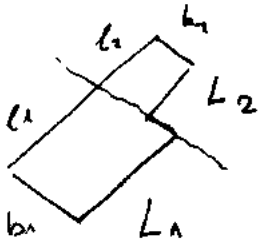


$L = ?$

Maße in mm

$$L = \mu_0 \frac{a}{b} \cdot l \quad \text{für } a \ll b$$



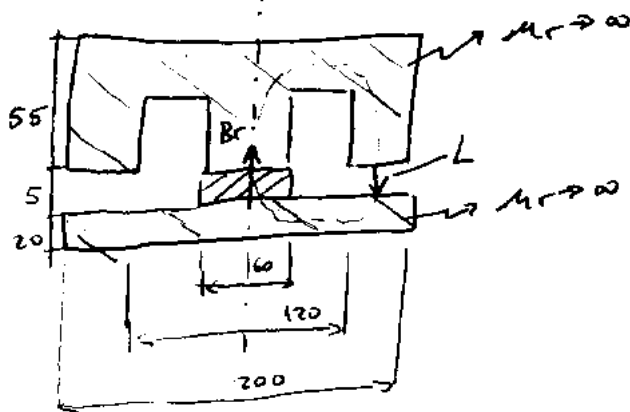
$$L = L_1 + L_2 = \mu_0 a \left[\frac{l_1}{b_1} + \frac{l_2}{b_2} \right]$$

$$= 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{H}{10^3 \mu m} \cdot 0,5 \cdot \left[\frac{200 \mu m}{20 \mu m} + \frac{150 \mu m}{15 \mu m} \right]$$

$$= 1,2566 \cdot 10^{-6} H \cdot 10^{-3} \cdot 95 \cdot 20 = 12,566 \cdot 10^{-9} H = 12,566 nH$$

2)

Dreh symmetrisch



$B_r = 0,9 T$

Maße in mm

B im kreisringförmigen Luftspalt.

$$B_n = B_r + \mu_0 H_n$$

$$H_n = \frac{B_n - B_r}{\mu_0} = -H_L$$

$$l \cdot H_n + l \cdot H_L = 0$$

$$H_n = -H_L$$

$$B_n \cdot A_n = B_L \cdot A_L$$

$$B_L = \mu_0 H_L = B_r - B_n$$

$$B_L \cdot A_L = A_n B_r - A_n \cdot B_n$$

$$B_L = \frac{A_n B_r}{A_n + A_L} = \frac{B_r}{1 + A_L/A_n}$$

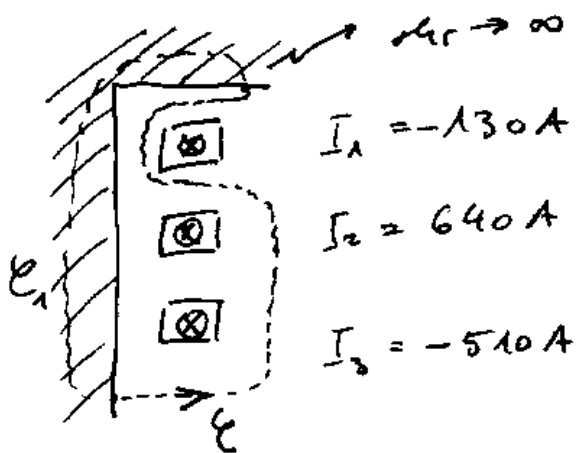
$$A = r^2 \pi \quad r = \frac{D}{2} \quad A = \frac{D^2 \pi}{4}$$

$$A_n = \frac{(60)^2 \cdot \pi}{4} \text{ mm}^2 = 2827,43 \text{ mm}^2$$

$$A_L = \frac{\pi [(200)^2 - (120)^2]}{4} \text{ mm}^2 = 20106,2 \text{ mm}^2$$

$$B_L = 0,11096 \text{ T}$$

3)

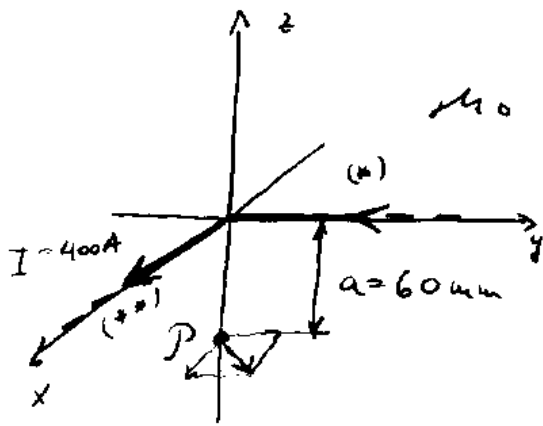


$$V_e = ?$$

Durchflutungssatz. $V(\partial R) = I(t)$

$$V = V_e + V_{e_1} \rightarrow \phi = V_e = -I_2 - I_3 = -640 \text{ A} + 510 \text{ A} = -130 \text{ A}$$

4)



$\vec{B} = ?$

Alg. $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} [\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1]$

$\vec{B} = \vec{B}^{(*)} + \vec{B}^{(**)}$

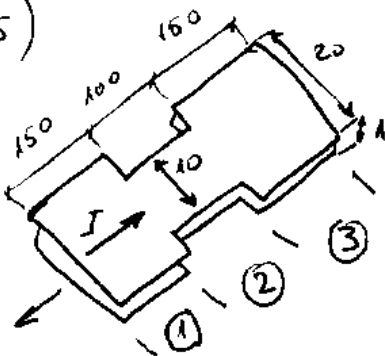
(*) $\alpha_1 = -\frac{\pi}{2}$ $\alpha_2 = 0$ $r = a$ $\vec{B}^{(*)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_x$

(**) $\alpha_1 = 0$ $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$ $r = a$ $\vec{B}^{(**)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_y$

$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot (\vec{e}_x + \vec{e}_y) \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \mu_0 I}{4\pi a} \cdot \left(\frac{\vec{e}_x + \vec{e}_y}{\sqrt{2}} \right) = B \cdot \vec{e}_0$

$B = \frac{\sqrt{2} \mu_0 I}{4\pi a} = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot 400 A}{4 \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^{-6} m} = 9,943 \text{ mT}$

5)



$L = ?$

Alg. $L = \mu_0 \frac{a}{b} \cdot l$

$L = L_1 + L_2 + L_3 = \mu_0 \cdot a \left(\frac{l_1}{b_1} + \frac{l_2}{b_2} + \frac{l_3}{b_3} \right)$

