

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 18

1 Je moet van enkele elektrische automaten (thermostaat, waakvlambeveiliging, zekering) kunnen aangeven wat ze regelen en hoe ze dat doen. [P1, T1, W1]

2 Je moet de (U,I) -karakteristiek van een 'ohmse' weerstand, een lamp en een NTC kunnen tekenen. [P1, T1, W1]

3 Je moet de verschillen in de (U,I) -karakteristieken van een ohmse weerstand, een lamp en een NTC kunnen verklaren. [P1, T1, W1]

4 Je moet uit een (U,I) -karakteristiek de waarde van een weerstand bij een bepaalde spanning kunnen berekenen. [P1, T1, W1]

5 Je moet weten wat bedoeld wordt met de soortelijke weerstand van een stof. [P2, T2, W2]

6 Je moet de eenheid van en het symbool voor soortelijke weerstand kennen. [P2, T2, W2]

7 Je moet het verband tussen de weerstand, de soortelijke weerstand, de oppervlakte van de doorsnede en de lengte van een stuk draad kennen, en dat verband ook kunnen toepassen. [P2, T2, W2]

8 Je moet weten dat de soortelijke weerstand van een stof afhangt van de temperatuur. [P2, T2, W2]

9 Je moet de werking kennen van een regelbare weerstand en een potentiometer. [P2, T2, W2]

10 Je moet weten wat een spanningsdelers is en waarvoor deze wordt gebruikt. [P2, T2, W2]

11 Je moet weten wat een transformator is. [P3, T3, W3]

12 Je moet weten waar een transformator voor wordt gebruikt. [P3, T3, W3]

13 Je moet weten dat bij een ideale transformator het vermogen in de primaire kring even groot is als het vermogen in de secundaire kring. [P3, T3, W3]

14 Je moet het verband tussen U_p , U_s , N_p en N_s kennen, en dat verband ook kunnen toepassen. [P3, T3, W3]

15 Je moet het verband tussen I_p , I_s , N_p en N_s kennen, en dat verband ook kunnen toepassen. [P3, T3, W3]

16 Je moet weten wat we met inductie bedoelen en waar de inductie in een spoel van afhangt. [P4, T4, W4]

17 Je moet de werking van een transformator kunnen verklaren. [P4, T4, W4]

Blok 18

Elektrische apparaten

Basisstof

T1 Automatisch regelen en beveiligen 52

W1 53

T2 De weerstand van een draad 54

W2 56

T3 De transformator 57

W3 59

T4 Inductie 60

W4 61

Herhaalstof

H1 Begrippen in blok 18 63

H2 Weerstand 64

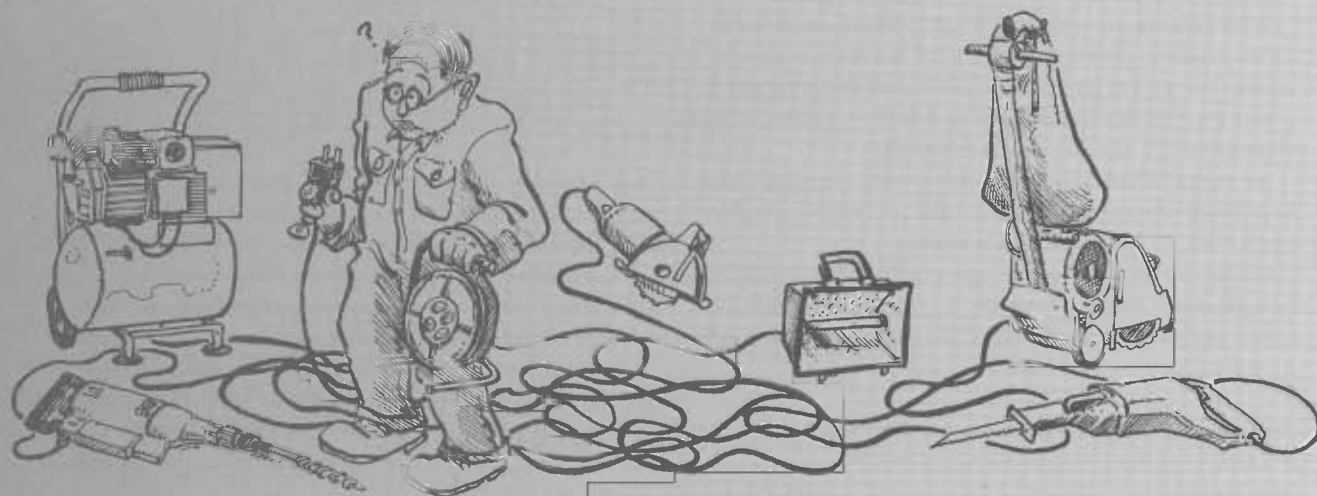
H3 Inductie 66

Extrastof

E1 Practicum: de schuifweerstand 68

E2 Zachtjes naar 230 V (leestekst met vragen) 70

E3 Oefenopgaven 72



Automatisch regelen en beveiligen

Vooraf: is het symbool voor spanning V of U ?

In de vorige blokken over elektriciteit werd voor de elektrische spanning het officiële symbool V gebruikt. Maar in het mavo- en lbo-eindexamenprogramma wordt het symbool U gebruikt. Daarom tref je in dit boek alleen nog het symbool U aan voor elektrische spanning.

Inleiding

Veel elektrische apparaten in huis regelen iets. Zo regelt de thermostaat de temperatuur in de kamer. De zekering bepaalt de maximaal toelaatbare stroomsterkte in de elektrische bedrading.

fig. 1
Een thermostaat is een regelautomaat.

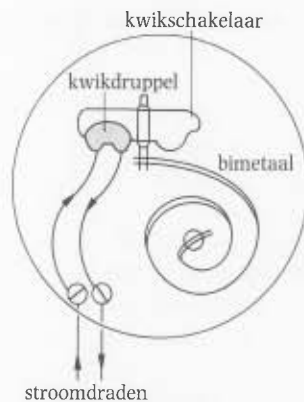


fig. 2
Een zekering is een beveiligingsautomaat.

Deze apparaten doen hun werk automatisch. Ze controleren of er aan een bepaalde (door ons ingestelde) voorwaarde wordt voldaan. Je kunt ze in twee soorten verdelen.

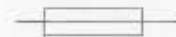
1 De beveiligingsautomaten, zoals de zekering en de waakvlambeveiliging. Deze automaten doen het werk beter dan mensen het zouden kunnen doen. Er wordt namelijk voortdurend gecontroleerd of zich een gevaarlijke situatie voordoet. Als er gevaar is, wordt er direct gehandeld.

2 De regelautomaten, zoals de thermostaat. Deze apparaten doen dingen die mensen ook wel kunnen doen, maar het is gemakkelijker als het automatisch gebeurt.

Sommige van deze automaten ben je al in de blokken 5 en 10 tegengekomen. Nieuw zijn echter de automaten die gebruik maken van speciale weerstanden, die gevoelig zijn voor licht of temperatuur.

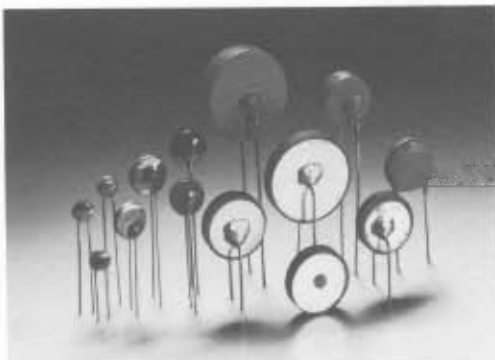
Voor regeling van de temperatuur worden weerstanden gebruikt, waarvan de waarde afhangt van de temperatuur. Zulke weerstanden worden NTC's genoemd (weerstanden met

symbool zekering:



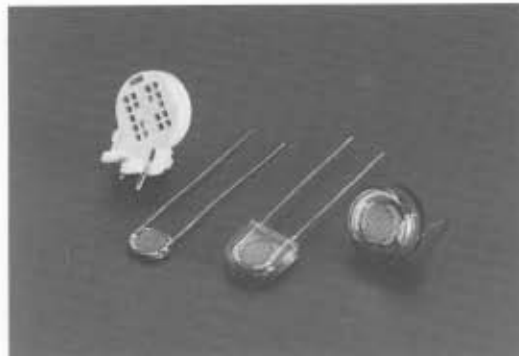
een Negatieve Temperatuur-Coëfficiënt). Als de temperatuur van een NTC toeneemt, wordt zijn weerstand kleiner. Neemt zijn temperatuur af, dan wordt zijn weerstand groter. NTC's worden bijvoorbeeld gebruikt in de thermostaat van de wasmachine en in de thermostaat van de centrale verwarming. Als lichtsterkte een rol speelt, wordt vaak gebruik gemaakt van een weerstand, waarvan de waarde verandert als er licht op valt. Zo'n weerstand heet een LDR (Light Dependent Resistor = lichtgevoelige weerstand). Valt er licht op een LDR, dan wordt zijn weerstand veel kleiner. Als er weinig licht is, neemt zijn weerstand sterk toe.

fig. 3
NTC-weerstanden.



Voorbeelden van toepassingen van LDR's: de automatische buitenlamp, de beveiliging van liftdeuren en veel soorten alarmsystemen. Een andere toepassing vind je in de belichtingsmeter van een fotocamera.

fig. 4
LDR's.



Als er weinig licht via de lens in een automatische camera valt (de weerstand van de LDR is dan groot), kiest de camera een lange belichtingstijd of een groot diafragma. Valt er veel licht in de camera (de weerstand van de LDR is dan klein), dan kiest de camera een korte belichtingstijd of een klein diafragma.

Blok 18

W1

- 1a Wat doet een beveiligingsautomaat?
- b Noem twee voorbeelden van beveiligingsautomaten.

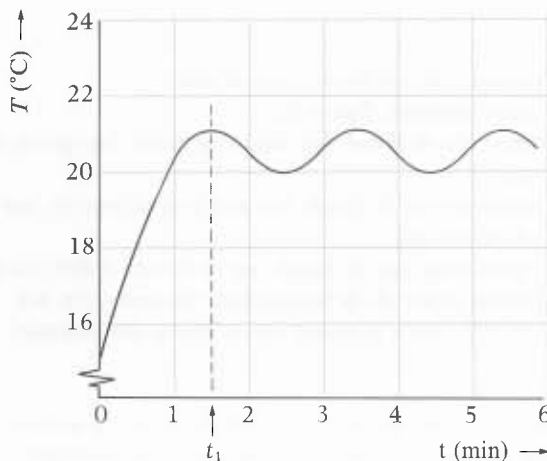
2 De thermostaat van de centrale verwarming is een regelautomaat.

- a Wat stel je in met een thermostaat?
- b Wat controleert een thermostaat?
- c Wat regelt een thermostaat?
- d Hoe doet een thermostaat dat?

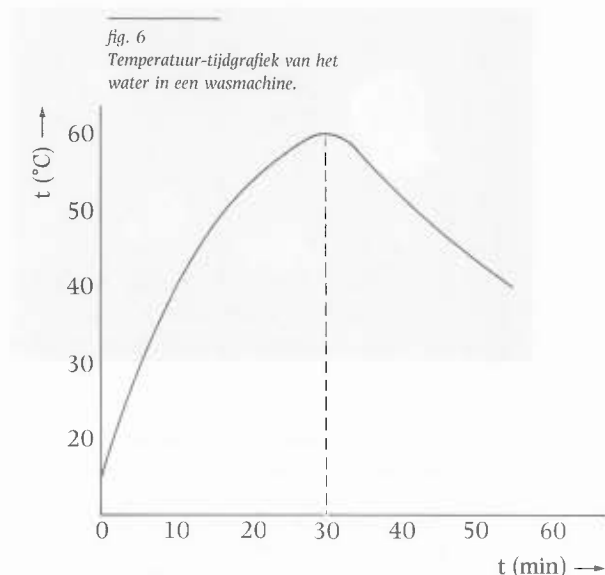
3 Figuur 5 is de grafiek die het verband weergeeft tussen de tijd en de temperatuur in een huiskamer. In de kamer wordt de temperatuur geregeld met een thermostaat.

