

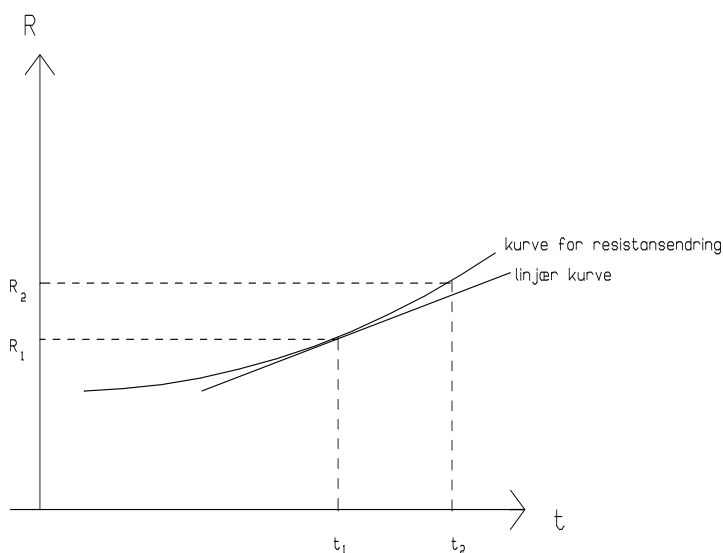
## 2.4 RESISTANSENS TEMPERATURAVHENGIGHET

Resistans er ikke bare avhengig av resistivitet eller ledningsevnen, men også av temperaturen. Hvor mye resistansen endrer seg med i forhold til temperaturen uttrykkes med temperaturkoeffisienten som er en konstant verdi og finnes i tabell. Temperaturkoeffisienten er funnet ved temperaturen 20 °C.

**Temperaturkoeffisienten for et metall eller legering er resistansendring pr grad kelvin og pr ohm resistans.**

Ved små endringer i temperaturen kan vi regne resistansendringen linjer fordi forskjellen blir liten. Ved større temperaturendringer kan vi ikke regne resistansendringen for linjer, men må ta hensyn til at resistansen øker raskere med økende temperatur. Se figur 2.4.1

Figur 2.4.1



I de fleste legeringer øker resistansen med økende temperatur, vi sier at legeringen har positiv temperatur koeffisient. Noen legeringer har negativ temperaturkoeffisient som silisium og karbon dvs at resistansen minker med økende temperatur.

Formel som tar utgangspunkt i linjer økning av resistans og temperatur:

$$\text{I} \quad \Delta R = R_1 \cdot \alpha(t_2 - t_1)$$

Endring av resistans  $\Delta R$  er lik resistansen ved begynnelsestemperatur multiplisert med temperaturkoeffisienten og temperaturendringen.

$$\text{II} \quad R_2 = R_1 + \Delta R$$

Resistansen ved driftstemperatur består av resistansen ved begynnelsestemperaturen og resistansendringen.

Setter vi formel I inn i formel II får vi:

$$\text{I+II} \quad R_2 = R_1 + R_1 \cdot \alpha(t_2 - t_1)$$

Denne formelen kan vi forenkle til:

$$R_2 = R_1 \left[ 1 + \alpha(t_2 - t_1) \right] \quad 2.4.1$$

$R_2$	resistansen i lederen ved temperaturen $t_2$ ( $\Omega$ )
$R_1$	resistansen i lederen ved temperaturen $t_1$ ( $\Omega$ )
$t_2$	slutttemperaturen i en leder ( $^{\circ}\text{C}$ )
$t_1$	begynnelsestemperaturen i en leder ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\alpha$	temperaturkoeffisienten ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

Når begynnelsestemperaturen er forskjellig fra 20 °C bør vi først regne fra 20 °C til begynnelsestemperaturen slik som i formel I. Deretter regnes det fra begynnelsestemperatur til slutt-temperatur som i formel II. Denne fremgangsmåte gir et mer nøyaktig svar fordi temperaturkoeffisienten er utregnet ved 20 °C.

$$\text{I} \quad R_1 = R_{20^\circ C} \left[ 1 + \alpha(t_1 - 20^\circ C) \right]$$

$$\text{II} \quad R_2 = R_1 \left[ 1 + \alpha(t_2 - t_1) \right]$$

Vi kan sette formel I inn i formel II som gir oss formelen:

$$\text{I+II} \quad R_2 = R_1 \frac{1 + \alpha(t_2 - 20^\circ C)}{1 + \alpha(t_1 - 20^\circ C)} \quad 2.4.2$$

Formel 2.4.2 benyttes når begynnelsestemperaturen ikke er 20 °C.