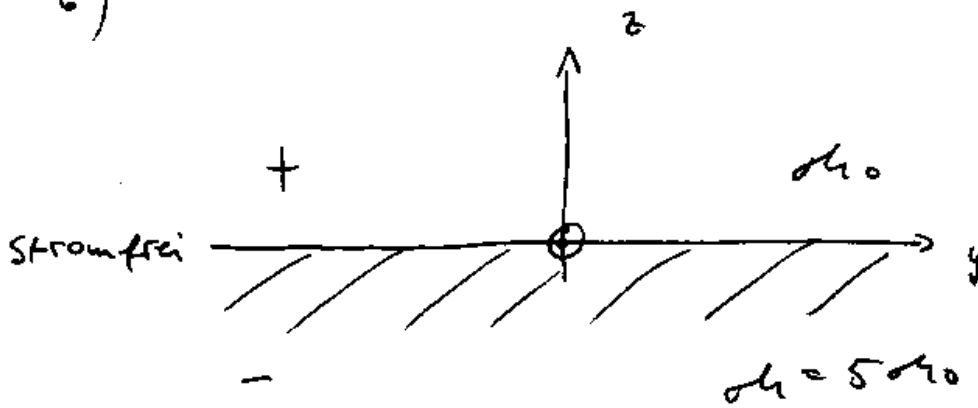
$= 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{H \cdot A}{m} \left[2 \cdot \frac{150 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} + \frac{100 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \right]$

Maße in mm

$= 1,2566 \cdot 10^{-9} \cdot 25 = 31,4 \text{ nH}$

③

c)



$$\text{Bei } z=0^+ \quad \vec{B} = 0,2 \text{ T} (0,63 e_x^{\rightarrow} + 0,63 e_y^{\rightarrow} + 0,45 e_z^{\rightarrow})$$

Betrag und Richtung bei $z=0^-$
von \vec{B}

$$[B_n] = 0 \quad B_n^+ = B_n^- = 0,45 e_z^{\rightarrow} \cdot 0,2 \text{ T}$$

$$[H_t] = 0 \quad \text{da stromfrei} \quad H_t^+ = H_t^- \quad ; \quad \frac{B_t^+}{\mu_0} = \frac{B_t^-}{5\mu_0}$$

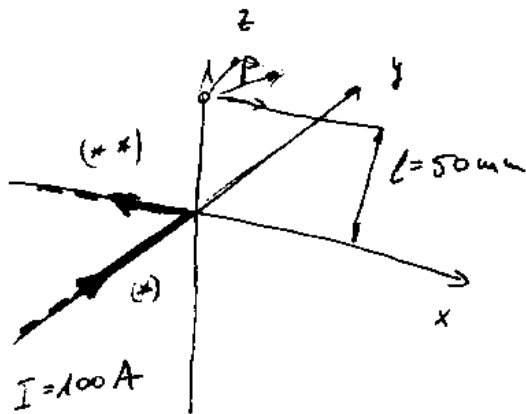
$$B_t^- = 5 \cdot B_t^+ = 0,2 \cdot 5 \text{ T} (0,63 e_x^{\rightarrow} + 0,63 e_y^{\rightarrow})$$

$$\vec{B}^- = (0,63 e_x^{\rightarrow} + 0,63 e_y^{\rightarrow} + 0,09 e_z^{\rightarrow}) \cdot 1 \text{ T}$$

$$|\vec{B}^-| = \sqrt{2 \cdot (0,63)^2 + (0,09)^2} = 0,895 \text{ T}$$

$$e_b^{\rightarrow} = \frac{\vec{B}^-}{|\vec{B}^-|} = 0,7 \cdot e_x^{\rightarrow} + 0,7 \cdot e_y^{\rightarrow} + 0,1 \cdot e_z^{\rightarrow}$$

7)



$\vec{B}_P = ?$

Allg. $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} [\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1]$

$\vec{B}_P = \vec{B}_{(*)} + \vec{B}_{(**)}$

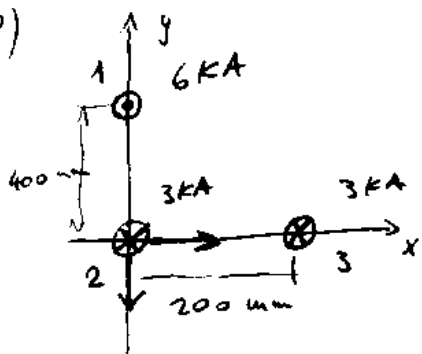
) $r=l$ $\alpha_1 = -\frac{\pi}{2}$ $\alpha_2 = 0$ $\vec{B}_{()} = \frac{\mu_0 I}{4\pi \cdot l} \cdot \vec{e}_x$

***) $r=l$ $\alpha_1 = 0$ $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$ $\vec{B}_{(**)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi \cdot l} \cdot \vec{e}_y$

$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi \cdot l} (\vec{e}_x + \vec{e}_y) = \frac{\mu_0 I \cdot \sqrt{2}}{4\pi \cdot l} \cdot \left(\frac{\vec{e}_x + \vec{e}_y}{\sqrt{2}} \right) = B_0 \cdot \vec{e}_0$

$B_0 = \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot \sqrt{2} \cdot 100 A}{4 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10^{-3} m} = 0,283 \text{ mT}$

8)



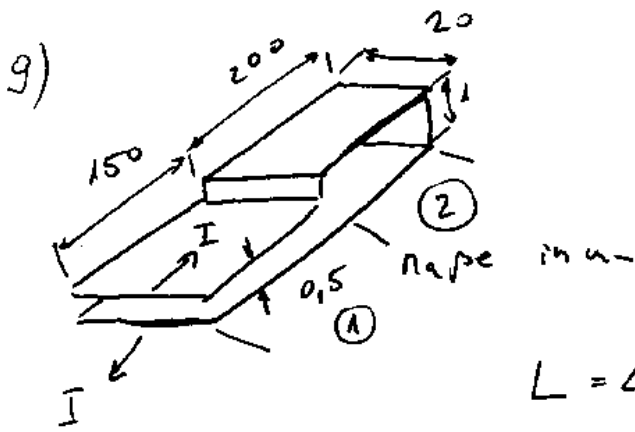
Längenbezogene Kraft auf Leiter 2=:

Allg. $F' = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$

$\vec{F}' = \vec{F}'_{23} + \vec{F}'_{21} = \frac{\mu_0 I_2 I_3}{2\pi r_{23}} \cdot \vec{e}_x + \frac{\mu_0 I_2 I_1}{2\pi r_{21}} \cdot (-\vec{e}_y)$

$= \frac{1,2566 \cdot \frac{Vs}{Am} \cdot 10^{-3} A \cdot 3 \cdot 10^3 A}{2 \cdot \pi \cdot 0,2 m} \cdot \vec{e}_x - \frac{1,2566 \cdot \frac{Vs}{Am} \cdot 12 \cdot 10^6 A^2}{2\pi \cdot 0,4 m} \cdot \vec{e}_y$

