

FORMELSAMMLUNG

Einführung in die Elektrotechnik - Q1 2023

Zum Skript von Prof. Dr.-Ing. Stephan Sauter und Dipl.-Ing. Reinhold Reichle.



DHBW Ravensburg Campus Friedrichshafen
TWI21-1 und TWI21-2

1 GRUNDBEGRIFFE

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Elementarladung Elektron (-), Proton (+)	$\pm e \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$	A · s	S. 7
Ladungsmenge (Vielfaches der Elementarladung)	$Q = n \cdot e$	A · s	S. 8
Elektrostatische Kraft zwischen Punkt- bzw. Probeladungen Coulombsches Gesetz ↑↓ Anziehung ... ↑↑ Abstoßung	$ F_C = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2}$ mit $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$	N	S. 10
Elektrische Feldkonstante relative Dielektrizitätskonstante, Permittivitätszahl (im Vakuum = 1)	$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ ϵ_r	$\frac{A \cdot s}{V \cdot m}$	
Kraft als Vektor \vec{e}_r Einheitsvektor in Richtung r	$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot \vec{e}_r$	N	-
LORENTZ-Beziehung Kraft (alternativ) auf eine ruhende Ladung in einem bewegten Bezugssystem	$\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$ $\vec{F} = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$	$\frac{W \cdot s}{m} = N$	(1.1)

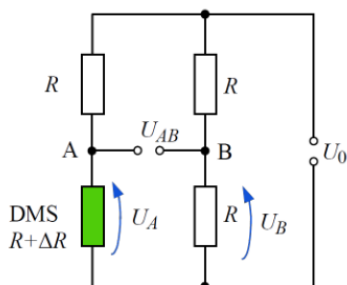
2 DER STROMKREIS

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Stromstärke	$I = \frac{dQ}{dt}$	$A = \frac{C}{t}$ (ist auch Coulomb je Zeiteinheit)	(2.1)
Elektrische Stromdichte (rechtwinklig zueinander)	$\vec{j} = \frac{I}{A} = \frac{dI}{dA_{\perp}}$	$\frac{A}{m^2}$ od. $\frac{A}{mm^2}$	(2.3)
Elektrische Spannung	$U = \frac{W}{Q}$	$V = \frac{Nm}{As}$	(2.5)
Ohm'sches Gesetz	$U = R \cdot I$	V	(2.6)
Spezifischer elektrischer Widerstand	$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\kappa \cdot A}$	Ω	(2.8)
Elektrischer Widerstand, temperaturabhängig	$R_{\vartheta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$	Ω	(2.11)
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{Nutzen}}{P_{Aufwand}}$	-	(2.12)
Elektrische Arbeit/Energie	$W = U \cdot Q = U \cdot I \cdot t$	$J = V \cdot A \cdot s = W \cdot s = Nm$	(2.13)
Elektrische Leistung	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$	$W = VA = J/s = Nm/s$	(2.15)
Zeitfunktion elektr. Leistung	$p(t) = u(t) \cdot i(t)$	W	-

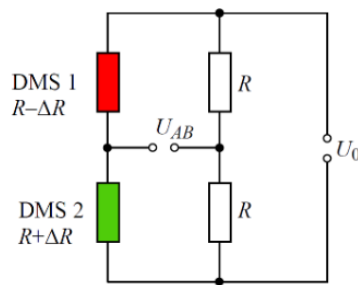
3 GLEICHSTROMSCHALTUNGEN

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Knotenregel Kirchhoff (1)	$\sum_{i=1}^n I_i = 0$	-	(3.1)
Maschenregel Kirchhoff (2)	$\sum_{i=1}^n U_i = 0$	-	(3.2)
Spannungsteiler unbelastet (Leerlauf) belastet	$\frac{U_2}{U_0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $U_0 = I \cdot (R_1 + R_2)$ $\frac{U_2}{U_0} = \frac{R_{ers}}{R_1 + R_{ers}}$ $R_{ers} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$		S. 40
Brückenschaltung Viertelbrücke (1)	$U_{AB} = \frac{U_0}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_0}{4} \cdot \varepsilon \cdot k$		(3.5)
Halbbrücke (2)	$U_{AB} = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_0}{2} \cdot \varepsilon \cdot k$		(3.6)
Abgleichbedingung (3) (allgemein)	$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{oder} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_3}{U_4}$		-

