Grundlagen der Elektrotechnik III
Duale Hochschule Baden Württemberg Karlsruhe
Dozent: Gerald Oberschmidt

Formelsammlung

Elektrotstatik

Ladung	$Q = \int_l \rho_l \, dl = \iint_A \rho_A \, dA = \iiint_V \rho_V dV$	in As
Linienladungsdichte	$\lambda = \rho_l$	in $\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}}$
Flächenladungsdichte	$\sigma = \rho_S$	in $\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}^2}$
Raumladungsdichte	$\rho = \rho_V$	in $\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}^3}$
Materialgesetz/-Verschiebungsflussdichte	$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$	in VS/Am
Potenzial	$\Phi_{12} = -\int\limits_1^2 \vec{E} \, d\vec{s}$	in V
Elektrisches Feld	$\vec{E} = -\,\mathrm{grad}\,\phi = -\begin{pmatrix} \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ \frac{\partial \phi}{\partial z} \end{pmatrix}$	in $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$
Wegunabhängigkeit	$\oint \vec{E} \, d\vec{s} = 0$	
Hüllenfluss	$Q = \iiint \rho_V dV = \oiint \vec{D} \, d\vec{A}$	
Kapazität	$C = \frac{Q}{U} = \frac{\oiint \vec{D} \, d\vec{A}}{\int\limits_1^2 \vec{E} \, d\vec{s}}$	in F
Metall	$\vec{E} = 0$	
Grenzschicht	Tangentialkomponente von $\vec{E}$ ist stetig Normalkomponente von $\vec{D}$ ist stetig $\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$	α gemessen zwischen Normale auf Grenzschicht und Feldlinie

Energie des elektrischen Feldes	$W_e = \iiint_V \vec{E}D\,dV = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$	
Kraft durch Energieänderung	$F = -\left(\frac{dW_e}{dx}\right)_{q=const} = \left(\frac{dW_e}{dx}\right)_{U=const}$	in N
Kraft zwischen Ladungen	$F_{12} = \frac{Q_1Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$	in N

Strömungsfeld

Stromdichte	S oder J	in A/m^2
Strom	$I = \iint \vec{J}d\vec{A}$	in A
Strom durch geschlossene Hülle	$\oiint \vec{J}\,d\vec{A} = 0$	
Materialgesetz	$\vec{J} = \kappa\vec{E}$	mit spez. Leitfähigkeit $[\kappa] = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{m}}$
Grenzschicht	Tangentialkomponente von $\vec{E}$ ist stetig Normalkomponente von $\vec{J}$ ist stetig	
Leistungsumwandlung in Leitern	$P = \iiint_V \vec{S}\vec{E}\,dV = UI$	in W
Widerstand	$R = \frac{\int_1^2 \vec{E}\,d\vec{s}}{\iint \vec{J}\,d\vec{A}}$	in Ω

Magnetfeld

Magnetischer Fluss	$\Phi = \iint \vec{B}\,d\vec{A}$	in Vs
Durchflutungssatz	$\oint \vec{H}\,d\vec{s} = I = \iint \vec{S}\,d\vec{A}$	
Kontinuität des mag. Flusses	$\oiint \vec{B}\,d\vec{A} = 0$	
Materialgesetz	$B = \mu_0\mu_r\vec{H}$	in Vs/m^2
Permeabilität (Vakuum)	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{Am}}$	
Grenzschicht	Tangentialkomponente von $\vec{H}$ ist stetig Normalkomponente von $\vec{B}$ ist stetig	
Kraft zwischen stromführenden Leitern	$F = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1I_2\ell}{r}$	ℓ Länge, r Abstand

Kraft auf Leiter im Magnetfeld	$\vec{F} = I \cdot \left(\vec{\ell} \times \vec{B}\right)$	$\vec{\ell}$ Längenelement mit Richtung
Remanenzflussdichte	$B_R \neq 0$ wenn $H = 0$	
Koerzitivfeldstärke	$H_R \neq 0$ wenn $B = 0$	
Kraft auf hochpermeable Fläche	$F = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$	in N

Magnetischer Kreis

Magnetischer Widerstand	$\frac{1}{\Lambda} = R_m = \frac{l}{\mu A}$	in $\frac{\text{A}}{\text{Vs}} = \frac{1}{H}$
Mag. Widerstand aus Feld	$R_m = \frac{\int_1^2 \vec{H}\, d\vec{s}}{\iint \vec{B}\, d\vec{A}}$	
Ohmsches Gesetz	$V_m = R_m \Phi = \int\limits_1^2 \vec{H}\, d\vec{s}$	in A oder AW
Magnetische Spannungsquelle	$\Theta = \oint \vec{H}\, d\vec{s} (= NI)$	in A oder AW
Näherungen	oft werden mittlere Längen verwendet, Streuflüsse vernachlässigt	