- a Verklaar het verloop van de grafiek van 0 tot t_1 .
- b Verklaar het verloop van de grafiek na t_1 .
- c Op welke temperatuur is de thermostaat ingesteld?
- d Hoe verandert de grafiek als de temperatuur wordt ingesteld op 25 °C?
- e Hoe verandert de grafiek, als de temperatuur van het ketelwater op een hogere waarde wordt ingesteld?
- f Wat zijn de nadelen van een hogere ketelwatertemperatuur?
- g Wat zijn de voordelen van een hogere ketelwatertemperatuur? In welk jaargetijde is dat gunstig?

fig. 5
Temperatuur-tijdgrafiek van een centrale verwarming.



4a Verklaar het verloop van de temperatuur-tijdgrafiek van het water in een wasmachine (figuur 6).



b Leg uit dat je de thermostaat hier ook als een beveiligingsautomaat kunt beschouwen.

5 Iemand monteert in een koelkast een lamp in serie met een LDR. Als de koelkast dicht is, brandt de lamp in de koelkast niet.

a Waarom brandt de lamp niet?

Als de koelkast open is, moet het licht aangaan.

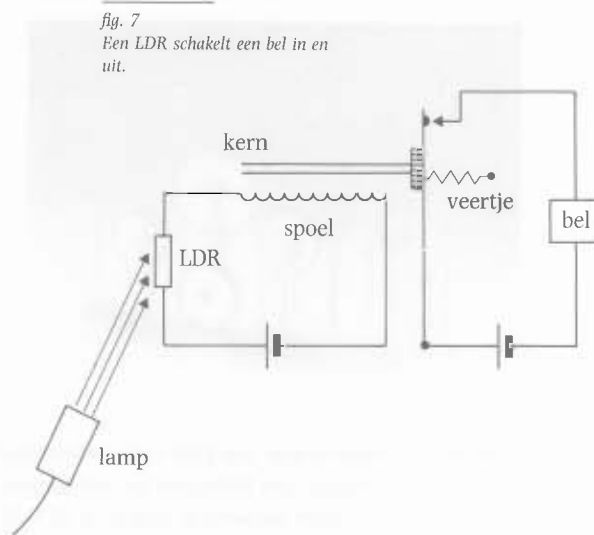
b In welke gevallen zal het licht niet aangaan als je de koelkast opendoet?

c Leg uit dat het zelfs mogelijk is dat het licht niet meer uitgaat als het eenmaal aan is.

De schakeling met de LDR is dus niet zo handig.

d Leg uit hoe een schakeling met een NTC de lamp in een koelkast in en uit zou kunnen schakelen.

6 In de schakeling van figuur 7 is een LDR opgenomen.



a Leg uit wat er gebeurt als de lichtstraal wordt onderbroken.

b Waarom is deze schakeling als alarminstallatie rond een huis niet zonder meer geschikt?

c Leg uit hoe deze schakeling ook bij de beveiliging van liftdeuren kan worden gebruikt. Wat moet er dan in plaats van de bel komen?

7 Ontwerp het schakelschema van een inbraakalarm, waarbij je gebruik maakt van een LDR en een spoel (zoals in figuur 7).

Blok 18

T2 De weerstand van een draad

De weerstand van een draad hangt af van:

- het soort materiaal (figuur 8);
- de lengte van de draad: hoe langer de draad, hoe groter de weerstand;
- de doorsnede van de draad: hoe groter de doorsnede, hoe kleiner de weerstand;
- de temperatuur van de draad: van de meeste stoffen wordt de weerstand groter als de temperatuur toeneemt. (De stof waar een NTC van is gemaakt, vormt hierop een uitzondering.)

Hoe de weerstand van een draad van de hierboven genoemde factoren afhangt, kunnen we in één formule samenvatten:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Hierin is:

R : de weerstand van de draad (in Ω)

ρ : de soortelijke weerstand (in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

l : de lengte van de draad (in m).

A : de oppervlakte van de doorsnede van de draad (in mm^2)

De soortelijke weerstand (ρ) geeft aan hoe groot de weerstand van een draad is met een lengte van 1 m en een doorsnede van 1 mm^2 . De soortelijke weerstand wordt gegeven in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. De soortelijke weerstand is afhankelijk van de soort stof én van de temperatuur van de draad.

fig. 8
Stoffen en hun soortelijke
weerstand (bij 293 K).

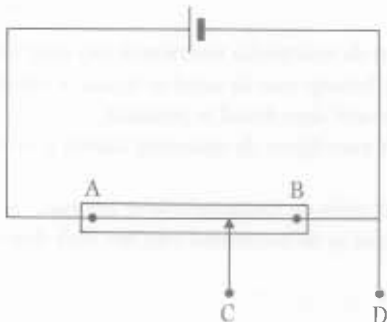
materiaal	soortelijke weerstand
	($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
aluminium	0,027
chrom	0,13
goud	0,022
ijzer	0,105
koper	0,017
lood	0,210
nikkel	0,078
zilver	0,016
constantan	0,450
messing	0,60
grafiet	10
rubber	10^{19}

Spanningsdeling

De werking van een spanningsdeler (figuur 9) berust op het feit dat de weerstand van een draad evenredig is met de lengte van de draad. (Hoe langer de draad, hoe groter de weerstand.) In figuur 9 gaan we er vanuit dat de stroomsterkte door de hele draad even groot is, omdat de stroom door de spanningsmeter kan worden verwaarloosd. We nemen ook aan dat de weerstand van draad BD verwaarloosbaar klein is.

Als we het schuifcontact C verschuiven naar B, wordt de weerstand tussen C en B kleiner. De spanning U tussen C en B wordt ook kleiner. Omdat de weerstand van draad BD te verwaarlozen is, daalt de spanning tussen C en D ook. Er geldt namelijk: $U = I \cdot R$, dus hier: $U_{CB} = I \cdot R_{CB}$. U_{CB} is dus evenredig met R_{CB} .

fig. 9
Een spanningsdeler.



Voorbeeld 1

Bereken de weerstand van 6,0 m koperdraad met een doorsnede van $0,1 \text{ mm}^2$.

Oplossing:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$R = 0,017 \cdot \frac{6,0}{0,1} = 1,02 \Omega; \text{ afgerond: } 1,0 \Omega.$$

Voorbeeld 2

Een draad met een doorsnede van $0,50 \text{ mm}^2$ heeft een weerstand van $1,6 \Omega$. De lengte van de draad is 50 m.

Bereken de soortelijke weerstand. Van welk materiaal is de draad gemaakt?

Oplossing:

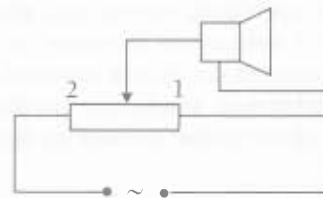
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \Rightarrow 1,6 = \rho \cdot \frac{50}{0,50} \Rightarrow \rho = 1,6 \cdot \frac{0,50}{50}$$

$$\rho = 0,016 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}.$$

Met behulp van de tabel (figuur 8) zie je dat de draad van zilver is gemaakt.

Een potentiometer (zoals de volumeregelaar van een luidspreker) werkt ook volgens dit principe (figuur 10). In stand 1 is de spanning over de luidspreker 0 V; in stand 2 is de spanning maximaal.

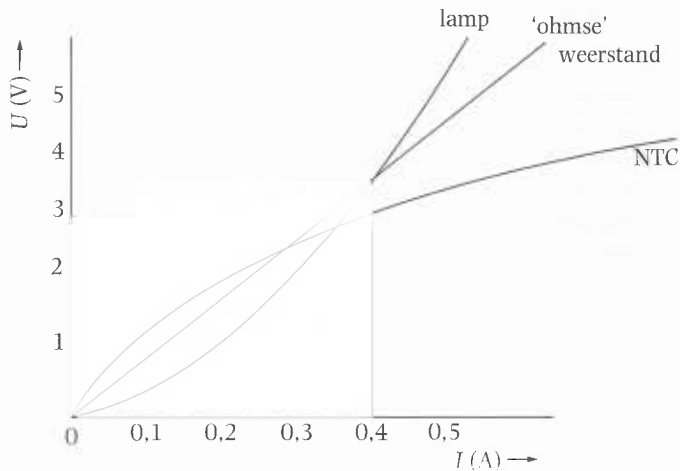
fig. 10
Een schakeling met een potentiometer.



Draai- of schuifpotentiometers vind je vaak in radio's en t.v.'s, maar ook in lichtdimmers.

In figuur 11 zijn in één diagram de (U,I) -grafieken getekend van een gewone ('ohmse') weerstand, van een lamp en van een NTC (die niet wordt gekoeld).

fig. 11
(U,I -diagrammen).



Bij een ohmse weerstand zijn spanning en stroomsterkte evenredig met elkaar. Dat betekent dat $\frac{U}{I}$ constant is. Met

andere woorden: de weerstand is constant.

Bij een lamp neemt de weerstand toe als de spanning over de lamp groter wordt. Immers: volgens figuur 11 neemt de

stroomsterkte minder sterk toe dan de spanning, zodat $\frac{U}{I}$

groter wordt. Dit komt doordat de temperatuur van de gloei-draad in de lamp stijgt. Hierdoor wordt de weerstand van de lamp ongeveer 10 keer zo groot.

Bij de NTC zie je dat de stroomsterkte steeds sterker toeneemt

als de spanning toeneemt, zodat de verhouding $\frac{U}{I}$ (de weer-stand) steeds kleiner wordt. De verklaring hiervoor is: als de stroomsterkte toeneemt, wordt de NTC warmer en wordt zijn weerstand kleiner.

Blok 18

W2

1a Van welke vier factoren hangt de weerstand van een stuk draad af?

b Met welke formule kun je de weerstand van een draad berekenen?

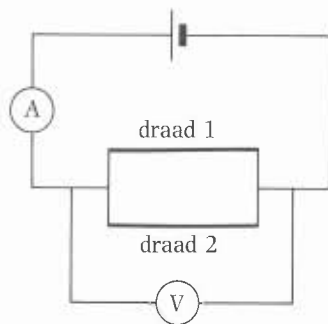
c Welke gegevens heb je dan nodig?

2 We hebben de beschikking over een stuk ijzerdraad met een lengte van 2,0 meter en een doorsnede van $3,00 \text{ mm}^2$.

a Bereken de weerstand van dit stuk ijzerdraad.

We maken een schakeling, waarin twee van deze stukken ijzerdraad naast elkaar worden gebruikt (zie figuur 12).

fig. 12



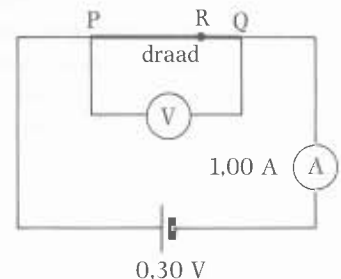
b Bereken op twee manieren de weerstand van zo'n stuk ijzerdraad.

3 Een stuk nikkelchroomdraad van 3,0 m lang heeft een weerstand van $16,5 \Omega$. De doorsnede is $0,2 \text{ mm}^2$.

Bereken de soortelijke weerstand van nikkelchroomdraad.

4 In de schakeling van figuur 13 geeft de spanningsmeter 0,30 V aan. De stroommeter geeft 1,00 A aan. De draad tussen P en Q is 50 cm lang en heeft een doorsnede van $0,10 \text{ mm}^2$.

fig. 13



a Bereken de soortelijke weerstand van deze draad.

b Ga met behulp van de tabel in figuur 8 (bladzijde 55) na van welke stof deze draad is gemaakt.

Men meet vervolgens de spanning tussen P en R ($PR = 35 \text{ cm}$).

c Hoeveel wijst de spanningsmeter nu aan? *

d Hoe groot is de weerstand van het stuk draad tussen P en R?

e Bereken de soortelijke weerstand van het stuk draad tussen P en R.

