$  volgt een tweede piek die andersom staat. De pieken vloeien in elkaar over.



- 2 a<sup>1</sup> De spoel krijgt rechts een noordpool als de magneet daar naar binnen gaat. Daar  
 a<sup>2</sup> hoort van rechts gezien een tegenwijzerstroom bij, dus flitst de rode led.

---

Als de magneet de spoel verlaat krijgt die rechts een zuidpool  $\Rightarrow$  wijzerstroom  $\Rightarrow$  de groene led flitst.

---

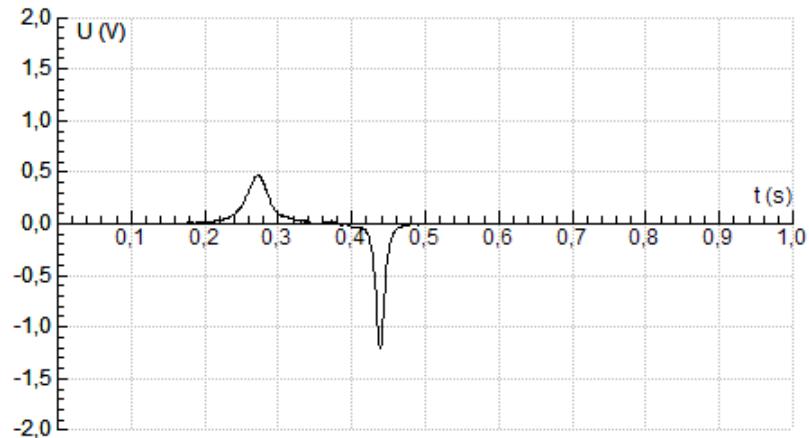
**b** De spoel krijgt nu links een zuidpool, dus weer rechts een noordpool. De flitsvolgorde is dus hetzelfde. -

---

**3 a** De tweede piek is smaller doordat de snelheid van de magneet bij het verlaten van de spoel groter is geworden. De oppervlakken van de pieken zijn even groot. -

---

**b** Zo'n grafiek ziet er bijvoorbeeld zo uit:

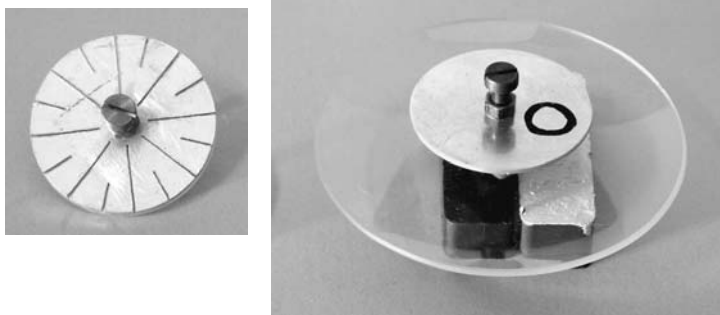



---

Tijdens het verblijf van de magneet in de lange spoel verandert er geen flux.

---

**4** -




---

De denkbeeldige ringen zoals bij het rechter toletje worden door de zaagsnedes onderbroken en daardoor kunnen inductiestromen niet goed op gang komen.