$= 9 \frac{N}{m} \cdot \vec{e}_x - 6 \frac{N}{m} \cdot \vec{e}_y$

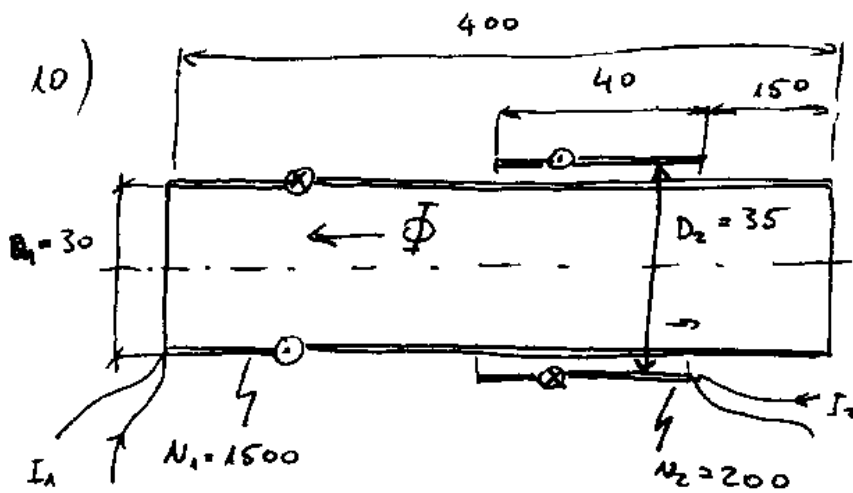


$$A_{lj} = L = \mu_0 \frac{a}{b} L$$

$$L = ?$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{\mu_0}{b} [a_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot l_2]$$

$$= \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ H}}{20 \text{ mm}} [0,5 \cdot 150 + 1 \cdot 200] \text{ mm} = 17,28 \text{ nH}$$



μ_0 in mm

Gegenseitige Induktivität der beiden dünnwandigen konzentrischen Kreiszyklinderspulen = ?

$$\Phi_{V11} = L_{11} I_1 - L_{12} I_2$$

$$\Phi_{V22} = L_{12} I_1 - L_{22} I_2$$

für $I_2 = 0$

$$N_1 I_1 = H_1 l_1 \quad H_1 = \frac{N_1 I_1}{l_1}$$

$$\Phi = \mu_0 H_1 A_1 = \frac{\mu_0 N_1 I_1 A_1}{l_1}$$

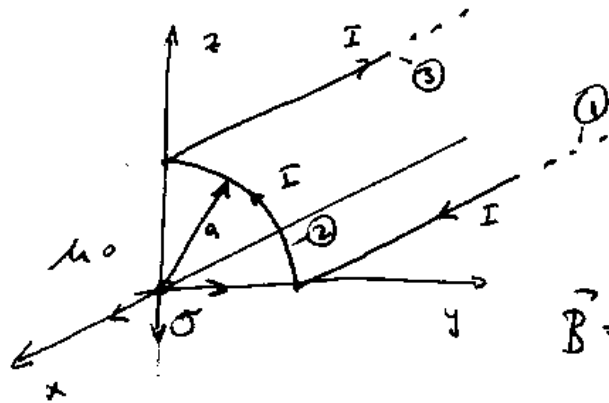
$$\Phi_{V22} = L_{12} I_1 = N_2 \cdot \Phi = \frac{\mu_0 N_1 N_2 I_1 A_1}{l_1}$$

$$\Rightarrow L_{12} = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A_1}{l_1} = \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot 1500 \cdot 200 \cdot 706,86 \text{ mm}^2}{40 \text{ mm}}$$

$$A_1 = \frac{D_1^2 \pi}{4} = 706,86 \text{ mm}^2 \quad / \quad = 0,6662 \text{ mH}$$

(6)

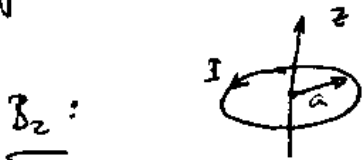
11)



\vec{B} im σ (ursprung)

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$$

Allg. im Zentrum der kreisförmigen Stromschleife:



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2a} \cdot \vec{e}_z \quad / \quad \vec{B}_{1,3}: B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$

$$\vec{B}_2 = \frac{1}{4} \frac{\mu_0 I}{2a} \cdot \vec{e}_x$$

$$B_1: \rho = a \quad \alpha_1 = -\frac{\pi}{2} \quad \alpha_2 = 0$$

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot (-\vec{e}_z)$$

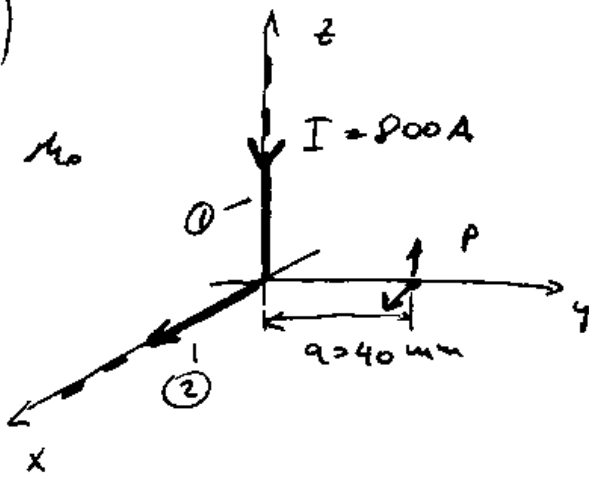
$$B_3: \rho = a \quad \alpha_1 = 0 \quad \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\vec{B}_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_y$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{8a} \cdot \vec{e}_x + \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_y - \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_z$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(\frac{\pi}{2} \vec{e}_x + \vec{e}_y - \vec{e}_z \right)$$

