

ELEKTRISKE KREDSLØB (DC)

Kredsløbstyper:

- Serieforbindelser
- Parallelforbindelser
- Blandede forbindelser

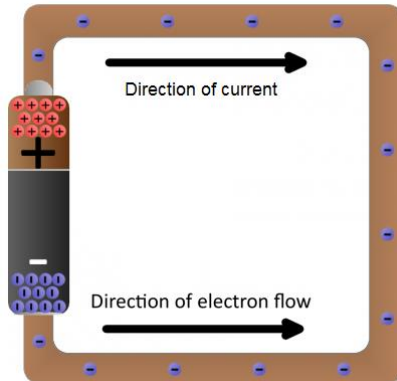
Central lovmæssigheder

- Ohms lov,
effektformel,
Kirchhoffs 1. & 2. lov



AAMS

Aarhus Maskinmesterskole
Aarhus School of Marine and Technical Engineering

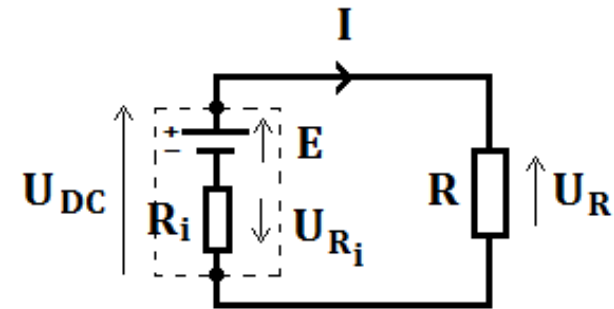


KELD DÝRMOSE

Serieforbindelser

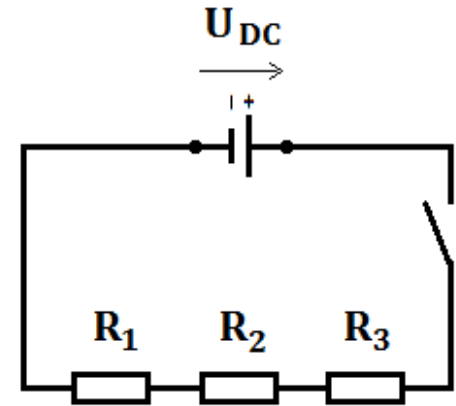
Men lad os herfra antage, at klemspændingen og batteriets elektromotorisk kraft er identiske!

Begrundelsen for det rimelige heri er, at spændingskildes indre resistans, til de fleste beregningsmæssige formål, er ubetydelig lille.



Serieforbindelser

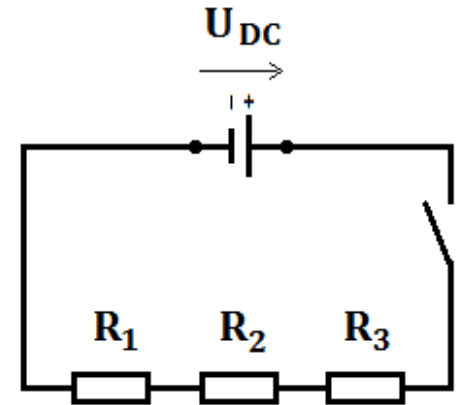
Lad os se nærmere på seriekredsløbet her til højre:



Serieforbindelser

Lad os se nærmere på seriekredsløbet her til højre:

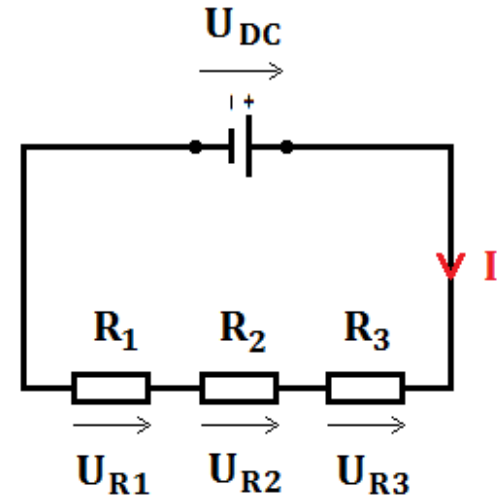
Hvis jeg nu slutter kontakten i dette elektriske kredsløb (serieforbindelse), må alle kredsens komponenter blive gennemløbet af samme strøm, og derfor må den spænding der kommer til at ligge over hver enkelt resistans være bestemt ved Ohms lov ($U = I \cdot R$).



Serieforbindelser

Lad os se nærmere på seriekredsløbet her til højre:

Hvis jeg nu slutter kontakten i dette elektriske kredsløb (serieforbindelse), må alle kredsens komponenter blive gennemløbet af samme strøm, og derfor må den spænding der kommer til at ligge over hver enkelt resistans være bestemt ved Ohms lov ($U = I \cdot R$).