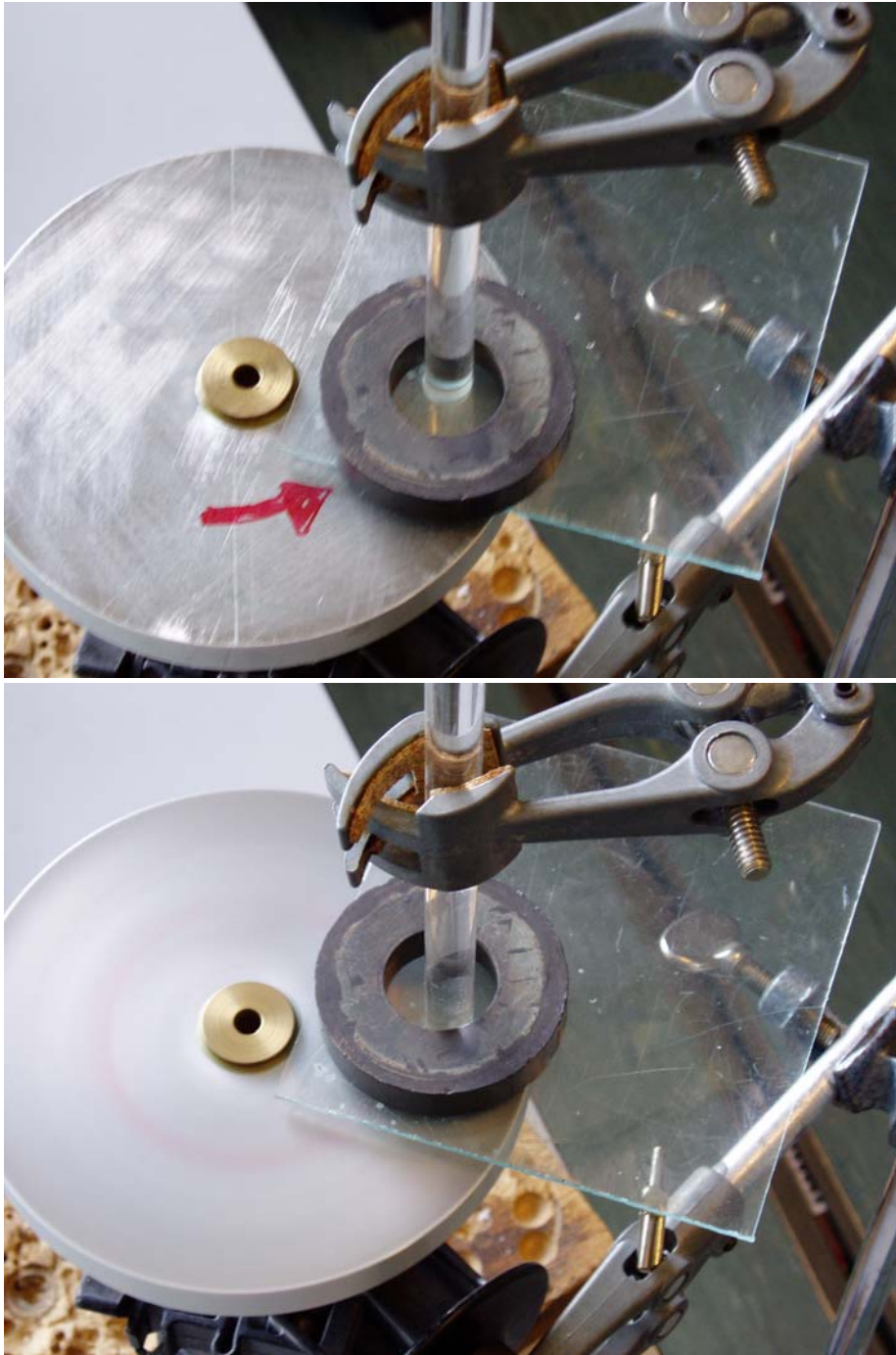
---

5

De ringmagneet gaat niet zweven. Dat lijkt maar zo; hij ondervindt van de vinger zoveel wrijving dat hij niet omlaag zakt.

De ring wordt alleen meegesleept, zoals op deze twee foto's te zien is. Hij ligt hier op een schijfje perspex dat 1 mm boven de schijf wordt vastgehouden.

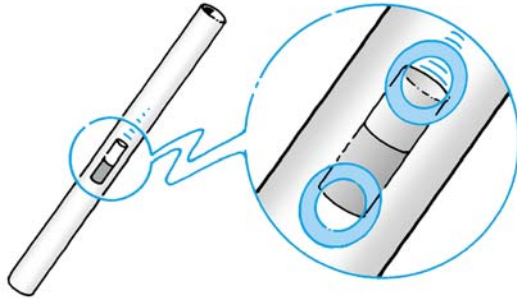
Op de eerste foto staat de schijf stil, op de tweede draait hij.