5a Teken een schakeling waarin een spanningsdeler is opgenomen.

b Waarvoor dient een spanningsdeler?

6a Hoe werkt een potentiometer?

b Waarvoor worden potentiometers gebruikt?

7a Schets in één (U, I)-diagram de grafiek voor een ohmse weerstand en de grafiek voor een gloeilamp.

b Waarom zijn deze grafieken verschillend?

8 De grafiek in figuur 14 geeft het verband weer tussen de stroomsterkte door een lamp en de tijd, ná het inschakelen van de lamp.

a Verklaar de grote stroomsterkte bij het inschakelen.

b Als lampen kapotgaan, gebeurt dit meestal bij het inschakelen. Geef hiervoor een verklaring.

Om te voorkomen dat een lamp kapotgaat bij het inschakelen, kan een NTC in serie worden gezet met de lamp.

c Bereken wat er dan gebeurt bij het inschakelen van de stroom.

9 In het diagram van figuur 15 is, voor een stuk ijzerdraad, het verband weergegeven tussen U en I .

a Bereken de weerstand van het stuk ijzerdraad bij een spanning van 2,0 V.

b Bereken de weerstand bij 11,0 V.

c Waarom geldt de wet van Ohm ($\frac{U}{I} = \text{constant}$) niet voor ijzerdraad?

10 (Zie figuur 8 in T2):

a Welk materiaal uit de tabel van figuur 8 heeft de kleinste soortelijke weerstand?

b Waarom zou men elektriciteitsleidingen van koper maken en niet van het bij vraag 10a bedoelde materiaal?

fig. 14
Het verband tussen stroomsterkte en tijd na het inschakelen van een gloeilamp.

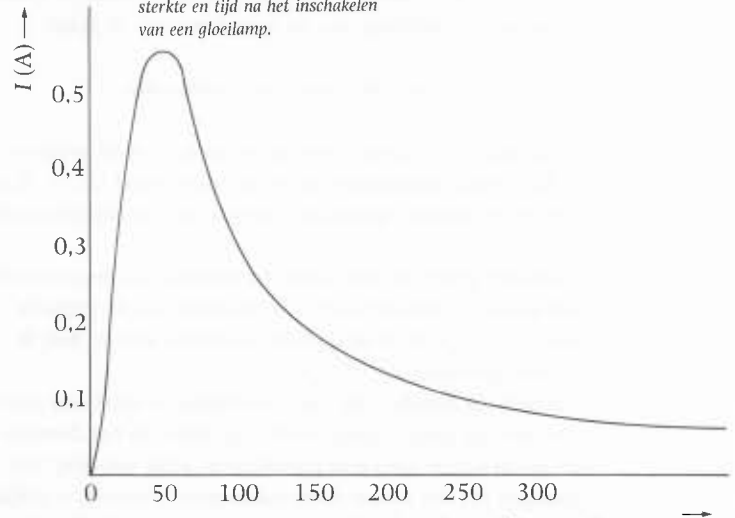
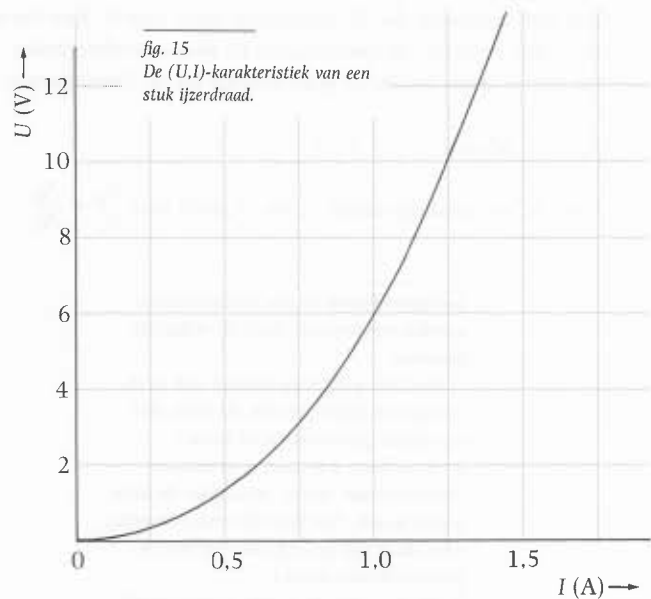


fig. 15
De (U, I)-karakteristiek van een stuk ijzerdraad.



Blok 18

T3

De transformator

De transformator (figuur 16) is een apparaat waarmee je de grootte van een wisselspanning kunt verhogen of verlagen. Dit veranderen van de spanning noemen we transformeren (letterlijk: 'omvormen'). Een transformator bestaat uit twee spoelen om een gemeenschappelijke weekijzeren kern (figuur 17). De spoel die wordt aangesloten op de spanning die moet worden getransformeerd, noemen we de primaire spoel (primaair betekent: de eerste). De andere spoel heet de secundaire spoel (secundair = tweede). De spanning die de transformator afgeeft heet: de secundaire spanning.

fig. 16
Een transformator.



De verhouding tussen het aantal windingen van de primaire spoel (N_p) en het aantal windingen van de secundaire spoel (N_s) bepaalt de werking van de transformator. Er geldt:

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}; \quad \frac{U_s}{U_p} \text{ heet: de transformatieverhouding.}$$

Als het aantal windingen van de secundaire spoel groter is dan het aantal windingen van de primaire spoel ($N_s > N_p$), geldt: de secundaire spanning is groter dan de primaire spanning ($U_s > U_p$).

Omgekeerd geldt: als het aantal windingen van de secundaire spoel kleiner is dan het aantal windingen van de primaire spoel ($N_s < N_p$), is de secundaire spanning kleiner dan de primaire spanning ($U_s < U_p$).

In de praktijk treedt er bij het transformeren altijd een (verwaarloosbaar klein) energieverlies op. Maar in het theoretische geval dat er géén energieverlies is, geldt ook nog: het vermogen (P) dat je aan de primaire spoel toevoert, is gelijk aan het vermogen dat de secundaire spoel afgeeft. Een transformator *verandert* de spanning en de stroomsterkte (transformeert), maar maakt er géén energie bij. In formulevorm:

$$P_p = P_s \text{ ofwel } U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

Voor de verhouding tussen U_p en U_s geldt dus: $\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$

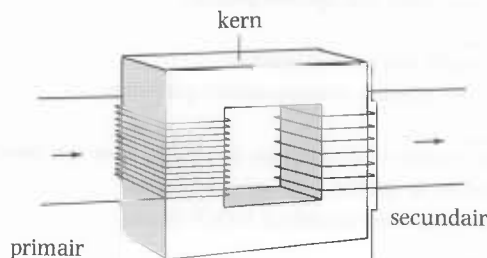
Energieverliezen in een transformator worden veroorzaakt door de volgende factoren:

- 1 Niet alle veldlijnen komen ook in de secundaire spoel terecht. (Je hebt dan een slecht geconstrueerde kern.)
- 2 In de kern zelf gaan zogenaamde 'zwerfstromen' lopen, waardoor de kern warm wordt. Dat kost dus extra energie. (Ook dit is het gevolg van een slecht geconstrueerde kern.)
- 3 De spoel wordt warm. (De spoel zelf heeft dan een te grote weerstand.) In alle gevallen geldt dat de secundaire spanning kleiner is dan je hebt berekend, zodat er voor het vermogen geldt: $P_p > P_s$. Er gaat dus vermogen (als niet-nuttige energie) 'verloren'.

Samenvattend geldt voor de ideale transformator:

$$P_p = P_s \rightarrow U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s \Rightarrow \frac{I_p}{I_s} = \frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

fig. 17
Een schets van een transformator.



De werking van een transformator berust op het feit dat binnen een spoel een magnetisch veld ontstaat als er een stroom doorheen loopt. De weekijzeren kern bundelt de magnetische veldlijnen. Alle veldlijnen worden door de kern doorgegeven van de primaire spoel naar de secundaire spoel.

Voorbeeld

Een ideale transformator met een primaire spoel van 100 windingen wordt aangesloten op een wisselspanning van 30 V. Door de spoel loopt een stroom van 0,50 A. De secundaire spoel heeft 25 windingen.

Bereken U_s en I_s .

Oplossing:

Eerst de gegevens op een rijtje zetten.

Primair: $N_p = 100$, $U_p = 30$ V, $I_p = 0,50$ A

Secundair: $N_s = 25$, $U_s = ?$, $I_s = ?$

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{30}{U_s} = \frac{100}{25}$$

$$U_s = 7,5 \text{ V.}$$

$$P_p = P_s$$

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

$$30 \cdot 0,50 = 7,5 \cdot I_s \Rightarrow I_s = 2,0 \text{ A.}$$

Toepassingen van transformatoren

Sommige elektrische apparaten werken op een lagere spanning dan de 220 V van het stopcontact. Dit is vaak zo met het oog op de veiligheid. Een transformator moet dan de

spanning omlaag transformeren.

Zo werkt een huisbel op 12 V. Ook bij speelgoed wordt de spanning omlaag getransformeerd tot bijvoorbeeld 12 V. Dit

soort apparaten wordt 'zwakstroomapparaten' genoemd. Merk op dat die term eigenlijk niet juist is. De spanning is wel lager ('zwakspanning' zou juist zijn), maar de stroomsterkte is juist groter.

Ondanks de grotere stroomsterkte zijn zwakstroomapparaten toch veiliger dan apparaten die op een spanning van 220 V werken. Dit komt doordat het menselijk lichaam zelf meestal een vrij grote weerstand heeft. Als je een spanning van 12 V aanraakt, gaat er door je lichaam een kleine stroom lopen

$$\left(I = \frac{U}{R} \right), \text{ die je nauwelijks voelt.}$$

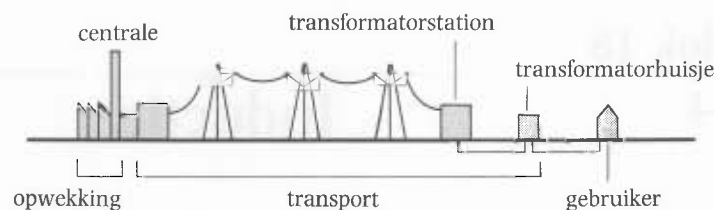
Raak je een spanning van 220 V aan, dan gaat er een grotere stroom lopen die wél gevaarlijk is: die stroom kan zelfs dodelijk zijn.

Ook in grotere installaties, zoals elektriciteitscentrales, kom je transformatoren tegen.

Elektrische energie wordt niet bij 220 V opgewekt, maar bij een veel hogere spanning. Voordat die energie ons huis binnenkomt, is de spanning al een paar keer omhoog en omlaag getransformeerd.

Het omhoog en omlaag transformeren is nodig om de verliezen bij het transport van elektrische energie zo klein mogelijk te houden.

fig. 19
Het transport van elektrische energie.



Blok 18

W3

- 1a Welke formules gelden voor een ideale transformator?
- b Maak een lijst van alle in deze formules voorkomende grootheden; schrijf op wat ze voorstellen en wat de eenheid ervan is.
- c Waarvoor worden transformatoren gebruikt?
- d Waarom is een elektrische speelgoedtrein die op 12 V werkt veiliger dan een trein die rechtstreeks op het lichtnet (220 V) is aangesloten?

fig. 18
Een transformatorhuisje.



In een elektriciteitscentrale wordt elektrische energie opgewekt bij een spanning van 10 kV. Vervolgens wordt de spanning omhoog getransformeerd tot 150 kV, om via de hoogspanningsleidingen vervoerd te worden naar een onderstation. In het onderstation wordt de spanning weer omlaag getransformeerd naar bijvoorbeeld 3,0 kV. In het transformatorhuisje wordt de spanning tenslotte op de gebruikersspanning van 220 V gebracht. In figuur 19 is dit transport schematisch weergegeven.

