

§ 3 Serie- en parallelschakeling

3.1 Introductie

Inleiding

In de vorige paragraaf heb je je beziggehouden met de elektrische huisinstallatie en de veiligheidsmaatregelen die daarvoor van belang zijn. Behalve over deze praktijksituatie heb je het een en ander geleerd over de theorie van de enkelvoudige schakeling: een elektrische schakelingen met één weerstand, lampje of apparaat. In deze paragraaf gaat het om meervoudige schakelingen: elektrische schakelingen met meer weerstanden, lampjes of apparaten.

Paragraafvragen

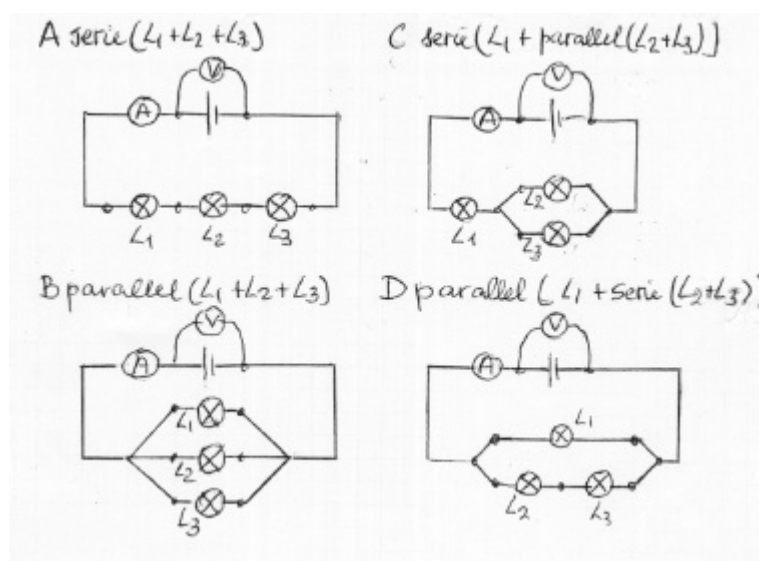
- P1 Hoe meet en bereken je de spanning en de stroom in een schakeling met meerdere weerstanden, lampjes of apparaten?
- P2 Met welke wetmatigheden die gelden voor serie- en parallelschakelingen kun je de veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie beter begrijpen?

3.2 Instapprobleem met demonstratie Schakelingen van drie lampjes

Je kunt met drie lampjes (6,0 V; 0,50 A; 12,0 Ohm) en met één spanningsbron vier verschillende schakelingen A, B, C en D maken (zie figuur 3.1). Je hebt een voltmeter om de bronspanning te meten en een amperemeter om de bronstroom te meten.

Startvragen

- I1 Op welke bronspanning moet je iedere schakeling aansluiten om tenminste één lampje normaal te laten branden? Welke stroom loopt er dan door de bron?
- I2 Wat verandert er aan de intensiteit van de lampjes L_1 en L_2 als je lampje L_3 losdraait?



figuur 3.1 Vier schakelingen van drie gelijke lampjes

❖ Hoe branden de lampjes. Omcirkel wat je verwacht.

Schakeling	Hoe branden de lampjes ?			Bronspanning (in Volt) Bronstroom (in Ampere)	Hoe branden de lampjes L ₁ en L ₂ na losdraaien van L ₃	
	L ₁	L ₂	L ₃		L ₁	L ₂
A L ₁ L ₂ en L ₃ in serie	Normaal	Normaal	Normaal	V A	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel
B L ₁ L ₂ en L ₃ parallel	Normaal	Normaal	Normaal	V A	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel
C L ₁ in serie met de parallel van L ₂ en L ₃	Normaal	Zeer zwak	Zeer zwak	V A	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel
D L ₁ parallel met de serie van L ₂ en L ₃	Normaal	Zeer zwak	Zeer zwak	V A	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel	Niet Zeer zwak Zwak Normaal Fel

Figuur 3.2 Hoe branden de lampjes?

Vervolgvragen

Schakeling B: drie lampjes parallel.

I3 Waarom blijven L₁ en L₂ even fel branden als je lampje L₃ losdraait?

I4 Waarom hangt de bronstroom af van het aantal brandende lampjes?