De vraag zou moeten luiden: 'Waarom wordt de ringmagneet meegesleept?'

We hebben hier te maken met het omgekeerd van Proef 6. Daar werd een schijf aluminium meegesleept door een draaiende magneet. Ook nu moet je denkbeeldige ringen aanbrengen in het aluminium. Als zo'n ring de magneet nadert, wordt hij afgestoten door de magneet, maar via actie/reactie wordt ook de magneet afgestoten door de schijf.

- 
- 6 a** De ringen die hier getekend zijn, kun je in gedachte rondom in het aluminium gebruiken.  
Als de noordpool zo'n ring nadert, zorgt hij ervoor dat die ring zelf een noordpool wordt  $\Rightarrow$  afstoting, dus afremming.  
De zuidpool van de magneet verlaat de andere ring en zorgt ervoor dat daar óók een noordpool ontstaat  $\Rightarrow$  aantrekking, dus ook afremming.



- 
- b**  $E_z \rightarrow E_k + E_t$  (warmte)
- 
- c** De soortelijke weerstand van koper is kleiner dan die van aluminium, dus zijn de inductiestromen groter.
-

---

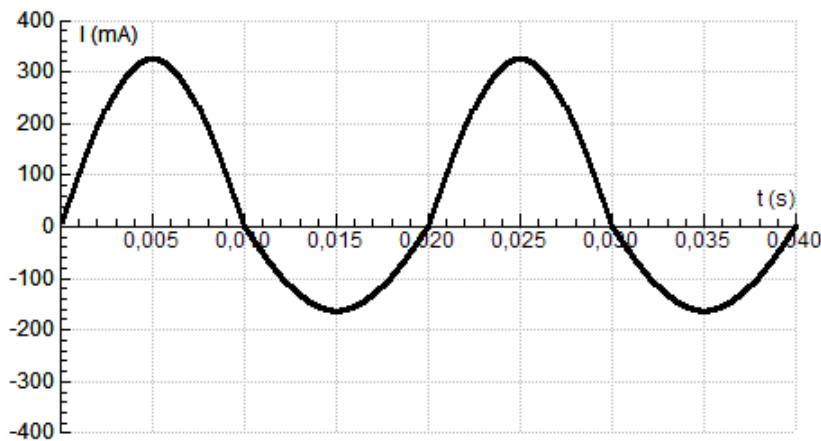
**6.2 De transformator**


---

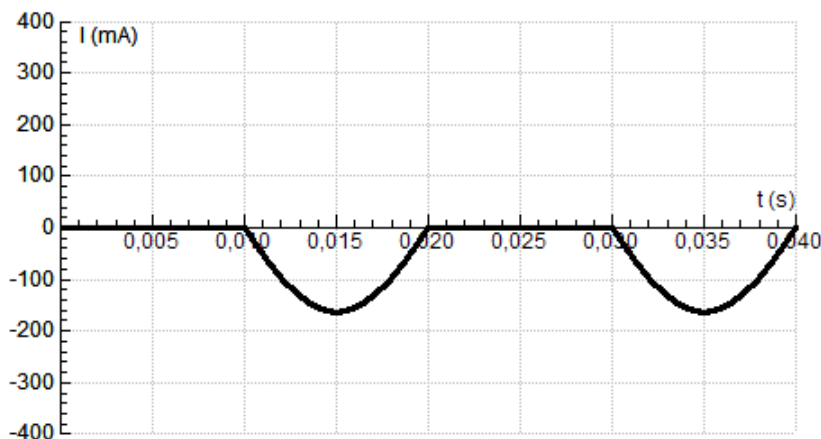
7	-	De eerste transformator brengt de spanning omlaag van 230 V naar bijvoorbeeld 12 V. De tweede brengt de spanning weer omhoog naar 230 V en die staat dan dus op de onbeschermd pootjes van de stekker.	-																																																	
8	a	2,19 V is ongeveer het honderdste deel van 230 V. Je kunt ook zeggen: $2,3 \text{ V} \approx 2,19 \text{ V}$ .	-																																																	
	b	Bij een ideale trafo met $N_s = 5$ zou de meter 2,30 V aanwijzen.	2,30 V																																																	
9	a	$I_p = \frac{500}{230} = 2,17 \text{ A}$	2,17 A																																																	
	b	$I_s^2 \cdot 100 = 500 \Rightarrow I_s = 2,24 \text{ A}$ en $U_s = 2,24 \cdot 100 = 224 \text{ V}$	2,24 A 224 V																																																	
	c	$N_p : N_s = 230 : 224 = 1 : 1$ Je hebt dus te maken met een scheidingstransformator/	1 : 1																																																	
10	-	Bereken eerst het vermogen: $P = 8 \cdot 1 = 8 \text{ W}$ $I_p = \frac{P}{U_p} = \frac{8}{230} = 0,035 \text{ A}$	0,035 A																																																	
11	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>U_p</math> (V)</th> <th><math>I_p</math> (A)</th> <th><math>P</math> (W)</th> <th><math>N_p : N_s</math></th> <th><math>U_s</math> (V)</th> <th><math>I_s</math> (A)</th> <th><math>R_s</math> (<math>\Omega</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>230</td> <td>4,35</td> <td>1000</td> <td>10 : 1</td> <td>23</td> <td>43,5</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>230</td> <td>0,008</td> <td>1,8</td> <td>38 : 1</td> <td>6</td> <td>0,3</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>1 : 