- 2 Voor een transformator geldt:
 $N_p = 200$, $N_s = 1000$, $U_p = 10$ kV, $I_p = 5,0$ A.
 - a Bereken U_s en I_s .
 - b Bereken P_p en P_s .Voor een niet-ideale transformator geldt: $P_p > P_s$.
 - c Leg uit waarom dit zo is.

3 De primaire spoel van een ideale transformator wordt aangesloten op het lichtnet (wisselspanning, 230 V). Op de secundaire spoel met 200 windingen wordt een apparaat aangesloten dat werkt op een spanning van 46 V. Het vermogen van het apparaat is 11,5 W.

- a Hoeveel windingen moet de primaire spoel hebben?
- b Hoe groot is de primaire stroomsterkte?

4 Een van de problemen bij het transport van elektrische energie over grote afstanden is het energieverlies dat daarbij optreedt. We willen enig idee krijgen van de verliezen en bekijken daarom twee schakelingen (figuur 20).

In schakeling 1 wordt het toestel (hier een lamp) rechtstreeks aangesloten op de bron. In schakeling 2 wordt het toestel (dezelfde lamp) via een hoogspanningsleiding op de bron aangesloten.

Schakeling 1.

De spanning over de bron is 15 V, de stroomsterkte door draad A is 2,0 A.

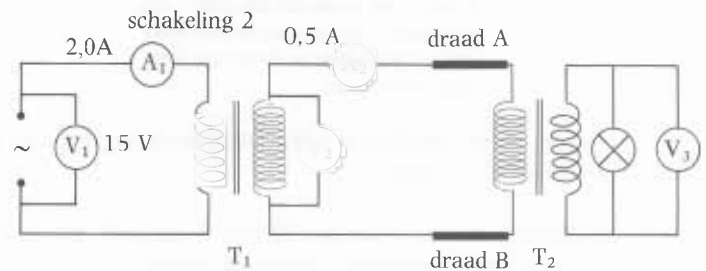
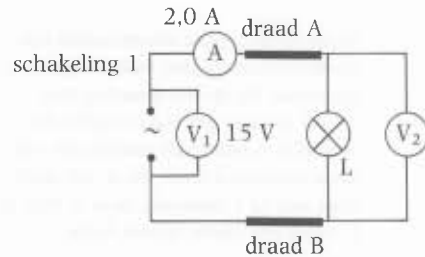
- a Bereken het vermogen dat de bron levert.
- De weerstand van draad A en B samen is $3,0 \Omega$. De overige draden hebben een weerstand die je mag verwaarlozen.
- b Bereken de spanning over de draden A en B samen.
- c Hoe groot is de spanning over de lamp?
- d Hoeveel vermogen gaat er verloren?

e Hoeveel procent is dat verlies van het vermogen dat de bron levert?

Schakeling 2.

T_1 en T_2 zijn ideale transformatoren. De weerstand van de draden A en B samen is weer $3,0 \Omega$. Zie voor de rest van de gegevens figuur 20.

fig. 20



- f Bereken de spanning die meter V_2 aangeeft.
- g Bereken het vermogensverlies in de draden A en B samen.
- h Hoeveel procent is dit verlies van P_s ?
- i Vergelijk je antwoorden op e en h. Verklaar het voordeel van transformatoren bij energietransport.

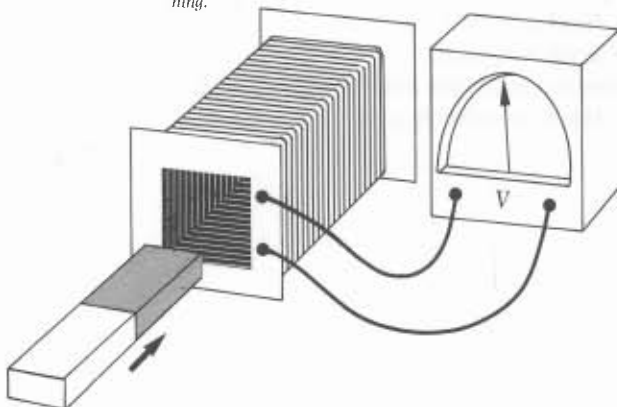
Blok 18

T4

Inductie

Bij het opwekken van elektrische energie wordt meestal gebruik gemaakt van *inductie*. Dit is het verschijnsel dat er over de uiteinden van een spoel een spanning ontstaat als het magnetisch veld in de spoel verandert. De spanning die zo ontstaat heet *inductiespanning*.

fig. 21
Het opwekken van inductiespanning.



Als je in de opstelling van figuur 21 de magneet naar de spoel toe beweegt, geeft de spanningsmeter een uitslag. Houd je de magneet stil voor de spoel, dan geeft de spanningsmeter 0 V aan. Haal je de magneet weer weg bij de spoel, dan slaat de wijzer naar de andere kant uit.

Dus: als het magnetisch veld in een spoel verandert, wordt er tussen de uiteinden van de spoel een spanning opgewekt.

Er zijn vier manieren om de opgewekte spanning te vergroten:

- 1 de magneet sneller naar de spoel bewegen;
- 2 een spoel nemen van dezelfde afmetingen, maar met meer windingen;
- 3 een sterkere magneet gebruiken;
- 4 de spoel van een weekijzeren kern voorzien.

In blok 9 heb je gezien dat een spoel waar een stroom doorheen loopt zich als een magneet gedraagt. Dus als er in een transformator (figuur 22) door spoel 1 een stroom loopt,

ontstaat er een magnetisch veld. De weekijzeren kern zorgt ervoor dat dit veld ook in spoel 2 komt. Als het veld in spoel 1 verandert, dan verandert dus ook het magnetisch veld in spoel 2, waardoor er in spoel 2 een inductiespanning wordt opgewekt. Omdat er alleen inductie optreedt als het magnetisch veld verandert, moet de stroom in spoel 1 steeds veranderen. Dit kun je doen door de schakelaar steeds aan en uit te zetten, maar je kunt spoel 1 natuurlijk beter op een wisselspanning aansluiten.

De dynamo

Als je de magneet in figuur 23 ronddraait voor de opening van een spoel, verandert telkens het magnetisch veld in de spoel. Elke keer als een pool van de magneet langs de spoel komt, wordt er een inductiespanning opgewekt. Dit remt de magneet af; de bewegingsenergie wordt omgezet in elektrische energie.

Zo werkt ook de dynamo op je fiets. Het fietswiel draait een magneet rond in de dynamo. Rond de magneet bevinden zich spoelen. De ronddraaiende magneet wekt in de spoelen een inductiespanning op, waardoor er in de fietslampen een elektrische stroom gaat lopen. Omdat de spanning en de stroomsterkte steeds van grootte en richting wisselen, spreken we van wisselspanning en wisselstroom. De dynamo is dus een wisselspanningsdynamo.

Ook in elektriciteitscentrales wordt volgens dit principe spanning opgewekt: de draaiende magneet in de generator (een zeer groot soort dynamo) wordt aangedreven door een turbine, waarin stoom onder hoge druk tegen schoepen op de turbine-as blaast. Daardoor gaat de as draaien.

fig. 22
Een transformator.

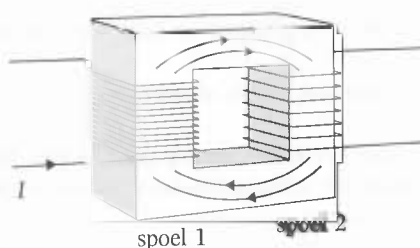
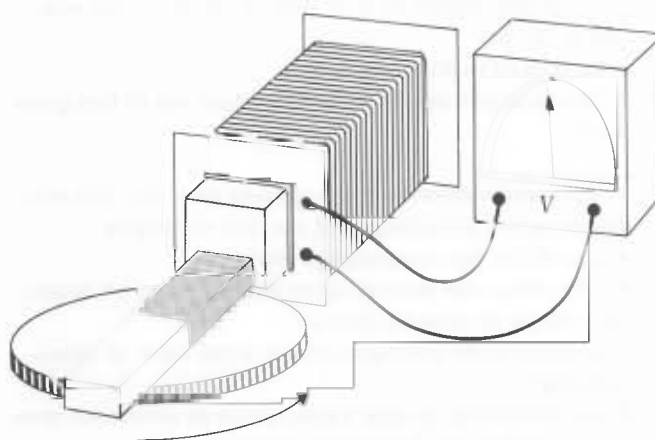


fig. 23



Blok 18

W4

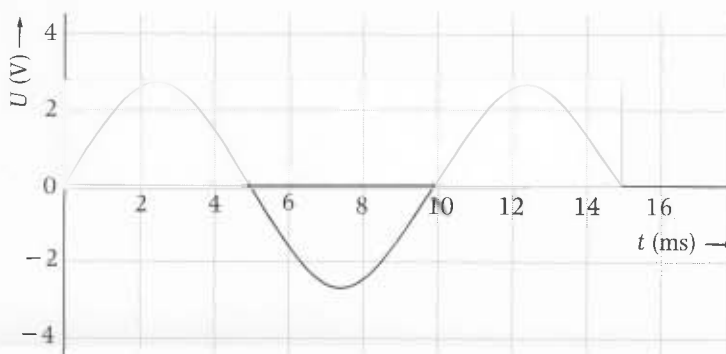
Inductie

- 1a Wanneer treedt in een spoel een inductiespanning op?
- b Op welke vier manieren kun je de inductiespanning vergroten?
- c Waar komt de elektrische energie vandaan, die je met een fietsdynamo opwekt?

- a Op welke tijdstippen bereikt het spanningsverschil maximale waarden?
- b Op welke tijdstippen is het spanningsverschil 0 V?
- c Wat moet je aan de dynamo veranderen om een hogere spanning te krijgen?

2 Figuur 24 geeft het verband tussen spanning en tijd bij een wisselspanningsdynamo.

fig. 24
Het verband tussen spanning en tijd bij een wisselspanningsdynamo.



In de dynamo uit figuur 24 wordt de spanning opgewekt door een staafmagneet rond te draaien voor de uiteinden van een spoel.

d Hoe groot is de omlooptijd van de noordpool van de magneet?

e Bereken het toerental van de magneet.

3 Iemand fietst in het donker met de dynamo aan. De grafiek in figuur 25 toont het verband tussen de tijd en de spanning die in de dynamo wordt opgewekt.

a Hoe wordt in een fietsdynamo een elektrische spanning opgewekt?

De magneet in de fietsdynamo uit figuur 25 heeft twee noord- en twee zuidpolen (zie figuur).

b Bepaal hoelang één omwenteling van de magneet duurt. De diameter van het wiel van de dynamo, dat tegen het voorwiel aangeklemd zit, is 18 mm. De straal van het voorwiel is 36 cm.

c Bereken de snelheid van de fiets.

d Hoe verandert de grafiek als de snelheid van de fiets groter wordt?

4 Een transformator heeft een primaire spoel van 400 windingen en een secundaire spoel van 200 windingen.

a Leg uit hoe een transformator werkt.

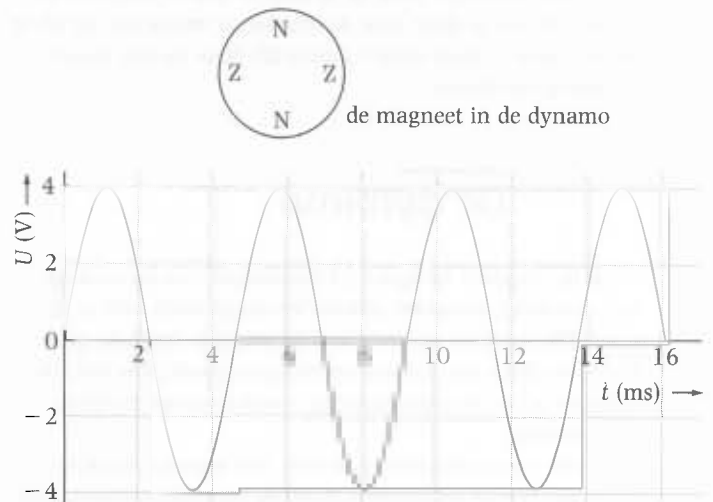
b Van welke twee factoren hangt de sterkte van het magnetisch veld in de primaire spoel af?

c Waarom werkt een transformator alleen maar op wisselspanning?

d Leg uit waarom bij deze transformator de secundaire spanning de helft is van de primaire spanning.

fig. 25

Het verband tussen spanning en tijd bij een fietsdynamo.



