

# *Elektrische netwerken*

## *Oefenopgaven: open vragen*

### **Deel 1: de basis**

#### **H1 - H4: basisbegrippen gelijkspanning**

Opgaven bij hoofdstuk 1 .....	1
Opgaven bij hoofdstuk 2 .....	2
Opgaven bij hoofdstuk 3 .....	4
Opgaven bij hoofdstuk 4 .....	7

#### **H5 - H8: basisbegrippen wisselspanning**

Opgaven bij hoofdstuk 5 .....	13
Opgaven bij hoofdstuk 6 .....	15
Opgaven bij hoofdstuk 7 .....	16
Opgaven bij hoofdstuk 8 .....	19

### **Deel 2: verdieping**

#### **H9 - H11: complexe rekenwijze**

Opgaven bij hoofdstuk 9 .....	21
Opgaven bij hoofdstuk 10 .....	24
Opgaven bij hoofdstuk 11 .....	26

#### **H12 - H16: modelvorming; frequentieafhankelijkheid; systematische berekening**

Opgaven bij hoofdstuk 12 .....	27
Opgaven bij hoofdstuk 13 .....	28
Opgaven bij hoofdstuk 14 .....	30
Opgaven bij hoofdstuk 15 .....	35
Opgaven bij hoofdstuk 16 .....	38

### **Deel 3: verbreding**

#### **H17 - H19: overgangsverschijnselen, Laplace, Fourier**

Opgaven bij hoofdstuk 17 .....	40
Opgaven bij hoofdstuk 18 .....	43
Opgaven bij hoofdstuk 19 .....	47

#### **H20 - H23: ster-driehoektransformatie, gekoppelde ketens, lange leidingen**

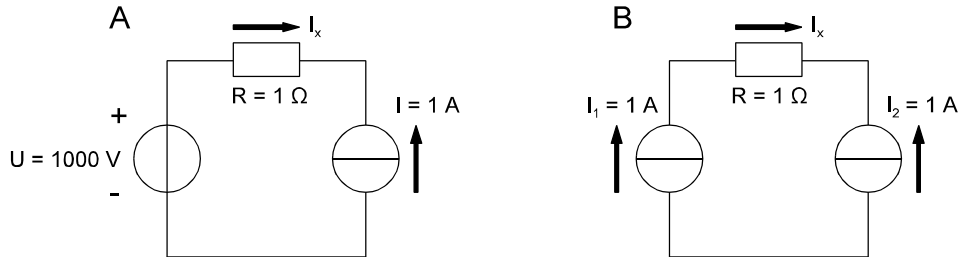
Opgaven bij hoofdstuk 20 .....	49
Opgaven bij hoofdstuk 21 .....	51
Opgaven bij hoofdstuk 22 .....	55
Opgaven bij hoofdstuk 23 .....	57

*Veel opgaven zijn ook in het boek opgenomen; als aanvulling daarop worden ze hier digitaal beschikbaar gesteld. De nummers zijn ongewijzigd, zij het dat de paragraafaanduiding hier weggelaten is. Opgave 1.10.6 in het boek is hier dus opgave 1.6.*

*Opgaven die niet in het boek staan krijgen een tussengevoegde letteraanduiding, ‘.E.’, dus bijvoorbeeld ‘3.E.1’ voor de eerste toegevoegde opgave bij hoofdstuk 3.*

## Opgaven bij hoofdstuk 1

- 1.vb Welke van deze schakelingen is 'onmogelijk', en waarom *precies*?  
Hoe groot is de stroom  $I_x$  in de andere schakeling?



- 1.1 In een zaklantaarn zit een 4,5V-batterij. Door het lampje loopt een stroom van 0,3 A. Hoe groot is de weerstand van het lampje?  
Teken het netwerkschema.

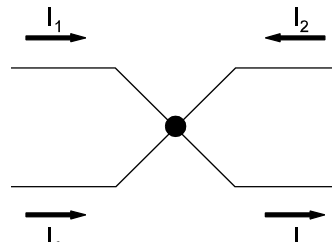
- 1.2 Een straalkachel is aangesloten op een spanning van 230 V. De weerstand van het verwarmingselement is  $51 \Omega$ . Hoeveel stroom wordt er opgenomen?

- 1.3 Bij een knooppunt geldt:

$$I_1 : I_2 : I_3 = 1 : 2 : 3$$

$$I_4 = 12 \text{ A}$$

Bereken  $I_1$ ,  $I_2$  en  $I_3$ .