50</td> <td>100</td> <td>0,40</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,50</td> <td>100</td> <td>2 : 1</td> <td>100</td> <td>1,00</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0,10</td> <td>1</td> <td>0,1</td> <td>1 : 100</td> <td>10</td> <td>0,01</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1</td> <td>200</td> <td>100 : 1</td> <td>2</td> <td>100</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>	$U_p$ (V)	$I_p$ (A)	$P$ (W)	$N_p : N_s$	$U_s$ (V)	$I_s$ (A)	$R_s$ ( $\Omega$ )	230	4,35	1000	10 : 1	23	43,5	0,53	230	0,008	1,8	38 : 1	6	0,3	20	2,0	20	40	1 : 50	100	0,40	250	200	0,50	100	2 : 1	100	1,00	100	0,10	1	0,1	1 : 100	10	0,01	1000	200	1	200	100 : 1	2	100	0,02	-
$U_p$ (V)	$I_p$ (A)	$P$ (W)	$N_p : N_s$	$U_s$ (V)	$I_s$ (A)	$R_s$ ( $\Omega$ )																																														
230	4,35	1000	10 : 1	23	43,5	0,53																																														
230	0,008	1,8	38 : 1	6	0,3	20																																														
2,0	20	40	1 : 50	100	0,40	250																																														
200	0,50	100	2 : 1	100	1,00	100																																														
0,10	1	0,1	1 : 100	10	0,01	1000																																														
200	1	200	100 : 1	2	100	0,02																																														
12	a	$I_s = \frac{600}{5} \cdot 2,4 = 288 \text{ A}$	$2,9 \cdot 10^2 \text{ A}$																																																	
	b	De spijker wordt heet en daardoor neemt zijn weerstand toe. Beide stroomsterktes worden daardoor kleiner.	-																																																	
13	a	$I_p = \frac{20}{230} = 0,087 \text{ A}$ en $I_s = \frac{20}{12} = 1,7 \text{ A}$	0,087 A 1,7 A																																																	
	b	De draden naar de lamp moeten zo kort mogelijk zijn want daar loopt de grootste stroom door.	-																																																	
14	a	$I_s = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ A}$	2,5 A																																																	
	b	De weerstand van de kabel is $1,0 \Omega \Rightarrow U_{\text{verlies}} = 2,5 \text{ V}$	2,5 V																																																	
	c	$U_s = 12 + 2,5 = 14,5 \text{ V}$	14,5 V																																																	
	d	$880 : N_s = 230 : 14,5 \Rightarrow N_s = 55,5 \Rightarrow 56$ windingen ( $\Rightarrow 14,6 \text{ V}$ )	56																																																	
	e <sup>1</sup>	$P_{\text{verlies}} = I^2 \cdot 1 = 2,5^2 \cdot 1 = 6,3 \text{ W}$	6,3 W																																																	
	e <sup>2</sup>	verlies = $\frac{6,25}{36,25} \cdot 100 = 17\%$	17%																																																	
	f	Met de transformator in de schuur heb je minder verlies, maar je hebt dan wel een kabel door de tuin lopen waar 230 V op staat.	-																																																	