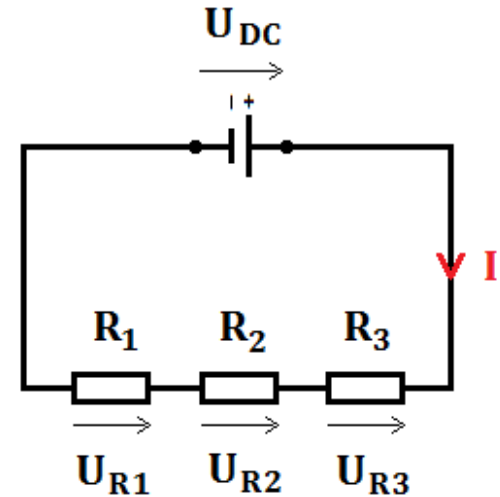
Serieforbindelser

Lad os se nærmere på seriekredsløbet her til højre:

Hvis jeg nu slutter kontakten i dette elektriske kredsløb (serieforbindelse), må alle kredsens komponenter blive gennemløbet af samme strøm, og derfor må den spænding der kommer til at ligge over hver enkelt resistans være bestemt ved Ohms lov ($U = I \cdot R$).

Hvis resistanserne R_1 , R_2 og R_3 ikke er ens, kan spændingerne over hver enkelt heller ikke være ens, da strømmen jo må være den samme gennem dem alle. Derfor må summen af disse spændinger over resistanserne være lig med den klemspænding som spændingskilden påtrykker kredsen:

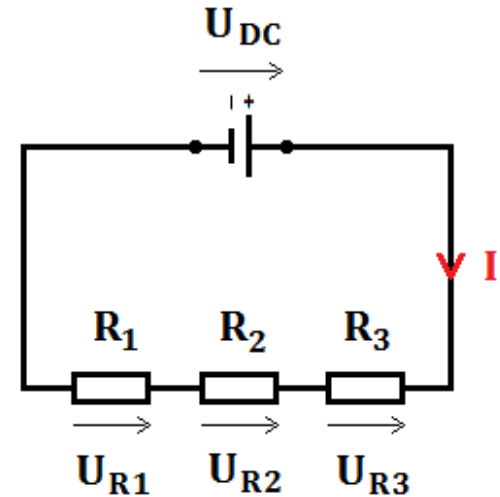
$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad \Leftrightarrow$$



Serieforbindelser

$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad \Leftrightarrow$$

Klemspændingen (U_{DC}) må ligge henover alle de tre resistanser som en samlet enhed, og kan ikke "se" om der er 1 eller 10 resistanser i kredsen, men blot "registrere" at der er en eller anden ydre resistans tilstede i kredsløbet, og denne resistans kunne vi kalde for serieresistansen (R_S).



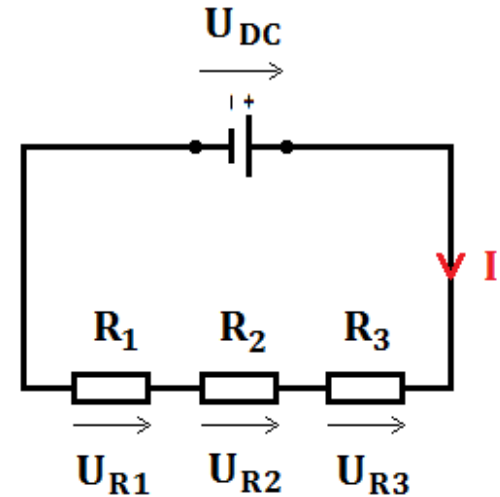
Serieforbindelser

$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad \Leftrightarrow$$

Klemspændingen (U_{DC}) må ligge henover alle de tre resistanser som en samlet enhed, og kan ikke "se" om der er 1 eller 10 resistanser i kredsen, men blot "registrere" at der er en eller anden ydre resistans tilstede i kredsløbet, og denne resistans kunne vi kalde for serieresistansen (R_S).