In deze herhaalstof worden de begrippen die je in dit blok hebt geleerd nog eens kort uitgelegd.

Regelautomaat: apparaat dat controleert of er aan een bepaalde voorwaarde is voldaan. Is dat niet het geval, dan zorgt het apparaat ervoor dat er wel aan deze voorwaarde wordt voldaan.

Voorbeeld: de thermostaat van een centrale verwarming.

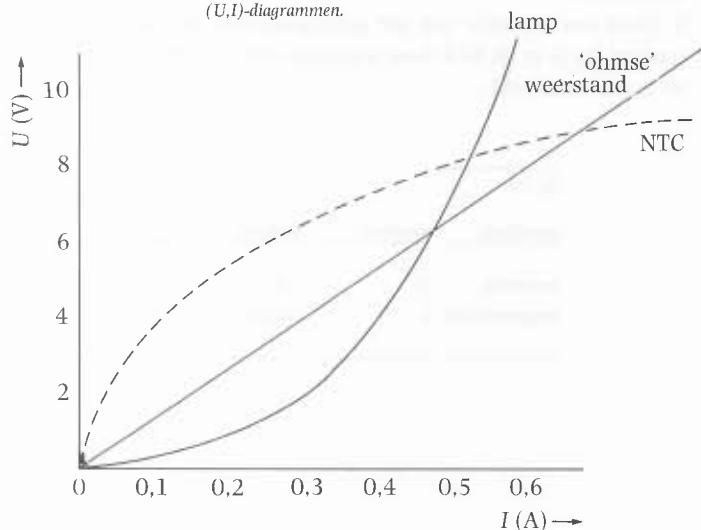
Beveiligingsautomaat: een apparaat dat controleert of er een gevaarlijke situatie ontstaat. Is dat het geval, dan zorgt het apparaat ervoor dat de gevaarlijke situatie wordt opgeheven.

Voorbeeld: een zekering.

Weerstand: eigenschap van een voorwerp (apparaat, draad) die aangeeft hoe moeilijk de elektrische stroom door dat voorwerp kan. Een voorwerp waar de stroom moeilijk doorheen kan, heeft een grote weerstand.

(U,I)-diagram: diagram dat het verband weergeeft tussen de spanning over een apparaat en de stroomsterkte door dat apparaat. In figuur 26 is een (U,I)-diagram voor drie soorten weerstanden getekend.

fig. 26
(U,I)-diagrammen.



Uit het (U,I)-diagram kan de weerstand van een voorwerp bij een bepaalde spanning of stroomsterkte worden berekend.

NTC: speciaal soort weerstand, met een Negatieve Temperatuur-Coëfficiënt. Dit wil zeggen dat de waarde van de weerstand kleiner wordt als de temperatuur stijgt.

Toepassing: temperatuur meten.

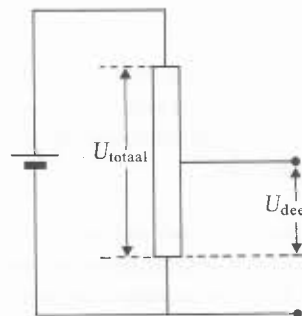
LDR: speciaal soort weerstand, waarvan de weerstandswaarde sterk afneemt als er licht op valt (Light Dependent Resistor).

Toepassing: automatisch schakelende buitenlamp.

Variabele weerstand: weerstand waarvan de waarde in te stellen is.

Spanningsdeler: schakeling waarmee een deel van de spanning van een spanningsbron kan worden gebruikt. In figuur 27 is het schema van een spanningsdeler getekend.

fig. 27
Het schema van een spanningsdeler.

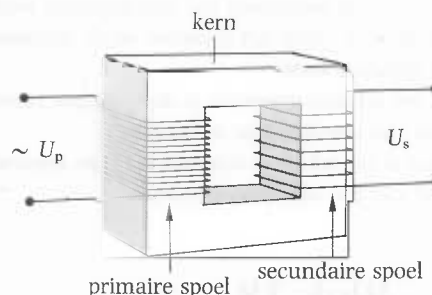


Soortelijke weerstand: de soortelijke weerstand van een stof geeft aan hoe groot de weerstand is van een draad die is gemaakt van die stof, en die een lengte heeft van 1,0 m en een doorsnede van 1,0 mm².

Het symbool voor soortelijke weerstand is ρ ; de eenheid van soortelijke weerstand is $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Transformator: een apparaat waarmee je de grootte van een wisselspanning kunt veranderen. Een transformator bestaat uit een gesloten weekijzeren kern en twee spoelen (figuur 28).

fig. 28
Een schets van een transformator.



Een transformator wordt in veel apparaten toegepast, als deze apparaten op een andere spanning dan 220 V werken.

Primaire spoel: de spoel van de transformator die je aansluit op de spanningsbron waarvan de wisselspanning moet worden getransformeerd.

Secundaire spoel: de spoel die de getransformeerde wisselspanning afgeeft.

Primaire spanning (U_p): de wisselspanning die moet worden getransformeerd; de spanning die je aansluit op de primaire spoel.

Secundaire spanning (U_s): de getransformeerde wisselspanning die de transformator afgeeft; de spanning die over de secundaire spoel staat.

Inductiespanning: de spanning die over een spoel komt te staan als in die spoel het magnetisch veld verandert. De werking van een dynamo en van een transformator berust op inductie.

Dynamo: een apparaat waarmee je door inductie een wisselspanning kunt opwekken. Een dynamo bestaat uit een cilindrische spoel waarbinnen een cilindrische magneet kan worden rondgedraaid.

- 1a Wat doet een regelautoomaat?
- b Wat doet een beveiligingsautoomaat?
- c Wat is het verschil tussen een beveiligingsautoomaat en een regelautoomaat?
- d Zeg van de volgende automaten of het een regel- of een beveiligingsautoomaat is.
 - 1 De vlotter in de spoelbak van de wc.
 - 2 Het inbraakalarm van de school.
 - 3 De thermostaat van een aquariumverwarming.
 - 4 Een koffiezetapparaat.
 - 5 Een lamp met tijdschakelaar.
 - 6 Een gewichtje op het deksel van een snelkookpan.

- 2a Welke bijzondere weerstanden ken je?
- b Wat is er aan elke soort zo bijzonder?
- c Noem van elke soort een toepassing die je in deze herhaalstof nog niet bent tegengekomen.

- 3a Hoe kun je de weerstand van een apparaat berekenen, als je de spanning (U) over het apparaat en de stroomsterkte (I) door het apparaat kent?
- b Teken het schema waarmee je de metingen verricht om de weerstand van een apparaat te bepalen.
- c Hoe kun je uit het (U, I)-diagram van een apparaat de weerstand van dat apparaat bepalen?

In figuur 26 is het (U, I)-diagram van drie weerstanden getekend.

- d Hoe groot zijn de weerstanden bij een spanning van 5 V, en hoe groot bij 10 V?
- e Hoe verandert de waarde van R als de spanning toeneemt?
- f Hoe verandert de weerstand van de lamp als de spanning over de lamp toeneemt? Geef hier een verklaring voor.
- g Hoe verandert de weerstand van de NTC als de spanning toeneemt? Wat weet je dan van de temperatuur van de NTC als de spanning over de NTC 10 V is?

4 Zowel een spanningsdeler als een transformator dienen om de spanning te regelen.

- a Wat is het verschil tussen beide apparaten?
- b Wat is het voordeel van een transformator?
- c Wat is het nadeel van een transformator?
- d Geef een voorbeeld van een schakeling waarin een spanningsdeler wordt gebruikt.
- e Geef een voorbeeld van een schakeling waarin een transformator wordt gebruikt.

5a Waarvoor wordt een variabele weerstand gebruikt?

- b Maak een schematische tekening van een variabele weerstand en leg de werking van zo'n weerstand uit.

6a Maak een overzicht van alle formules die in dit blok voorkomen.

- b Maak een overzicht van alle grootheden met bijbehorende eenheid die je in dit blok bent tegengekomen. (In figuur 29 zie je een voorbeeld.)

fig. 29

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	U	volt	V
stroomsterkte	I	ampère	A
...

Blok 18

H2

Weerstand

Je kunt de weerstand van een apparaat uitrekenen met de wet van Ohm. De weerstand van een draad kun je op twee manieren uitrekenen; met de wet van Ohm én met de formule voor de weerstand van een draad.



De wet van Ohm

Je meet de spanning (U) over en de stroomsterkte (I) dóór de

weerstand. Met $R = \frac{U}{I}$ bereken je de grootte van de weerstand.

Voorbeeld

In figuur 30 is het (U, I)-diagram van een lamp getekend. Om de weerstand bij een spanning van 10 V te bepalen, ga je als volgt te werk. Je leest eerst af wat de stroomsterkte door de lamp is bij 10 V (in dit geval 2,0 A). Dan reken je de weerstand uit: $R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2,0} = 5,0 \Omega$.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2,0} = 5,0 \Omega$$

- Neem de tabel van figuur 31 over en vul hem verder in.
- Wat gebeurt er met de weerstand van een lamp als je de spanning over de lamp groter maakt?
- Leg uit dat dit 'klopt' met de theorie uit de basisstof.

fig. 31

U (V)	I (A)	R (Ω)
0	0,0	—
2
4
6
8
10	2,0	5,0

- Wat is er zo bijzonder aan een 'ohmse' weerstand?
- Een weerstand heeft een waarde van 20 Ω . Neem de tabel van figuur 32 over en vul hem verder in.
- Teken van deze weerstand het (U, I)-diagram.

fig. 30

Het (U, I)-diagram van een lamp.

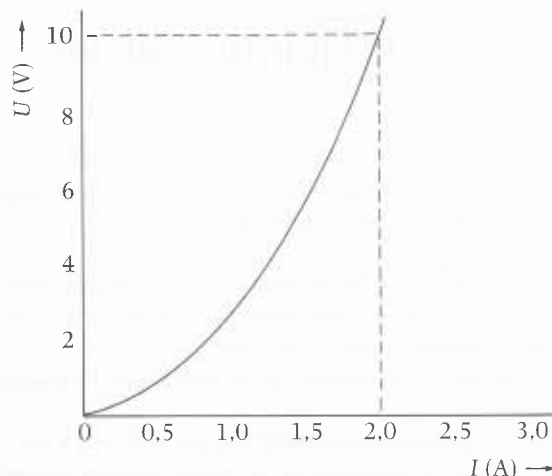


fig. 32

R (Ω)	U (V)	I (A)
20	2,0	0,1
20	4,0	...
20	6,0	...
20	8,0	...
20	10,0	...

- Noem twee andere bijzondere weerstanden.
- Wat is zo bijzonder aan die weerstanden?
- Noem apparaten waarin deze weerstanden worden gebruikt.

De weerstand van een draad

Je berekent de weerstand van een draad met de formule

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

In een tabellenboek kun je voor draden van verschillend materiaal met een lengte van 1,00 m en een doorsnede van 1,0 mm² de weerstand vinden. Dit is de soortelijke weerstand (ρ) van een stof. Zo is de soortelijke weerstand van een draad van chroom met een doorsnede van 1 mm²: 0,13 Ω per m.

- Zeg met eigen woorden wat daarmee bedoeld wordt.
- Hoe groot is de weerstand van een draad die gemaakt is van chroom, een doorsnede heeft van 1,0 mm² en een lengte van 25 m?
- Als je een dikkere draad neemt, gaat de elektrische stroom

gemakkelijker door de draad. Wat kun je dan zeggen over de weerstand?