**Opgaven hoofdstuk 6**

- 15 **a** De winnaar kan de magneet héél snel in de spoel steken of hem er uit halen. -
- b** Met minder windingen ben je in het nadeel, want je krijgt een grote spanning met:
- een sterke magneet
  - een spoel met veel windingen
  - een snelle verandering van het magnetisch veld in de spoel.
- 16 **a** Je kijkt tegen een tegenwijzerstroom aan dus tegen een Noordpool. -
- b** De ring wordt door de magneet weggestoten. Die heeft dus aan zijn linkerkant een noordpool. -
- c** Er vindt nu weer afstoting plaats want de ring verzet zich volgens de wet van Lenz altijd tegen een verandering van het magnetisch veld. Nu nadert de zuidpool van de magneet de inductiezuidpool van de ring. Daarin loopt nu een wijzerstroom. -
- 17 **a** Als de stroom met de klok mee gaat dan is  $I > 0$   
 $U_{\text{eff}} = 230 \cdot \sqrt{2} = 325 \text{ V}$   
 $I_{\text{max},1} = 325/1 = 325 \text{ mA } I > 0$   
 $I_{\text{max},2} = 325/2 = 163 \text{ mA } I < 0$



**b**

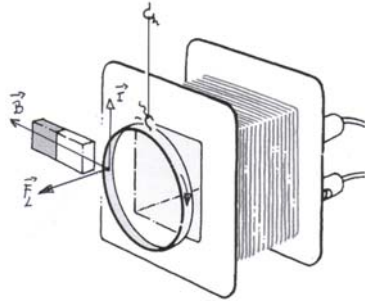


- 18 - Als S gesloten is, is er geen verandering van flux, dus staat de wijzer op nul.  
 Het openen van S heeft het omgekeerde effect van sluiten, dus gaat de wijzer naar links.  
 Als S open is, verandert er weer geen flux en staat de wijzer op nul.

- 19 - Als je de stroom in- of uitschakelt, verander je het veld van de spoel. Dit veranderende veld zorgt voor een inductiestroom in de ring. Als de verandering voorbij is, sterft de stroom uit door warmteontwikkeling.

Het veld van de magneet en de inductiestroom in de ring zorgen ervoor dat er een lorentzkracht ontstaat die de ring laat draaien aan het ophangtouwje.

Deze figuur toont de vectoren als er een wijzerstroom in de ring loopt.



- 20 a Dewisselspanningsmeter wijst de effectieve spanning aan.  $U_{\text{eff}} = \frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot 10 = 7 \text{ V}$ . C
- b Een gelijkspanningsmeter wijst de gemiddelde spanning aan. Die is 0 V. B
- c Bij deze sinusvormige spanning geldt:  $U_{\text{eff}} = \frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot U_{\text{max}} = 0,7 \cdot U_{\text{max}}$  -