Energie, Kraft, Induktion

Induziertes E-Feld (Bewegung)	$\vec{E}_i = \vec{v} \times \vec{B}$	in $\frac{\text{V}}{\text{m}}$
Induzierte Spannung (Bewegung)	$u_i = \int\limits_1^2 \left(\vec{v} \times \vec{B}\right)\, d\vec{s}$	V
Ruheinduktion	$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt}$	
Selbstinduktivität	$L = N \frac{\Phi}{i} = \frac{N^2}{R_m}$	in $\frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \text{H}$
Gegeninduktivität	$M_{21} = N_2 \frac{\Phi_{21}}{i_1}$	in H (Strom in Leiter 1, Fluss in Leiterschleife 2)
Induktivität aus Feld	M bzw. $L = \frac{\iint \vec{B}\, d\vec{A}}{\oint \vec{H}\, d\vec{s}}$	

Energie im Magnetfeld	$W_m = \iiint \frac{\vec{B}\vec{H}}{2}\,dV = \frac{1}{2}LI^2$	
Allgemeine Kraftformel	$F = -\left(\frac{dW_m}{dx}\right)_{\Phi=const} = \left(\frac{dW_m}{dx}\right)_{i=const}$	

Geometrie und Koordinaten

Kreisumfang	$2\pi r$	Kreisfläche	πr^2
Kugeloberfläche	$4\pi r^2$	Kugelvolumen	$\frac{4}{3}\pi r^3$
Azimuthales Wegelement	$r\,d\phi$		

Zylinderkoordinatensystem	Kugelkoordinatensystem
$x = r\cos\phi$ $y = r\sin\phi$ $z = z$	$x = r\cos\phi\sin\theta$ $y = r\sin\phi\sin\theta$ $z = r\cos\theta$
$r = \sqrt{x^2+y^2}$ $\phi = \arctan(y/x)$ $z = z$	$r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$ $\phi = \arctan(y/x)$ $\theta = \arctan(\sqrt{x^2+y^2}/z)$
$F_r = F_x\cos\phi + F_y\sin\phi$ $F_\phi = -F_x\sin\phi + F_y\cos\phi$ $F_z = F_z$	$F_r = F_x\cos\phi\sin\theta + F_y\sin\phi\sin\theta + F_z\cos\theta$ $F_\phi = -F_x\sin\phi + F_y\cos\phi$ $F_\theta = F_x\cos\phi\cos\theta + F_y\sin\phi\cos\theta - F_z\sin\theta$
$F_x = F_r\cos\phi - F_\phi\sin\phi$ $F_y = F_r\sin\phi + F_\phi\cos\phi$ $F_z = F_z$	$F_x = F_r\cos\phi\sin\theta - F_\phi\sin\phi + F_\theta\cos\phi\cos\theta$ $F_y = F_r\sin\phi\sin\theta + F_\phi\cos\phi + F_\theta\sin\phi\cos\theta$ $F_z = F_r\cos\theta - F_\theta\sin\theta$

Integrale

$$\int \sin(x)\,dx = -\cos(x)$$

$$\int \cos(x)\,dx = \sin(x)$$

$$\int x^n\,dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \text{ für } n \neq -1$$

$$\int \frac{1}{x}\,dx = \ln(x)$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{a^2-x^2}}\,dx = \arcsin\frac{x}{a}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{a^2-x^2}^3}\,dx = \frac{x}{a^2\sqrt{a^2-x^2}}$$

$$\int \frac{x}{\sqrt{a^2-x^2}^3}\,dx = \frac{1}{\sqrt{a^2-x^2}}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2-a^2}}\,dx = \arccos\frac{x}{a}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2-a^2}^3}\,dx = -\frac{x}{a^2\sqrt{x^2-a^2}}$$

$$\int \frac{x}{\sqrt{x^2-a^2}^3}\,dx = \frac{1}{\sqrt{x^2-a^2}}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}}\,dx = \operatorname{arsinh}\frac{x}{a}$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}^3}\,dx = \frac{x}{a^2\sqrt{x^2+a^2}}$$

$$\int \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}^3}\,dx = -\frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}}$$

Bemerkung.
Formelsammlung, wachsende Version, bei fehlenden Formeln bitte Bescheid sagen, dann werden sie auch im Hinblick auf die Klausur übernommen