Disse fire spændinger kan nu erstattes med de respektive udtryk udledt af Ohms lov, og vi får følgende udtryk:

$$R_S \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I \quad \Leftrightarrow$$



Serieforbindelser

$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad \Leftrightarrow$$

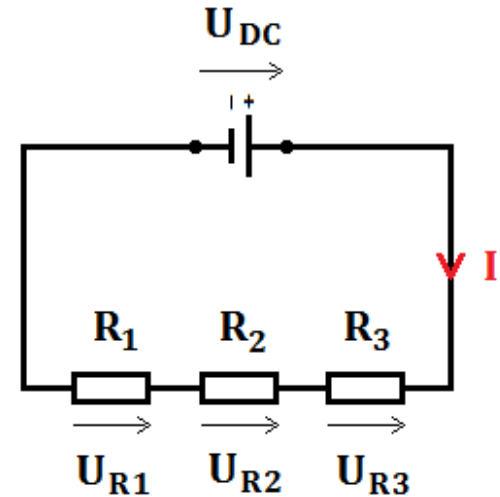
Klemspændingen (U_{DC}) må ligge henover alle de tre resistanser som en samlet enhed, og kan ikke "se" om der er 1 eller 10 resistanser i kredsen, men blot "registrere" at der er en eller anden ydre resistans tilstede i kredsløbet, og denne resistans kunne vi kalde for serieresistansen (R_S).

Disse fire spændinger kan nu erstattes med de respektive udtryk udledt af Ohms lov, og vi får følgende udtryk:

$$R_S \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I \quad \Leftrightarrow$$

Hvis jeg nu dividerer alle led med I , så får vi følgende udtryk:

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad [\Omega]$$



Serieforbindelser

$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad \Leftrightarrow$$

Klemspændingen (U_{DC}) må ligge henover alle de tre resistanser som en samlet enhed, og kan ikke "se" om der er 1 eller 10 resistanser i kredsen, men blot "registrere" at der er en eller anden ydre resistans tilstede i kredsløbet, og denne resistans kunne vi kalde for serieresistansen (R_S).

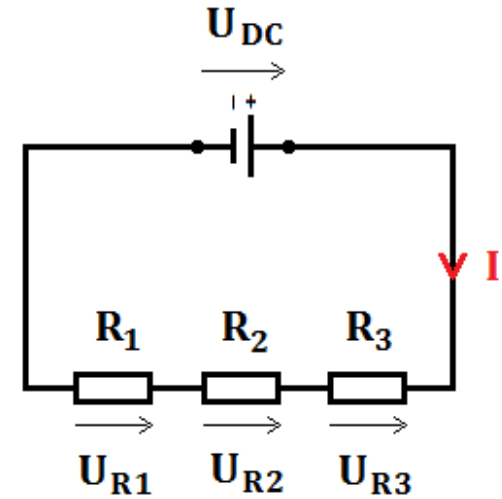
Disse fire spændinger kan nu erstattes med de respektive udtryk udledt af Ohms lov, og vi får følgende udtryk:

$$R_S \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I \quad \Leftrightarrow$$

Hvis jeg nu dividerer alle led med I , så får vi følgende udtryk:

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad [\Omega]$$

Denne sumregel gælder uanset antallet af resistanser i serie, og denne samlede resistans kan kaldes serieresistansen eller erstatningsresistansen

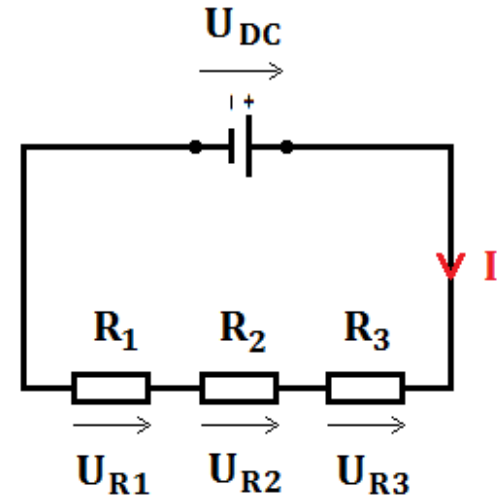


Serieforbindelser

Beregningseksempel:

Vi har et seriekredsløb hvori der indgår en spændingskilde, hvis klemspænding kan antages konstant med værdien $U_{DC} = 40\text{ V}$, samt tre resistanser med værdierne:

$$R_1 = 47\ \Omega, \quad R_2 = 100\ \Omega, \quad R_3 = 330\ \Omega$$

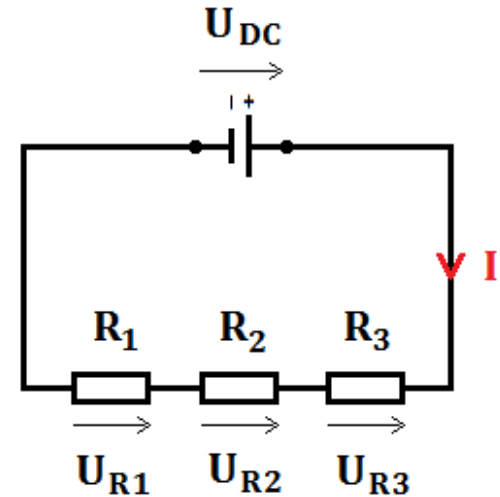


Serieforbindelser

Beregningseksempel:

Vi har et seriekredsløb hvori der indgår en spændingskilde, hvis klemspænding kan antages konstant med værdien $U_{DC} = 40\text{ V}$, samt tre resistanser med værdierne:

$$R_1 = 47\ \Omega, \quad R_2 = 100\ \Omega, \quad R_3 = 330\ \Omega$$



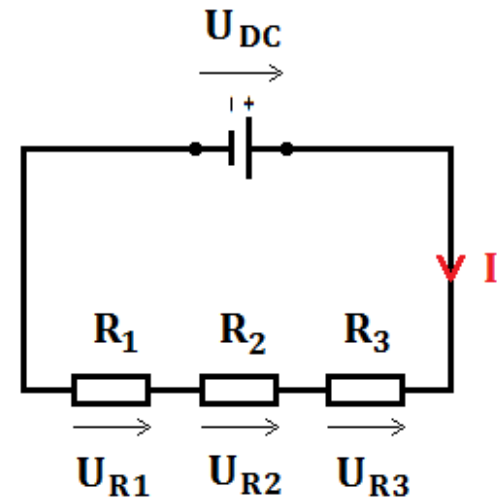
Spørgsmålene er nu følgende:

1. Hvad er kredsens erstatningsresistans?
2. Hvilken strøm vil der løbe i kredsen?
3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?
4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

Serieforbindelser

1. Hvad er kredsens erstatningsresistans?

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad \Rightarrow \quad R_S = 47 + 100 + 330 \quad \Leftrightarrow$$



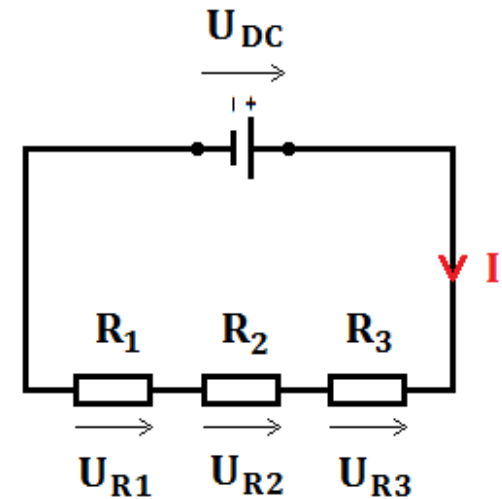
$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \end{aligned}$$

Serieforbindelser

1. Hvad er kredsens erstatningsresistans?

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \quad \Rightarrow \quad R_S = 47 + 100 + 330 \quad \Leftrightarrow$$

$$R_S = 477 \, \Omega$$

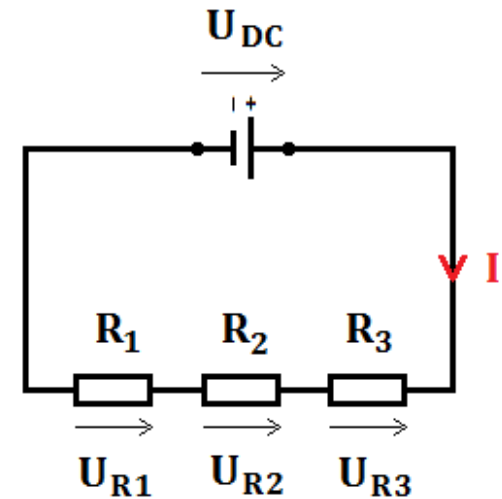


$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \, V \\ R_1 &= 47 \, \Omega \\ R_2 &= 100 \, \Omega \\ R_3 &= 330 \, \Omega \\ R_S &= 477 \, \Omega \end{aligned}$$

Serieforbindelser

2. Hvilken strøm vil der løbe i kredsen?

$$U = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U_{DC}}{R_S} \quad \Rightarrow$$



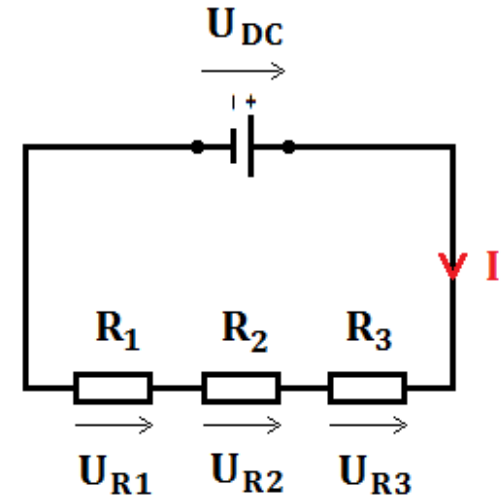
$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \end{aligned}$$

