



Statisches elektrisches Feld

Coulombkraft

$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2} \quad \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \quad 2-1a$$

elektrisches Feld
 (einer Punktladung)

$$\vec{E} = \lim \frac{\vec{F}}{q} = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3} \quad [\vec{E}] = 1 \frac{V}{m} \quad 2-2a$$

elektrische Flußdichte

$$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E} \quad [\vec{D}] = 1 \frac{C}{m^2} \quad 2-3a$$

elektrischer Fluß /
 Gaußscher Satz der Elektrostatik

$$\Psi = \int_A \vec{D} \cdot d\vec{A} \quad \oint_{A_0} \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q \quad 2-3a$$

Linienladung
 (Linienladungsdichte)

$$\vec{D} = \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\vec{e}_\varphi}{\varphi} \quad \lambda = \frac{dQ}{dl} \quad 2-3b$$

elektrische Spannung
 Maxwellsche Gleichung

$$U = \Delta \varphi = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \quad 2-4b$$

elektrische Spannung
 im Feld einer Punktladung

$$U_{12} = \frac{\pm Q}{4\pi\epsilon} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \varphi \propto \frac{1}{r} \quad 2-4c$$

Dipol, Polarisation, ...

$$\text{siehe Skript} \quad 2-6$$

Kapazität /
 ebener Plattenkondensator

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \quad [C] = 1 F = 1 \frac{As}{V} \quad U = E \cdot d \quad D = \frac{Q}{A} \quad 2-7b$$

elektrostatische Energie
 Energiedichte

$$W_{el} = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad w_{el} = \frac{W_{el}}{V} = \frac{1}{2} E \cdot D \quad 2-7c$$

Grenzflächen

$$\text{siehe Skript} \quad 2-7d$$

elektrisches Strömungsfeld

Stromstärke

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad [I] = 1 A = 1 \frac{C}{s} \quad 3-1$$

Stromdichte
 spez. Leitwert

$$\vec{J} = \frac{I}{A} = \kappa \cdot \vec{E} \quad [\kappa] = 1 \frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega m} \quad 3-2b$$

Driftgeschwindigkeit, ...

$$\text{siehe Skript} \quad 3-2a$$

Ohmsches Gesetz

$$U = R \cdot I \quad R = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad 3-4a$$

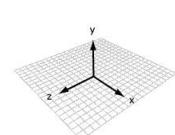
spez. Widerstand

$$\rho = \frac{1}{\kappa} \quad \text{Tabelle siehe Skript!} \quad [\rho] = 1 \frac{\Omega \cdot m^2}{m} = 10^6 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \quad 3-4a$$

Temperaturabhängigkeit

$$\text{siehe Skript} \quad 3-4b$$

Gleichstromnetzwerke			
Kirchhoffsche Knoten-Regeln	$\sum_K I_n = 0$	hineinfl. Ströme positiv herausfl. Ströme negativ	4-4
Kirchhoffsche Maschen-Regeln	$\sum_M U_n = 0$	Umlaufrichtung der Masche bestimmt Vorzeichen der U_n	4-4
LGS aus Knoten- und Maschen-Gleichungen	$A \cdot \vec{I} = \vec{U}$	Koeffizientenmatrix aus Kn. (direkt) und Ma. (ohmsches Gesetz anwenden)	4-5
Maschenstromverfahren	siehe Anleitungsblatt		
Knotenpotentialverfahren	siehe Anleitungsblatt		
Reihenschaltung von Widerständen	$R_{ges} = R_1 + R_2$	$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1}{R_{ges}}$	5-2a
Parallelschaltung von Widerständen	$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	$\frac{I_1}{I_0} = \frac{G_1}{G_{ges}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	5-2a
Spannungsteiler, Poti, Brückenschaltung	siehe Skript		5-2b
Stern/Dreieck-Schaltung	siehe Skript		5-2d
maximale Leistung	$P_{max} = \frac{1}{4} U_L \cdot I_K$	bei $R_i = R_L$	5-3a
reale Strom- / Spannungsquelle	$U = U_0 - R_i \cdot I$	$I = I_0 - \frac{U}{R_i}$	5-3c
Ersatzschaltbild / Umformung	$U_0 = I_0 \cdot R_i \quad I_0 = \frac{U_0}{R_i}$	R_i bleibt gleich!	5-3c
Serien-/Parallelschaltungen von Quellen	siehe Skript		5-3d
Superposition von Quellen	siehe Skript		5-3e
Wirkungsgrad, Leistungsanpassung	siehe Skript		5-3f