Schakeling C: een lampje in serie met de parallel van twee dezelfde lampjes

I5 Waarom gaat L₁ minder fel branden als je L₃ losdraait?

I6 Waarom gaat L₂ feller branden als je L₃ losdraait?

Schakeling D: de serie van twee dezelfde lampjes parallel aan nog eenzelfde lampje.

I7 Waarom brandt L₁ feller dan L₂ en L₃?

I8 Waarom blijft L₁ even fel branden als je L₃ losdraait?

I9 Waarom verandert de bronstroom als je L₃ losdraait?

3.3 Opgaven

6. Controlelampje

In een auto zit een aantal controlelampjes. Een van die controlelampjes is voor het mistachterlicht. Zijn dit controlelampje en het mistachterlicht in serie of parallel geschakeld? Leg uit waarom.

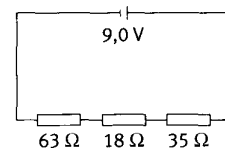
7. Fietsverlichting

Zijn de koplamp en het achterlicht van een fiets in serie of parallel geschakeld? Leg uit waarom.

8. Serieschakeling van drie weerstanden

In figuur 14 zie je een serieschakeling van drie weerstanden, aangesloten op een spanningsbron.

- Bereken de vervangingsweerstand van de drie in serie geschakelde weerstanden.
- Bereken de stroomsterkte in de schakeling.
- Bereken de spanning over elk van de drie weerstanden.

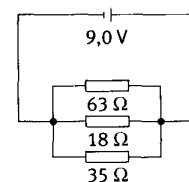


Figuur 14

9. Parallelschakeling van drie weerstanden

In figuur 15 zie je een parallelschakeling van drie weerstanden, aangesloten op een spanningsbron.

- Bereken de vervangingsweerstand van de drie parallel geschakelde weerstanden.
- Bereken de stroomsterkte in de schakeling.
- Bereken de stroomsterkte in elk van de drie weerstanden.

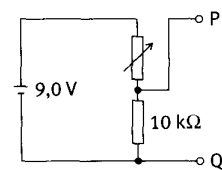


Figuur 15

10. Spanningsdeler

De spanningsdeler van figuur 16 bestaat uit een serieschakeling van een weerstand van 10 kW en een regelbare weerstand. De *uitgangsspanning* van deze spanningsdeler is de spanning tussen de punten P en Q.

- De regelbare weerstand is ingesteld op een waarde van 20 kW. Hoe groot is dan de uitgangsspanning?
- Hoe zal de uitgangsspanning veranderen als de variabele weerstand op een grotere waarde wordt ingesteld?
- De regelbare weerstand heeft een maximale waarde van 30 kW. Tussen welke waarden is de uitgangsspanning in deze schakeling in te stellen?



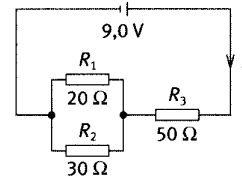
Figuur 16

Spanningsdeler.

11. Gemengde schakeling (1)

In figuur 21 zie je twee parallel geschakelde weerstanden R_1 en R_2 die samen in serie geschakeld zijn met een derde weerstand R_3 .

- Welke weerstanden kun je vervangen door één vervangingsweerstand, zodat er een serieschakeling ontstaat
- Vereenvoudig de schakeling van figuur 6 tot een serieschakeling van twee weerstanden.
- Bereken de stroomsterkte I in de schakeling, de spanning over en de stroomsterkte in elk van de drie weerstanden.

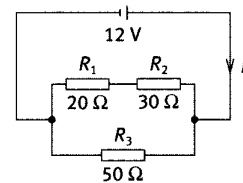


Figuur 21

12. Gemengde schakeling (2)

In figuur 22 zie je twee in serie geschakelde weerstanden R_1 en R_2 die samen parallel geschakeld zijn aan een derde weerstand R_3 .

- Welke weerstanden kun je vervangen door één vervangingsweerstand, zodat er een eenvoudige serie- of parallelschakeling ontstaat?
- Vereenvoudig de schakeling van figuur 7 tot een parallelschakeling van twee weerstanden.
- Bereken de stroomsterkte I in de schakeling, de stroomsterkte in en de spanning over elk van de drie weerstanden.