Serieforbindelser

2. Hvilken strøm vil der løbe i kredsen?

$$U = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U_{DC}}{R_S} \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{40}{477} \quad \Leftrightarrow \quad I = 83,9 \text{ mA}$$



$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \\ I &= 83,9 \text{ mA} \end{aligned}$$

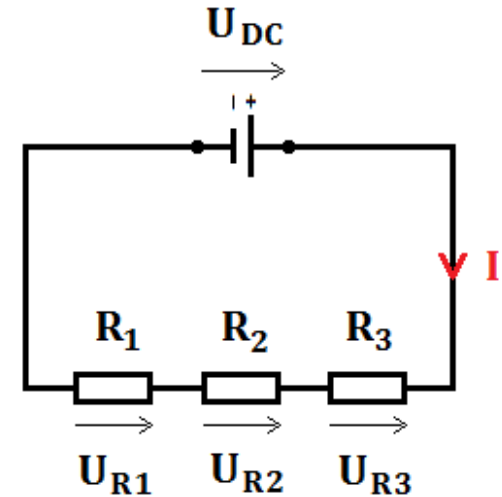
Serieforbindelser

3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 \Rightarrow$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 \Rightarrow$$



$$\begin{aligned}U_{DC} &= 40 \text{ V} \\R_1 &= 47 \Omega \\R_2 &= 100 \Omega \\R_3 &= 330 \Omega \\R_S &= 477 \Omega \\I &= 83,9 \text{ mA}\end{aligned}$$

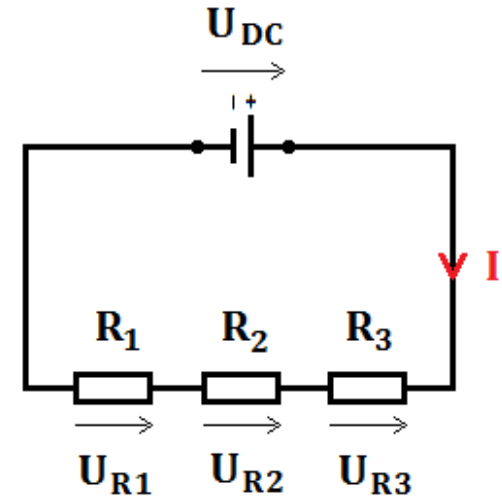
Serieforbindelser

3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,0839 \cdot 47 \Leftrightarrow$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 \Rightarrow U_{R2} = 0,0839 \cdot 100 \Leftrightarrow$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 \Rightarrow U_{R3} = 0,0839 \cdot 330 \Leftrightarrow$$



$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \\ I &= 83,9 \text{ mA} \end{aligned}$$

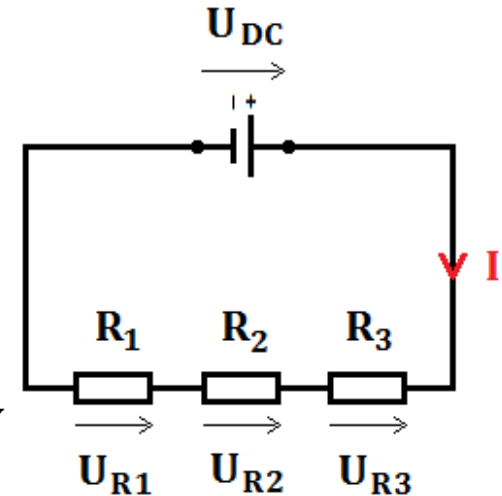
Serieforbindelser

3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,0839 \cdot 47 \Leftrightarrow U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 \Rightarrow U_{R2} = 0,0839 \cdot 100 \Leftrightarrow U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 \Rightarrow U_{R3} = 0,0839 \cdot 330 \Leftrightarrow U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$



$$U_{DC} = 40 \text{ V}$$

$$R_1 = 47 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_S = 477 \Omega$$

$$I = 83,9 \text{ mA}$$

$$U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$

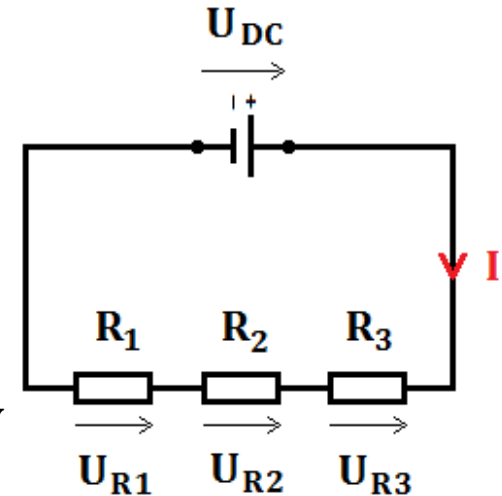
Serieforbindelser

3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,0839 \cdot 47 \Leftrightarrow U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 \Rightarrow U_{R2} = 0,0839 \cdot 100 \Leftrightarrow U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 \Rightarrow U_{R3} = 0,0839 \cdot 330 \Leftrightarrow U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$