- 21 a<sup>1</sup>  $Q_1 = 4^2 \cdot 2,0 \cdot 0,1 = 3,2 \text{ J}$  3,2 J  
 $Q_2 = 1^2 \cdot 2,0 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ J}$  0,4 J  
 $Q_3 = (-1)^2 \cdot 2,0 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ J}$  0,4 J  
 $Q_4 = (-4)^2 \cdot 2,0 \cdot 0,1 = 3,2 \text{ J}$  3,2 J
- a<sup>2</sup>  $Q = 3,2 + 0,4 + 0,4 + 3,2 = 7,2 \text{ J}$  7,2 J
- b  $7,2 = I_{\text{eff}}^2 \cdot 2,0 \cdot 0,6 \Rightarrow I_{\text{eff}}^2 = 6,0 \Rightarrow I_{\text{eff}} = 2,45 \text{ A}$  2,5 A

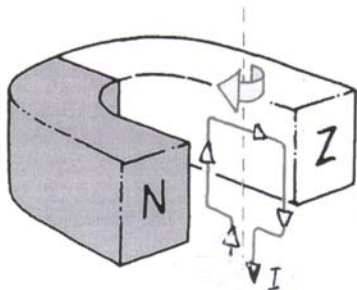
- 22 a Het vlak van het draadraam waar we nu tegenaan kijken noemen we A, de achterkant B.
- b Bij de getekende situatie hoort het tijdstip  $t = 0$ . Er prikken dan veldlijnen bij A naar binnen.

Tijdens de eerste kwartslag ná  $t = 0$  neemt het aantal veldlijnen door A af. In de winding gaat dus volgens Lenz een stroom lopen die de afnemende veldlijnen aanvult. We kijken tegen een zuidpool aan – zie de schets. We noemen die stroomrichting positief (in verband met vraag c).

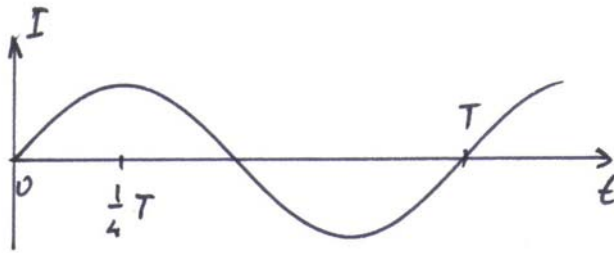
Op  $t = 0,25T$  gaan er geen veldlijnen meer door de winding. Na dit tijdstip kijken we tegen B aan.

Tijdens de tweede kwartslag neemt het aantal veldlijnen dat bij B naar binnen gaat toe. Volgens Lenz zal de winding zich daartegen verzetten met een stroom in dezelfde richting als zojuist, dus weer positief.

Tussen  $t = 0$  en  $t = 0,5T$  loopt er dus een stroom in positieve richting.

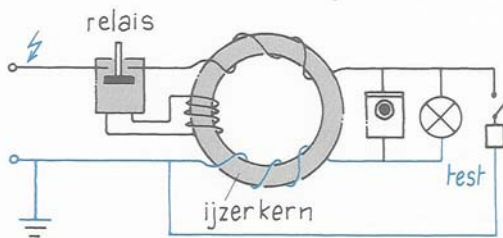


- c** Op  $t = 0$  is de veldsterkte in de spoel maximaal en geeft een kleine draaiing weinig verandering van veld. De inductiestroom is dan nul.  
Na een kwartslag is het veld nul, maar geeft een kleine draaiing een grote verandering. De stroomsterkte is dan maximaal.



- 23 a** De twee draden van aan- en afvoerstroom zijn tegengesteld gewikkeld. Hun magnetische velden in de ijzeren kern heffen elkaar dus op als die stromen even groot zijn.

De testknop zit in de figuur niet op de goede plaats. Het moet zo:



- b** Als je op de testknop drukt, gaat de afvoerstroom niet rondom de ijzeren kern en wordt het magnetische veld van de aanvoerstroom niet gecompenseerd.