I elektrotekniske formelsamlinger kan vi se følgende uttrykk for en koppervikling:

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1} \quad 2.4.3$$

Denne formelen benytter temperaturkoeffisienten for kopper på  $\alpha=0.00392 \text{ K}^{-1}$  og ikke  $\alpha=0.0038 \text{ K}^{-1}$  som oppgitt i tabellen bak i boka.

$$\alpha_{Cu} = 0,00392^\circ C^{-1} = \frac{1}{255}^\circ C^{-1}$$

Formel 2.4.3 er den samme som 2.4.2 når lederen er av kopper. Begynnelsestemperaturen behøver ikke å være 20 °C, men slutt-temperaturen er vanligvis 75 °C. 75 °C er normert driftstemperatur for f.eks en transformator. Konstantene 235 kommer fra de inverse verdiene til temperaturkoeffisienten og de konstante leddene i formel 2.4.2.

**Eksempel 2.4.1**

En resistans blir tilkoplest en likestrømkrets med spenning 110 V og strøm 5,5 A ved 20 °C.

- Finn resistansen ved begynnelsestemperatur.
- Hva blir resistansen når temperaturen i kopperlederen har steget til 90 °C?
- Hvilken temperatur har kopperlederen når resistansen har steget fra 20 Ω ved 20 C til 23,0 Ω?

Løsning:

- a) Resistansen ved 20 °C:

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{110V}{5,5A} = \underline{\underline{20\Omega}}$$

- b) Resistansen ved 90 °C:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 20\Omega [1 + 0,0038k^{-1}(90^\circ C - 20^\circ C)] = \underline{\underline{25.3\Omega}}$$

- c) Temperaturen i kopperlederen ved resistans  $23 \Omega$ :  
Mål å isolere  $t_2$  på den ene side av likhetstegnet

$$R_2 = R_1 \left[ (1 + \alpha(t_2 - t_1)) \right] \quad | : R_1$$

for å flytte  $R_1$ , til andre side av likhetstegnet deler vi med  $R_1$  på begge sider av likhetstegnet.  $R_1$  blir forkortet vekk på høyre side av likhetstegnet

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 + \alpha(t_2 - t_1)$$

flytter et-tallet over på venstre side, da skifter et-tallet fortegn for å beholde balansen i likningen

$$\frac{R_2}{R_1} - 1 = \alpha(t_2 - t_1) \quad | : \alpha$$

deler med  $\alpha$  på begge sider i likningen slik at  $\alpha$  blir flyttet over på venstre side

$$\frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{\alpha} = t_2 - t_1$$

Flytter  $t_1$  over på venstre side og  $t_1$  skifter fortegn

$$\frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{\alpha} + t_1 = t_2$$

speilvender formelen slik at den ukjente verdi  $t_2$  kommer på venstre side

$$t_2 = \frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{\alpha} + t_1 = \frac{\frac{23,0\Omega}{20\Omega} - 1}{0,0038k^{-1}} + 20^\circ C = \underline{\underline{59,5^\circ C}}$$

**OPPGAVER**

## 2.4.1

En resistans på  $100 \Omega$  ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  har en temperaturkoeffisient på  $0,004 \text{ K}^{-1}$ . Hva blir resistansen når temperaturen øker til  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

## 2.4.2

Forklar forskjellen mellom positiv -og negativ-temperaturkoeffisient.

## 2.4.3

Ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  har en resistans verdien  $30 \Omega$ . Hva blir resistansen når temperaturen har steget til  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  når temperaturkoeffisienten er  $0,004 \text{ K}^{-1}$ ?

## 2.4.4

En resistans har  $50 \Omega$  ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  og  $59,5 \Omega$  ved  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hva blir temperaturkoeffisienten til resistansen og hvilket metall har resistansen?

## 2.4.5

En resistans har vært tilkopleet en strøm på  $1,5 \text{ A}$  og spenning på  $230 \text{ V}$  i 5 minutter. Temperaturen i resistansen er  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hva blir resistansen ved romtemperatur når temperaturkoeffisienten er  $0,0009 \text{ K}^{-1}$ ?

## 2.4.6

En resistans med temperaturkoeffisient  $0,0048 \text{ K}^{-1}$  har verdiene  $70 \Omega$  ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Finn temperaturen i resistansen ved  $100 \Omega$ .

## 2.4.7

En resistans med temperaturkoeffisient  $0,0045 \text{ K}^{-1}$  har verdiene  $120 \Omega$  ved  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Finn temperaturen i resistansen ved  $150 \Omega$ .

## 2.4.8

- Hva blir resistansen til en kopperleder med lengde  $220 \text{ m}$  og tverrsnitt  $1,5 \text{ mm}^2$ ?
- Temperaturen stiger fra  $20$  til  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  på 1 minutt i lederen. Finn resistansen ved  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Regn ut strømmen når spenningen blir satt på og etter 1 minutt. Påtrykt spenning er  $230 \text{ V}$ .