Hvis man nu vil kontrollere om dette er korrekt, må summen af disse spændinger skulle give netop den på kredsen påtrykte spænding (klemspændingen U_{DC}):

$$U_{DC} = 40 \text{ V}$$

$$R_1 = 47 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_S = 477 \Omega$$

$$I = 83,9 \text{ mA}$$

$$U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$

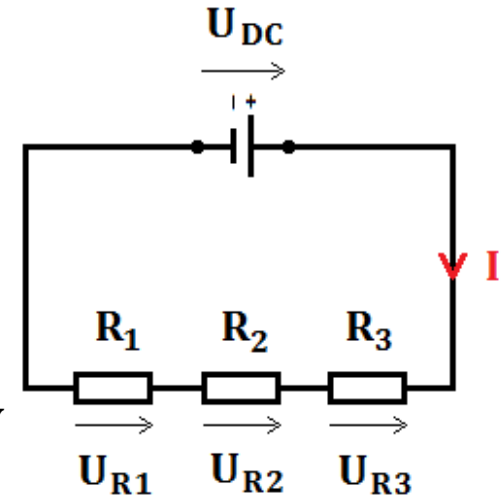
Serieforbindelser

3. Hvilken spænding ligger der over de tre respektive resistanser i kredsløbet?

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,0839 \cdot 47 \Leftrightarrow U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 \Rightarrow U_{R2} = 0,0839 \cdot 100 \Leftrightarrow U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 \Rightarrow U_{R3} = 0,0839 \cdot 330 \Leftrightarrow U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$



Hvis man nu vil kontrollere om dette er korrekt, må summen af disse spændinger skulle give netop den på kredsen påtrykte spænding (klemspændingen U_{DC}):

$$U_{DC} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \Rightarrow U_{DC} = 3,94 + 8,39 + 27,69 \Leftrightarrow$$

$$U_{DC} = 40,02 \text{ V}$$

$$U_{DC} = 40 \text{ V}$$

$$R_1 = 47 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_S = 477 \Omega$$

$$I = 83,9 \text{ mA}$$

$$U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

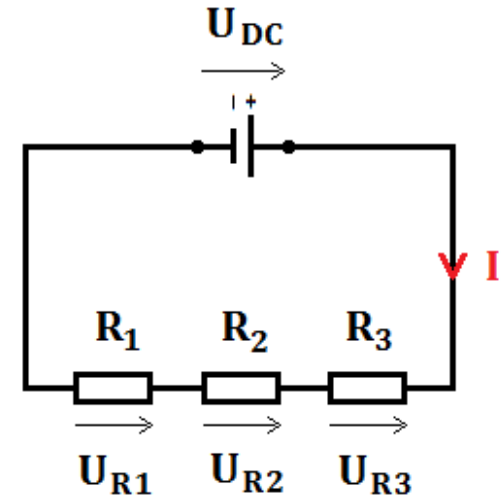
$$U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$

Serieforbindelser

4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

I DC kredsløb beregner vi effekter med en af følgende tre muligheder:



$$\begin{aligned}U_{DC} &= 40 \text{ V} \\R_1 &= 47 \Omega \\R_2 &= 100 \Omega \\R_3 &= 330 \Omega \\R_S &= 477 \Omega \\I &= 83,9 \text{ mA} \\U_{R1} &= 3,94 \text{ V} \\U_{R2} &= 8,39 \text{ V} \\U_{R3} &= 27,69 \text{ V}\end{aligned}$$

Serieforbindelser

4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

I DC kredsløb beregner vi effekter med en af følgende tre muligheder:

Effektformlen:

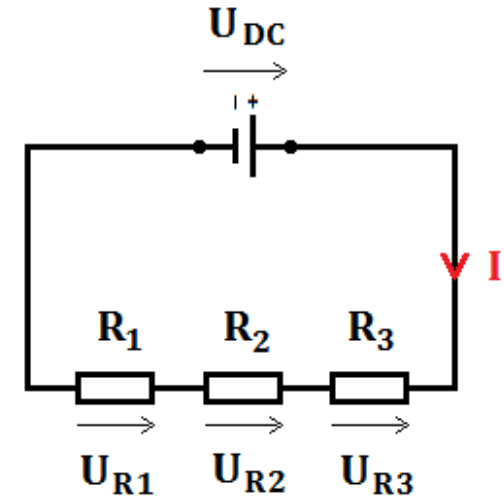
$$P = \frac{W_{el\ AB}}{Q} \cdot \frac{Q}{t} \Leftrightarrow P = U \cdot I \quad [W]$$

