

## § 5 Weerstand

### 5.1 Introductie

#### *Inleiding*

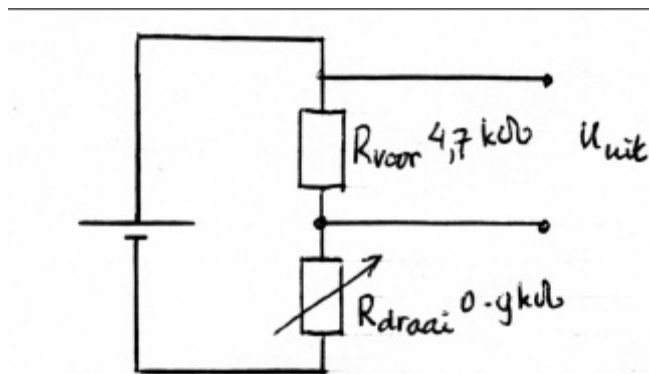
In deze paragraaf ga je verschillende soorten weerstanden bestuderen waarvan je de weerstandswaarde kunt variëren. De weerstand van een metaaldraad blijkt af te hangen van de lengte van de metaaldraad, de doorsnede van de metaaldraad en van het soort materiaal. Er zijn ook weerstanden waarbij de weerstandswaarde afhangt van de hoeveelheid licht die op de weerstand valt, of van de temperatuur van de weerstand, of van de richting van de stroom in de weerstand. Deze variabele weerstanden kun je gebruiken voor het meten van lichtsterkte of temperatuur.

#### *De paragraafvragen zijn:*

- P1 Welke soorten variabele weerstanden zijn er en waar hangt de weerstandswaarde van die variabele weerstanden vanaf?
- P2 Hoe kun je een variabele weerstand gebruiken voor het meten van bijvoorbeeld lichtsterkte of temperatuur?

### 5.2 Het instapprobleem met demonstratie *Een draaiweerstand als hoeksensor geschakeld.*

Op een bord is een variabele draaiweerstand in serie geschakeld met een weerstand met een vaste waarde (4,7 kΩ) (zie figuur 5.1). Voor de variabele draaiweerstand geldt een (bijna) lineair verband tussen de hoek  $0^\circ - 270^\circ$  en de weerstand  $0 \text{ k}\Omega - 9,0 \text{ k}\Omega$ . De schakeling is aangesloten op een spanningsbron (10 V). De uitgangsspanning  $U_{\text{uit}}$  hangt af van de stand van de draaiweerstand. Je kunt deze schakeling gebruiken om hoeken te meten als je de *ijkgrafiek* kent. Dit is een grafiek van de uitgangsspanning als functie van de hoek van de draaiweerstand



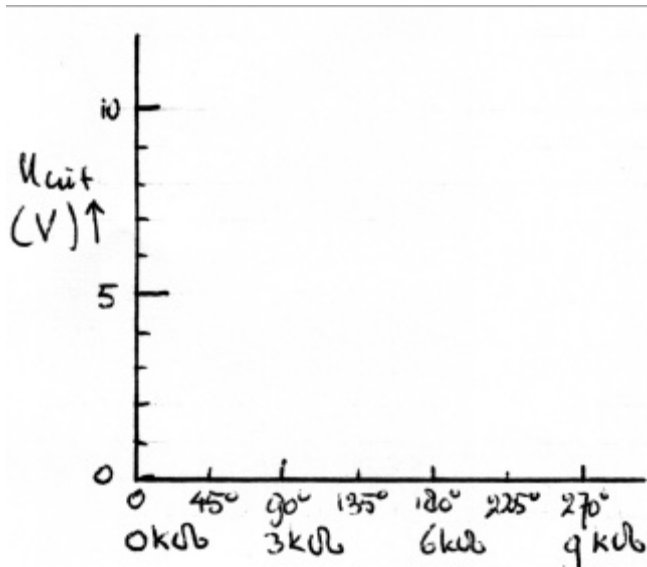
figuur 5 De sensorschakeling

#### *Startvraag*

- I1 Hoe ziet de ijkgrafiek er uit?

