NuS I

Jonathan Müller jo@student.ethz.ch

Diverses

Kugel: $A = 4\pi r^2, V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Feldlinien fliessen von + nach -,
Magnetfeldlinien von N nach S.
$\odot$**Vektor** aus Blatt hinaus
Newton: $m \cdot a = F$

$v = v_0 + a \cdot t$

$x = x_0 + v_0 \cdot T + \frac{1}{2} \cdot t^2 \cdot a$

Zentripetalkraft: $F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$

Anode +, Kathode -

Konstanten

Permettivität des Vakuums	$\varepsilon_0 \left[\frac{As}{Vm}\right]$	e0, ε0
Permettivitätszahl	ε_r	
Elementarladung	$e\ [C]$	q
Masse Elektron	$m_0[kg]$	me
Licht-geschwindigkeit	$c\ [m/s]$	c
Permeabilität des Vakuums	$\mu_0 \left[\frac{Vs}{Am}\right]$	u0, µ0
Permeabilitätszahl	μ_r	

Einheiten

Länge	$l[m]$	(k/d/c/m/u/n/p)**m**
Masse	$m[kg]$	kg, gr, mg
Zeit	$t[s]$	(m/u/n)**s** hr, min, day
Kraft	$F[N]$	N
Energie	$W[J]$	J
Elektronen-volt	$W[e \cdot V]$	eV

Leistung	$P[W]$	W
Frequenz	$f[1/s]$	Hz
Elektrik		
Ladung	$Q[C = A \cdot s]$	coul
Ladungsdichte (Flächen-)	$\sigma \left[\frac{As}{m^2}\right]$	
Ladungsdichte (Raum-)	$\rho \left[\frac{C}{m^3}\right]$	
Elektr. Fluss	$\Psi[C = A \cdot s]$	coul
Elektr. Feldstärke	$E \left[\frac{V}{m}\right]$	
Elektr. Flussdichte	$D \left[\frac{As}{m^2}\right]$	
Kapazität	$C[F]$	(n/p/u)**F**
Magnetismus		
Magn. Fluss	$\Phi[Wb]$	Wb
Magn. Flussdichte	$B[T]$	T
Magn. Feldstärke	$H \left[\frac{A}{m}\right]$	Oe, $\left[\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}}\right]$
Magn. Durchflutung	$\Theta[A]$	
Induktivität	$L[H]$	henry, he, (m/u/n)**H**
Netzwerke		
Spannung	$U[V]$	(k/m)**V**
Widerstand	$R[\Omega]$	Ω, o, (k/M)**ohm**
Leitwert	$G[S]$	siemens
Stromstärke	$I[A]$	(k/m)**A**
Stromdichte	$J[A/m^2]$	

Präfixe

Tera	10^{12}	T
Giga	10^{9}	G
Mega	10^{6}	M
Kilo	10^{3}	k
Milli	10^{-3}	m
Mikro	10^{-6}	μ
Nano	10^{-9}	n
Piko	10^{-12}	P
Femto	10^{-15}	f

Elektrostatik

Coulomb: $\vec{F} = \vec{e}_r \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^r}$

Feldstärke: $\vec{E}(r) = \vec{e}_r \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

Die Feldstärke in einer homogen geladenen Hohlkugel verschwindet!

Energiedichte: $\omega = \frac{\varepsilon_0}{2} \cdot \vec{E}^2$

Leiterinneres: $\vec{E} = 0$, Oberfläche: wie Aussen

Potential: $\varphi_e(P_1)[V] = -\int_{P_0}^{P_1} \vec{E} \cdot d\vec{s}$

$$\varphi(\infty) = 0$$

Potential (Energie): $W_e[J] = -Q \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$

$$W_e(P_1) = Q \cdot \varphi_e(P_1)$$

Spannung : $\varphi_e(P_1) - \varphi_e(P_2) = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$

Flussdichte : $\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \vec{E}$
Über geschlossene Oberfläche integriert:
$\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q$

Fluss: $\Psi = \iint_A \vec{D} \cdot d\vec{A}$, Bei geschl. Hüllintegral: $\Psi = Q$