- 1.4 In een gesloten maas geldt:

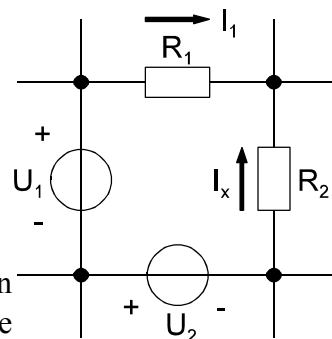
$$U_1 = 10 \text{ V}$$

$$U_2 = -5 \text{ V}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

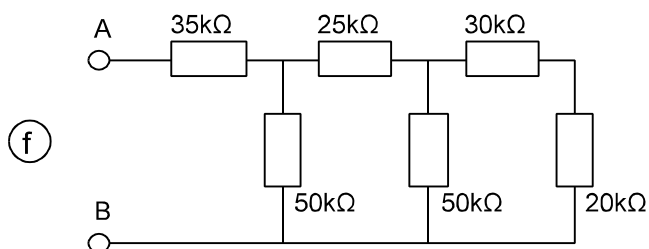
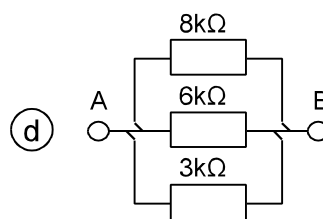
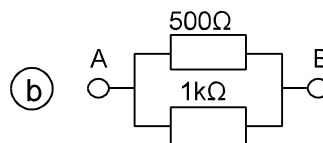
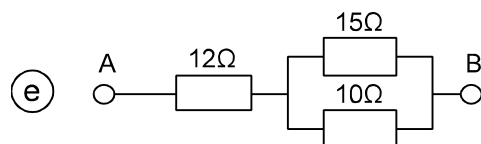
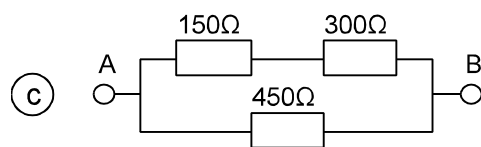
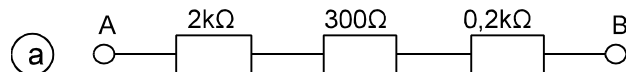
- a Gegeven wordt nog:  $I_1 = 10 \text{ mA}$ .  
Bereken de stroom  $I_x$  door  $R_2$ .
- b Gegeven wordt nu dat er geen stroom van buitenaf naar deze maas toestroomt. Hoe groot wordt de stroom  $I_x$  in dit geval?



- 1.5 "Er staat stroom op een stopcontact" is onzin. Is de bewering "Er staat spanning op de wandcontactdoos" technisch wél helemaal juist?  
Zo niet, wat moet het dan zijn?

## Opgaven bij hoofdstuk 2

- 2.1 Schat eerst en bereken daarna de vervangingsweerstand tussen de punten A en B, voor de volgende schakelingen:



- 2.2 Twee lampen zijn parallel geschakeld, en via twee draden van ieder 6 meter verbonden met een 230 V (net-)spanning. De weerstand van iedere lamp is  $150\ \Omega$ ; de draad heeft een weerstand van  $2\ \Omega/\text{m}$ . Teken het netwerkschema; bereken de vervangingsweerstand van het netwerk.

- 2.3 Bewijs dat de vervangingsweerstand van drie parallel geschakelde weerstanden  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  *niet* gelijk is aan het product van die weerstanden gedeeld door de som.

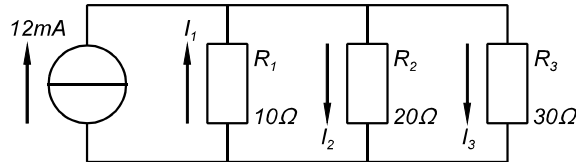
$$R_v \neq \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

- 2.4 Bewijs dat de vervangingsgeleiding van meerdere parallel geschakelde weerstanden *wel* gelijk is aan:

$$G_v = \sum_{j=1}^n G_j$$

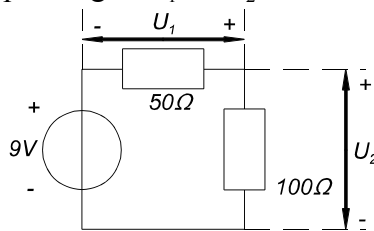
- 2.5 Een ampèremeter heeft een weerstand van  $0,7 \Omega$  en geeft een volleschaal-uitslag bij een spanning van  $0,015 \text{ V}$  tussen de klemmen. Hoe groot moet de parallelweerstand ('shuntweerstand') zijn voor een meetbereik van  $15 \text{ A}$ ?

- 2.6 Bereken de stromen  $I_1 \dots I_3$  in deze schakeling:

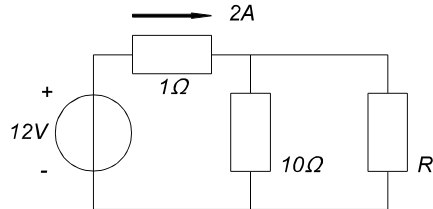


Als  $R_2$   $15 \Omega$  is, wat worden dan de stromen?