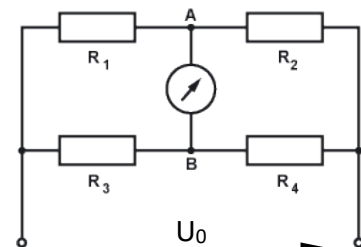
(1)



(2)



(3)



4 ELEKTRISCHES FELD

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Elektrische Kraft ($\vec{B} = 0$)	$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$	N	(4.1)
Elektrische Feldstärke	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$	$\frac{V}{m} = \frac{N}{A \cdot s}$	(4.2)
	$E = \frac{U}{s}$		(4.3)
Spannung (Potenzialdifferenz)	$U = \varphi_2 - \varphi_1$	V	(4.6)
Elektrischer Fluss	$\Psi = Q$	$A \cdot s = C$	(4.7)
Elektrische Flussdichte (dielektrische Verschiebung)	$D = \frac{Q}{A} = \varepsilon \cdot E$	$\frac{A \cdot s}{m^2}$	(4.8) u. (4.9)
Permittivität		$\frac{A \cdot s}{V \cdot m}$	(4.11)
Vakuum	$\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$		
allgemein	$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$		(4.12)

5 DER KONDENSATOR

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Kapazität Plattenkondensator	$C = \frac{Q}{U} = \varepsilon \cdot \frac{A}{l}$	$\frac{A \cdot s}{V} = F$ (Farad)	(5.1) u. (5.2)
Kondensator in Reihe parallel	$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ $C_{ges} = C_1 + C_2 + \dots$	F	S. 59 u. S. 60
Gespeicherte Energie im Kondensator	$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$	W·s	(5.3)
Kondensatorstrom (Ladestrom)	$i(t) = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$	A	(5.6)
Kondensatorspannung (Ladespannung)	$u(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	V	(5.7)
Zeitkonstante	$\tau = R \cdot C$	s	-

6 MAGNETISCHES FELD

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
LORENTZ-Kraft ohne elektrische Felder und Kräfte, also $\vec{E} = 0$ $\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$ nur magnetisches Feld	$\vec{F} = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$	$\frac{W \cdot s}{m} = N$	(6.1)
Magnetische Feldstärke	$H = \frac{I \cdot N}{l}$	$\frac{A}{m}$	(6.2)
Durchflutung (elektr. od. magnet.)	$\Theta = I \cdot N$	A	(6.3)
Magnetische Feldstärke (im homogenen Feld)	$H = \frac{\Theta}{l}$	$\frac{A}{m}$	(6.4)
Magnetische Feldstärke des Einzelleiters	$H = \frac{I}{2\pi \cdot r}$	$\frac{A}{m}$	(6.5)
Magnetische Spannung (ist gleich dem vom Integrationsweg umschlossenen Strom!)	$U_m = H \cdot s$ $\Theta = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$	A	(6.6) (6.7)
Magnetische Flussdichte	$B = \mu \cdot H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$	$T = \frac{V \cdot s}{m^2} = \frac{N}{A \cdot m}$ (Tesla)	(6.8)
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$	$\frac{V \cdot s}{A \cdot m}$	(6.9)
Permeabilität Im Vakuum ist $\mu_r = 1$	$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$	$\frac{V \cdot s}{A \cdot m}$	-
Magnetisches Verhalten d. Stoffe → Diamagnetisch → Paramagnetisch → Ferromagnetisch	$0 \leq \mu_r < 1$ $\mu_r > 1$ $\mu_r \gg 1$	-	S. 71
Magnetischer Fluss	$\Phi = B \cdot A$	$V \cdot s = Wb$ (Weber)	(6.10)
Magnetischer Widerstand (Reluktanz)	$R_m = \frac{l}{\mu \cdot A} = \frac{H \cdot l}{\Phi}$	$\frac{A}{V \cdot s}$	(6.11)
Ohm'sches Gesetz des Magnetismus	$\Theta = \Phi \cdot R_m$	A	(6.12)
Magnetischer Kreis mit Eisen $H_E \cdot \ell_E = I \cdot N$	$H_E = \frac{B_E}{\mu_0 \cdot \mu_r}$		S. 75
mit Eisen und Luftspalt $H_E \cdot \ell_E + H_L \cdot \ell_L = I \cdot N$	$H_L = \frac{B_L}{\mu_0}$	$\frac{A}{m}$	S. 76
Kraft auf stromdurchflossenen Leiter	$F = B_{\perp} \cdot I \cdot \ell$ $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin(\alpha)$	N	(6.14) (6.15)