**24 a**  $P_{\text{verlies}} = 3,5 \cdot 10^6 \text{ W} = I^2 \cdot 5 \Rightarrow I = 8,37 \cdot 10^2 \text{ A}$  8,4 · 10<sup>2</sup> A

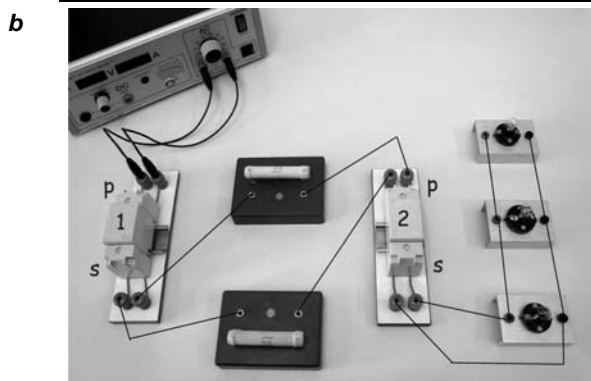
**b**  $P = 100 \cdot 10^6 = I_{\text{centrale}} \cdot 12 \cdot 10^3 \Rightarrow I_c = 8,33 \cdot 10^3 \text{ A}$  120 kV  
 $\rho = 100 \cdot 10^6 = I_{\text{kabel}} \cdot U \Rightarrow U = 1,195 \cdot 10^5 \text{ V}$

**c** Bij S:  $U = 1,195 \cdot 10^5 - 8,37 \cdot 10^2 \cdot 5,0 = 115 \text{ kV} \Rightarrow$   
transformatieverhouding is  $115 \cdot 10^3 : 20 \cdot 10^3 = 5,8 : 1$  5,8 : 1

**d** Al:  $A = 48 \cdot 5,4 \cdot 10^{-6} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  en  $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$   
staal:  $A = 7 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$  en  $\rho = 180 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$  te verwaarlozen  
 $5,0 = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{l}{2,6 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow l = 4,8 \cdot 10^4 \text{ m}$  4,8 · 10<sup>4</sup> m

Als je het staal wel meerekent en de formule voor parallelle weerstanden gebruikt, vind je 49 km i.p.v. 48 km.

- 25 a** De weerstanden 'spelen' voor hoogspanningsleiding.



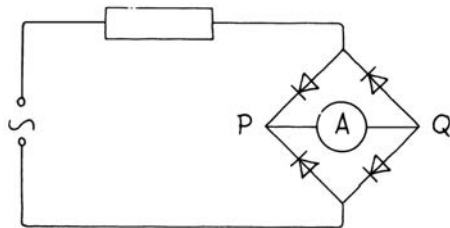
	<b>c</b>	Door de spanning bij T1 omhoog te transformeren wordt $I_{S,1} = I_{P,2}$ klein. Het verliesvermogen $I^2 \cdot R$ wordt daardoor klein.	-
	<b>d</b>	$P_{\text{verlies}} = 2 \times 1,5^2 \cdot 20 = 90 \text{ W}$	90 W
	<b>e</b>	$U_{\text{verlies}} = 2 \times 1,5 \cdot 10 = 30 \text{ V} \Rightarrow U_{P,2} = 200 \text{ V} \Rightarrow U_{S,2} = \frac{6}{230} \cdot 200 = 5,2 \text{ V}$	5,2 V
	<b>f</b>	$R = \rho \frac{\ell}{A} \Rightarrow \ell = \frac{A \cdot R}{\rho}$ $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ $A = \pi \cdot (1,25 \cdot 10^{-2})^2 = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  $\ell = \frac{4,9 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{27 \cdot 10^{-9}} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ m} = 180 \text{ km}$	180 km
<b>26</b>	<b>a</b>	$I_p = \frac{100}{230} = 0,438 \text{ A}$	0,44 A
	<b>b</b>	$I_s = 1100 \cdot 0,438 = 4,8 \cdot 10^2 \text{ A}$	$4,8 \cdot 10^2 \text{ A}$
	<b>c</b>	Bij een stel serieweerstanden wordt het meeste vermogen opgewekt in de grootste weerstand.	-
	<b>d<sup>1</sup></b>	Ja. De secundaire spanning is maar $230/1100 = 0,21 \text{ V}$ Je handen staan parallel aan het draadstuk. De weerstand van je handen en de rest van je lichaam is zo groot dat er geen 480 A door jou gaat stromen.	-
	<b>d<sup>2</sup></b>	Ja. Die secundaire spanning verandert niet.	-
<b>27</b>	<b>a</b>	Uit de wet van Lenz volgt dat de kleine spoel probeert te ontsnappen uit het veld van de grote spoel.	-
	<b>b</b>	$R = 45 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3,1 \cdot 10^{-2}}{0,40 \cdot 10^{-6}} = 3,49 \cdot 10^{-2} \Omega$	$3,5 \cdot 10^{-2} \Omega$
	<b>c<sup>1</sup></b>	$I = \frac{U}{R} = \frac{3,1}{3,49 \cdot 10^{-2}} = 88,9 \text{ A}$	89 A
	<b>c<sup>2</sup></b>	$I = 89 + 1,1 = 90 \text{ A}$	90 A
	<b>d</b>	$I_p : I_s = 25 : 500 \Rightarrow I_p > \frac{90}{20} = 4,5 \text{ A}$	> 4,5 A
	<b>e</b>	De grote stroom door het draadje zorgt ervoor dat er voldoende opwaartse kracht is. Als die stroom wegvalt, komt de spoel in een sterker veld. Daardoor wordt de inductiespanning groter en brandt het lampje door.	-