*Verwachting*

Schets in het diagram (zie figuur 5.2) hoe je verwacht dat de ijkgrafiek verloopt.



figuur 5.2

*Vervolgvrage*

Vraag je docent enkele meetwaarden en teken in het diagram de gemeten ijkgrafiek.

I2      Waarom is de ijkgrafiek geen rechte lijn?

### 5.3 Opgaven

#### 17. Metaaldraad

Een metaaldraad met een lengte van 80 cm en een dwarsdoorsnedeoppervlak van  $1,5 \text{ mm}^2$  heeft een weerstand van  $9,1 \text{ m}\Omega$ . Van welk metaal is deze draad gemaakt?

#### 18. Weerstandsmeting en doorsnede metaaldraad

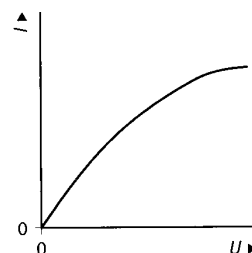
Beschrijf hoe je met een weerstandsmeting de diameter van een koperdraad kunt bepalen. Teken het schakelschema van de meetopstelling en geeft daarin de meet-instrumenten aan. Leg daarna uit hoe je uit de resultaten de diameter bepaalt.

#### 19. Warmteontwikkeling in leidingen in huis

Bereken dat de warmteontwikkeling in de leiding van een elektrische huisinstallatie afhangt van de soort en het aantal ingeschakelde apparaten. Leg uit dat die warmteontwikkeling alleen kan worden beperkt door de keuze van een leiding met een grotere diameter.

#### 20. (I,U)-diagram gloeilamp.

In figuur 36 zie je het  $(I,U)$ -diagram van een gloeilamp. Verklaar het verband tussen de spanning  $U$  over, en de stroomsterkte  $I$  in de gloeilamp.



Figuur 36

$(I,U)$ -diagram van een gloeilamp.

#### 21. Elektrische boiler

Een elektrische boiler is aan gesloten op het lichtnet (spanning 230 V). Het verwarmingselement van de boiler is gemaakt van nichroomdraad met een lengte van 45 m en een dwarsdoorsnedeoppervlak van  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Hoeveel kWh elektrische energie verbruikt deze boiler als hij 4,5 uur ingeschakeld is?

#### 22. TL-buis

In een tl-buis loopt een stroom door een gas. De inwendige diameter van een 230 V - 9,0 W tl-buis is 8,5 mm. De buis is 40 cm lang.

Bereken de soortelijk weerstand van het gas.

#### 23. Hoogspanningsleiding

Een elektriciteitscentrale levert de elektrische energie voor een stad op 25 km afstand. De centrale levert een elektrisch vermogen van 80 MW. Bij de centrale is de spanning tussen de beide hoogspanningskabels 380 kV. De hoogspanningskabels zijn van koper en hebben een dwarsdoorsnedeoppervlak van  $2,5 \text{ cm}^2$ .

- Bereken de warmteontwikkeling per seconde in de hoogspanningskabels.
- Hoeveel procent van het door de centrale geleverde elektrisch vermogen gaat verloren door warmteontwikkeling in de hoogspanningskabels?

## 5.4 Leerlingenpracticum 3 *De weerstandswaarde van een ntc-weerstand*

### *Inleiding*

Een ntc-weerstand is een weerstand waarvan de weerstandswaarde afhangt van de temperatuur. Je kunt een ntc-weerstand gebruiken als temperatuursensor door hem op te nemen in een sensorschakeling. In dit practicum ga je de volgende vragen beantwoorden door te meten.

- L1 Hoe verandert de weerstandswaarde van een ntc-weerstand als functie van de temperatuur?
- L2 Hoe ziet de ijkgrafiek er uit die de uitgangsspanning van de sensorschakeling geeft als functie van de temperatuur  $T$ ?

### *Werkplan*

Schrijf een werkplan.

Laat dit werkplan goedkeuren door de docent

### *Uitvoeringsopdrachten*

Voer het practicum uit volgens het goedgekeurde werkplan.