12)



$$\vec{B}_P = ?$$

Allg. $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)$

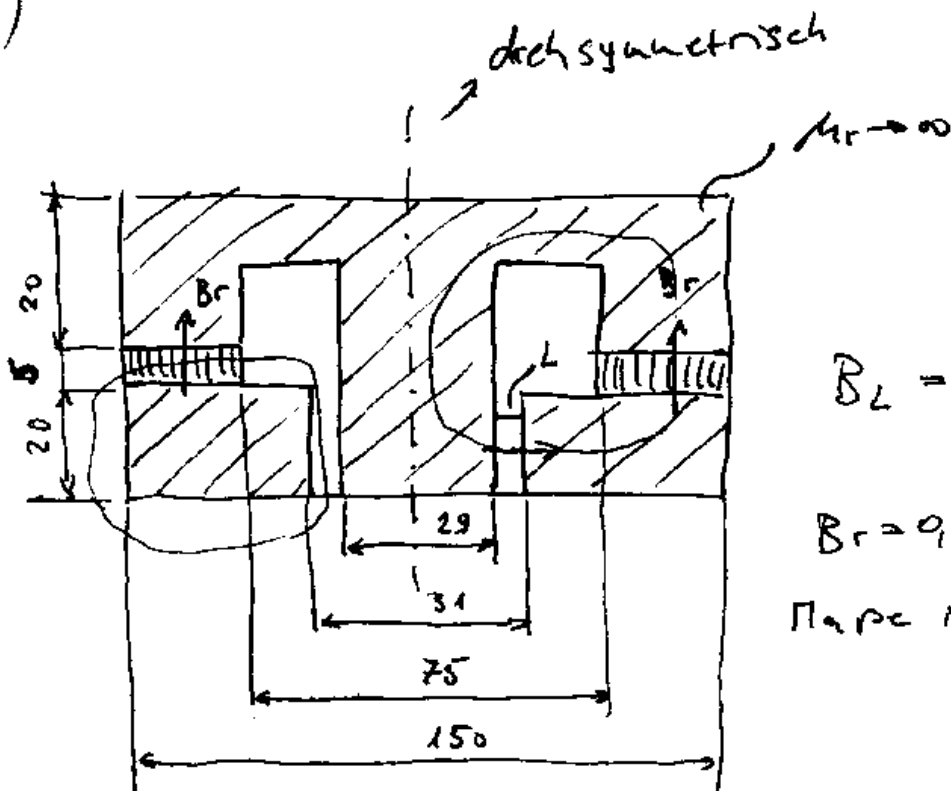
①: $r = a$ $\alpha_1 = -\frac{\pi}{2}$ $\alpha_2 = 0$ $\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_x$

②: $r = a$ $\alpha_1 = 0$ $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$ $\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot \vec{e}_z$

$$\vec{B}_P = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\vec{e}_x + \vec{e}_z) = \frac{\mu_0 I \cdot \sqrt{2}}{4\pi a} \left(\frac{\vec{e}_x + \vec{e}_z}{\sqrt{2}} \right) = B_0 \cdot \vec{e}_B$$

$$B_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot 800 \text{ A} \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}}{4\pi \cdot 0,04 \text{ m}} = 2,828 \text{ mT}$$

13)



$$B_L = ?$$

$$B_r = 0,4 \text{ T}$$

Paar 15 mm.

$$B_n = B_r + \mu_0 H_n$$

$$B_L = \mu_0 H_L$$

$$H_n L_n + H_L L_L = 0$$

$$H_n = -\frac{H_L L_L}{L_n} = -\frac{B_L L_L}{\mu_0 L_n}$$

$$B_n = \frac{B_r L_n - B_L L_L}{L_n}$$

$$B_n A_n = B_L A_L$$

$$B_r L_n A_n - B_L L_L A_n = B_L A_L L_n$$

$$B_L = \frac{B_r L_n A_n}{L_L A_n + A_L L_n} = \frac{B_r}{\frac{L_L}{L_n} + \frac{A_L}{A_n}}$$

$$L_L = 2 \text{ mm}$$

$$L_n = 5 \text{ mm}$$

$$A_n = \frac{[(150)^2 - (75)^2] \cdot \pi}{4} \text{ mm}^2 = 13253,6 \text{ mm}^2$$

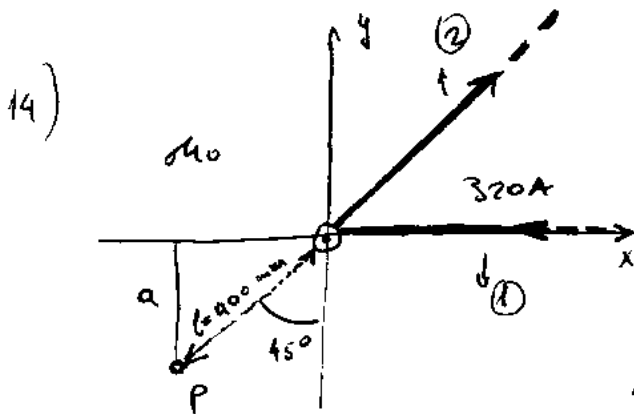
$$A_L = 2\pi \cdot 20 \text{ mm}$$

$$D = 2r = \frac{31 + 29}{2} \text{ (Arithmetisches Mittel)}$$

$$= 1884,95 \text{ mm}^2$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$B_L = 1,169 \text{ T}$$



Stromführung u. P in der xz -Ebene

$$\vec{H}_P = ?$$

$$\text{Allg. } B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$

$$\textcircled{1} \quad P=a \quad \alpha_1 = -\frac{\pi}{2} \quad \alpha_2 = -45^\circ = -\frac{\pi}{4}$$

$\textcircled{2}$ Da P auf der Richtung -2 liegt, trägt B_2 nichts bei.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{B}_1$$

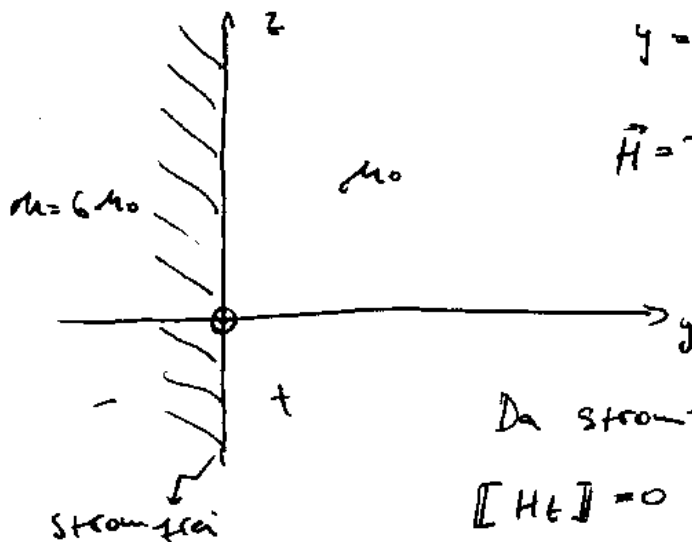
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\sin(-45^\circ) + 1] \cdot \vec{e}_z \quad a = \cos 45^\circ \cdot l = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot l$$

$$\vec{B} = \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 320 \text{ A} \left[-\frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right] \cdot \vec{e}_z}{4\pi \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,4 \text{ m}} = 9,0331 \text{ } \mu\text{T} \cdot \vec{e}_z$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi a} \left[1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right] \cdot \vec{e}_z = \frac{320 \text{ A}}{4\pi \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,4 \text{ m}} \left[1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right] \cdot \vec{e}_z$$

$$= 26,36,96 \frac{\text{A}}{\text{m}} \vec{e}_z = 26,37 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot \vec{e}_z$$