Figuur 22

3.4 Leerlingenpracticum 2 *Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie weerstanden*

Inleiding

Met een *multimeter* ga je stroom, spanning en weerstand meten in een schakeling met drie verschillende weerstanden. De schakeling lijkt op schakeling C met drie lampjes, maar een groot verschil is dat je nu drie verschillende weerstanden hebt in plaats van drie gelijke lampjes.

De vragen waarop je het antwoord zoekt is:

- L1 Hoe meet je spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie weerstanden?
- L2 Welke wetmatigheden gelden voor spanning, stroom en weerstand in een schakeling met meer weerstanden?

Opstelling

Drie verschillende weerstanden (10 Ω, 27 Ω en 56 Ω)

Snoeren

Spanningsbron

Multimeter

Opgaven

Schakeling bouwen

- 1) Maak de schakeling zoals die is getekend op het waarnemingenblad. Neem nog geen meters op in je schakeling. Laat je schakeling controleren voor je de spanningsbron aanzet.

Meten

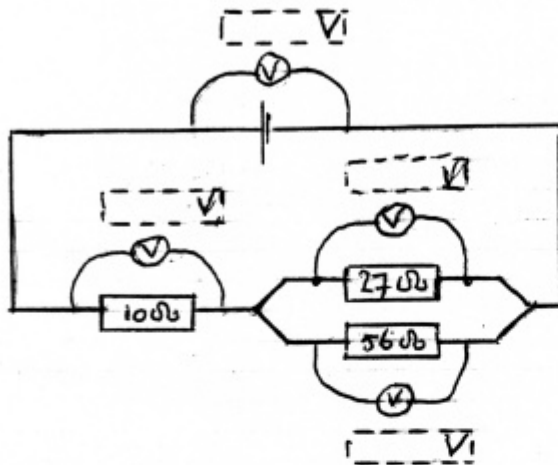
- 2) Meet met de multimeter de bronspanning en de spanning over iedere weerstand; noteer je resultaten op de juiste plaats in het waarnemingenblad.
- 3) Meet met de multimeter de stroomsterkte in iedere tak van de schakeling; noteer je resultaten op de juiste plaats in het waarnemingenblad.
- 4) Koppel de weerstanden los van de spanningsbron.
Controleer met de multimeter de weerstandswaarde van ieder van de weerstanden;
Meet de vervangingsweerstand van het parallelle deel uit de schakeling;
Meet de vervangingsweerstand van de totale schakeling;
Noteer je resultaten op de juiste plaats in het waarnemingenblad.

Wetmatigheden zoeken

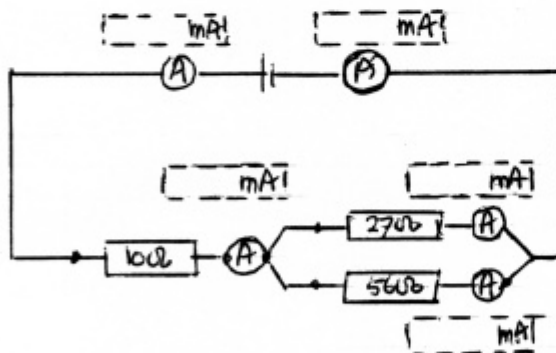
- 5) Formuleer twee regels waaruit blijkt hoe de gemeten waarden voor de spanning samenhangen.
- 6) Formuleer twee regels waaruit blijkt hoe de gevonden waarden voor de stroomsterkte samenhangen.
- 7) Ga na dat de *weerstandswet* (= de wet van ohm) $R_i = U_i / I_i$ geldt voor ieder voorwerp in de schakeling

Waarnemingenblad: schakeling met drie weerstanden

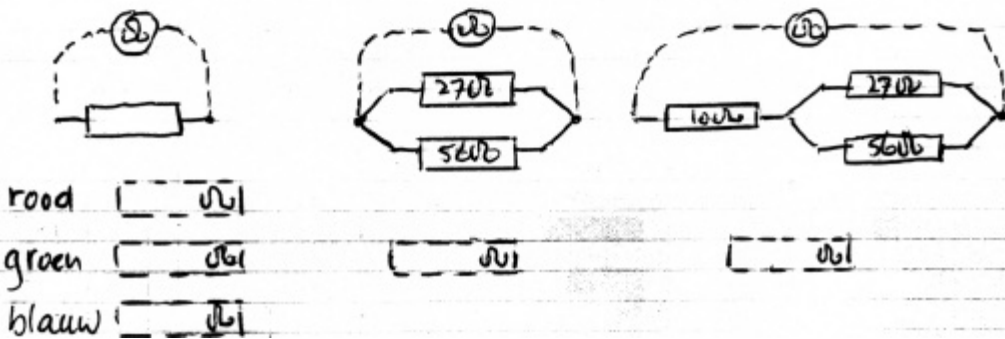
1. Bronspanning en spanning over de weerstanden