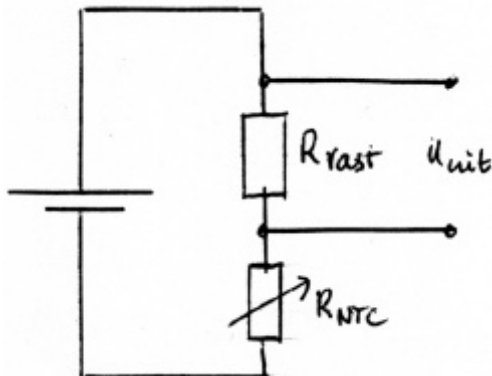
Schrijf een volledig verslag en lever dit in. Dit verslag telt mee voor je eindcijfer.

## 5.5 Toepassingsopdracht Een ntc-weerstand geschakeld als temperatuursensor

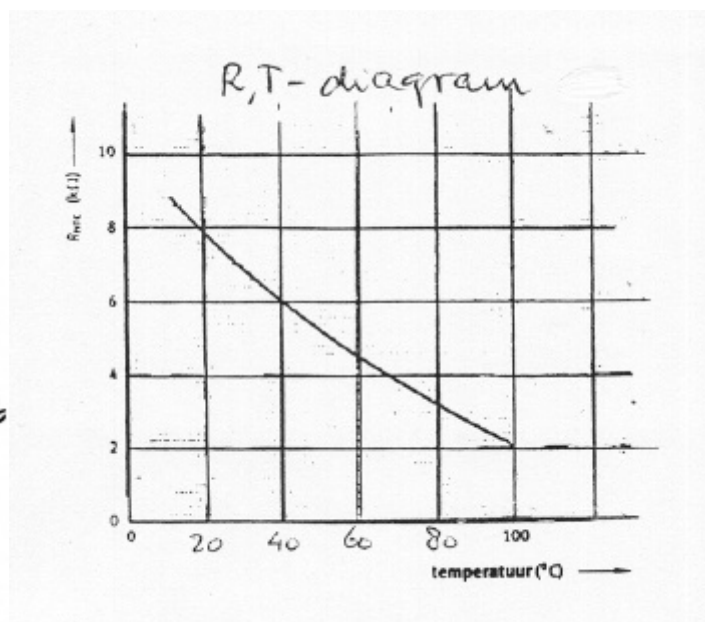
### Inleiding

De weerstandswaarde van een ntc-weerstand neemt af als de temperatuur toeneemt (ntc = negatieve temperatuurscoëfficiënt). Daarom kun je een ntc-weerstand, maar ook een ptc-weerstand gebruiken als temperatuursensor in een sensorschakeling. (zie figuur 5.3) De uitgangsspanning van  $U_{\text{uit}}$  een sensorschakeling is een maat voor de gemeten temperatuur en kan worden gebruikt als ingangssignaal voor een elektronische schakelaar. Bij een thermostaat maakt je de warmtetoevoer afhankelijk van de gemeten temperatuur, en kun je de temperatuur automatisch regelen.

Je gaat rekenen aan een ntc-weerstand die gebruikt wordt als temperatuursensor voor temperaturen tussen  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . In de sensorschakeling gebruik je een voorschakelweerstand  $R_{\text{voor}}$  met een waarde van  $5,0\text{ k}\Omega$  en een spanningsbron  $U_{\text{bron}}$  met een spanning van  $9,0\text{ V}$ . Om snel te kunnen zien welke temperatuur en welke uitgangsspanning bij elkaar horen, is het handig om een grafiek te maken waarin je de uitgangsspanning kunt aflezen als functie van de temperatuur. Dit noem je de ijkgrafiek van de sensor. De fabrikant levert bij de ntc-weerstand een grafiek van de weerstandswaarde van de ntc-weerstand  $R_{\text{ntc}}$  als functie van de temperatuur  $T$ . (zie figuur 5.4).



figuur 5.3 Sensorschakeling



figuur 5.4 (R,T)-diagram

### Vraag

T1 Hoe ziet de ijkgrafiek van deze temperatuursensor er uit ?

Onderbouw je antwoord door de ijkgrafiek te tekenen door voor vijf punten de berekening uit te voeren.