15)



$$y = 0^- : \vec{H} = 90 \frac{\text{A}}{\text{m}} (0,7 \vec{e}_x + 0,14 \vec{e}_y + 0,7 \vec{e}_z)$$

$$\vec{H} = ? \quad \text{Bei } y = 0^+$$

Da stromflei gilt:

$$[\vec{H}_t] = 0 \quad H_t^+ = H_t^- = 90 \frac{\text{A}}{\text{m}} (0,7 \vec{e}_x + 0,7 \vec{e}_z)$$

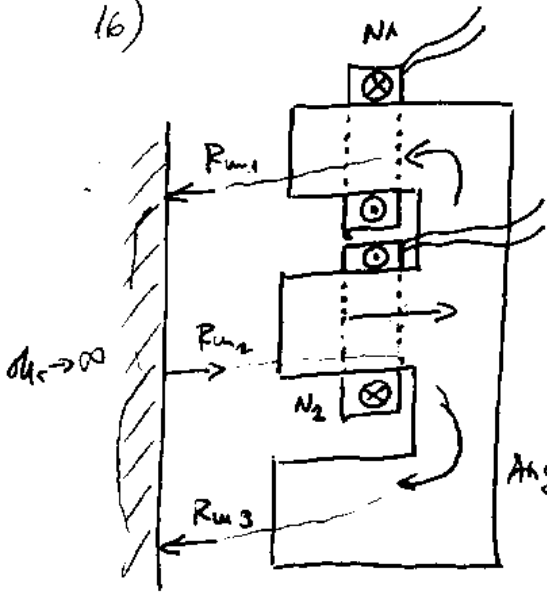
$$[\vec{B}_n] = 0$$

$$B_n^+ = B_n^- \quad \mu_0 H_n^+ = 6 \mu_0 H_n^-$$

$$H_n^+ = 90 \frac{\text{A}}{\text{m}} (0,84 \vec{e}_y)$$

$$\vec{H}^+ = 90 \frac{\text{A}}{\text{m}} (0,7 \vec{e}_x + 0,84 \vec{e}_y + 0,7 \vec{e}_z)$$

16)



Gegeben: $N_1, N_2, R_{m1}, R_{m2}, R_{m3}$.
 Gesucht: Gegenseitige Induktivität

$$V_1 = R_{m1} \Phi_1 \quad V_2 = R_{m2} \Phi_2 \quad V_3 = R_{m3} \Phi_3$$

Ang. $I_1 = \Phi, I_2$

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_3$$

$$V_1 + V_2 = I_2 N_2 = V_2 + V_3$$

$$\Rightarrow V_1 = V_3 \quad ; \quad V_2 = I_2 N_2 - V_1$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 - \Phi_3 = \frac{V_2}{R_{m2}} - \frac{V_3}{R_{m3}} = \frac{I_2 N_2 - V_1}{R_{m2}} - \frac{V_1}{R_{m3}} = \frac{I_2 N_2 \cdot R_{m3} - V_1 R_{m3} - V_1 R_{m2}}{R_{m2} \cdot R_{m3}}$$

$$= \frac{V_1}{R_{m1}}$$

$$\Rightarrow V_1 R_{m2} \cdot R_{m3} = I_2 N_2 R_{m3} R_{m1} - V_1 R_{m3} \cdot R_{m1} - V_1 R_{m2} \cdot R_{m1}$$

$$V_1 (R_{m2} \cdot R_{m3} + R_{m3} R_{m1} + R_{m1} \cdot R_{m2}) = I_2 N_2 R_{m3} R_{m1}$$

$$V_1 = \frac{I_2 N_2 R_{m3} R_{m1}}{R_{m2} \cdot R_{m3} + R_{m3} \cdot R_{m1} + R_{m1} \cdot R_{m2}}$$

$$\Phi_1 = \frac{V_1}{R_{m1}} = \frac{I_2 N_2 R_{m3}}{R_{m2} R_{m3} + R_{m3} \cdot R_{m1} + R_{m1} \cdot R_{m2}}$$

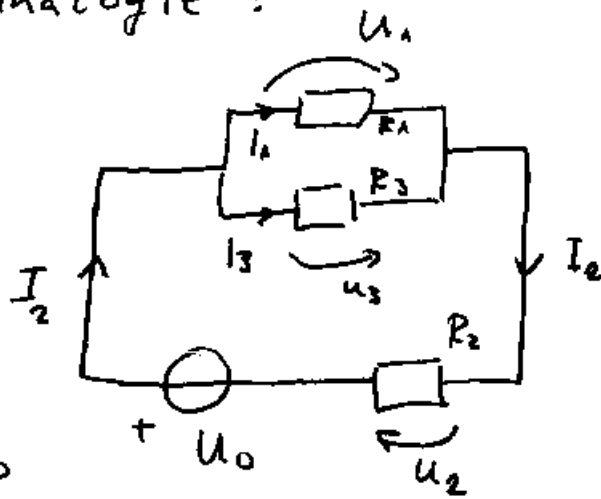
$$\Phi_{N1} = L_{11} I_1 + L_{12} I_2 = \Phi_1 \cdot N_1 = \frac{I_2 N_1 N_2 R_{m3}}{R_{m2} R_{m3} + R_{m3} R_{m1} + R_{m1} R_{m2}}$$

$$\Rightarrow L_{12} = \frac{N_1 N_2 R_{m3}}{R_{m2} R_{m3} + R_{m3} R_{m1} + R_{m1} R_{m2}} = L_{21} = M$$

oder durch Analogie:

$N_1 \sim U_0$
 $R_m \sim R$
 $\Phi \sim I$
 $V \sim U$

$d_1 \rightarrow \infty \sim \gamma \rightarrow \infty$ bzw. $R \rightarrow 0$
 identische Strombahn!



$$U_1 = U_0 \frac{R_1 \parallel R_3}{R_1 \parallel R_3 + R_2} = U_0 \frac{\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}}{\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + R_2} =$$

$$= U_0 \frac{R_1 R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} \Rightarrow I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_0 R_3}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2}$$

