

## 6. Afronding hoofdstuk 2

### 6.1 Afrondingsopdracht *Goed en veilig werken van elektrische schakelingen*

#### *Inleiding*

Bij de introductie van dit hoofdstuk heb je je georiënteerd op het onderwerp van dit hoofdstuk en de hoofdstukvragen:

- H1 Hoe wordt er voor gezorgd dat een elektrische schakeling goed en veilig werkt?
- H2 Welke verschijnselen, eigenschappen en wetmatigheden gelden voor elektrische schakelingen?
- H3 Met welke wetmatigheden kun je het goed en veilig werken van elektrische schakelingen beter begrijpen?

Hieronder zijn een vier situaties beschreven die te maken hebben met het goed en veilig werken van elektrische schakelingen. Je gaat na of je die situaties begrijpt met behulp van de geleerde wetmatigheden voor elektrische schakelingen.

We gebruiken hiervoor de expert-werkvorm. De individuele voorbereiding doe je als huiswerk, het werken in de expertgroep, het presenteren in gemengde groepen en het klassikaal nabespreken gebeurt in de klas.

#### *Kiezen*

- 1) Kies één van de onderstaande situaties A, B, C of D.  
Zorg dat de situaties gelijkmatig verdeeld zijn over de klas.

#### *Situaties*

- A. Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er weinig gevaar is voor het ontstaan van brand door kortsluiting of overbelasting?  
Begrippen: kortsluiting, overbelasting, stroomsterkte, zekering, aardlekschakelaar.
- B. Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er weinig gevaar is voor het oplopen van een schok?  
Begrippen: spanning, stroomsterkte, spanningszoeker, aarding, aardlekschakelaar, isolatie.
- C. Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er niet te veel energieverlies is in de leidingen?  
Begrippen: energieverbruik, weerstand, doorsnede, lengte, warmteontwikkeling.
- D. Je hebt twee lampjes  $L_1$  (6,0 V; 0,30 A) en  $L_2$  (12,0 V; 0,40A). en twee regelbare weerstanden. Ontwerp een schakeling waarbij beide lampjes op de juiste sterkte branden. Geef een toelichting waarom je schakeling goed werkt.  
Begrippen: stroomsplitsing, spanningsdeling.

#### *Vorbereiding (individueel)*

- 2) Schrijf een verhaal van een half A4 waarin je de gekozen situatie bespreekt.  
Gebruik de betreffende begrippen in je verhaal.
- 3) Neem het resultaat van 2) op schrift en leesbaar voor anderen mee naar de volgende les.

### ***Expertgroepjes***

- 4) Vorm groepjes van drie of vier leerlingen met dezelfde situaties A, B, C en D op schrift.
- 5) Lees het resultaat van enkele medeleerlingen uit je groepje.
  - onderstreep met potlood wat volgens jou onjuist is;
  - zet vraagtekens bij wat onduidelijk is en
  - zet V-tekens als er iets vergeten is.
- 6) Bespreek je commentaar met je medeleerlingen
- 7) Verbeter je verhaal en vul het zonedig aan. Zorg voor een goed lopend verhaal dat je straks kunt voorlezen

### ***Heterogene groepjes***

- 8) Vorm groepjes van drie of vier leerlingen met verschillende situaties A, B, C en D en een verhaal daarover op schrift
- 9) Lees je verhaal voor en beantwoord vragen over je situatie

### ***Nabespreken***

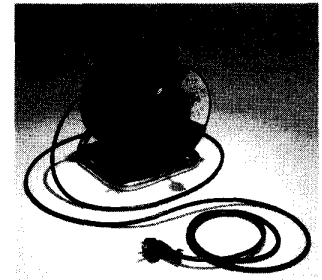
- 10) Klassikaal wordt besproken hoe de vier situaties A, B, C en D samenhangen met de hoofdstukvragen
  - H1 Hoe wordt er voor gezorgd dat een elektrische schakeling goed en veilig werkt?
  - H2 Welke verschijnselen, eigenschappen en wetmatigheden gelden voor elektrische schakelingen?
  - H3 Met welke wetmatigheden kun je het goed en veilig werken van elektrische schakelingen beter begrijpen?