- Bereken de weerstand van een chroomdraad met een lengte van 25 m en een doorsnede van 5 mm².

5 Als je elektriciteit over een lange afstand gaat vervoeren, is het belangrijk dat de verliezen zo klein mogelijk zijn. De weerstand van de kabels moet je zo klein mogelijk houden.

- Wat betekent dit voor de dikte van de kabels?
- Bepaal met behulp van de tabel van figuur 8 (bladzijde 55) van welk materiaal je de kabels het beste zou kunnen maken.
- Men kiest toch voor koper. Geef een verklaring voor deze keuze.
- Bereken de weerstand van een koperen kabel met een lengte van 25 km en een doorsnede van 1,5 cm² (dat is 150 mm²).

De stroomsterkte door de kabel is 50 A.

e Hoe groot is de spanning over de kabel?

f Op welke twee manieren kun je er voor zorgen dat er minder verliezen zijn bij het transport van elektriciteit?

De spanningsdeler

Je weet nu dat de weerstand van een draad onder meer afhangt van de lengte van de draad. Bij een spanningsdeler wordt hiervan gebruik gemaakt.

6 In figuur 33 is het schema van een spanningsdeler getekend. De spanningsbron zorgt voor een spanning van 5,0 V; de stroommeter geeft 0,20 A aan.

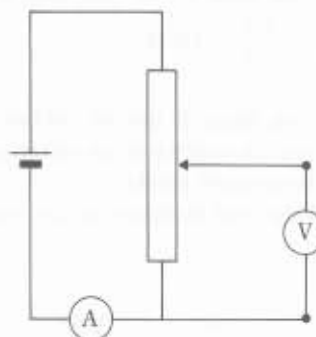
a Bereken de weerstand van de hele draad. De draad is 10 cm lang.

b Hoe groot is de weerstand van een stuk van 4 cm?

c Bereken de spanning die de spanningsmeter aangeeft.

d Verklaar de naam 'spanningsdeler'.

fig. 33
Het schema van een spanningsdeler.



Blok 18

H3

Inductie

Je kunt in een spoel een inductiespanning opwekken door het magnetisch veld in de spoel te veranderen. In figuur 34 zie je hoe je dat kunt doen.

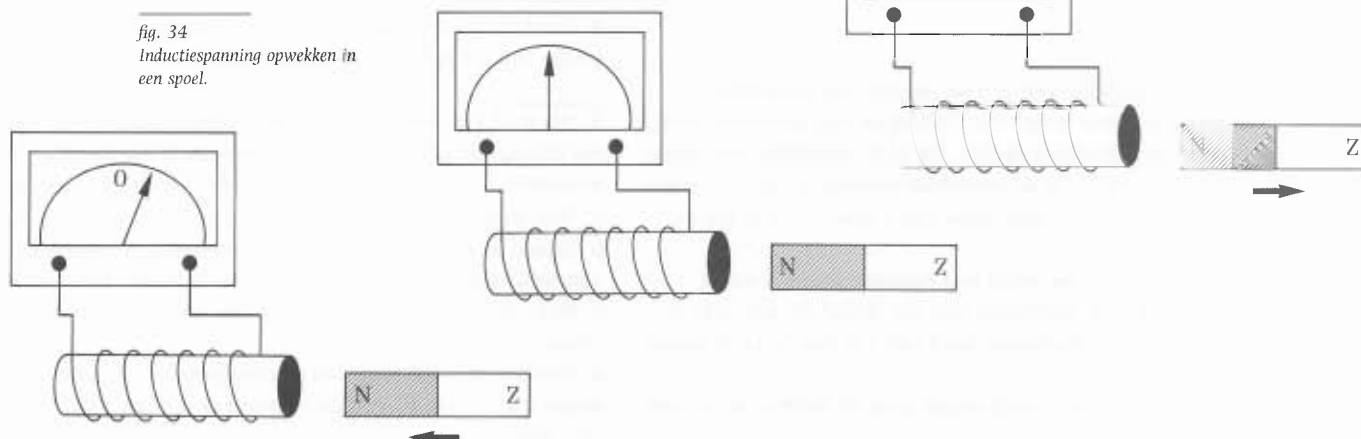
1 Beschrijf hoe de proef in figuur 34 wordt uitgevoerd, en wat er precies gebeurt.

De grootte van de inductiespanning hangt af van:

- de spoel: hoe meer windingen bij dezelfde lengte, hoe groter de inductiespanning;

- de kern: een weekijzeren kern vergroot de opgewekte inductiespanning;
- de magneet: hoe sterker de magneet, hoe groter de opgewekte inductiespanning;
- de snelheid: als de magneet sneller beweegt, is de opgewekte inductiespanning groter.

fig. 34
Inductiespanning opwekken in een spoel.



De dynamo

Een toepassing van inductie vind je in een dynamo.

De transformator

Een andere toepassing van inductie vind je in de transformator. Een transformator bestaat uit een gesloten weekijzeren kern en twee spoelen (figuur 35). Op de ene spoel, de primaire spoel, zet je een wisselspanning. Daardoor ontstaat in de primaire spoel een wisselstroom, die in deze spoel een steeds wisselend magnetisch veld veroorzaakt. De kern brengt dit veld óók binnen de andere spoel, de secundaire spoel. De secundaire spoel krijgt dus een wisselend magnetisch veld. Daardoor wordt er in de secundaire spoel steeds een inductie (wissel)spanning opgewekt. Een wisselspanning aan de primaire kant zorgt dus voor een wisselspanning aan de secundaire kant.

3a Leg met je eigen woorden nog eens uit hoe een transformator werkt.

b Waarom werkt een transformator alleen op wisselspanning?

Als het aantal windingen van de secundaire spoel groter is dan het aantal windingen van de primaire spoel, is de secundaire spanning ook groter dan de primaire spanning.

In formule: $\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$

Een transformator kan geen energie *maken*. De hoeveelheid energie die je er per seconde aan de primaire kant in stopt, is even groot als de hoeveelheid energie die je er per seconde aan de secundaire kant uit krijgt. Het vermogen dat er aan de primaire kant ingaat, is dus even groot als het vermogen dat er aan de secundaire kant uitkomt. Ofwel: $P_p = P_s$. Dit geldt alléén voor een zogenaamde ideale transformator.

Een ideale transformator is een transformator, waarbij energieverliezen – meestal in de vorm van warmte – zijn te verwaarlozen. De meeste transformatoren zijn niet ideaal. Voel maar eens aan een transformator die enige tijd in gebruik is: meestal is hij warm geworden.

Bij het maken van opgaven over transformatoren mag je er echter steeds van uitgaan dat je met zo'n ideale transformator te maken hebt.

2a Leg uit hoe je met een dynamo een spanning kunt opwekken.

b Waarom ontstaat er een wisselspanning?

c Waarom gaat je fietslamp feller branden als je harder fietst?

fig. 35
Een transformator.



4 De elektrische racebaan van Hans werkt op een transformator. De primaire spoel wordt aangesloten op 220 V en heeft honderd windingen. De secundaire spoel wordt aangesloten op de baan en heeft tien windingen.

a Bereken de spanning die over de baan staat.

Op een gegeven moment gebruikt de racebaan 44 W.

b Bereken de stroomsterkte in de primaire spoel.

c Bereken de stroomsterkte in de secundaire spoel.

d Waarom zit in elektrisch speelgoed altijd een transformator die de spanning kleiner maakt?

5 Een beltransformator zet de netspanning van 220 V om in een spanning van 11 V. Het aantal windingen van de primaire spoel is 500.

a Bereken het aantal windingen in de secundaire spoel.

De bel gebruikt een vermogen van 4,4 W.

b Bereken de stroomsterkte in de secundaire spoel.

c Bereken de stroomsterkte in de primaire spoel.

6 Een transformator heeft een primaire spoel van 300 windingen. De secundaire spoel heeft 150 windingen. De primaire spoel wordt aangesloten op een spanning van 15 V.

a Hoe groot is de secundaire spanning als de transformator wordt aangesloten op een gelijkspanning van 15 V?

b Hoe groot is de secundaire spanning als de transformator wordt aangesloten op een wisselspanning van 15 V?

c Is de secundaire spanning dan gelijkspanning of wisselspanning?

d Bereken het aantal windingen van de secundaire spoel, als we bij een primaire spanning van 15 V een secundaire spanning van 60 V willen hebben.

e Bereken het aantal secundaire windingen, als we bij een primaire stroomsterkte van 2,0 A en een primaire spanning van 15 V een secundaire stroomsterkte van 6,0 A willen hebben.

f Bereken de bijbehorende secundaire spanning.

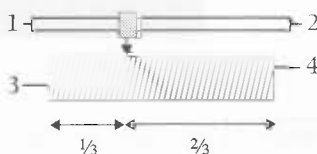
E1 Practicum: de schuifweerstand

Voor dit practicum heb je nodig:

- een schuifweerstand;
- een spanningsbron;
- een lampje;
- een spanningsmeter.

1a Bekijk de schuifweerstand goed. Maak er een tekening van en leg aan de hand van de tekening de werking van de schuifweerstand uit.

fig. 36
Schematische tekening van een schuifweerstand.



De schuifweerstand in figuur 36 is op éénderde van zijn maximale waarde ingesteld.

b Waarom is de weerstand tussen de punten 1 en 2 nul Ω ?

c Waarom is de weerstand tussen de punten 3 en 4 altijd hetzelfde?

d Hoe groot is volgens de gegevens op jouw schuifweerstand de weerstand tussen de punten 3 en 4?

e Hoe groot is bij de getekende stand de weerstand tussen de punten 1 en 3? En de weerstand tussen de punten 2 en 4?

f Aan welke punten moet je de spanningsbron op de schuifweerstand aansluiten als je hem als variabele (veranderlijke) weerstand (dus niet als spanningsdeler) wilt gebruiken?

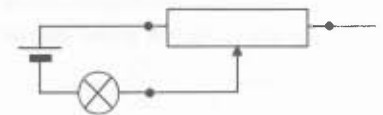
De schuifweerstand als variabele weerstand

Uit opdracht 1f blijkt dat je de schuifweerstand kunt gebruiken als een weerstand, waarvan je de waarde kunt veranderen. Het symbool voor een variabele weerstand is getekend in figuur 37a; figuur 37b is een voorbeeld van een schakeling met een variabele weerstand.

fig. 37
a Het symbool voor een variabele weerstand.

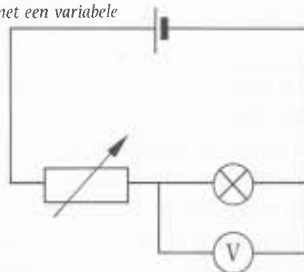


b Een schakeling met een variabele weerstand.



2 Maak de schakeling van figuur 38 (denk aan figuur 37b!). Je kunt de weerstand allerlei waarden geven tussen 0 Ω en de maximale waarde.

fig. 38
Een schakeling met een variabele weerstand.



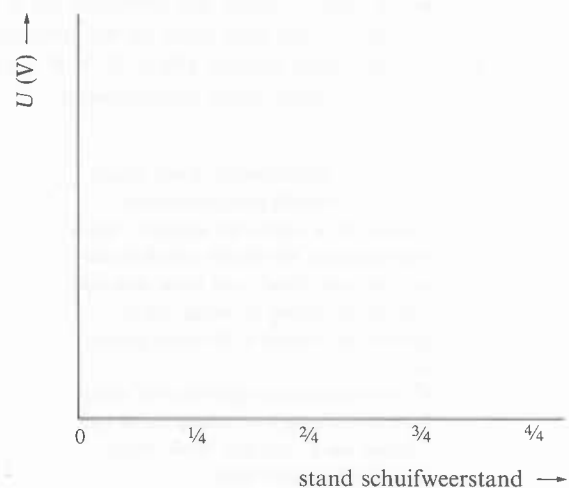
a Meet de spanning over het lampje als de schuifweerstand is ingesteld op:

- 0 Ω ;
- één vierde van de maximale waarde;
- de helft van de maximale waarde;
- drievierde van de maximale waarde;
- de maximale waarde.

b Neem het diagram van figuur 39 over. Teken daarin de grafiek die het verband weergeeft tussen de stand van de schuifweerstand en de spanning over het lampje.

c Verklaar de vorm van deze grafiek.

fig. 39



- d Verandert deze grafiek als je horizontaal de *ingeschakelde weerstand* uitzet? Verklaar je antwoord.
- e Waar kun je deze schakeling voor gebruiken?
- f Wat zijn de voordelen van deze schakeling ten opzichte van de schakeling met een spanningsdeler?
- g Wat zijn de nadelen van deze schakeling ten opzichte van de schakeling met een spanningsdeler?