- 2.7 Bepaal de spanningen  $U_1$  en  $U_2$  in deze schakeling:



- 2.8 Bereken de weerstand  $R$  in de volgende schakeling:



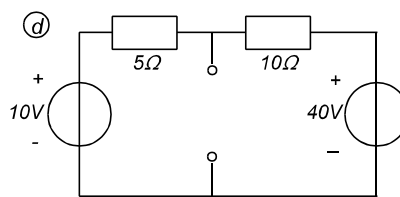
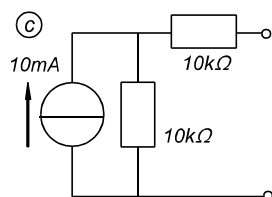
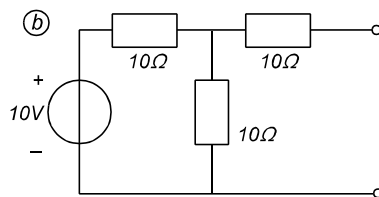
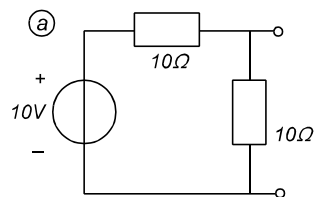
- 2.9 Een schakeling bestaat uit een parallelschakeling van een weerstand van  $5 \text{ k}\Omega$  en een onbekende weerstand  $R_x$ . In serie met deze schakeling staat nog een onbekende weerstand  $R_y$ . Als de totale schakeling aangesloten is op een  $100 \text{ V}$  spanningsbron, moet de bron  $10 \text{ mA}$  leveren. De deelstroom door de weerstand van  $5 \text{ k}\Omega$  moet dan  $2 \text{ mA}$  zijn. Ontwerp deze schakeling.

Hint: pak dit probleem systematisch aan:

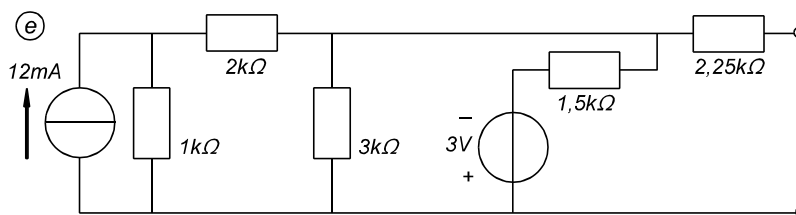
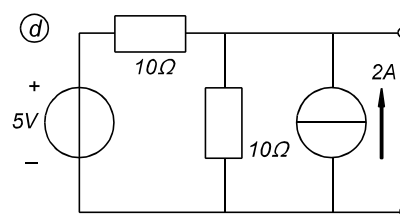
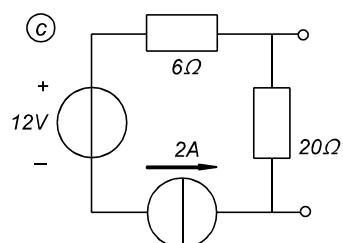
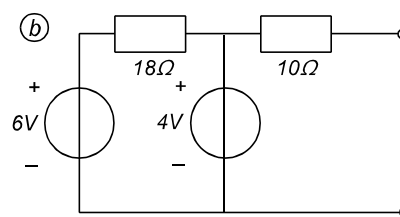
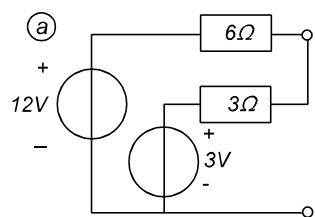
- *analyse* (lezen, schema, verwachting, formules)
- *oplossingsmethode* (maak een plan)
- *uitwerking*
- *controle* (klopt de uitkomst met de schatting?)

### Opgaven bij hoofdstuk 3

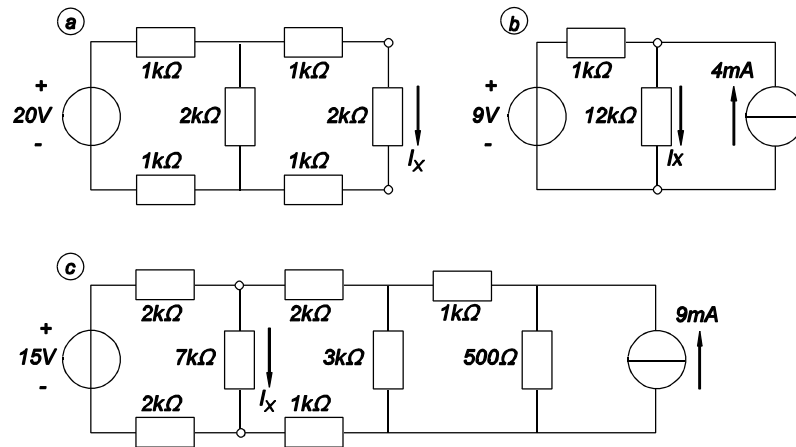
3.1 Bereken  $U_o$ ,  $I_k$  en  $R_i$  van deze netwerken; teken de uitwendige karakteristiek.