## 6.2 Oefenopgaven

### 27 \*Kabelhaspel

Op een kabelhaspel staan voorschriften voor de maximaal toegestane stroomsterkte in de leidingen van de kabel. Volledig afgerold mag in de leidingen een stroom lopen van 6,0 A. Als de kabel opgerold is, is de maximaal toegestane stroomsterkte maar 2,75 A.

- Waarom is de maximaal toegestane stroomsterkte in de opgerolde toestand kleiner dan in de uitgerolde toestand?
- Mag je een boormachine met een elektrisch vermogen van 400 W aansluiten op de opgerolde kabel? En een straalkachel met een elektrisch vermogen van 1000 W?



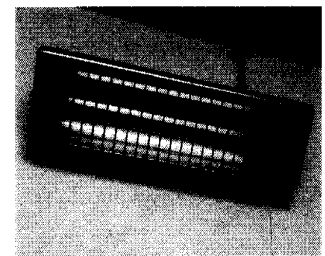
Figuur 30

Kabelhaspel.

### 28 \*Straalkachel

Een straalkachel heeft twee verwarmingselementen R1 en R2. De kachel is aangesloten op de netspanning. Het elektrisch vermogen van de kachel is instelbaar: 0,5 kW als R1 is ingeschakeld, 1,0 kW als R2 is ingeschakeld en 1,5 kW als R1 en R2 zijn ingeschakeld.

- Bepaal de weerstand R1 en R2 van de verwarmingselementen.
- Leg uit hoe de twee weerstanden bij een elektrisch vermogen van 1,5 kW zijn geschakeld: in serie of parallel.
- De kachel is aangesloten op de netspanning via een snoer van 5,0 m lengte. De weerstand van de leiding in het snoer is 0,011  $\Omega$  per meter. Bereken de warmteontwikkeling per seconde in de leiding van het snoer als het elektrisch vermogen van de kachel is ingesteld op 1,5 kW. Hoeveel procent van het geleverd elektrisch vermogen gaat verloren door warmteontwikkeling in de leiding van het snoer?



Figuur 32

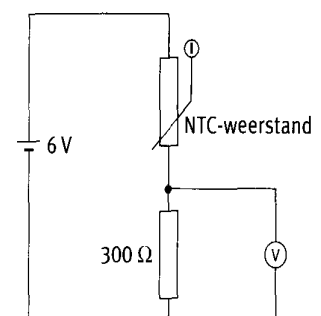
Straalkachel met twee verwarmingselementen.

### 29 \*Sensorschakeling

Teken de schakeling van een eenvoudige elektrische thermometer of lichtintensiteitsmeter. Bij dit meetinstrument moet de te meten grootheid (temperatuur of lichtintensiteit) worden afgelezen op de schaalverdeling van een spanningsmeter. Aan het meetinstrument wordt verder de eis gesteld dat een toename van de te meten grootheid een grotere uitslag van de wijzer tot gevolg heeft.

### 30 \*Elektrische thermometer

De schakeling van figuur 43 is bruikbaar als elektrische thermometer. Het diagram van figuur 44 geeft het verband tussen de weerstand R en de temperatuur T van de NTC weerstand in de schakeling. De spanningsmeter in de schakeling is ingesteld op een meetbereik van 6,0 V. Deze spanningsmeter moet worden voorzien van een schaalverdeling waarop direct de temperatuur is af te lezen. Teken de schaalverdeling op de spanningsmeter in de vorm van een lijn met de getallen 0 t/m 6. Geef op deze schaalverdeling de temperatuurwaarden 0, 50 en 100  $^{\circ}\text{C}$  aan.

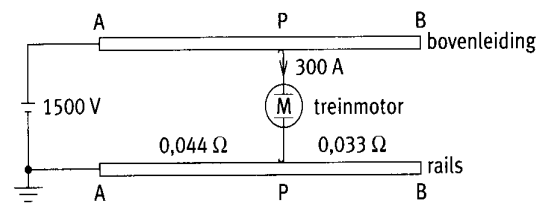


Figuur 43

Schakeling van een elektrische thermometer.