**Toets**

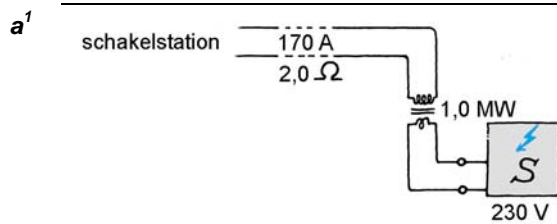
**1 Twee spoelen**

- a** Ja er ontstaat spanning want het sluiten van de linker kring zorgt voor een magnetisch veld. Dat veld wordt door het ijzer doorgegeven aan de rechter spoel. -
- b** Er gaat nu in de rechter spoel een stroom lopen. Volgens de wet van Lenz wordt de oorzaak van die stroom tegengewerkt en dus zullen de spoelen van elkaar weg schieten. -

**2 Wisselstroom meten**



**3 Een transformatorhuisje**



**a<sup>2</sup>**  $I_s = \frac{1,0 \cdot 10^6}{230} = 4,35 \cdot 10^3 \text{ A} \Rightarrow N_p : N_s = 4,35 \cdot 10^3 : 170 = 26 : 1$  26 : 1

Je kunt ook de primaire spanning bij het transformatorhuisje uitrekenen, die is 5,9 kV.

**b<sup>1</sup>**  $P_{\text{verlies}} = 170^2 \cdot 2,0 = 58 \text{ kW}$  58 kW

**b<sup>2</sup>**  $\text{percentage} = \frac{58 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 10^6 + 58 \cdot 10^3} \cdot 100 = 5,5\%$  5,5%

**c**  $P_{\text{station}} = 1,0 \cdot 10^6 + 58 \cdot 10^3 = U_s \cdot 170 \Rightarrow U_s = 6,2 \text{ kV}$  6,2 kV

**4 Magneten die door spoelen vallen**

- a**
- A Al de tijd dat de magneet in de spoel zit, verandert er niets  $\Rightarrow$  plaatje 2.
  - B Dit is plaatje 1, zoals bij andere metingen in dit hoofdstuk. Het wordt nog duidelijker dat dit het goede plaatje is als je eerst bij C je keuze maakt. A - 2  
B - 1
  - C Het naar binnen gaan van de magneet wordt niet gemeten. Je krijgt dus maar één piek: plaatje 3. De 'eerste' piek van de andere plaatjes ontbreekt. C - 3
- b** Bij plaatje 2 weet je dat de noordpool onder zit. -  
 Bij de plaatjes 1 en 3 moet de noordpool dus boven zitten.