

Messfehler

Fehler:

$$F = x_A - x_W$$

Relativer Fehler:

$$F_{rel} = \frac{F}{x_W}$$

Garantiefehlergrenzen (Klasse n):

$$G = \pm n\% v.E.[M.] = \pm \frac{n}{100} \cdot E.[M.]$$

Arithmetisches Mittel:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Standardabweichung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Verteilungsdichte:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_W}{\sigma}\right)^2}$$

Messreihe mit n Messwerten: max. Ergebnisfehlergrenze:

$$x = \bar{x} \pm \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s$$

$$G'_y = \pm \left(\left| \frac{df}{dx_1} G_1 \right| + \left| \frac{df}{dx_2} G_2 \right| + \dots + \left| \frac{df}{dx_k} G_k \right| \right)$$

rel. Ergebnisfehlergrenze:

$$\frac{G'_y}{y} = \pm \left(\left| \frac{G_1}{x_1} \right| + \left| \frac{G_2}{x_2} \right| + \dots + \left| \frac{G_k}{x_k} \right| \right)$$

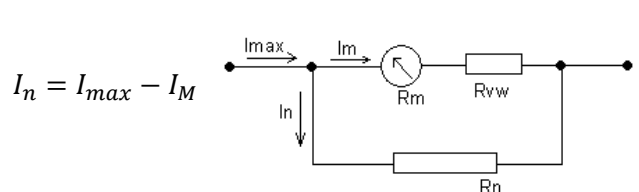
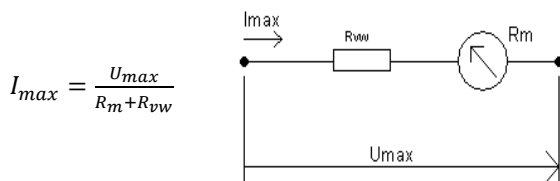
Messung elektrischer Größen

Drehspulmessgerät:

Skalengleichung: $\alpha = \frac{A \cdot N \cdot B}{D} \cdot I$

Messbereichserweiterung Spannungsmessung

Messbereichserweiterung Strommessung



Dreheisenmessgerät:

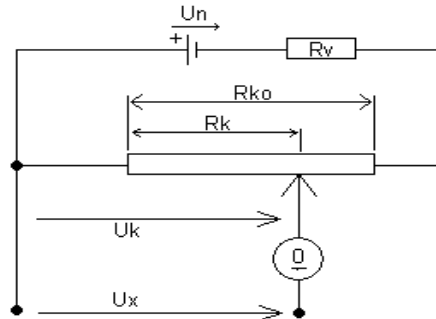
Skalengleichung $\alpha = \frac{f(\alpha)}{D} \cdot I^2$

Periodischer Messstrom $I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$

spez. Sinusförmig $I_{eff} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$

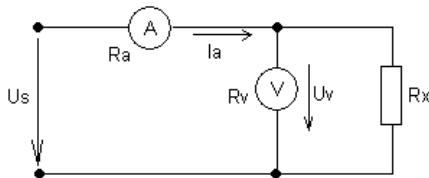
Kompensator (Poggendorf):

$$U_x = U_k = U_n \frac{R_k}{R_{k0} + R_v}$$



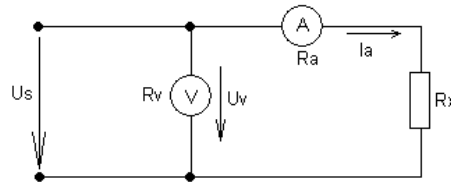
Widerstandsmessung

Spannungsrichtige Schaltung:



$$R_x = \frac{U_v}{I_a - \frac{U_v}{R_v}}$$

Stromrichtige Schaltung:

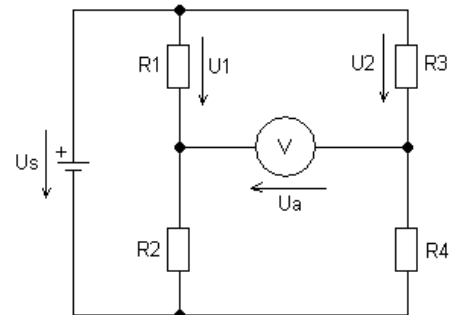


$$R_x = \frac{U_v}{I_a} - R_a$$

Wheatstonesche Brücke:

Abgleichverfahren: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ für $U_a = 0$

Ausschlagverfahren: $U_a = \frac{1}{4} \cdot U_s \cdot \frac{\Delta R_x}{R_x}$ für $\left| \frac{\Delta R_x}{R_x} \right|$