### 31 Bovenleiding van een elektrische trein

Een elektrische trein neemt stroom af van de bovenleiding. Deze bestaat uit een koperen draad met een dwarsdoorsnedeoppervlakte van  $3,1 \text{ cm}^2$ . De stroom loopt vanaf de spanningsbron via de bovenleiding door de motor van de trein naar de rails. Via de rails loopt de stroom terug naar de spanningsbron. In figuur 48 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 48

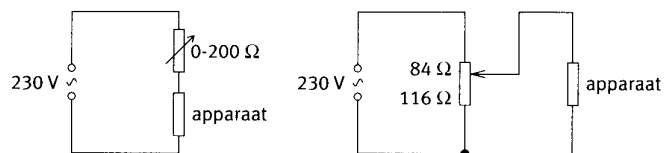
De trein rijdt van A naar B: een afstand van 4,5 km. In figuur 48 passeert de trein het punt P op een afstand van 2,6 km van A. Op dat moment heeft de trein een zodanige snelheid dat de stroomsterkte in de treinmotor 300 A is.

Vraagstelling: welk deel van het door de spanningsbron geleverde vermogen gaat in deze situatie verloren in de vorm van warmteontwikkeling in de bovenleiding en de rails gezamenlijk?

- Bereken het vermogen dat de spanningsbron levert.
- Bereken de weerstand van de bovenleiding in de stroomkring. En bereken de warmteontwikkeling per seconde in de bovenleiding en de rails gezamenlijk. Wat is je conclusie: welk deel van het door de spanningsbron geleverde vermogen gaat verloren in de vorm van warmteontwikkeling in de bovenleiding en de rails gezamenlijk?

### 32 Spanningsregeling

Een elektrisch apparaat met een vermogen van  $90 \text{ W}$  moet aangesloten worden op een spanningsbron met een spanning van  $60 \text{ V}$ . De beschikbare spanning is die van het lichtnet:  $230 \text{ V}$ . Door het gebruik van een schuifweerstand ( $R_{\text{max}} = 200 \text{ O}$ ) is het mogelijk het



Figuur 51

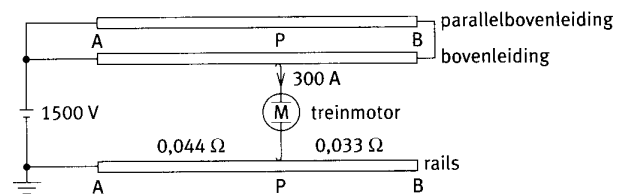
Met behulp van een schuifweerstand kan de spanning over het apparaat op twee manieren worden ingesteld: door de schuifweerstand te gebruiken als variabele weerstand (links) of als spanningsdeler (rechts).

apparaat op de juiste spanning aan te sluiten. Daarvoor zijn twee mogelijkheden, zoals weergegeven in de schakelingen van figuur 51. In de rechterschakeling van figuur 51 staat het glijcontact zó ingesteld dat de weerstand van  $200 \text{ O}$  is verdeeld in twee stukken met weerstanden van  $84 \text{ O}$  en  $116 \text{ O}$ . In dat geval is het apparaat aangesloten op de juiste spanning ( $60 \text{ V}$ ). Vraagstelling: hoe verhoudt zich het energieverbruik in beide schakelingen en in welke schakeling is dit energieverbruik het laagst?

- Bereken de stroomsterkte in het apparaat bij aansluiting op de juiste spanning ( $60 \text{ V}$ ). Bereken ook de weerstand van het apparaat.
- Bereken het door de spanningsbron geleverde vermogen in de twee schakelingen van figuur 51. Wat is je conclusie: hoe verhoudt zich het energieverbruik in beide schakelingen en in welke schakeling is dit energieverbruik het laagst?

