

36 Een pomp met een vermogen van 2,2 kW is met een lange kabel aangesloten op een spanning van 230 V. De kabel heeft een lengte van 50 m. De diameter van de koperen aders is 0,75 mm. De kabel is opgerold. Daardoor kan de kabel vrijwel geen warmte afgeven aan de lucht. In de kabel wordt dan per seconde $3,5 \cdot 10^2$ J aan elektrische energie omgezet in warmte.

- a Toon dat aan. Ga ervan uit dat de spanning over de kabel te verwaarlozen is ten opzichte van de spanning over de pomp.

Er is 13 kJ aan warmte nodig om de temperatuur van de kabel 1 °C te laten stijgen.

- b Bereken hoeveel minuten de pomp kan draaien voordat de temperatuur van de kabel 30 °C gestegen is.

De niet-uitgerolde kabel wordt vervangen door een niet-uitgerolde kabel met een lengte van 25 m. Met uitzondering van de lengte is de kabel gelijk aan de kabel van 50 m. Je kijkt weer naar de tijdsduur waarin de temperatuur 30 °C stijgt.

- c Beredeneer of de tijdsduur groter is dan, kleiner is dan of gelijk blijft aan de tijdsduur van vraag b.

Opgave 36

- a De energie die per seconde in de kabel wordt omgezet in warmte bereken je met de formule voor elektrisch vermogen met weerstand en stroomsterkte.
De weerstand van de kabel bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.
De doorsnede van de draad bereken je met de diameter.
De stroomsterkte door de kabel volgt uit het kenmerk van stroom in een serieschakeling.
De stroomsterkte door de pomp bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.

$$\begin{aligned}P_{\text{pomp}} &= U_{\text{pomp}} \cdot I_{\text{pomp}} \\P &= 2,2 \text{ kW} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ W} \\U &= 230 \text{ V} \\2,2 \cdot 10^3 &= 230 \times I_{\text{pomp}} \\I_{\text{pomp}} &= 9,565 \text{ A}\end{aligned}$$

In de serieschakeling geldt: $I_{\text{pomp}} = I_{\text{kabel}}$

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\d &= 0,75 \text{ mm} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\A &= \frac{1}{4} \pi (0,75 \cdot 10^{-3})^2 \\A &= 4,417 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{R \cdot A}{\ell} \\ \rho &= 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie BINAS tabel 8}) \\ \ell &= 2 \times 50 = 100 \text{ m} \quad (\text{Er zijn twee aders in serie geschakeld.}) \\ A &= 4,417 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \\ 17 \cdot 10^{-9} &= \frac{R \cdot 4,417 \cdot 10^{-7}}{100} \\ R &= 3,848 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{draad}} &= I_{\text{draad}}^2 \cdot R \\ P_{\text{draad}} &= 9,565^2 \times 3,848 \\ P_{\text{draad}} &= 352 \text{ W} \\ \text{Afgerond: } P_{\text{draad}} &= 3,5 \cdot 10^2 \text{ W}.\end{aligned}$$

- b De tijd bereken je met de formule voor energie.
De hoeveelheid energie bereken je met de temperatuurstijging en de energie per graad.

Er is 13 kJ nodig om de temperatuur 1 °C te laten stijgen. De temperatuur van de kabel stijgt 30 °C. Er is dan $30 \times 13 \text{ kJ} = 390 \text{ kJ}$ aan energie nodig.

$$\begin{aligned}E &= P \cdot t \\ E &= 390 \text{ kJ} = 390 \cdot 10^3 \text{ J} \\ P &= 3,5 \cdot 10^2 \text{ W} \\ 390 \cdot 10^3 &= 3,5 \cdot 10^2 \cdot t \\ t &= 11,1 \cdot 10^3 \text{ s} = 18,57 \text{ min} \\ \text{Afgerond: } t &= 19 \text{ min}.\end{aligned}$$

- c Of de tijdsduur groter dan, kleiner dan of gelijk is aan die van vraag b, beredeneer je met de formule voor elektrisch vermogen met weerstand en stroomsterkte.
De weerstand beredeneer je met de formule voor soortelijke weerstand.
De hoeveelheid energie voor dezelfde temperatuurstijging beredeneer je met de verandering van de lengte van de kabel.

Er is 390 kJ nodig om de temperatuur van 50 meter kabel 30 °C te laten stijgen. Omdat de kabel wordt gehalveerd, is ook de helft van de energie nodig om de temperatuur van 25 meter kabel 30 °C te laten stijgen.
Omdat de lengte van de kabel wordt gehalveerd, wordt ook de lengte van de aders gehalveerd. De weerstand van de kabel wordt dan ook gehalveerd.
Doordat de weerstand van de kabel wordt gehalveerd, maar de stroomsterkte gelijk blijft, wordt ook de energie die per seconde wordt omgezet in warmte gehalveerd.
Omdat zowel de energie als het vermogen worden gehalveerd, blijft de tijdsduur gelijk.