3.2 Vereenvoudig onderstaande netwerken tot  
 - één spanningsbron met inwendige weerstand;  
 - één stroombron met inwendige weerstand.

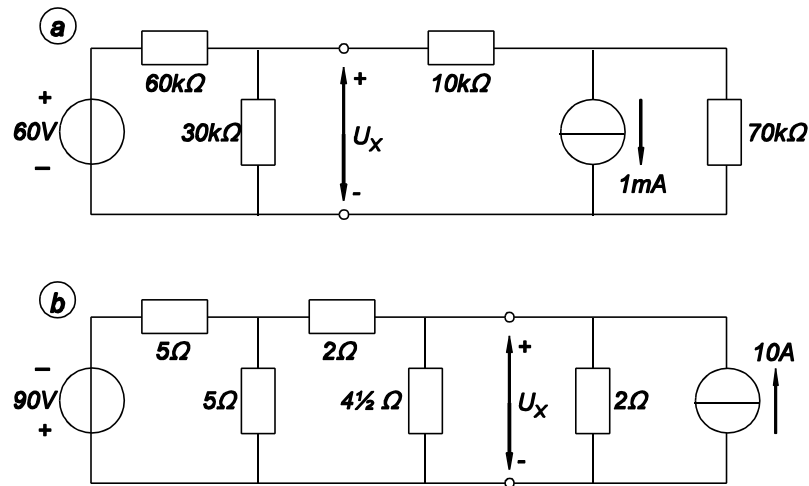


3.3 Bepaal de stroom  $I_x$  in de volgende netwerken:



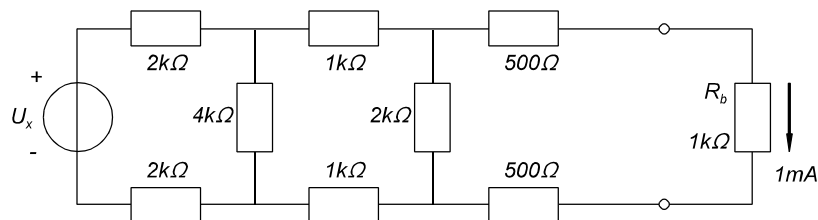
Opmerking: 3.3.b en 3.3.c staan niet in het boek; eigenlijk 'E.' dus.

3.4 Bepaal de spanning  $U_x$  in de volgende netwerken:

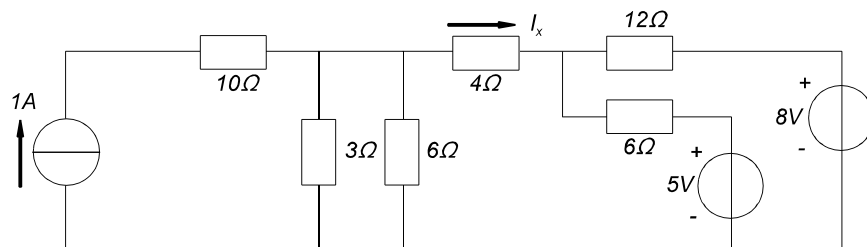


Opmerking: 3.4b staat niet in het boek; eigenlijk '3.E.4b' dus.

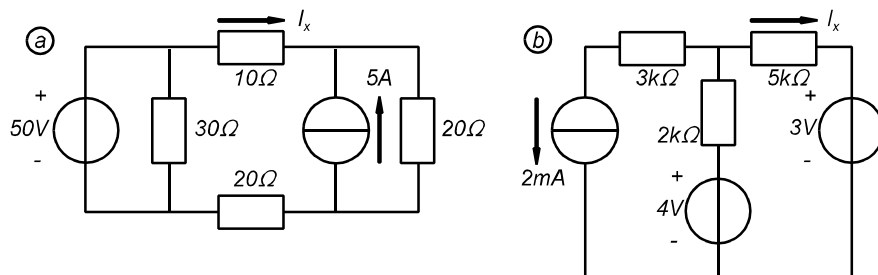
3.5 Hoe groot is de spanning  $U_x$ , als door  $R_b$  een stroom van 1 mA loopt?