Koordinatensysteme			
Rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem / Kreuzprodukt	 	$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{pmatrix}$	
Zylinderkoordinaten Kugelkoordinaten	siehe Skript		1-4b 1-4c

magnetisches Feld / Induktion

Kraftwirkung zwischen

stromdurchflossenen Leitern

$$|\vec{F}| = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{\rho}$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

$$\mu_0 = 12,566 \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \quad 6-1$$

magnetische Flußdichte /
magnetische Induktion

$$\vec{B}(\rho) = \frac{\vec{F}(\rho)}{I_2 \cdot l} = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{\rho} \cdot \vec{e}_\varphi$$

$$[\vec{B}] = 1 T = 1 \frac{Vs}{m^2}$$

6-2

Kraftwirkung auf einen
stromdurchflossenen Leiter

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

bei homogenem B-Feld

6-4

Kraftwirkung auf bewegte Ladung
(Lorenzkraft)

$$\vec{F}_L = Q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = V \cdot \vec{J} \times \vec{B}$$

$$\text{Bahnradius: } r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B}$$

6-4

magnetische Feldstärke /
magnetische Erregung

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

$$[\vec{H}] = 1 T = 1 \frac{A}{m}$$

6-5

Durchflutungsgesetz /
magnetische Durchflutung

$$\Theta = \oint_{C_0} \vec{H} \cdot d\vec{s} = I_{ges}$$

geschlossener Umlauf längs
einer Kontur C_0

6-6

magnetischer Fluß
Maxwellsche Gleichung

$$\Phi_m = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

6-7

Magnetisierung, Hysterese

siehe Skript

6-8

lange Zylinderspule

$$H = \frac{n \cdot I}{l} \quad \Phi_m = B \cdot A$$

$$\Psi_m = n \cdot \Phi_m = L \cdot I$$

6-9b

Induktivität

$$L = \mu \cdot \frac{n^2 \cdot A}{l}$$

$$[L] = 1 H = 1 \frac{Vs}{A}$$

6-9b

Grenzbedingungen

siehe Skript

6-10

Induktionsgesetz (allgemein)

$$u_{ind} = \oint_{C_0} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \vec{E}_{ind} = \vec{v} \times \vec{B}$$

7-2

Induktionsgesetz (vereinfacht)

$$u_{Ind} = -\frac{d \Phi_m}{dt}$$

$$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

7-1

magnetische Energie

$$W_{mag} = \frac{1}{2} L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \Psi_m \cdot i$$

$$w_{mag} = \frac{W_{mag}}{V} = \frac{1}{2} B \cdot H$$

7-6

Maxwellsche Gleichungen

allgemein / Elektrodynamik

Sonderfall Elektrostatik

7-5

Durchflutungsgesetz

$$\oint_{C_0} \vec{H} \cdot d\vec{s} = i \\ = \underbrace{\int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}}_{\text{Leitungsstrom}} + \underbrace{\frac{d}{dt} \int_A \vec{D} \cdot d\vec{A}}_{\text{Verschiebungsstrom}}$$

$$\oint_{C_0} \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$$

Induktionsgesetz

$$\oint_{C_0} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint_{C_0} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