Universalzähler

Zeitbasis-Oszillator: $T_0 = \frac{1}{f_0}$

Frequenzmessung: $f_M = \frac{N}{T}$ mit $T = n \cdot T_0$

Zeitintervallmessung: $\Delta t = \frac{N}{\frac{f_0}{n}}$

Messung der mittleren Periodendauer: $T_m = \frac{N \cdot n}{f_0 \cdot K}$

Temperaturmessung

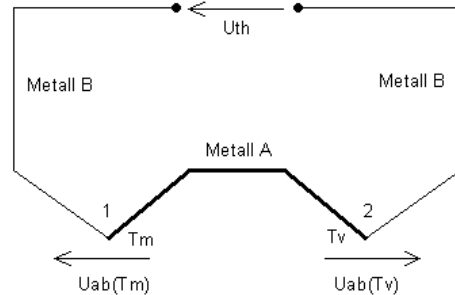
Thermoelemente:

Thermospannung:

$$U_{th} = U_{AB}(T_M) - U_{AB}(T_V) \approx K_{AB} \cdot (T_M - T_V)$$

Berechnung aus Grundwertreihe:

$$U_{th}(\vartheta_1, \vartheta_2) = U_{th}(\vartheta_1, 0^\circ C) - U_{th}(\vartheta_2, 0^\circ C)$$



Metallische Widerstandsthermometer:

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta + \beta \cdot \vartheta^2 + \gamma \cdot \vartheta^3)$$

Halbleiterwiderstände:

$$R(T) = A \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad \alpha = \frac{1}{R(T_0)} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Strahlungsthermometer:

$$S = \sigma \cdot T^4 \quad \lambda_{max} \cdot T = konst.$$

Messung mechanischer Größen

Metallische DMS: $\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon$

Dehnungsabhängigkeit: $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta L}{L} - 2 \cdot \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \epsilon - 2 \cdot \epsilon_q \quad \mu = -\frac{\epsilon_q}{\epsilon}$

Temperaturabhängigkeit: $\frac{\Delta R}{R} = k \cdot (\alpha_M - \alpha_{DMS}) \cdot \Delta \vartheta + \alpha_T \cdot \Delta \vartheta$

Viertelbrückenschaltung: $U_a = \frac{1}{4} \cdot U_S \cdot k \cdot \epsilon$

Halbbrückenschaltung: $U_a = \frac{1}{4} \cdot U_S \cdot k \cdot \epsilon - \frac{1}{4} \cdot U_S \cdot k \cdot \epsilon_q$

Zweiviertelbrückenschaltung: $U_a = \frac{1}{2} \cdot U_S \cdot k \cdot \epsilon$

Vollbrückenschaltung: $U_a = \frac{1}{2} \cdot U_S \cdot k \cdot (1 + \mu) \cdot \epsilon$

Piezoelektrische Kraftaufnehmer:

$Q = k \cdot F$ (bei Quarz $k \approx 2,3 \frac{pC}{N}$)

$U_F = \frac{1}{C} \cdot V_u \cdot k \cdot F = k_F \cdot F$

Druckmessung: $p = \frac{F_N}{A}$

Hydrostatischer Druck: $p = \rho \cdot g \cdot h$

U-Rohr-Manometer: $p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot \Delta h$

Gefäßmanometer: $p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot h$ $h = h' \cdot \left(1 + \frac{A_2}{(A_1 - A_2)}\right)$

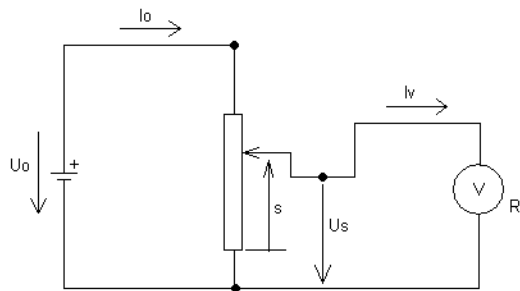
Schräghrohrmanometer: $p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot h$ $h = l \cdot \left(\sin\alpha + \frac{A_2}{A_1}\right)$

Druckwaage: $\alpha = \frac{A \cdot r}{G \cdot R} \cdot (p_1 - p_2)$ *für kleines α*

Weg- und Winkelmessung:

Potentiometer-Wegaufnehmer:

$R_s = \frac{R_{ges}}{s_{max}} \cdot s$ $U_s = \frac{U_0}{s_{max}} \cdot s$



Induktive Wegaufnehmer:

a) Differentialdrossel: *Bedingungen für Nullabgleich:* $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ *und* $\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_3}{R_4}$

b) Induktiver Wegaufnehmer mit Schwingkreis $U = k_p \cdot s$

Drehzahlmessung:

Drehzahlaufnehmer mit Wechselspannungsausgang: $U_{eff} = k_p \cdot n$

Stroboskop: $n_i = \frac{i}{m} \cdot 60 \cdot f$ $n = \frac{60}{m} \cdot \frac{f_{j+1} \cdot f_j}{f_{j+1} - f_j}$

Impulsformer: $U_m = k_p \cdot n$ *mit* $U_m = \hat{u} \cdot \frac{t_d}{T}$