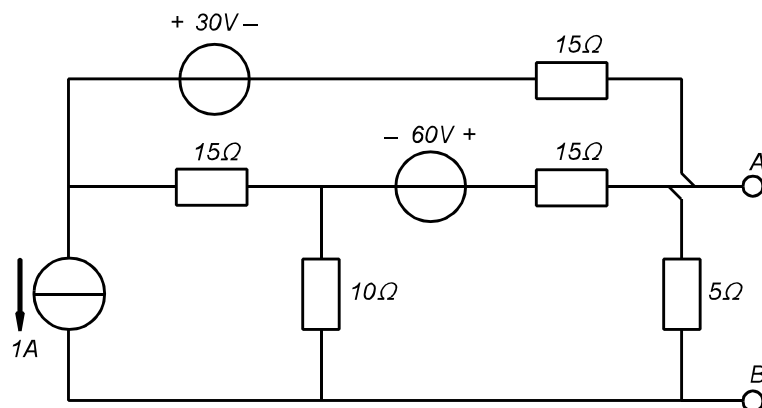
- 3.6 Bereken  $I_x$  in het volgende netwerk.  
 Probeer hiervoor de handigste methode te vinden!



- 3.E.1 Bereken de aangegeven stroom  $I_x$  in de volgende netwerken, met behulp van het superpositiebeginsel:



- 3.E.2 Geef het spanningsbron-vervangingschema van de volgende schakeling, tussen de klemmen A en B.



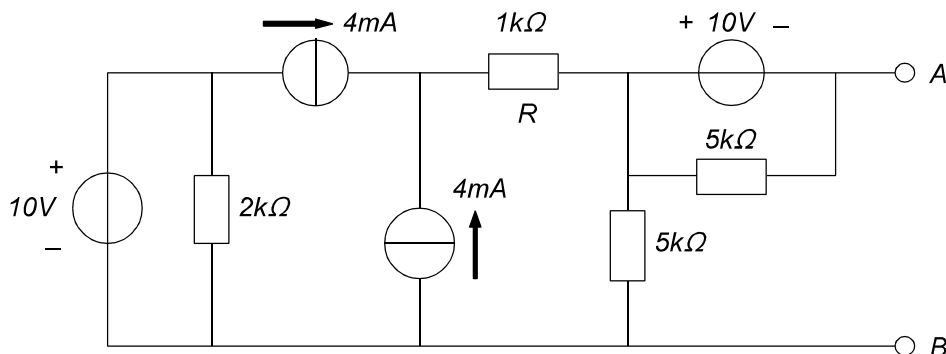
**Opgaven bij hoofdstuk 4**

- 4.1 Een stroom van 0,5 A wordt door een weerstand van  $10\ \Omega$  gestuurd. Hoeveel energie wordt daarbij in één uur in warmte omgezet?
- 4.2 Een strijkijzer heeft een vermogen van 1100 W bij 230V. Wat is de weerstand van het verwarmingsselement? Als het gedurende 10 minuten aangesloten is op de netspanning, hoeveel energie wordt dan in warmte omgezet?
- 4.3 Een 2000W / 230V elektrische kachel brandt gedurende twee uur, maar toch is het verbruik volgens de elektriciteitsmeter slechts 3,8kWh. De spanning bij de kWh-meter is wel 230V, en deze meter is goed geijkt. Bereken de weerstand van de leiding tussen de kWh-meter en de kachel.
- 4.4 Bepaal de maximaal toelaatbare spanning over een  $1k\Omega / 0,25W$  weerstand.
- 4.5 "De mens is een  $10k\Omega / 0,25W$  weerstand", wordt wel eens gezegd. Welke veiligheidsgrenzen voor spanning en stroom wil men hiermee aanduiden?
- 4.6 Een elektrische energiebron heeft een bronspanning van 10 V; de inwendige weerstand is  $2\ \Omega$ . Hoe groot moet  $R_b$  zijn, opdat aan deze weerstand een vermogen afgegeven wordt van 10 W?  
(Er zijn twee waarden; welke geeft het gunstigste rendement?)
- 4.7 Een belasting  $R_b$  moet aangesloten worden aan een 100V-spanningsbron met een inwendige weerstand van  $10\ \Omega$ . Daarbij is maximale energieoverdracht wenselijk, maar als uiterste grens wil men een rendement  $\eta = 60\%$  accepteren. Hoe groot moet  $R_b$  zijn?
- 4.8 Een elektrische oven met een 2300W-verwarmingsselement wordt via een leiding met een totale weerstand van  $3\ \Omega$  aangesloten op de kWh-meter. De netspanning is 230V en de elektriciteitskosten per kWh zijn € 0,115. Wat zijn de kosten per kWh voor de afgegeven energie in de oven?
- 4.9 In de keuken van een studentenflat zijn de contacten van een stopcontact inmiddels zodanig vervuild met vettige aanslag dat er een overgangsweerstand van  $3\ \Omega$  is bij iedere pen van de steker (dus  $6\ \Omega$  totaal). Er wordt een 1000W/230V broodrooster aangesloten. Hoeveel vermogen wordt *in* het stopcontact gedissipeerd, bij de twee pennen samen?