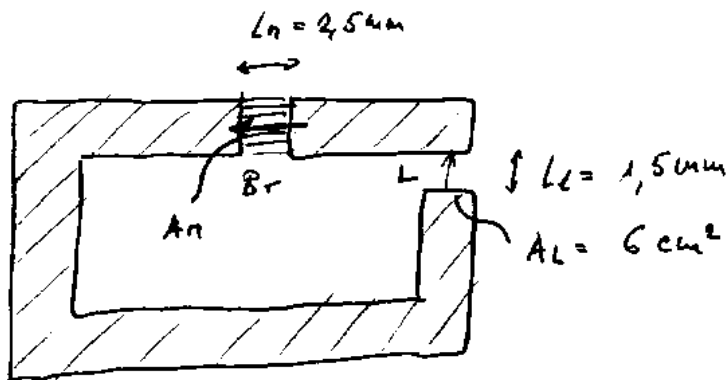
bzw.

$$\Phi_1 = \frac{N_2 I_2 \cdot R_m 3}{R_m 1 R_m 3 + R_m 1 R_m 2 + R_m 3 R_m 2}$$

$$\Phi_{V11} = L_{12} I_2 = \Phi_1 \cdot N_1 = \frac{N_1 N_2 I_2 \cdot R_m 3}{R_m 1 R_m 3 + R_m 1 R_m 2 + R_m 3 R_m 2}$$

$$\Rightarrow L_{12} = \frac{N_1 N_2 \cdot R_m 3}{R_m 1 R_m 3 + R_m 1 R_m 2 + R_m 3 R_m 2} = M$$

17)



Durch $B_r = 0,7 T$ soll in L $B_l = 0,7 T$ erzeugt werden. Wie groß ist A_n zu wählen?

$$L_n \cdot H_n + L_l \cdot H_l = 0 \quad B_n = B_r + \mu_0 H_n \quad H_l = \frac{B_l}{\mu_0}$$

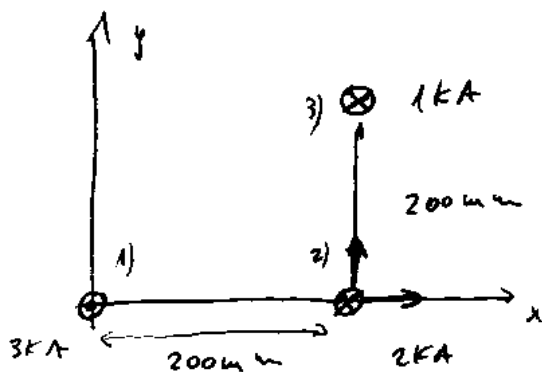
$$A_n \cdot B_n = A_c \cdot B_l \quad \left(B_n = B_r - \frac{\mu_0 H_l L_l}{L_n} = B_r - \frac{B_l L_l}{L_n} = \frac{B_r L_n - B_l L_l}{L_n} \right)$$

$$A_n = \frac{A_c B_l}{B_n} = \frac{A_c B_l L_n}{B_r L_n - B_l L_l}$$

$$A_n = \frac{6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,7 \frac{\text{Vs}}{\text{m}} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0,8 \frac{\text{Vs}}{\text{m}} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 0,7 \frac{\text{Vs}}{\text{m}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$= \frac{6 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}}{(0,8 \cdot 2,5 - 0,7 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3}} \text{ m}^2 = 6,632 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 6,632 \text{ cm}^2$$

18)



Längenbezogene Kraft auf Leiter ②. =? (VEKTOR!)

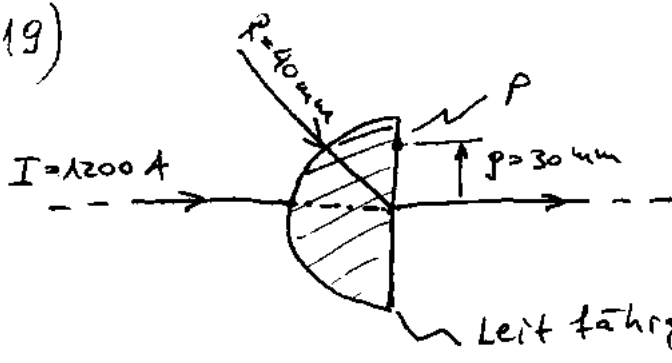
$$\text{Allg. } F' = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \cdot \vec{e}_x + \frac{\mu_0 I_3 I_2}{2\pi r} \cdot \vec{e}_y =$$

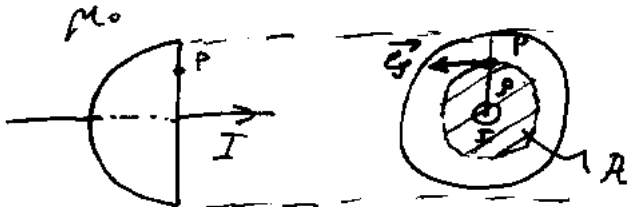
$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ A} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,2 \text{ m}} \cdot \vec{e}_x + \frac{2}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}} \cdot 10^3 \text{ A} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ A}}{\pi \cdot 0,2 \text{ m}} \cdot \vec{e}_y$$

$$= 6 \frac{\text{N}}{\text{m}} \vec{e}_x + 2 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \vec{e}_y$$

19)



$$\vec{H}(P) = ?$$



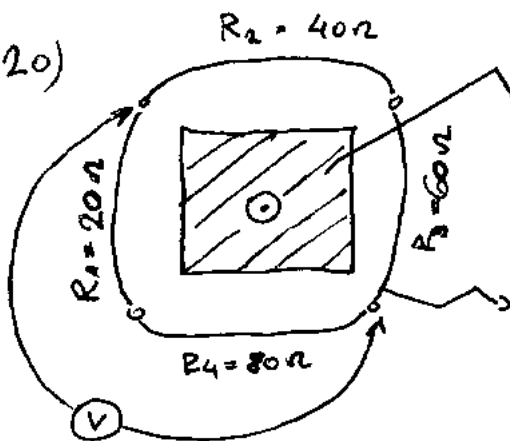
Nach dem Durchflutungssatz

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = I_{enc} = I$$

Und $H = \frac{V}{l} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r}$

$$\vec{H} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_\varphi = \frac{1200 \text{ A}}{2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 6369 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

20)



$$\Phi = \hat{\Phi} \cos(\omega t), \quad \hat{\Phi} = 0,2 \text{ Wb}, \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Amplitude der Wechselspannung, die der Spannungsmesser anzeigt = ?