### 33 Bovenleiding bij dubbelspoor

In de situatie van opgave 31 kan het vermogensverlies worden beperkt. Men schakelt dan op een dubbelspoortraject de bovenleiding van het andere spoor (voor treinen van B naar A) parallel aan de bovenleiding van de trein die van A naar B rijdt. Deze situatie is



Figuur 49

weergegeven in figuur 49. De trein passeert weer het punt P met een zodanige snelheid dat de stroomsterkte in de treinmotor 300 A is. Vraagstelling: is het vermogensverlies door warmteontwikkeling in de bovenleiding en de rails gezamenlijk in deze situatie (inderdaad) kleiner dan in de situatie van opgave 31?

- Bereken de vervangingsweerstand van de totale bovenleiding tussen de spanningsbron en de trein in punt P.
- Bereken op dezelfde manier als in opgave 31 het aandeel van de warmteontwikkeling in het door de spanningsbron geleverde vermogen. Wat is je conclusie: is het vermogensverlies door warmteontwikkeling in de bovenleiding en de rails gezamenlijk in deze situatie (inderdaad) kleiner dan in de situatie van opgave 31?

### 34 Energie uit batterijen

Lees eerst het krantenartikel en probeer daarna een antwoord op de vraag te vinden.

## Batterij is duurste en vuilste energiedrager

De wegwerpbatterij is de meest milieubelastende en duurste energiedrager, zo stelt de Consumentenbond na een test van 34 soorten. Het per dag twee uur gebruiken van een walkman kost op het lichtnet jaarlijks zo'n drie gulden, op wegwerpbatterijen 144 gulden (64 lege batterijen) en met oplaadbare batterijen ruim dertig gulden.

Maar nu kondigen verschillende fabrikanten aan dat hun 1,5 V penlite batterijen per staaftje steeds meer energie zullen gaan bevatten. In 1982 was dat nog 500 milliampère-uur (mAh) en ze voorspellen dat dat rond de eeuwwisseling gestegen zal zijn tot 2300 mAh. Die nieuwe batterijen gaan dan wel zo'n zes gulden per stuk kosten.

In het artikel wordt de energie-inhoud van wegwerpbatterijen opgegeven in de eenheid mAh. Een energie-inhoud van 500 mAh betekent dat de batterij 1 h lang een stroom van 500 mA kan leveren en daarna leeg is. De batterij kan wel gedurende een langere tijd een kleinere stroom leveren, maar het product van stroomsterkte en tijdsduur zal ook dan 500 mAh zijn. Vraagstelling: verandert de grotere energie-inhoud van de aangekondigde superwegwerpbatterij iets aan de conclusies van de Consumentenbond?

- Bereken de energie-inhoud (in kJ) van de oude en de nieuwe wegwerpbatterijen. Hoeveel keer zo groot (ongeveer) is de energie-inhoud van de aangekondigde superwegwerpbatterij?
- Bereken de kosten per kJ geleverde energie van de oude en de nieuwe wegwerpbatterij. Wat is je conclusie: verandert de grotere energie-inhoud van de aangekondigde superwegwerpbatterij iets aan de conclusies van de Consumentenbond in het artikel?



## 6.3 Uitwerkingen

### 27\*Kabelhaspel

- In opgerolde toestand is de warmteafgifte aan de omgeving minder. De isolatie kan sneller smelten.
- De stroomsterkte door de boormachine is  $400 / 230 = 1,74$  A. Ja, kan opgerold  
De stroomsterkte door de straalkachel is  $1000 / 230 = 4,35$  A. Nee, kan niet opgerold

### 28 \*Straalkachel

- Bij 0,5 kW is  $I = 500 / 230 = 2,17$  A en  $R_1 = 230 / 2,17 = 106$  Ω.  
Bij 1,0 kW is  $R_2 = 0,5 \cdot 106 = 53$  Ω.
- Voor een groter vermogen bij 230 V moet I groter zijn, dus R kleiner => parallel geschakeld.
- $R_{\text{snoer}} = 2 \times 5,0 \times 0,011 = 0,11$  Ω.  
 $1/R_{12} = 1/R_1 + 1/R_2$  dus  $R_{12} = 35,3$  Ω.  
 $U_{\text{snoer}} = 6,5 \times 0,11 = 0,72$  V dus  $P_{\text{snoer}} = 0,72 \times 6,5 = 4,7$  W  
 $U_{\text{kachel}} = 6,5 \times 35,3 = 229,5$  V dus  $P_{\text{kachel}} = 229,5 \times 6,5 = 1,49$  kW  
4,7 W op de (1490 +4,7) W is  $4,70 / 1495 = 0,3\%$ .