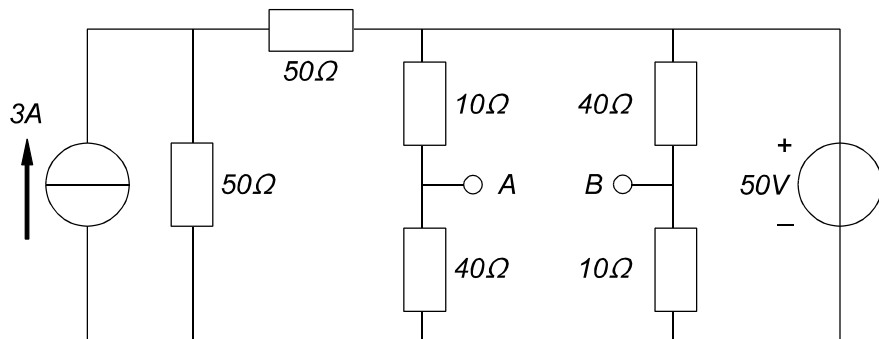


De volgende opgaven zijn bedoeld als herhalingsoefening: er wordt een beroep gedaan op kennis uit de eerste vier hoofdstukken.

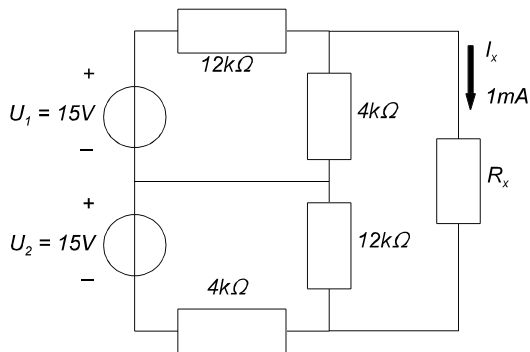
- 4.16 Geef het Norton-equivalent van deze schakeling, tussen de klemmen A en B. Hoe groot is het in  $R$  ( $1\text{ k}\Omega$ ) gedissipeerde vermogen?



- 4.17 Geef het Norton-vervangingschema van onderstaand netwerk, tussen de klemmen A en B. Bereken het maximale vermogen dat aan de klemmen AB afgenomen kan worden.



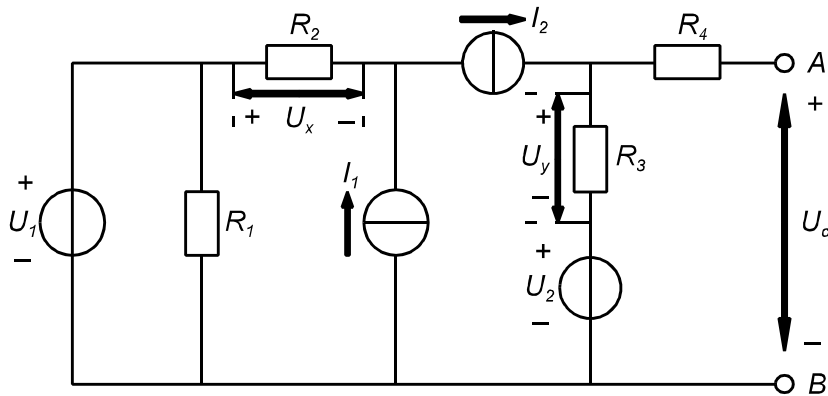
- 4.18 In deze schakeling blijkt de stroom  $I_x$  door de weerstand  $R_x$  precies  $1\text{ mA}$  te zijn. Hoe groot is  $R_x$ ? Bereken het vermogen dat geleverd wordt door de bovenste bron ( $U_1$ ).



4.E.1 Van een elektrische energiebron is de bronspanning 50 V en de inwendige weerstand 10  $\Omega$ . Zet  $U_u$ ,  $U_u \cdot I$ ,  $U_o \cdot I$  en  $\eta$  in een grafiek uit als functie van de stroom  $I$ , voor  $0 \leq I \leq I_{\max}$ . Lees uit de grafiek de maximale waarde af van  $U_u \cdot I$ , en bepaal daarbij de belastingsweerstand  $R_b$ .

4.E.2 Bepaal in onderstaand netwerk:

- de spanning  $U_x$  over  $R_2$
- de spanning  $U_y$  over  $R_3$
- het opgenomen vermogen in  $R_1$



d: Nu wordt gegeven:

$$R_1 = R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

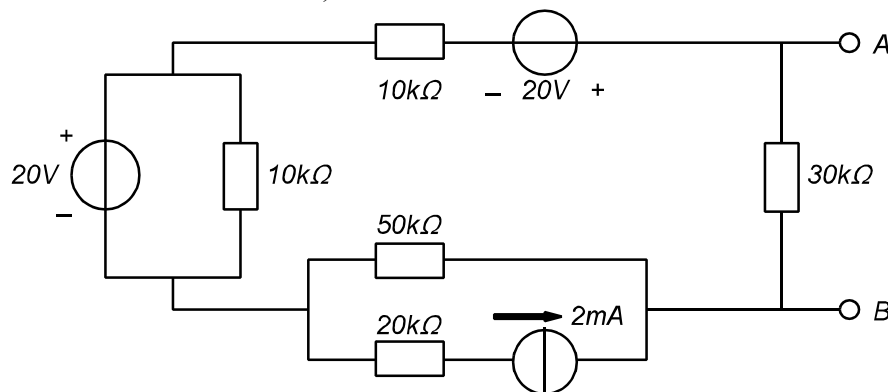
$$R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$U_1 = U_2 = 10 \text{ V}$$