Geschlossene Leiterschleife

Nach dem Induktionsgesetz: $U(\omega t) = -\dot{\Phi}(t) = R I$

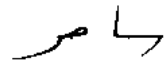
$$\dot{\Phi} = -\hat{\Phi} \cdot \sin(\omega t) \cdot \omega \quad I = -\frac{\dot{\Phi}}{R_G} = \frac{\omega \hat{\Phi}}{R_G} \cdot \sin \omega t = \hat{I} \cdot \sin \omega t$$

$$\hat{U}_V = \hat{I} \cdot (R_2 + R_3) = \frac{\omega \hat{\Phi}}{R_G} \cdot (R_2 + R_3) = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 0,2 \text{ Vs} \cdot 100 \Omega}{200 \Omega} =$$

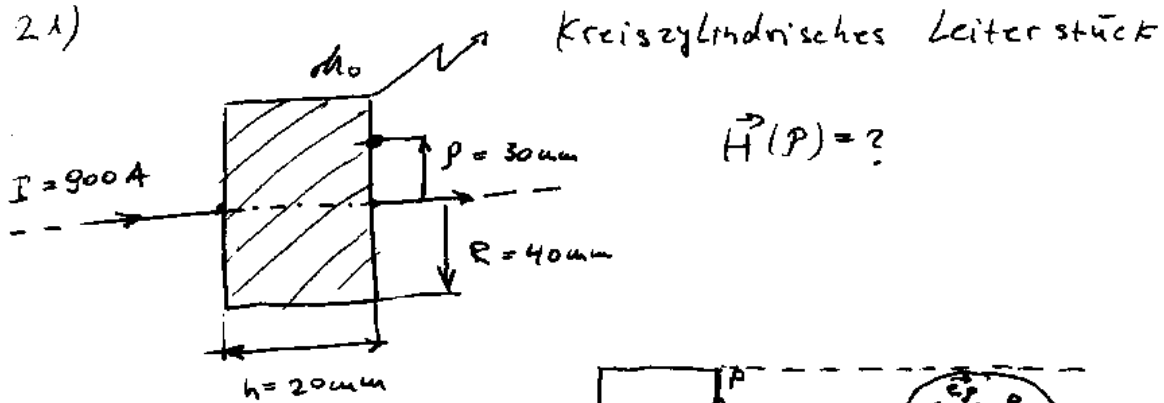
$$\omega = 2 \pi \cdot f$$

$$= 31,42 \text{ V}$$

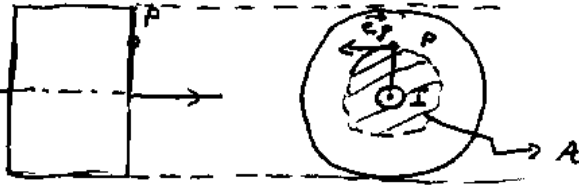
$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$



21)



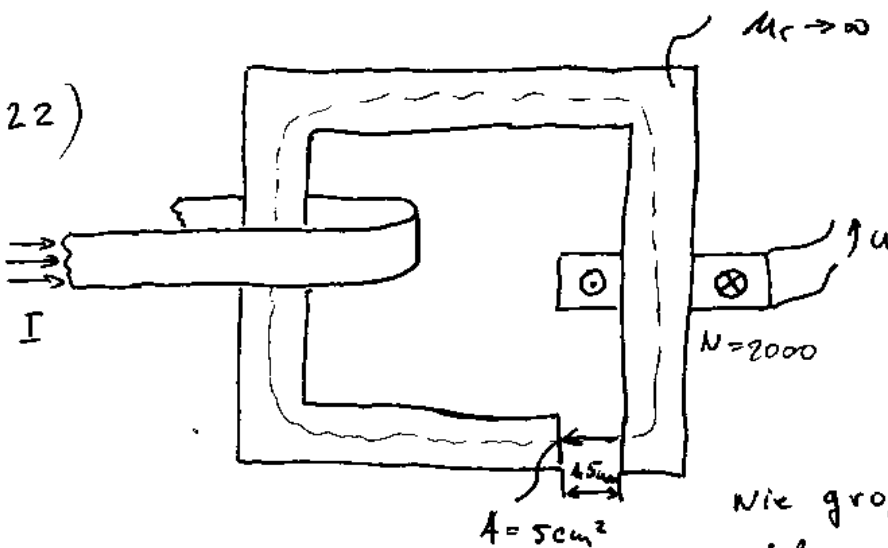
Nach dem Durchflutungss:



$$V(\partial A) = I(l) = I \quad H = \frac{V}{l} = \frac{I}{2\rho\pi} \quad \vec{H} = \frac{I}{2\rho\pi} \cdot \vec{e}_\phi$$

$$= \frac{900 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,03 \text{ m}} = 4774,6 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot \vec{e}_\phi$$

22)



ÜBER DIE SCHIENE FLIESST:

$$I = \hat{I} \cos \omega t$$

$$\hat{I} = 1400 \text{ A}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Wie groß ist \hat{u} der offenen Wicklung?

$$H_2 \cdot L_2 = V = I \quad H = \frac{I}{L}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{L} \quad \Phi = \frac{\mu_0 I}{L} \cdot A = \frac{\mu_0 A}{L} \cdot \hat{I} \cdot \cos \omega t$$

$$\dot{\Phi} = - \frac{\mu_0 A}{L} \cdot \hat{I} \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

für die Anschlussspannung gilt:

$$U = RI + \dot{\Phi}_v \quad \text{da } I=0 \text{ (Leerlauf)}$$

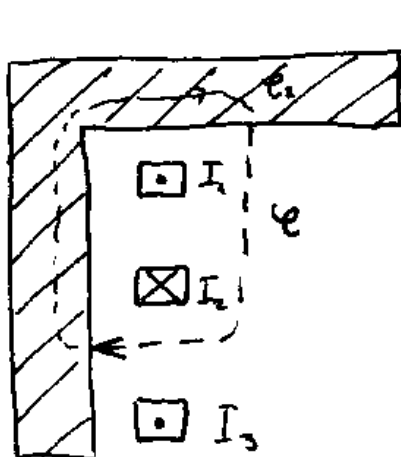
und unter Berücksichtigung der Bezugssinne

$$U = -\dot{\Phi}_v \quad \dot{\Phi}_v = \cancel{N} \cdot \dot{\Phi} = -\frac{\mu_0 \hat{I} A \omega N}{L} \cdot \sin \omega t$$

$$U = \frac{\mu_0 \hat{I} A \omega N}{L} \cdot \sin \omega t = \hat{u} \cdot \sin \omega t$$

$$\hat{u} = \frac{\mu_0 \hat{I} \omega N A}{L} = \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot 1400 A \cdot 2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 2000 \cdot 5 \cdot 10^{-4} m^2}{1,5 \cdot 10^{-3} m} = 368,45 V$$

23)



Mag. Spannung entlang \mathcal{C} = ?