### 29\*Sensorschakeling

Zie figuur 43 in vbk. Als R(NTC) kleiner wordt, dan wordt I groter en ook de spanning over de weerstand R. Bij een LDR gaat het identiek, bij een PTC moet de V-meter echter over de PTC staan en niet over de weerstand R.

### 30\*Elektrische thermometer

NTC	V-meter	
$T = 0$ °C	$R = 500$ Ω	$U_{\text{uit}} = 6,0 \cdot 300 / 800 = 2,25$ V
$T = 50$ °C	$R = 200$ Ω	$U_{\text{uit}} = 6,0 \cdot 300 / 500 = 3,60$ V
$T = 100$ °C	$R = 90$ Ω	$U_{\text{uit}} = 6,0 \cdot 300 / 390 = 4,62$ V

### 31. Bovenleiding

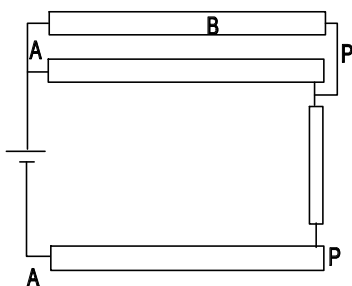
- a)  $P = 1500 \cdot 300 = 4,5 \cdot 10^5 \text{ W}$   
b)  $R = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 2,6 \cdot 10^3 / 3,1 \cdot 10^{-4} = 0,143 \text{ O}$   
 $E = 300^2 \cdot (0,143 + 0,044) \cdot 1 = 16.830 \text{ J} = 17 \text{ kJ};$   
in %:  $100 \cdot 17 / 450 = 3,8\%$

### 32. Spanningsregeling

- a) 90 W, 60 V betekent  $I = 1,5 \text{ A}$  en  $R = 60 / 1,5 = 40 \text{ O}$ .  
Schuifweerstand:  $P (\text{bron}) = 230 \cdot 1,5 = 345 \text{ W}$   
spanningsdeler: door de tak van 116 O gaat  $I = 60 / 116 = 0,52 \text{ A}$ . De hoofdstroom is 1,92 A.  
b)  $P (\text{bron}) = 230 \cdot 1,92 = 442 \text{ W}$ .  
De verhouding is:  $P (\text{schuif}) : P (\text{spanningsdeler}) = 345:442 = 1:1,3$ .  
De schuifweerstand geeft een lager energieverbruik.

### 33. Bovenleiding bij dubbelspoor

- a) 2,6 km is 0,143 O,  
de hele leiding is 4,5 km dus 0,247 O  
van P naar B is dan nog 0,104 O  
de bovenste tak is totaal 0,361 O  
de vervangingsweerstand van 0,143 en 0,361  
parallel geschakeld is 0,102 O  
De totale serieweerstand is 0,146 O geworden.  
b)  $E = 300^2 \cdot 0,146 \cdot 1 = 13.140 \text{ J} = 13 \text{ kJ}$ , en dus kleiner geworden.



### 34. Energie uit batterijen

- a) Oud:  $E = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 2700 \text{ J} = 2,7 \text{ kJ}$ ; nieuw:  $E = 1,5 \cdot 2,3 \cdot 3600 = 12.420 \text{ J} = 12,4 \text{ kJ}$ . De energie-inhoud is  $12,4 / 2,7 = 4,6 \times$  zo groot.  
b) Oud: 2,7 kJ kost 225 cent, de prijs per kJ is 83 cent.  
Nieuw: 12,4 kJ kost 600 cent, de prijs per kJ is 48 cent.  
Conclusie: de prijs wordt ongeveer de helft, maar het blijft een dure energiedrager.