2. Stroomsterkte in alle takken



3. Weerstandswaarde en vervangingsweerstand



Figuur 3.2 Waarnemingenblad voor de schakeling met drie verschillende weerstanden

Basisregels en afgeleide regels

Voor iedere elektrische schakeling met meer weerstanden gelden drie basisregels voor spanning, stroom en weerstand.

(1) *stroomregel*: behoud van elektronenstroom

-bij een weerstand $I_{voor} = I_{na}$

-bij splitsen: $I_{hoofdtak} = I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots$

-bij samengaan: $I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots = I_{hoofdtak}$

(2) *spanningsregel*: behoud van energie

-voor iedere gesloten kring met daarin een bron $U_{bron} = U_1 + U_2 + \dots$

-voor parallelle weerstanden in een kring geldt: $U_1 = U_2 = \dots$

(3) *weerstandregel of wet van Ohm*:

-voor de schakeling als geheel: $R_{123} = U_{bron} / I_{schakeling}$

-voor iedere weerstand i geldt: $R_i = U_i / I_i$

8). Ga na in hoeverre jouw metingen (zie tabel) kloppen met deze drie basisregels voor elektrische schakelingen.

Voor elektrische schakelingen met weerstanden in serie of weerstanden parallel gelden twee afgeleide regels

(4) *vervangingsweerstand*

-parallelschakeling $1/R_{123} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$

-serieschakeling $R_{123} = R_1 + R_2 + \dots$

(5) *verhoudingstabellen voor stroomsplitsing en spanningsdeling*

-splitsen van stroom in een parallelschakeling

I_1	I_2	I_3	I_{bron}
$1/R_1$	$1/R_2$	$1/R_3$	$1/R_{123}$

-spanning in een serieschakeling

U_1	U_2	U_3	U_{bron}
R_1	R_2	R_3	R_{123}

9). Ga na in hoeverre jouw metingen kloppen met deze twee afgeleide regels voor elektrische schakelingen.

3.5 Toepassingsprobleem: *Veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie*

Inleiding

In de huisinstallatie zijn veiligheidsmaatregelen getroffen tegen brandgevaar en elektrocutiegevaar. In deze opdracht bekijk je een groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar voor twee niet-geaarde groepen.

De groepenkast schakelt het licht in een deel van het huis uit

A als je te veel apparaten aansluit

B als je sluiting maakt tussen fasedraad en nuldraad

De groepenkast schakelt het licht uit in het hele huis

C als je een niet-geïsoleerde fasedraad aanraakt.

Vragen:

T1 Welke veiligheid geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet biedt?