De schuifweerstand als een spanningsdeler

Je kunt de schuifweerstand ook als een spanningsdeler gebruiken. Het symbool voor een spanningsdeler is in figuur 40a getekend; figuur 40b is een voorbeeld van een schakeling met een spanningsdeler.

3 In figuur 41 is een schakeling getekend.

a Teken het *schema* van deze schakeling en maak de schakeling daarna.

b Meet bij minstens vijf instellingen tussen de standen 1 en 2 van het schuifcontact de spanning over het lampje.

Meet ook:

- bij elke instelling de afstand tussen punt 1 en het schuifcontact;
- de afstand tussen de punten 1 en 2.

c Maak een diagram waarin je de spanning over het lampje uitzet tegen de stand van de schuifweerstand (vergelijk figuur 39).

d Zet in hetzelfde diagram de spanning tussen de punten 2 en 4 uit tegen de stand in cm (zie b) van de schuifweerstand. (Als je niet weet hoe die grafiek er moet uitzien, verricht dan eerst metingen aan de schakeling, nadat je het lampje uit de fitting hebt gedraaid.)

e Waar kun je deze schakeling voor gebruiken?

f Wat zijn de voordelen van deze schakeling ten opzichte van de schakeling bij vraag 2?

g Wat zijn de nadelen van deze schakeling ten opzichte van de schakeling bij vraag 2?

Vergelijk de schakelvoorbeelden uit figuur 37b (variabele weerstand) en figuur 40b (spanningsdeler) eens met elkaar. Merk op dat je aan een schakeling met een schuifweerstand kunt zien of de weerstand als spanningsdeler of als variabele weerstand functioneert.

Als je de schuifweerstand als een spanningsdeler gebruikt, moet je de spanningsbron altijd op de *uiteinden* van de schuifweerstand aansluiten.

Als je de schuifweerstand als variabele weerstand gebruikt, moet je de spanningsbron altijd op *één uiteinde* van de schuifweerstand *en* op *het schuifcontact* aansluiten.

Hieraan zijn beide schakelingen direct te herkennen, zoals je in figuur 37b en figuur 40b ziet.

fig. 40

a Het symbool voor een spanningsdeler.



b Een schakeling met een spanningsdeler.

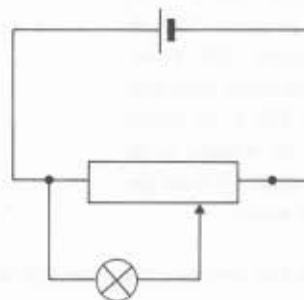
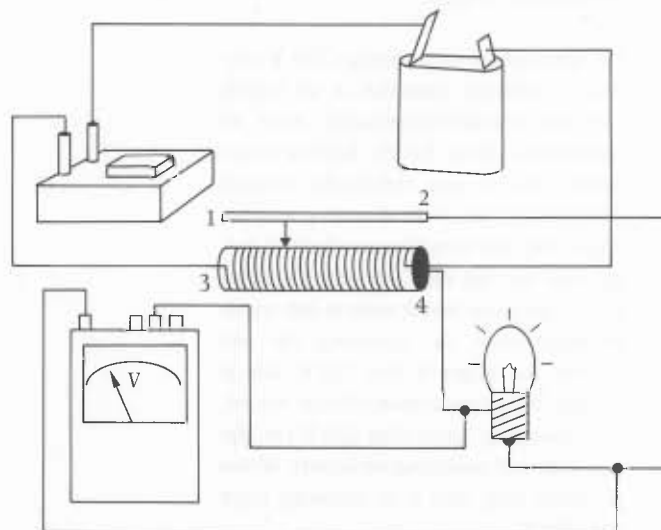


fig. 41

Een schakeling met een spanningsdeler.



De volgende leesteksten zijn delen van een artikel dat is geschreven door de journalist Karel Knip. Het is verschenen in NRC Handelsblad van 11 november 1989.

De helft van de Nederlandse bevolking weet niet beter of de netspanning is altijd 220 V geweest. De andere helft herinnert zich dat de netspanning vroeger hier en daar lager was. Leeuwarden ging pas in 1960 over van 127 op 220 V.

Tegen het eind van dit jaar gaat de netspanning opnieuw omhoog: in stapjes naar 230 V deze keer. Een aanpassing van totaal 4,5 procent, waarover al sinds 1952 keihard is onderhandeld. Doel is de netspanningen van alle landen in Europa aan elkaar gelijk te maken. Nu vindt men nog spanningen van 220, 230 en 240 V.

Om de consequenties van de wijzigingen te kunnen overzien, dient men te weten hoe de situatie nu is geregeld. Dat de netspanning in Nederland 220 V bedraagt, is eigenlijk iets te losjes geformuleerd. Hij is nominaal 220 V: er wordt naar gestreefd 220 V de woning in te brengen. Dat lukt niet altijd. Of beter gezegd: dat lukt eigenlijk nooit.

1a Noem de voordelen van een spanning van 127 V in plaats van 220 V.

b Wat zijn de nadelen van zo'n lage spanning?

2 Waarom probeert men overal in Europa dezelfde netspanning te krijgen?

De spanning is nooit precies 220 V omdat er verliezen optreden in de kabels van het transformatorhuisje naar de consument. Deze kabels hebben weerstand. Als er een elektrische stroom doorheen loopt, is de spanning aan het begin (bij het transformatorhuisje) hoger dan aan het eind (bij de consument thuis). Daarom houdt men in het transformatorhuisje de spanning op een waarde die hoger is dan 220 V. Als je vlakbij het transformatorhuisje woont, is je spanning hoger dan 220 V (er zijn dan niet veel spanningsverliezen). Woon je verder weg, dan is je spanning lager dan 220 V.

Bij de aanpassing van de spanning gaat men ook zorgen dat de maximale afwij-

king van de spanning (dit heet de tolerantie) kleiner wordt dan 10 %.

3 Een boerderij bevindt zich op 2,5 km van het transformatorhuisje. In het transformatorhuisje wordt de spanning naar 230 V getransformeerd. De grootst mogelijke stroomsterkte naar de boerderij bedraagt 50 A.

a Bereken dat er voor de elektriciteitsvoorziening van de boerderij in totaal 5,0 km kabel nodig is.

b Bereken de weerstand van de kabels als de spanning in de boerderij niet lager dan 200 V mag worden (bij maximale stroomafname).

c De kabels zijn van koper. Bereken de oppervlakte van de doorsnede A van de kabelkern.

d Als de melkmachine aanslaat, gaan de lampen in de boerderij minder fel branden. Geef hiervoor een verklaring.

In landelijke gebieden is de tolerantie naar beneden 10 procent. Het aanbod kan dus soms maar 198 V zijn. In zeer landelijke gebieden is ook de tolerantie naar boven 10 procent, daar kan de spanning soms wel 242 V zijn.

Zo zien we dat de aanpassing op het platteland de hoogste prioriteit bezit. Daar zal de operatie dan ook volgende maand beginnen: de transformatoren worden aangepast en er gaan dikkere kabels de grond in. De eerste aanpassing is 1,5 procent. De volgende aanpassingen van gelijke grootte komen in 1993 en 2004. Dankzij die dikkere kabels krijgt het landelijke gebied een betere tolerantie dan het gewend was.

4a Waarom moeten de transformatoren veranderd worden?

b Wat moet er aan de transformatoren worden veranderd?

5 Waarom worden de verschillen in spanning kleiner als men dikkere kabels gebruikt?

6a Naar de boerderij uit opgave 3 gaan nu kabels die twee maal zo dik zijn. Hoe groot is de spanning in de boerderij dan minimaal (bij 230 V netspanning en 50 A stroomafname)?

b Wat zijn de voordelen van een dikkere kabel?

7a Onder welke omstandigheden zal in een landelijk gebied de netspanning maar 198 V zijn?

b En onder welke omstandigheden kun je daar een netspanning van 242 V verwachten?

De consument merkt van dit alles niet veel. Van een ongunstige invloed op het functioneren van elektrische klokken, videorecorders en cd-spelers is geen sprake.

Ook alle andere apparatuur in huis functioneert nauwelijks anders met een beetje extra spanning. Het een loopt wat harder, het ander wordt wat heter, maar zonder dat het op zal vallen. Alleen gloeilampen (en ook hoge-druk-kwikdamlampen en natriumlampen) blijken erg gevoelig voor afwijkingen van de ontwerpspanning (dit is de spanning waarvoor de fabrikant ze gebouwd heeft).

Een 5 procent hogere spanning verhoogt de lichtopbrengst met 20 procent, maar halveert de levensduur; dit blijkt uit de diagrammen in de figuren 42 en 43. De gloeilampenfabrikanten is gevraagd tijdig lampen voor 230 V te produceren. De consument wordt gewaarschuwd tegen opslag van lampen van het oude type.

In figuur 42 kun je aflezen wat bij verschillende spanningen de levensduur van een lamp is van 220 V, 60 W.

fig. 42
Het verband tussen de aansluitspanning en de levensduur van een lamp (220 V, 60 W).

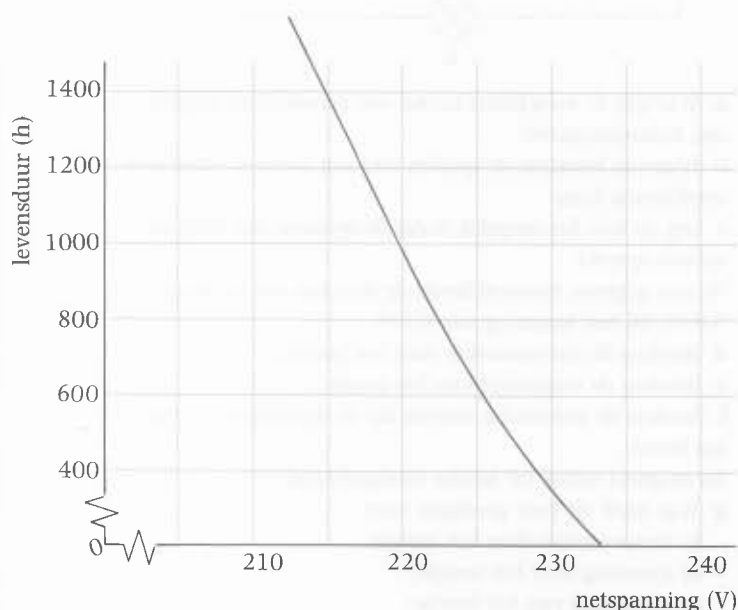
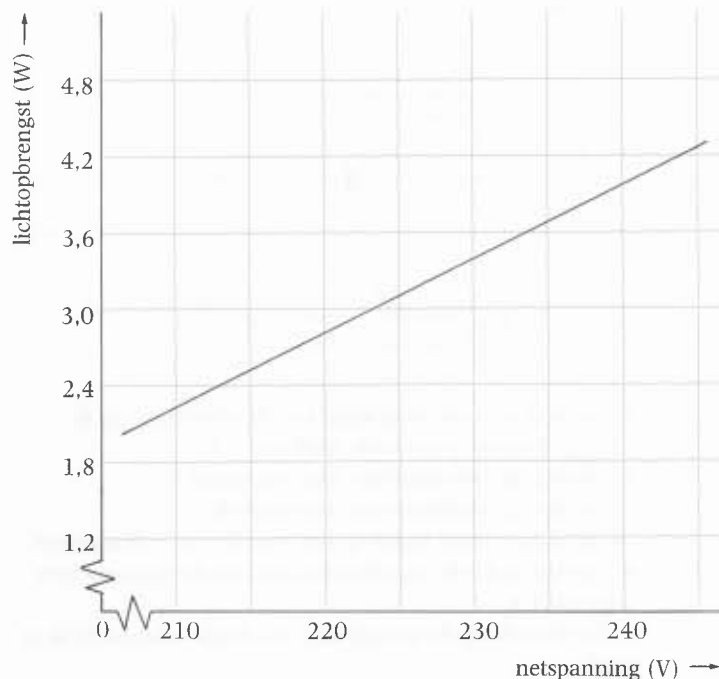


fig. 43
Het verband tussen de aansluitspanning en de lichtopbrengst van een lamp (220 V, 60 W).