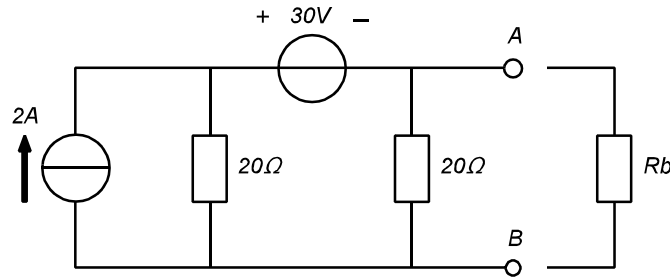
$$I_1 = I_2 = 4 \text{ mA}$$

Bepaal, met deze componentenwaarden, het Thévenin-equivalent tussen de klemmen A en B.

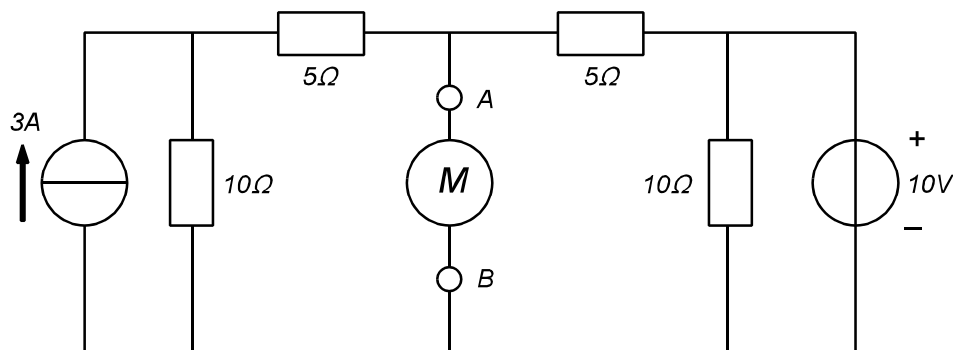
4.E.3 Vereenvoudig dit netwerk tot één spanningsbron met inwendige weerstand (tussen de klemmen A en B).



- 4.E.4 Bepaal het Thévenin-equivalent van dit netwerk, tussen de klemmen A en B. Bepaal de waarde van  $R_b$ , waarbij het gedissipeerde vermogen in deze weerstand maximaal is; hoe groot is dit maximale vermogen?

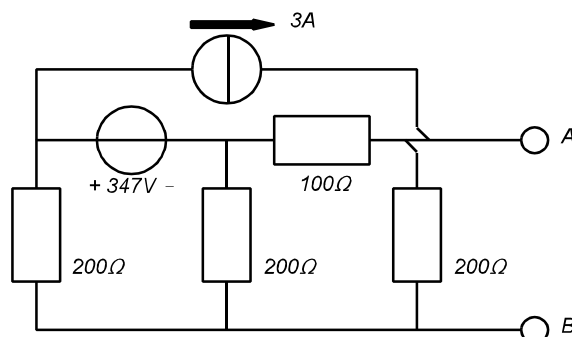


- 4.E.5 Gegeven onderstaande schakeling, waarin M een meetinstrument is.
- Wat registreert het meetinstrument, indien deze meter M een ideale ampèremeter (stroommeter) is?
  - Wat registreert het meetinstrument, indien deze meter M een ideale voltmeter (spanningsmeter) is?
  - Bereken voor situatie a het vermogen dat iedere bron afzonderlijk levert.
  - Bepaal de uitwendige karakteristiek tussen de klemmen A en B.

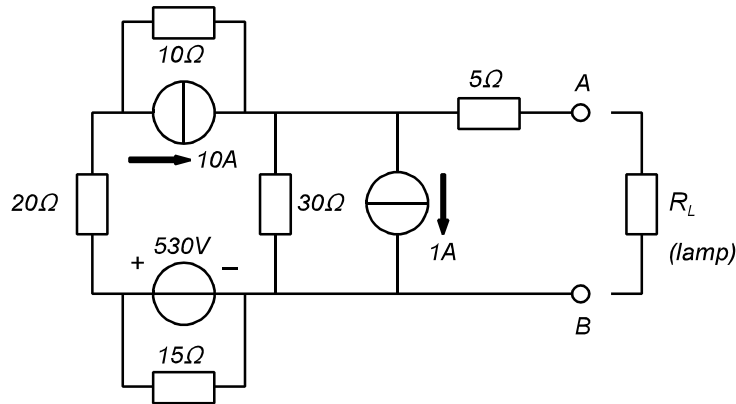


- 4.E.6 Bepaal voor dit netwerk het overeenkomstig Thévenin-vervangingsschema tussen de klemmen A en B.