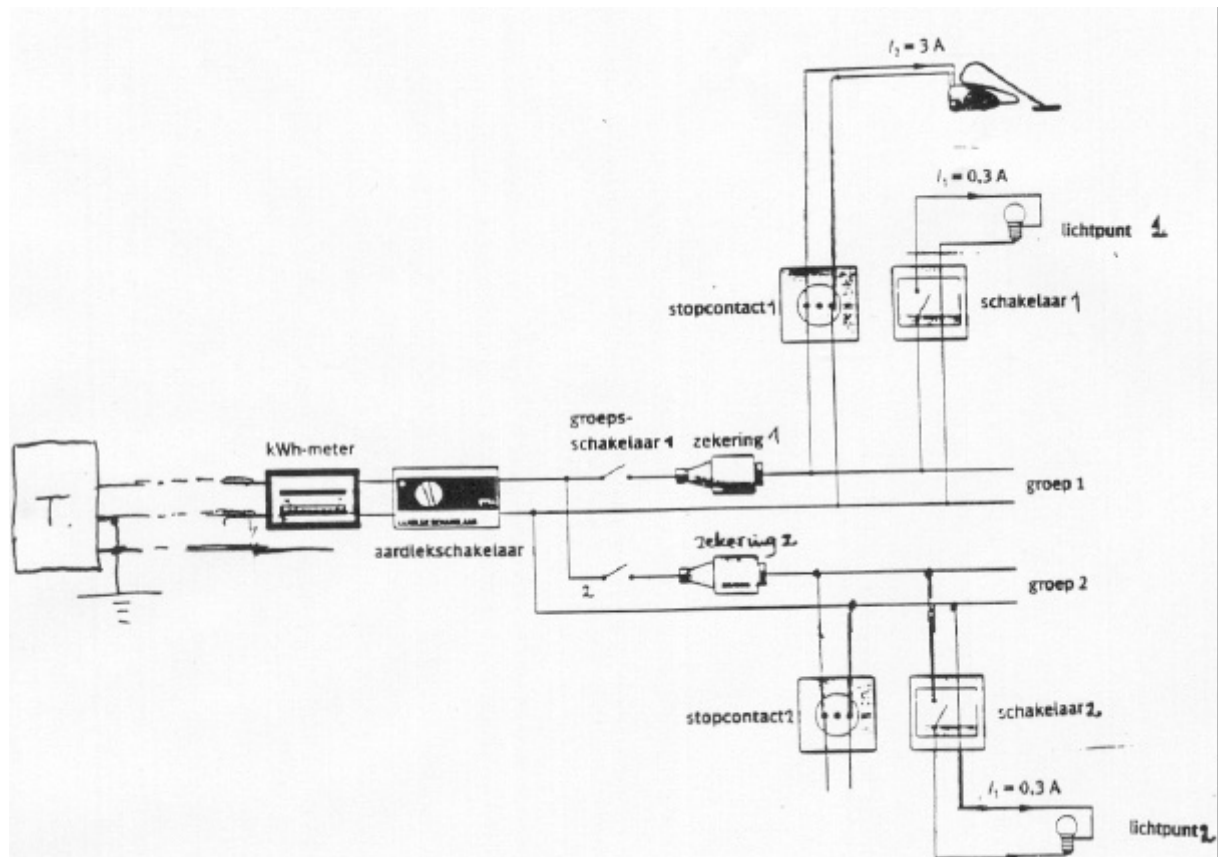
T2 Welke veiligheid geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet biedt?

Onderbouw voor iedere situatie A, B en C je antwoord door de stroomkring in te kleuren die de veiligheidsvoorziening in werking zet en bereken het aantal toegestane stofzuigers per groep als de zekering 16 A kan hebben (zie figuur 3.3).

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 3.3 Twee ongeaarde groepen van de huisinstallatie

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 maakte je gebruik van de tekening van de schakeling in figuur 3.3 Had je deze tekening nodig?
 - c) Welke denkstappen neem je om per situatie na te gaan welke veiligheidsvoorziening in werking treedt?

- 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:

T3 Iemand raakt met zijn ene hand de fasedraad aan en met zijn andere de nuldraad; waarom bieden zekering en aardlekschakelaar beide geen veiligheid.

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

3.6 Afronding § 3 Serie- en parallelschakeling

De paragraafvragen zijn	
P1 Hoe meet en bereken je de spanning, stroom en weertand in een schakeling met meerdere weerstanden, lampjes of apparaten? P2 Met welke wetmatigheden die gelden voor serie- en parallelschakelingen kun je de veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie beter begrijpen?	
Begrippen en wetmatigheden	Toelichting
<p><i>Stroomregel:</i> behoud van elektronenstroom</p> -bij een weerstand $I_{voor} = I_{na}$ -bij splitsen $I_{hoofdtak} = I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots$ -bij samengaan: $I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots = I_{hoofdtak}$	
<p><i>Spanningsregel:</i> behoud van energie</p> -voor iedere gesloten kring met daarin een bron geldt $U_{bron} = U_1 + U_2 + \dots$ -voor parallelle weerstanden in een kring geldt: $U_1 = U_2 = \dots$	
<p><i>Weerstandsregel</i> of wet van Ohm:</p> -voor de schakeling als geheel: $R_{123} = U_{bron} / I_{schakeling}$ -voor iedere weerstand i geldt: $R_i = U_i / I_i$	
<p><i>Afgeleide regel: vervangingsweerstand</i></p> -parallelschakeling $1/R_{123} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ -serieschakeling $R_{123} = R_1 + R_2 + R_3$	
<p><i>Afgeleide regel: stroomsplitsing en spanningsdeling</i></p> -splitsen van stroom in een parallelschakeling $\begin{matrix} I_1 & I_2 & I_3 & I_{bron} \\ 1/R_1 & 1/R_2 & 1/R_3 & 1/R_{123} \end{matrix}$ -dalen van spanning in een serieschakeling $\begin{matrix} U_1 & U_2 & U_3 & U_{bron} \\ R_1 & R_2 & R_3 & R_{123} \end{matrix}$	
Jouw antwoord op de paragraafvragen	
Jouw vragen die (nog) niet beantwoord zijn:	