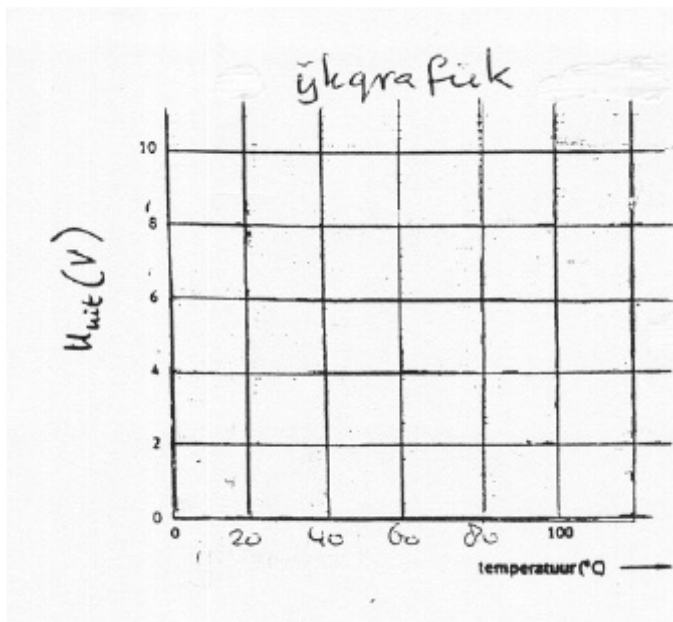
### Aanwijzingen

1. Er geldt  $U_{uit} = [ R_{voor} / (R_{voor} + R_{ntc}) ] \cdot U_{bron}$  (Ga dit na).
2. Bereken met deze formule de uitgangsspanning  $U_{uit}$  voor vijf handig gekozen waarden van de temperatuur T.

Besteed tenminste tien minuten, maar niet meer dan twintig minuten aan deze opgave.

Noteer wat je hebt geprobeerd om het probleem op te lossen en neem dat mee.

In de volgende les gaan we bespreken hoe je dit probleem hebt aangepakt en hoe je zo nodig je aanpak kunt verbeteren.



figuur 5.5 Ijkgrafiek:  $(U,t)$ -diagram

### ***Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)***

- 1) De oplossing
  - a) Vergelijk in je groepje jouw oplossing met die van anderen.
  - b) Hoe weet je of een oplossing juist is of niet?
  
- 2) De aanpak

Vergelijk je aanpak met die van medeleerlingen door het beantwoorden van de volgende vragen.

  - a) Het komt nog al eens voor dat je aan het begin van een probleem of halverwege vastloopt. Was dat met dit probleem ook zo? Heb je tips om verder te komen?
  - b) Voor het verkennen van het probleem maak je gebruik van een tekening van de schakeling (zie figuur 5.3).  
Had je deze tekening nodig?
  - c) Symbolen hebben met een index  $i$  die verwijst naar onderdelen van de schakeling. Wie heeft daar gebruik van gemaakt en hielp dit bij het oplossen?
  - d) Formules gelden voor de gehele schakeling en voor delen van de schakeling. Hoe wist je met welke formule je moest beginnen en met welk deel van de schakeling?
  - e) Bij het probleem zijn een aantal aanwijzingen gegeven.  
Welke aanwijzingen had je nodig? Waren er ook overbodige aanwijzingen?
  
- 3) Zorg dat ieder het resultaat van 2) kan rapporteren

### ***Uitwisselen (klassikaal)***

Op basis van observaties tijdens het werken in groepen bespreekt de docent kort het antwoord op de probleemstelling.

Mogelijke vervolgvragen zijn:

- T2 De ijkgrafiek geeft een (bijna) lineair verband tussen temperatuur en uitgangsspanning.  
Was dat te verwachten?
- T3 Als de ntc-weerstand verandert verandert niet alleen de spanning over de ntc-weerstand, maar ook de spanning over de voorschakelweerstand. Leg dit uit.
- T4 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{\text{voor}} = 5 \Omega$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{\text{voor}}$ ?
- T5 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{\text{voor}} = 5 M\Omega$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{\text{voor}}$ ?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) rapporteert.