Joules lov:

$$P = U \cdot I \Leftrightarrow P = (I \cdot R) \cdot I \Leftrightarrow P = I^2 \cdot R \quad [W]$$

$$P = U \cdot I \Leftrightarrow P = U \cdot \left(\frac{U}{R}\right) \Leftrightarrow P = \frac{U^2}{R} \quad [W]$$

Se evt. video: [DC Ellærens kernebegreber \(3/3\)](#)



$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \\ I &= 83,9 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 3,94 \text{ V} \\ U_{R2} &= 8,39 \text{ V} \\ U_{R3} &= 27,69 \text{ V} \end{aligned}$$

Serieforbindelser

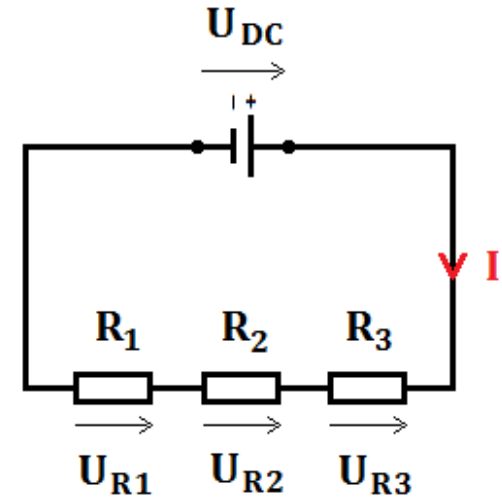
4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

Lad os benytte alle tre beregningsmetoder af effekter blot for illustrationens skyld:

$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I \Rightarrow$$

$$P_{R2} = I^2 \cdot R_2 \Rightarrow$$

$$P_{R3} = \frac{U_{R3}^2}{R_3} \Rightarrow$$



$$U_{DC} = 40 \text{ V}$$

$$R_1 = 47 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_S = 477 \Omega$$

$$I = 83,9 \text{ mA}$$

$$U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$

Serieforbindelser

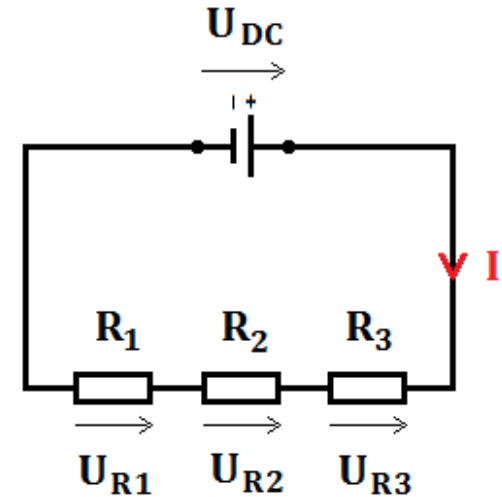
4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

Lad os benytte alle tre beregningsmetoder af effekter blot for illustrationens skyld:

$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I \Rightarrow P_{R1} = 3,94 \cdot 0,0839$$

$$P_{R2} = I^2 \cdot R_2 \Rightarrow P_{R2} = 0,0839^2 \cdot 100$$

$$P_{R3} = \frac{U_{R3}^2}{R_3} \Rightarrow P_{R3} = \frac{27,69^2}{330}$$



$$U_{DC} = 40 \text{ V}$$

$$R_1 = 47 \Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_S = 477 \Omega$$

$$I = 83,9 \text{ mA}$$

$$U_{R1} = 3,94 \text{ V}$$

$$U_{R2} = 8,39 \text{ V}$$

$$U_{R3} = 27,69 \text{ V}$$

Serieforbindelser

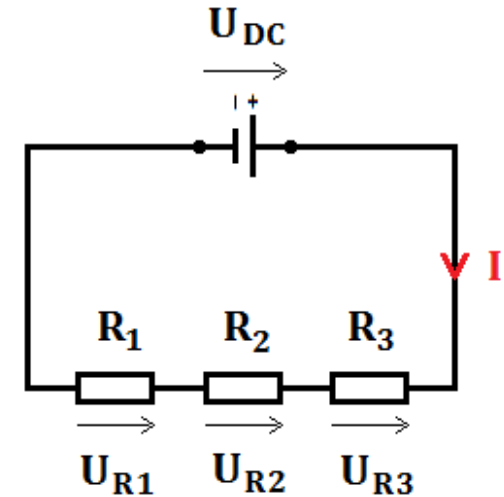
4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