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
HALL-Spannung	$U_H = \frac{R_H \cdot I_{quer} \cdot B}{d}$	V	S. 78
Induktionsspannung Bewegter Leiter ($\vec{B} \perp \vec{v}$)	$U = B_{\perp} \cdot \ell \cdot v$	V	(6.18)
Induktionsgesetz	$u_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt}$	V	(6.19)
Induktionsspannung bei Spulen	$U = -N \frac{d\Phi}{dt}$	V	(6.20)
Selbstinduktionsspannung	$U = -L \frac{di}{dt}$	V	(6.21)
Transformator Übersetzung Primär- / Sekundärseite	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$	-	S. 83
Energiedichte Magnetfeld	$w_m = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot H^2 = \frac{1}{2} \cdot H \cdot B$	J/m ³	(6.24)
Magnetische Energie	$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	W·s	(6.25)

7 WECHSELSTROMTECHNIK

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Frequenz (Kehrwert ist die Periodendauer)	$f = \frac{1}{T}$	Hz = 1/s	(7.3)
Kreisfrequenz	$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	s ⁻¹	(7.3)
Effektivwerte Spannung	$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{U}$	V	S. 90
Strom	$I_{eff} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{I}$	A	
Wechselspannung	$u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u)$	V	(7.13)
Wechselstrom	$i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega t + \varphi_i)$	A	(7.14)
Phasenverschiebung (Differenz Null-Phase Strom Spannung)	$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$	° (Grad)	(7.15)
Phasenverschiebung (Beim kapazitiven Blindwiderstand d. Kondensators)	$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -90^\circ$	° (Grad)	(7.24)
Phasenverschiebung (Beim induktiven Blindwiderstand d. Spule)	$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = +90^\circ$	° (Grad)	(7.30)
Wirkleistung	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	W	S. 102
Blindleistung	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	var (Voltampere reaktiv)	S. 102

Bezeichnung	Formel	Einheit	Gl.-Nr.
Scheinleistung	$S = U \cdot I$	VA	S. 102
Induktiver Blindwiderstand (Wechselstromwiderstand der Spule)	$X_L = \omega \cdot L$	Ω	S. 102
Induktive Blindleistung	$Q_L = U_L \cdot I_L = \frac{U_L^2}{X_L} = I_L^2 \cdot X_L$	var (Voltampere reaktiv)	(7.56)
Kapazitiver Blindwiderstand (Wechselstromwiderstand des Kondensators)	$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$	Ω	S. 102
Kapazitive Blindleistung	$Q_C = U_C \cdot I_C = \frac{U_C^2}{X_C} = I_C^2 \cdot X_C$	var (Voltampere reaktiv)	(7.57)
Scheinwiderstand, Impedanz (Ohm'sches Gesetz des Wechselstromkreises)	$Z = \frac{U}{I}$	$\Omega = V/A$	
RC-Reihenschaltung			S. 97
Gesamtspannung	$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = I \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2}$	V	
Phasenverschiebung	$\tan\varphi = \frac{U_C}{U_R} = \frac{X_C}{R}$	1	
RL-Reihenschaltung			S. 98
Gesamtspannung	$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = I \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2}$	V	
Phasenverschiebung	$\tan\varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{X_L}{R}$	1	
RLC-Reihenschwingkreis			S. 99 u. S. 100
Gesamtspannung	$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$	V	
Scheinwiderstand	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Ω	
Phasenverschiebung	$\tan\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$	1	
Resonanzfrequenz (Thomson'sche Schwingungsgleichung)	$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$	Hz = 1/s	