De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar:

- de situatie verkennen
- een aanpak bedenken

## 5.6 Afronding § 5 Weerstand

<b>Begrippen en wetmatigheden</b>		<b>Toelichting</b>
<p><b>De paragraafvragen zijn</b></p> <p>P1 Welke soorten variabele weerstanden zijn er en waar hangt de weerstandswaarde van die variabele weerstanden vanaf?</p> <p>P2 Hoe kun je een variabele weerstand gebruiken voor het meten van bijvoorbeeld lichtsterkte of temperatuur?</p>		
<p>Metaaldraad Weerstand afhankelijk van lengte, dwarsoppervlak en soort metaal. <math>R = \rho \cdot l / A</math> Weerstand afhankelijk van temperatuur (behalve bij een constantaandraad)</p>		
<p>Lichtafhankelijke weerstand Light dependent resistor (ldr)</p>		
<p>Temperatuursafhankelijke weerstand Weerstand met een negatieve temperatuurscoëfficiënt (ntc-weerstand) of met een positieve temperatuurscoëfficiënt (ptc-weerstand)</p>		
<p>Richtingafhankelijke weerstand Diode</p>		
<p>Sensorschakeling, ijkgrafiek.</p>		
<p><b>Jouw antwoord op de paragraafvragen</b></p>		
<p><b>Jouw vragen die (nog) niet beantwoord zijn:</b></p>		



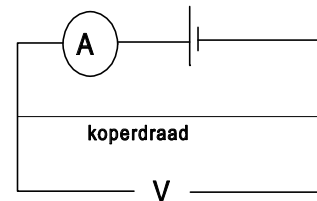
## 5.7 Uitwerkingen van opgaven

### 17 Metaaldraad

$$? = 0,0091 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} / 0,80 = 1,7 \cdot 10^{-8}, \text{ koper.}$$

### 18 Weerstandsmeting en doorsnede metaaldraad

Sluit de koperdraad aan op een spanningsbron, neem een ampèremeter op in de schakeling en bepaal met een voltmeter de spanning over de koperdraad. Via de stroomsterkte en spanning kun je de weerstand berekenen. Met de weerstand, de lengte (meten) en de soortelijke weerstand is de dwarsdoorsnedeoppervlakte te bepalen en via  $A = p \cdot r^2$  is  $r$  te berekenen. Vervolgens is  $d = 2 \cdot r$ .



### 19 Warmteontwikkeling in leidingen in huis

De leidingen hebben een vaste weerstand, de stroomsterkte hangt samen met het aantal en soort ingeschakelde apparaten.  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$  en dus neemt de warmteontwikkeling kwadratisch toe met de stroomsterkte. Bij leidingen met een grotere diameter is  $R$  per meter kleiner en dus ook de warmteontwikkeling.

### 20 (I,U)-diagram gloeilamp

Het diagram van figuur 35 (vbk) is geen rechte lijn omdat de temperatuur toeneemt als de stroomsterkte toeneemt. De verhouding  $U/I$  zal dus toenemen.

### 22 Elektrische boiler

Gegeven:  $U = 230 \text{ V}$ ;  $l = 45 \text{ m}$ ;  $A = 2,5 \text{ mm}^2$ ;  $t = 4,5 \text{ h}$ ; nichroom: ? opzoeken

Gevraagd E

$$\text{Formules: } E = P \cdot t \quad P = U \cdot I \quad U = I \cdot R \quad R = ? \cdot l / A$$

Invullen:

$$R = 1,10 \cdot 10^{-6} \cdot 45 / 2,5 \cdot 10^{-6} = 19,8 \text{ } \Omega$$

$$I = U / R = 230 / 19,8 = 11,6 \text{ A}$$

$$P = 230 \times 11,6 = 2,67 \text{ kW}$$

$$E = 2,7 \times 4,5 = 12 \text{ kWh}$$

### 23 TI-buis

Gegeven:  $U = 230 \text{ V}$ ;  $P = 9,0 \text{ W}$ ;  $d = 8,5 \text{ mm}$ ;  $l = 40 \text{ cm}$

Gevraagd: ?

$$\text{Formules: } P = U \cdot I \quad U = I \cdot R \quad ? = R \cdot A / l; \quad A = p \cdot r^2$$

Vul in:

$$I = 9,0 / 230 = 0,039 \text{ A};$$

$$R = 230 / 0,039 = 5878 \text{ } \Omega;$$

$$? = 5878 \cdot p \cdot (4,25 \cdot 10^{-3})^2 / 0,40$$

$$? = 0,83 \text{ } \Omega \text{m}$$

