

1 Größengleichungen & Maßsysteme

Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elek. Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd
Stoffmole	Mol	mol

Größe	Umrechnung
Kraft	$F \quad 1N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$
Energie	$W \quad 1J = 1Nm$
Leistung	$P \quad 1W = 1 \frac{Nm}{s} = 1 \frac{J}{s}$
Druck	$p \quad 1Pa = 1 \frac{N}{m^2}$
Ladung	$Q \quad 1C = 1As$
Spannung	$U \quad 1V = 1\Omega \cdot A$
Widerstand	$R \quad 1\Omega = 1 \frac{V}{A}$
Kapazität	$C \quad 1F = 1 \frac{As}{V} = 1 \frac{C}{V}$
Induktivität	$L \quad 1H = 1 \frac{Vs}{A}$
magn. Fluss	$\Phi \quad 1Wb = 1Vs$
magn. Indukt.	$B \quad 1T = 1 \frac{Vs}{m^2}$

2 Gleichstrom-Netzwerke

2.1 MSV: Maschenstromverfahren

Hauptdiagonale:

Summe der Widerstände der Masche

übrige Elemente:

Widerstände zwischen den Maschen
+ bei gleicher Umlaufrichtung, sonst -

rechte Seite:

Summe der Spannungsquellen der Masche
- bei gleicher Umlaufrichtung, sonst +

2.2 KPV: Knotenpotentialverfahren

Hauptdiagonale:

Summe der Leitwerte der vom Knoten ausgehenden Zweige

übrige Elemente:

Leitwerte der Zweige, die die entsprechenden Knoten verbinden (negativ)

rechte Seite: Summe der ab-/zuffließenden Ströme

# Gl.	MSV	KPV
ges. Strom	$z - (k-1) < k-1$	$(k-1) < z - (k-1)$
geg. Spannung		Spannung
		Strom

2.3 Sonstiges

Widerstand: $\frac{U}{I} = R = \frac{l}{\sigma \cdot A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$
(σ : spez. Leitwert, ρ : spez. Widerstand)

Leistung: $P = U \cdot I$

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{\text{genutzte Leistung}}{\text{gesamte Leistung}} = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Nutz}} + P_{\text{Verlust}}}$

Leistungsanpassung: $R_T = R_a$

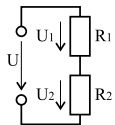
Knotenregel: $\sum I_i = 0$

Maschenregel: $\sum U_i = 0$

Spannungsteiler:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

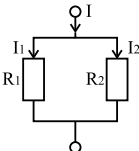
$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Stromteiler:

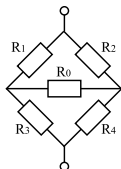
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{I_1}{I} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$



Abgleichsbedingung Brücke:

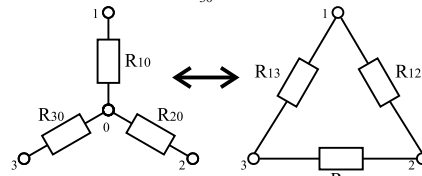
$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \Rightarrow I_Q = 0$$



Stern-/Dreieckstransformation:

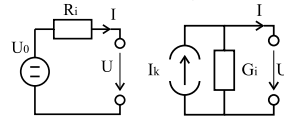
$$R_{10} = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}, \text{ sym: } R_* = R_{\Delta} / 3$$

$$R_{12} = R_{10} + R_{20} + \frac{R_{10} \cdot R_{20}}{R_{30}}, \text{ sym: } R_{\Delta} = 3R_*$$



Spannungs-/Stromquellen:

$$U_0 = I_k \cdot R_i \Leftrightarrow I_k = \frac{U_0}{R_i} = U_0 \cdot G_i$$



3 Wechselstrom-Netzwerke

$$\hat{y} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt \quad \text{Scheitelwert}$$

$$\bar{y} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt} \quad \text{arith. Mittel}$$

$$y = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt} \quad \text{Effektivwert}$$

3.1 sinusförmige Spannungen

$u(t) = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi_0)$ φ_0 Startwinkel $\hat{=}$ \leftarrow -Verschiebung,
 $\omega = 2\pi f$

$$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$$

3.2 Leistung und Arbeit

$$P = U \cdot I = \frac{1}{2} \hat{U} \cdot \hat{I} \quad P(t) = u(t) \cdot i(t)$$

$$W = U \cdot I \cdot t \quad (\text{Arbeit})$$

3.3 Kapazitäten

$$Q = C \cdot U_c$$

$$I_C = \frac{dQ}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt} = C \cdot \hat{U} \cdot \omega \cos(\omega \cdot t)$$

Phasenverschiebung $+90^\circ$ „Strom vor Spannung“

$$w_C(t) = \frac{1}{2} C \cdot u_C^2(t)$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad (\text{„Hochpassfilter“})$$