3.7 Uitwerkingen van opgaven

6 Controlelampje

Serie, als het achterlicht wordt aangezet, gaat het lampje ook aan. Bij uitschakelen gaat het ook weer uit.

7 Fietsverlichting

Parallel, ze branden onafhankelijk van elkaar.

8 Serieschakeling van drie weerstanden

a. $R_v = 63 + 18 + 35 = 116 \text{ O}$.

b. $I = U/R = 9,0/116 = 0,078 \text{ A}$.

c. over 63 O: $U = 0,078 \cdot 63 = 4,9 \text{ V}$

over 18 O: $U = 0,078 \cdot 18 = 1,4 \text{ V}$,

over 35 O: $U = 0,078 \cdot 35 = 2,7 \text{ V}$

(samen is het 9,0 V).

9 Parallelschakeling van drie weerstanden

a. $1/R_v = 1/63 + 1/18 + 1/35$

$R_v = 630/(10 + 35 + 18) = 10 \text{ O}$ (of rekenmachine met de 1/x-toets).

b. $I = 9,0 / 10 = 0,90 \text{ A}$

c. in 63 O: $I = 9,0/63 = 0,14 \text{ A}$

in 18 O: $I = 9,0/18 = 0,50 \text{ A}$

in 35 O: $I = 9,0/35 = 0,26 \text{ A}$

(samen is het 0,90 A)

10 Spanningsdeler

a. Spanningsdeling: $U = 9,0 \cdot 10 / (10 + 20) = 3,0 \text{ V}$.

b. De stroomsterkte door de weerstand van 10 kO neemt af:
de spanning tussen P en Q neemt af.

c. Bij 0 O : 9,0 V

bij 30 kO: $9,0 \cdot 10/40 = 2,25 \text{ V}$

dus $2,25 \leq V(PQ) \leq 9,0 \text{ V}$.

11 Gemengde schakeling (1)

a. R_1 en R_2 kun je vervangen door R_{12} , er ontstaat een serieschakeling. <3-18>

b. $1/R_{12} = 1/20 + 1/30 \Rightarrow R_{12} = 12 \text{ O}$.

c. De hoofdstroom is $I = 9,0/62 = 0,145 \text{ A}$.

De spanning over de 50 O is $U = 0,145 \cdot 50 = 7,26 \text{ V}$.

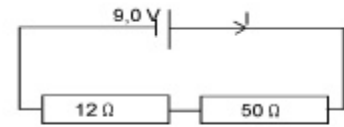
De spanning over de 20 en 30 O is $9,0 - 7,26 = 1,74 \text{ V}$.

De stroomsterkte door 50 O is 0,145 A.

De stroomsterkte door 20 O is $1,74/20 = 0,087 \text{ A}$.

De stroomsterkte door 30 O is $1,74/30 = 0,058 \text{ A}$.

(Bij vroegtijdig afronden kunnen verschillen optreden.)



12 Gemengde schakeling (2)

a. De 20 en 30 O kun je eerst vervangen door 50 O. Er is dan een parallelschakeling ontstaan.

b. 50 en 50 O parallel, deze zijn te vervangen door 25 O.

c. De hoofdstroom is $12/25 = 0,48 \text{ A}$.

Door elke weerstand gaat dus 0,24 A (2 gelijke takken).

De spanning over de weerstand van 50 O is 12 V.

Over 20 O staat $0,24 \cdot 20 = 4,8 \text{ V}$

Over 30 O staat 7,2 V.