In figuur 43 zie je hoeveel licht je van deze lamp krijgt bij verschillende spanningen.

8a Welke voordelen heeft de hogere spanning voor de consument?

b Wat is het nadeel?

9a Bereken de stroomsterkte door een lamp van 60 W, als deze wordt aangesloten op een spanning van 220 V.

b Bereken het vermogen van de lamp van 220 V, 60 W, als deze wordt aangesloten op 230 V. Neem daarbij aan dat de weerstand van de lamp niet verandert.

c Hoeveel procent is het vermogen toegenomen?

d Bepaal met behulp van figuur 43 met hoeveel procent de lichtopbrengst is toegenomen.

e Verklaar het verschil tussen antwoord c en d.

10a Waarom neemt de levensduur van de lamp af als de spanning over de lamp groter wordt?

b Bij welke spanning heeft de lamp de langste levensduur?

c Bij welke spanning brandt de lamp door?

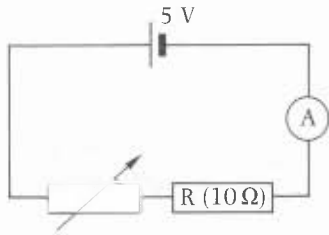
11a Wat moet de fabrikant aan de lampen veranderen, om bij een hogere spanning een langere levensduur te krijgen?

b Wat betekent deze verandering voor het vermogen dat de lamp gebruikt?

c Wat betekent deze verandering voor de lichtopbrengst van de lamp?

1 In figuur 44 is een schakeling met een schuifweerstand getekend.

fig. 44
Een schakeling met een schuifweerstand.



a Bereken de totale weerstand van de schakeling als de schuifweerstand een waarde heeft van 0Ω .

b Bereken de stroomsterkte door weerstand R.

c Bereken de spanning over weerstand R.

De schuifweerstand wordt op een waarde van 5Ω ingesteld.

d Bereken weer de stroomsterkte door en de spanning over weerstand R.

e Doe dit ook als de waarde van de schuifweerstand 10Ω en 15Ω is.

f Zet alle uitkomsten in een overzichtelijke tabel.

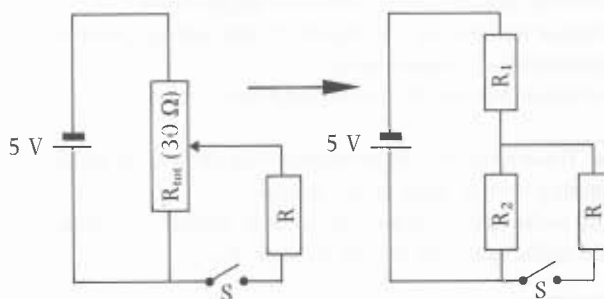
g Waarom wordt de stroomsterkte door weerstand R steeds kleiner?

h Maak een diagram, waarin je de spanning over weerstand R uitzet tegen de ingestelde waarde van de schuifweerstand.

i Geef een verklaring voor het verloop van deze grafiek.

2 In figuur 45 is een spanningsdeler getekend. De spanningsdeler kun je ook beschouwen als twee losse weerstanden, die samen dezelfde waarde hebben als de waarde die met de schuifweerstand werd ingesteld. De spanningsdeler staat op tweederde van de maximale waarde ingesteld. $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$.

fig. 45



a Hoe groot is nu de spanning over R_1 als schakelaar S geopend is?

Er wordt nu een weerstand van 20Ω parallel aan R_2 aangesloten. Schakelaar S wordt gesloten.

b Bereken de vervangingsweerstand van R_2 en R samen.

c Bereken de vervangingsweerstand van de hele schakeling.

d Bereken de spanning over R_1 .

De schuifweerstand wordt nu halverwege zijn lengte ingesteld, zodat R_1 en R_2 elk 15Ω zijn. R blijft parallel aan R_2 .

e Bereken weer de spanning over R_1 .

f Bereken ook de spanning over R_1 als de schuifweerstand zo staat ingesteld, dat R_1 20Ω is.

g Bereken ook de spanning over R_1 als de schuifweerstand op zijn maximale waarde is ingesteld.

h Maak een diagram waarin je de spanning over R_1 uitzet tegen de waarde van R_1 .

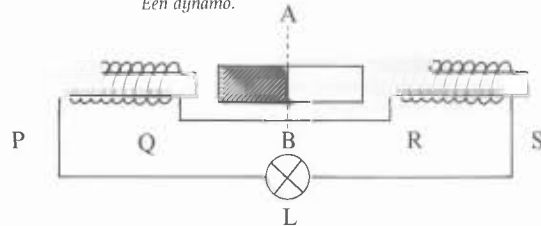
i Teken in dit diagram ook de grafiek die je krijgt, als er géén weerstand parallel aan R_2 is geschakeld.

j Verklaar de verschillen tussen beide grafieken.

3 In figuur 46 is een eenvoudige dynamo getekend. De dynamo bestaat uit een permanente magneet die om as AB kan draaien. De magneet is opgesteld tussen de in serie geschakelde spoelen PQ en RS. Let erop dat een stroom door spoel PQ in dezelfde richting rondgaat als de stroom door spoel RS. Dus: de stromen gaan allebei 'met de klok mee' óf allebei 'tegen de klok in'!

Op deze dynamo is een lampje L aangesloten. Als de magneet snel genoeg ronddraait, gaat het lampje branden.

fig. 46
Een dynamo.



a Wat zijn de verschillen tussen een permanente magneet en een elektromagneet?

b Waarom bevatten de spoelen van een dynamo altijd een weekijzeren kern?

c Leg uit hoe het mogelijk is dat de dynamo een elektrische stroom opwekt.

Op een gegeven moment levert de dynamo een vermogen van $3,0 \text{ W}$, bij een spanning van $6,0 \text{ V}$.

d Bereken de stroomsterkte door het lampje.

e Bereken de weerstand van het lampje.

f Bereken de elektrische energie die de dynamo in 10 minuten levert.

De magneet wordt nu harder rondgedraaid.

g Wat heeft dit voor gevolgen voor:

- de stroomsterkte door het lampje;
- de spanning over het lampje;
- de weerstand van het lampje;
- het geleverde vermogen?

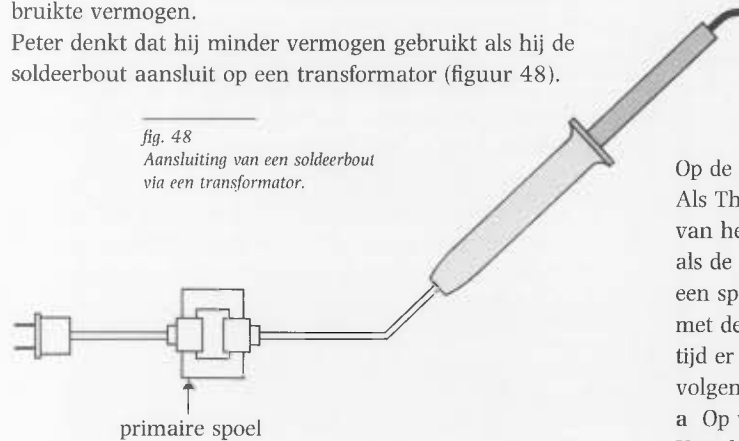
4 Peter heeft een soldeerbout waarop staat: 120 V, 200 W. Als hij deze soldeerbout wil aansluiten op het lichtnet (220 V), moet hij de aansluitspanning verlagen. Dit kan door een weerstand in serie te schakelen met de soldeerbout (figuur 47).

fig. 47
Aansluiting van een soldeerbout
via een voorschakelweerstand.



- Bereken de stroomsterkte door de soldeerbout als deze op de goede spanning is aangesloten.
 - Bereken de waarde van de in serie geschakelde weerstand R.
 - Bereken het door soldeerbout en weerstand samen gebruikte vermogen.
- Peter denkt dat hij minder vermogen gebruikt als hij de soldeerbout aansluit op een transformator (figuur 48).

fig. 48
Aansluiting van een soldeerbout
via een transformator.



- Beredeneer of dat waar is.
- Peter heeft een spoel van 880 windingen. Deze gebruikt hij als primaire spoel.
- Hoeveel windingen moet de secundaire spoel dan hebben?
 - Hoe groot is dan de stroomsterkte in de primaire spoel?

5 Ruud gaat een spoel wikkelen. Daar heeft hij koperdraad voor nodig. Hij gaat naar 'Beun, alles voor elektriciteit', een winkeltje in de buurt. Beun wil Ruud een klos verkopen waar 100 m koperdraad met een doorsnede van $0,1 \text{ mm}^2$ op zit. Maar Ruud vertrouwt Beun niet. Misschien zit er wel veel minder draad op de klos dan 100 m.

- Op welke manieren kan Ruud nagaan of er inderdaad 100 m draad op de klos zit?

Uit de vele mogelijkheden kiest Ruud deze: hij gaat de lengte van de draad bepalen door de weerstand ervan te meten.

- Teken de schakeling waarmee Ruud metingen kan doen om de weerstand van de draad te bepalen.

- Ruud constateert dat de weerstand $3,4 \Omega$ is. Bereken hoe lang de draad is.

Ruud zegt tegen de verkoper hoe lang de draad volgens hem is. De verkoper gelooft dat niet. Als Ruud heeft uitgelegd hoe hij de lengte heeft uitgerekend, zegt Beun dat hij per ongeluk een klos met dunnere draad had gepakt.

- Geloof jij dat? Waarom?

6 Op Thea's fiets zit een fietscomputer. De computer meet zowel de snelheid als het aantal afgelegde kilometers. Hij werkt als volgt.

fig. 49
Een fiets met
een fietscomputer.



Op de spaken van het voorwiel zit een magneetje gemonteerd. Als Thea fietst, passeert het magneetje bij elke omwenteling van het wiel een spoeltje op de voorvork (figuur 49). Telkens als de magneet het spoeltje passeert, wordt er in het spoeltje een spanningspuls opgewekt. Het spoeltje is via een snoetje met de fietscomputer verbonden. De computer meet hoeveel tijd er verloopt tussen de opgewekte pulsen en rekent vervolgens Thea's snelheid uit.

- Op welk principe berust de werking van de fietscomputer? Voordat Thea kon gaan fietsen, moest zij eerst de omtrek van haar voorwiel opslaan in het geheugen van de computer.
- Waarom was dat nodig?
- Hoe berekent het apparaat Thea's snelheid?
- Hoe berekent het apparaat de afstand die Thea heeft gefietst?

In het instructieboekje stond nergens hoe groot de afstand van het magneetje tot aan de as van het voorwiel moest zijn.

- Waarom is dat ook niet belangrijk?
 - Als Thea harder gaat fietsen, wordt de in het spoeltje opgewekte spanningspuls groter. Leg dit uit.
- Men zou de snelheidsmeter ook met behulp van een spanningsmeter kunnen maken. Uit de grootte van de inductiespanning kun je afleiden hoe groot je snelheid is.
- Wat is het nadeel van dat systeem?