3.4 Induktivitäten

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$I_L(t) = \frac{1}{L} \int U_L(t) dt = -\frac{U}{\omega L} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Phasenverschiebung -90° „Spannung vor Strom“

$$w_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2(t)$$

$$Z_L = j\omega L \quad (\text{„Tiefpassfilter“})$$

3.5 Bodediagramm

$$a(\omega) = \pm 20 \cdot \lg |z(\omega)| \quad \text{+Verstärkung, -Dämpfung}$$

$$\varphi(\omega) = \arg(z(\omega)) = \frac{\Im\{z\}}{\Re\{z\}} \quad \text{Phase}$$

4 Elektrische Felder

Elementarladung	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$
Masse Elektron	$m = 9,11 \cdot 10^{-31} kg$
Elektrische Feldstärke	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$
- Punktladung	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{e}_r$
Coulombsches Gesetz	$\vec{F} = Q\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \vec{e}_r$
Potenzial	$U = E \cdot d$
Kapazität	$C = \frac{Q}{U} = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ $Q = D \cdot A$ $Q_{ges} = Q_1 + Q_2$ $Q = Q_1 = Q_2$
- Parallelschaltung	
- Serienschaltung	

4.1 Geschwindigkeit, Beschleunigung, Energie

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = Q \cdot U \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$$

$$F = Q \cdot E = m \cdot a$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = a \cdot t$$

5 Elektromagnetismus

5.1 Magnetisches Feld

\vec{E}	elektrische Feldstärke
$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$	elektrische Flussdichte
$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$	
$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$	
$W_{elektr.} = \frac{1}{2} \mu E^2$	Energiedichte
\vec{H}	magnetische Feldstärke
$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$	magnetische Flussdichte
$\Theta = N \cdot I$	magnetische Durchflutung
$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$	
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$	
$W_{mag.} = \frac{1}{2} \epsilon H^2$	Energiedichte

5.2 Durchflutungsgesetz

$H \cdot l = \sum i$, wobei l die Länge ist
Leiter **ohne** Eisenkern: $H = \frac{i}{2\pi r}$, wobei i die Stromstärke und r der Abstand zum Leiter ist. Leiter **mit** Eisenkern: $H = \frac{N \cdot i}{l}$, wobei N Anzahl der Windungen, i der Strom und l die mittlere Feldlinienlänge im Eisenkern ist.

5.3 Induktionsgesetz

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -u_L = -\frac{d}{dt} \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow u_L = \frac{d\Phi}{dt}$$

5.4 Magnetischer Widerstand

$$\Theta = \Phi \cdot R_m, R_m = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

5.5 Magnetische Kraftwirkung

$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

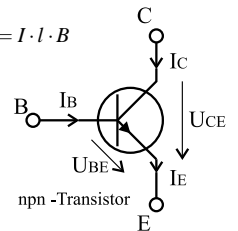
Falls B, I, F orthogonal: $F = I \cdot l \cdot B$

6 Transistor

$$B = \frac{I_C}{I_B} \quad (\text{Verst.-faktor})$$

$$P_{\text{Verlust}} = I_C \cdot U_{CE}$$

$$I_E \approx I_C$$



7 Komplexes Rechnen

$z = x + j \cdot y$: komplexe Zahl ($x = Re, y = Im$)

$z^* = x - j \cdot y$ komplex konjugiert

$$z \cot z^* = |z|^2 = x^2 + y^2$$

$$\tan \varphi = \frac{y}{x} \Rightarrow \varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$z_1 \pm z_2 = (x_1 \pm x_2) + j(y_1 \pm y_2)$$

$$z_1 \cdot z_2 = |z_1| \cdot |z_2| \cdot (\cos(\varphi_1 + \varphi_2) + j \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_2))$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{|z_1|}{|z_2|} \cdot (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + j \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_2))$$

komplexe Widerstände:

$$Z_R = \frac{U}{I} = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} \quad (\text{Scheinwiderstand/Impedanz})$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C}$$

$$Z_L = j\omega L$$

$Z = R + jX$	Impedanz
R	Resistanz
X	Reaktanz
$Y = \frac{1}{Z} = G + jB$	Admittanz
G	Konduktanz
B	Suszeptanz

8 Trigonometrische Funktionen

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

$$\cos x \cdot \cos y = \frac{1}{2} (\cos(x+y) + \cos(x-y))$$

$$\sin x \cdot \sin y = \frac{1}{2} (\cos(x-y) - \cos(x+y))$$

$$\sin x \cdot \cos y = \frac{1}{2} (\sin(x+y) + \sin(x-y))$$

$$\sin 2x = 2 \cdot \sin x \cdot \cos x$$

$$\cos 2x = 1 - 2 \cdot \sin^2 x = 2 \cdot \cos^2 x - 1$$

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{2} (\cos(2x) + 1)$$

$$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x} \quad \cot x = \frac{1}{\tan x}$$

$$\sin x = 2 \cdot \sin \frac{x}{2} \cdot \cos \frac{x}{2} \quad \cos x = \cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2}$$