Lad os benytte alle tre beregningsmetoder af effekter blot for illustrationens skyld:

$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I \Rightarrow P_{R1} = 3,94 \cdot 0,0839 \Leftrightarrow P_{R1} = 0,331 \text{ W}$$

$$P_{R2} = I^2 \cdot R_2 \Rightarrow P_{R2} = 0,0839^2 \cdot 100 \Leftrightarrow P_{R2} = 0,704 \text{ W}$$

$$P_{R3} = \frac{U_{R3}^2}{R_3} \Rightarrow P_{R3} = \frac{27,69^2}{330} \Leftrightarrow P_{R3} = 2,323 \text{ W}$$



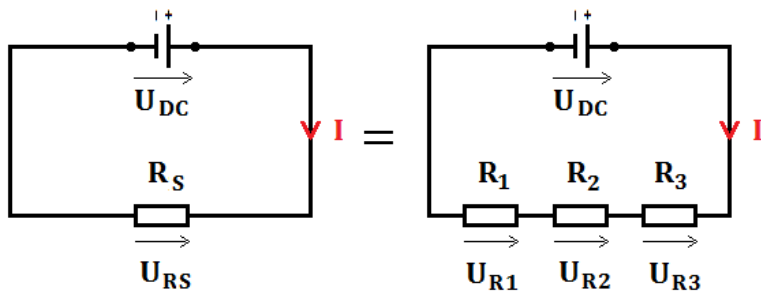
$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \\ I &= 83,9 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 3,94 \text{ V} \\ U_{R2} &= 8,39 \text{ V} \\ U_{R3} &= 27,69 \text{ V} \end{aligned}$$

Serieforbindelser

4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

Her kunne resultaterne kontrolleres ved f.eks. at beregne den afsatte effekt i erstatningsresistansen, og så sammenligne det med summen af ovenstående beregnede effekter (skal være ens):

$$\begin{aligned}U_{DC} &= 40 \text{ V} \\R_1 &= 47 \ \Omega \\R_2 &= 100 \ \Omega \\R_3 &= 330 \ \Omega \\R_S &= 477 \ \Omega \\I &= 83,9 \text{ mA} \\U_{R1} &= 3,94 \text{ V} \\U_{R2} &= 8,39 \text{ V} \\U_{R3} &= 27,69 \text{ V} \\P_{R1} &= 0,331 \text{ W} \\P_{R2} &= 0,704 \text{ W} \\P_{R3} &= 2,323 \text{ W}\end{aligned}$$



Serieforbindelser

4. Hvilken effekt afsættes der i hver af de tre resistanser?

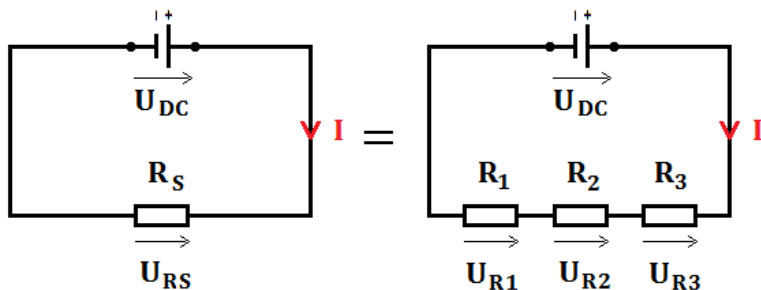
Her kunne resultaterne kontrolleres ved f.eks. at beregne den afsatte effekt i erstatningsresistansen, og så sammenligne det med summen af ovenstående beregnede effekter (skal være ens):

$$P_S = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} \quad \Leftrightarrow$$

$$I^2 \cdot R_S = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} \quad \Rightarrow$$

$$0,0839^2 \cdot 477 = 0,331 + 0,704 + 2,323 \quad \Leftrightarrow$$

$$3,358 \text{ W} = 3,358 \text{ W}: \text{OK}$$



$$\begin{aligned} U_{DC} &= 40 \text{ V} \\ R_1 &= 47 \Omega \\ R_2 &= 100 \Omega \\ R_3 &= 330 \Omega \\ R_S &= 477 \Omega \\ I &= 83,9 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 3,94 \text{ V} \\ U_{R2} &= 8,39 \text{ V} \\ U_{R3} &= 27,69 \text{ V} \\ P_{R1} &= 0,331 \text{ W} \\ P_{R2} &= 0,704 \text{ W} \\ P_{R3} &= 2,323 \text{ W} \end{aligned}$$