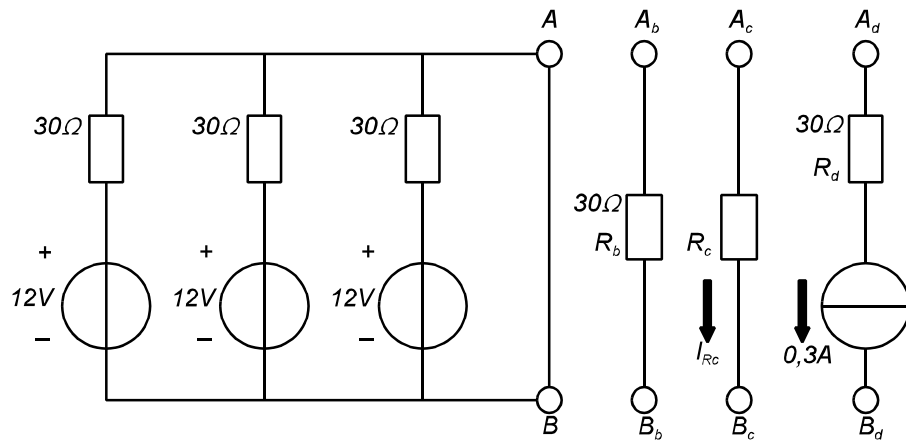
Tussen de klemmen A en B wordt nu een weerstand  $R_b$  aangesloten; de waarde is vrij te kiezen. Hoe groot is het maximale vermogen dat in deze weerstand gedissipeerd kan worden?



- 4.E.7 a: Teken de uitwendige karakteristiek van onderstaand netwerk, tussen de klemmen A en B.
- b: De lamp ( $R_L$ ) is een niet-lineaire weerstand; er geldt:  $U_L = I_L^2$ . Teken de belastingskarakteristiek (werkkromme) van de lamp ook in de grafiek. Bepaal het werkpunt van de lamp.



- 4.E.8 a: Bepaal en teken de uitwendige karakteristiek van onderstaand netwerk, tussen de klemmen A en B.
- b: Een belasting  $R_b$  ( $30\ \Omega$ ) wordt aangesloten tussen de klemmen A en B. Hoeveel vermogen wordt in deze weerstand gedissipeerd?
- c: In plaats van  $R_b$  wordt  $R_c$  aangesloten. De waarde van deze weerstand is afhankelijk van de stroom  $I_{R_c}$  die er doorheen vloeit:  $R_c = 10 \cdot I_{R_c}$  [A]. Welke waarde krijgt  $R_c$  in dit geval (aangesloten tussen A en B)?
- d: Tenslotte wordt tussen A en B een stroombron (0,3 A) met serieweerstand  $R_d$  ( $30\ \Omega$ ) aangesloten. Gevraagd:
- Hoeveel vermogen wordt er in  $R_d$  gedissipeerd?
  - Hoeveel vermogen levert/dissipeert de stroombron?



$R_c$  is stroomafhankelijk:  $R_c = 10 \cdot I_{R_c}$  [A]

4.E.9 Gegeven zes lampen:

2 lampen 100V/100W

2 lampen 200V/100W

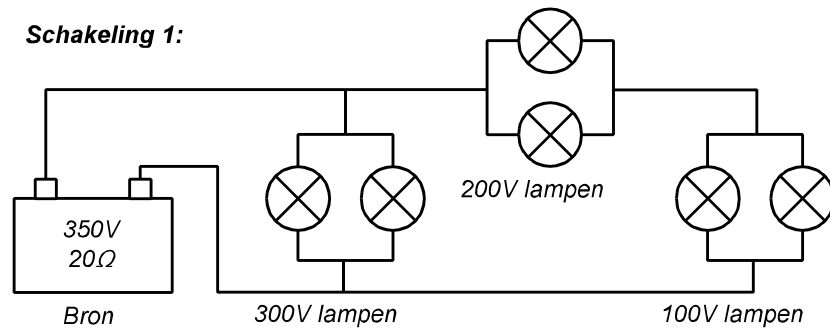
2 lampen 300V/300W

a: Bereken de weerstand van deze lampen.

b: We hebben een 350V-spanningsbron;  $R_i = 20\ \Omega$ . We willen een zo groot mogelijke lichtopbrengst; daarvoor ontwerpen we op papier twee schakelingen (zie onder).

Welke van deze schakelingen werkt het best, en waarom?

**Schakeling 1:**



**Schakeling 2:**