Quellenfreiheit

$$\oint_{A_0} \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\oint_{A_0} \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Quellen

$$\oint_{A_0} \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q = \int_V \rho \cdot dV$$

$$\oint_{A_0} \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q$$

Wechselstrom-Bauelemente

idealer Kondensator	$i_C(t) = C \cdot \frac{du_C}{dt}$	$u_C(t) = \frac{1}{C} \cdot \int i_C(t) dt$	8-1
ideale Spule	$u_L(t) = L \cdot \frac{di_L}{dt}$	$i_L(t) = \frac{1}{L} \cdot \int u_L(t) dt$	8-2
gekoppelte Spulen	$u_2(t) = L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + M \cdot \frac{di_1}{dt}$	$M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$	8-3a
Übertrager / Transformator	$\ddot{i} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{u_1}{u_2} = -\frac{i_2}{i_1}$	Minuszeichen bei Stromverhältnis wegen Zählrichtung!	8-3 8-4
Trafo als Anpassungsglied / Ersatzschaldbild	$R_2 = \frac{u_2}{i_2} = -\frac{1}{\dot{u}^2} \cdot \frac{u_2}{i_2} = -\frac{1}{\dot{u}^2} \cdot R_1$	$\ddot{u} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$	8-4
Einschaltverhalten RC-Reihenschaltung	$i_C(t) = \frac{u_0}{R} \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$	$u_C(t) = u_0 \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{RC}}\right)$	8-5a
Einschaltverhalten RL-Reihenschaltung	$i_L(t) = \frac{u_0}{R} \cdot \left(1 - e^{\frac{-t \cdot R}{L}}\right)$	$u_L(t) = u_0 \cdot e^{\frac{-t \cdot R}{L}}$	8-5b

Wechselstrom-Rechnung

Frequenz, Wellenlänge, Winkelfrequenz	$f = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}$	$\omega = 2\pi \cdot f$	$[f] = \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$	9-1	
Effektivwerte	$U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$	$I_{eff} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7$	9-3	
komplexe Wechselspannung komplexer Wechselstrom	$\underline{u}(t) = \hat{u} \cdot e^{j\omega t}$ $\hat{u} = \hat{u} \cdot e^{j\varphi_u}$	$\underline{i}(t) = \hat{i} \cdot e^{j\omega t}$ $\hat{i} = \hat{i} \cdot e^{j\varphi_i}$		9-7b	
Impedanz / Admittanz	$\underline{Z} = R + jX = Z e^{j\varphi}$	$\underline{Y} = G + jB = Y e^{-j\varphi}$		9-8a	
komplexe Leistung	$\underline{S} = P + jQ = S e^{j\varphi} = \underline{U} \cdot \bar{\underline{I}}$	$\lambda = \frac{P}{S} = \cos \varphi$		9-8a	
Umrechnung Reihe / Parallel	$G = \frac{R}{R^2 + X^2}$	$B = \frac{-X}{R^2 + X^2}$	$R = \frac{G}{G^2 + B^2}$	$X = \frac{-B}{G^2 + B^2}$	9-9a
kapazitiver / induktiver Widerstand	$X_c = \frac{-1}{\omega C}$	$B_c = \omega C$	$X_L = \omega L$	$B_L = \frac{-1}{\omega L}$	10-2 10-3
Reihen- und Parallelschaltung komplexer Widerstände	$\tan(\varphi) = \frac{X}{R} = \frac{-B}{Y}$	$Z = \underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2}$ $Y = \underline{Y} = \sqrt{G^2 + B^2}$			10-5b
Ortskurven-Transformation	siehe Skript			10-6b	
Resonanzfrequenz Verstimmung	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$v = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$		10-7c	
Reihenschwingkreis	$Q_s = \frac{\omega_0 \cdot L}{R} = \sqrt{\frac{L}{C} \cdot \frac{1}{R}}$	$\underline{Z}_s(\omega) = R \cdot (1 + j Q_s v)$		10-7c	
Parallelschwingkreis	$Q_p = \omega_0 \cdot C \cdot R = \sqrt{\frac{C}{L} \cdot R}$	$\underline{Z}_p(\omega) = \frac{R}{(1 + j Q_p v)}$		10-7d	