Kondensator und ε_r

Flächenladungsdichte: $\sigma = D = \frac{Q}{A}$

Spannung: $U = E \cdot d$ wobei d Abstand

Kapazität: $C = \frac{Q}{U}, \quad Q = U \cdot C, \quad U = \frac{Q}{C}$

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

Dielektrizitätskonstante: $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$

Energie: $W = \frac{1}{2} E \cdot D = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U = \frac{Q^2}{2C}$

Parallelschaltung: $C_{ges} = \sum C_i$

Serienschaltung: $\frac{1}{C_{ges}} = \sum \frac{1}{C_i}$

Für zwei: $C_{ges} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

Kondensatoren ($\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$):

	C	E
Platte	$\varepsilon \cdot \frac{A}{d}$	$\frac{Q}{\varepsilon A}$
Zylinder ($R_2 > R_1$)	$2\pi\varepsilon \frac{l}{\ln R_2/R_1}$	$\frac{Q}{2\pi r l \varepsilon}$
Kugel ($R_2 > R_1$)	$4\pi\varepsilon \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$	$\frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon}$
Kugel	$4\pi\varepsilon_0 r$	$\frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon}$

Strömungsfeld

$\vec{v}_e[m/s]$	Driftgeschw.
$\rho_e\ [As/m^3] = -ne$	Raumladungsdichte
$\kappa \left[\Omega^{-1} m^{-1} = \frac{S}{m}\right]$	Spez. Leitfähigkeit
$\rho_R[\Omega m] = 1/\kappa$	Spez. Widerstand
$a[K^{-1}]$	Temperaturkoeff.
$n[m^{-3}]$	Ladungsträgerdichte
$\mu_e[m^2 V^{-1} s^{-1}]$	Beweglichkeit

Strom: $I = \frac{dQ}{dt} = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = n \cdot e \cdot v_e \cdot A$

Driftgeschwindigkeit: $\vec{v}_e = -\mu_e \vec{E} = -\frac{\vec{E} \cdot \kappa}{n \cdot e}$

Stromdichte: $\vec{J} = p_e \vec{v}_e = n e \mu_e \vec{E} = \kappa \vec{E}$

Widerstand: $R = \frac{l}{\kappa A} = \frac{\rho_R \cdot l}{A} = \frac{1}{G}$

Widerstand Innen/Aussenleiter
Koaxkabel: $R_K = \frac{1}{2\pi\kappa l} \ln \frac{r_2}{r_1}$

Temperatur: $R(T) = R_{20°C} \cdot (1 + a\Delta T)$

Netzwerke

$$U = R \cdot I \qquad R = \frac{U}{I} \qquad I = \frac{U}{R}$$

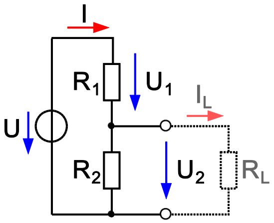
Leistung: $P = \frac{dW_e}{dt} = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$

Summe bei Knoten: $\sum I_k = 0$

Leiterschleifen: $\sum U_k = 0$

Parallelschaltung:
$\frac{1}{R_{ges}} = \sum \frac{1}{R_i}$ TR: $par(R_1, R_2)$

Spannungsteiler:
$U_2 = U \frac{R_2}{R_1+R_2}$
$U_2 =$
$U \frac{R_2 R_L}{R_1 \cdot (R_2+R_L)+R_2 R_L}$



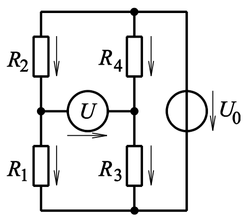
Stromteiler:
$I_{teil} = I_{ges} \frac{R_{ges}}{R_{teil}} = I_{ges} \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2} \frac{1}{R_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2} I_{ges}$

$I_{teil} = I_{ges} \frac{G_{teil}}{G_{ges}} \qquad (R_{teil} = R_2)$

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{P_L}{P_{ges}} \cdot 100\%$

Wheatstone-Brücke:

Abgeglichen: $U = 0$,
Bedingung: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_1}{R_4}$
Temperatur:
$R_1 = R(\vartheta)$
$R_2 = R_3 = R_4 = R$



$$U(\vartheta) = U_0 \cdot \left(\frac{R}{R + R(\vartheta)} - \frac{1}{2}\right)$$

Überlagerungsprinzip: Bauteile linear, Spannungsquelle durch Kurzschluss, Stromquelle d. Unterbrechung ersetzen

Vollständiger Baum: Seite 144 in ET I

$k-1$ lin. Unabh. Knotengleichungen

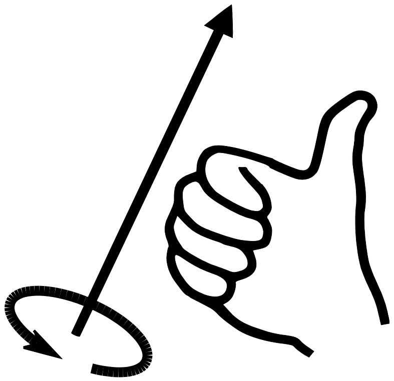
$z-(k-1)$ Maschengleichungen

Magnetostatik

$\vec{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}$ B Fluss, H Stärke

Oersted'sches Gesetz: $\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$

Ampère'sches Gesetz: $\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 I$



Magnetfeld in/um Leiter mit Radius a:

$$\vec{H}(\rho) = \vec{e}_\varphi \begin{cases} I \dfrac{\rho}{2\pi a^2} & \text{für } \rho \leq a \\ \dfrac{I}{2\pi\rho} & p \geq a \end{cases}$$

Lorentzkraft: $\vec{F} = \vec{I}_s \times \vec{B} \qquad \vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$

Rechte-Handregel für positive Ladungsträger: Strom Daumen, Feld Zeigefinger, Kraft Mittelfinger

Stationäres Magnetfeld

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

$\Phi[Vs]$	Flussverkettung
$\Phi_A[Vs]$	Fluss pro Windung
$R_m\left[\frac{A}{Vs}\right]$	Magn. Widerstand
$\Lambda_m\left[\frac{Vs}{A} = H\right]$	Magn. Leitwert $\frac{1}{R_m}$
$V_m[A]$	Magn. Spannung
$L\left[\frac{Vs}{A} = H\right]$	Induktivität
μ_r	Permeabilitätszahl
N	Windungszahl
l_m	Mittlere Länge des Kerns
d	Luftspalt
A	Schnittfläche des Kerns

Durchflutung: $\Theta = N \cdot I = R_m \Phi_A$

Teilfluss: $\Phi_A = \frac{\Theta}{R_m} = N \cdot I = \frac{\mu_r \mu_0 A}{l_m + d\mu_r}$

Fluss: $\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = N \cdot \Phi_A$
$= N^2 \cdot I \frac{\mu_r \mu_0 A}{l_m + d\mu_r}$

Magn. Widerstand: $R_{m\,Kern} = \frac{l_m}{\mu A}$

$$R_{m\,Luft} = \frac{d}{\mu_0 A}$$

Induktivität: $L = N^2 \Lambda_m =$

$$= \frac{\Phi}{I} = \frac{N\Phi_A}{I} = N^2 \frac{\mu_r \mu_0 A}{l_m + d\mu_r} \approx$$

$$\approx N^2 \frac{\mu_0 A}{d}$$

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Spule

Energie: $W_m = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \Phi I$

Energiedichte: $w_m = \frac{1}{2} HB$

Parallelschaltung: $\frac{1}{L_{ges}} = \sum \frac{1}{L_k} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$

Serienschaltung: $L_{ges} = \sum L_k$

Bewegungsinduktion: $\Phi(t) = \hat{\Phi} \cos \omega t$

$$u(t) = -\frac{d}{dt}\Phi(t) = \omega \hat{\Phi} \sin \omega t = \hat{u} \sin \omega t$$

Induktionsgesetz

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$

$\Phi = \int_A \vec{B}\, d\vec{A} =$ Flächenintegral über Magn. Flussdichte