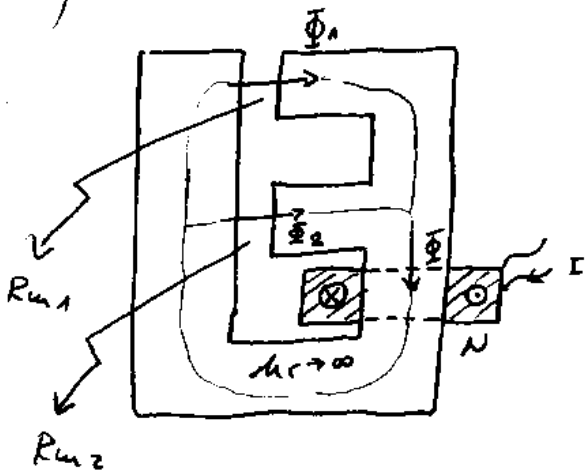
Nach dem Durchflutungssatz:

$$V(\mathcal{C}) = V_{\mathcal{C}} + V_{\mathcal{C}_2} = V_{\mathcal{C}} = I(\mathcal{C}) = I_2 - I_1$$

Also $V_{\mathcal{C}} = I_2 - I_1$



24)



Gegeben: R_{m1}, R_{m2}, N

Gesucht: L

Allg.: $V = H \cdot l = \frac{B \cdot l}{\mu_0} = \frac{\Phi \cdot l}{\mu_0 \cdot A}$

$\Rightarrow V = \Phi \cdot R_m \quad R_m = \frac{l}{\mu_0 A}$

Nach dem Durchfl.s.:

$V_1 = V_2 = NI$

Nach dem Satz vom mag. Hüllenfluss $\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi$

$\frac{V_1}{R_{m1}} + \frac{V_2}{R_{m2}} = \Phi \quad V_1 \left(\frac{1}{R_{m1}} + \frac{1}{R_{m2}} \right) = \Phi \Rightarrow \Phi = NI \frac{(R_{m1} + R_{m2})}{R_{m1} \cdot R_{m2}}$

$\Phi_v - N \cdot \Phi = N^2 I \frac{R_{m1} + R_{m2}}{R_{m1} \cdot R_{m2}} = LI \Rightarrow L = N^2 \frac{R_{m1} + R_{m2}}{R_{m1} \cdot R_{m2}}$

Oder durch Analogie:

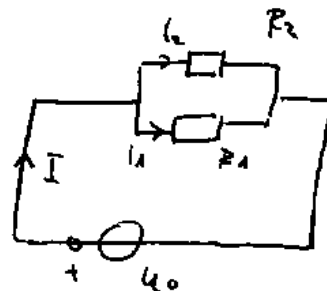
$NI \sim U_0$

$V \sim U$

$R_m \sim R$

$\Phi \sim I$

$\mu_r \rightarrow \infty \sim r \rightarrow \infty$
bzw. ideale Strombahn



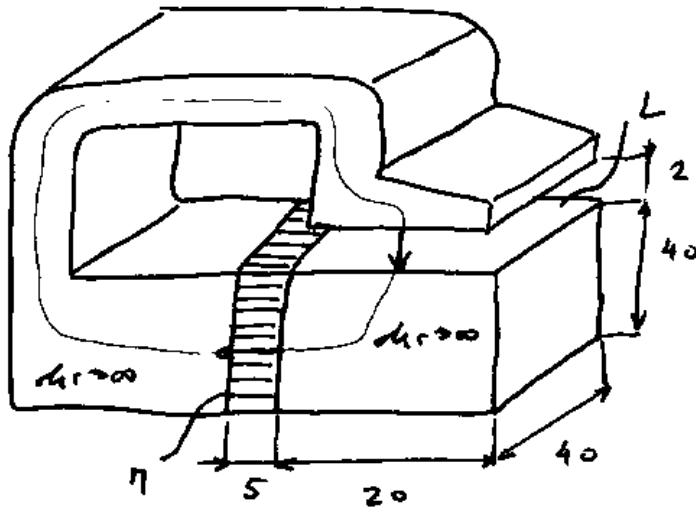
$I = \frac{U_0}{R_1 \parallel R_2} = \frac{U_0}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{U_0 (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2}$

bzw. $\Phi = \frac{NI (R_{m1} + R_{m2})}{R_{m1} \cdot R_{m2}}$

$\Phi_v = N \cdot \Phi = LI \Rightarrow$

$L = N^2 \frac{R_{m1} + R_{m2}}{R_{m1} \cdot R_{m2}}$

25)



μ_{Fe} in mm

$B_r = 0,3 PT$

$B_c = ?$

$H_c L_c + H_n L_n = 0$

$H_n = -\frac{H_c L_c}{L_n} \rightarrow$

$B_n = B_r + \mu_0 H_n$

$B_n = B_r - \frac{\mu_0 H_c L_c}{L_n}$ $H_c = \frac{B_c}{\mu_0}$

$B_n = \frac{L_n B_r - B_c L_c}{L_n}$

$B_c A_c = B_n A_n$

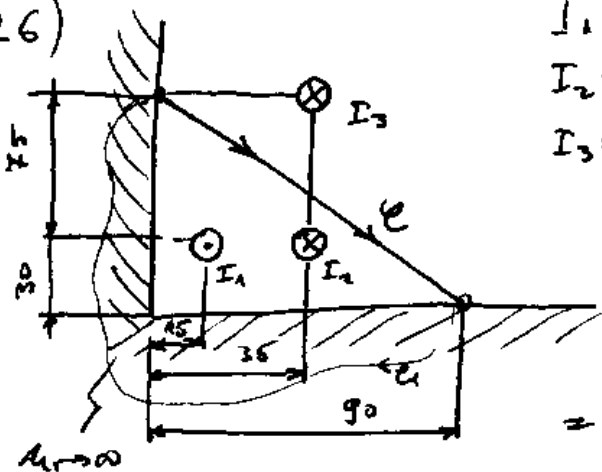
$L_n A_c B_c = A_n L_n B_r - A_n B_c L_c \Rightarrow B_c = \frac{A_n L_n B_r}{L_n A_c + A_n L_c}$

$\Rightarrow B_c = \frac{B_r}{\frac{A_c}{A_n} + \frac{L_c}{L_n}}$

$A_c = 40 \cdot 20 \text{ mm}^2$ $A_n = 40 \cdot 40 \text{ mm}^2$
 $L_c = 2 \text{ m}$ $L_n = 5 \text{ m}$

$B_c = \frac{0,3 PT}{\frac{2}{16} + \frac{5}{5}} = 0,42 T$

26)



$I_1 = 200 A$

$I_2 = 50 A$

$I_3 = 100 A$

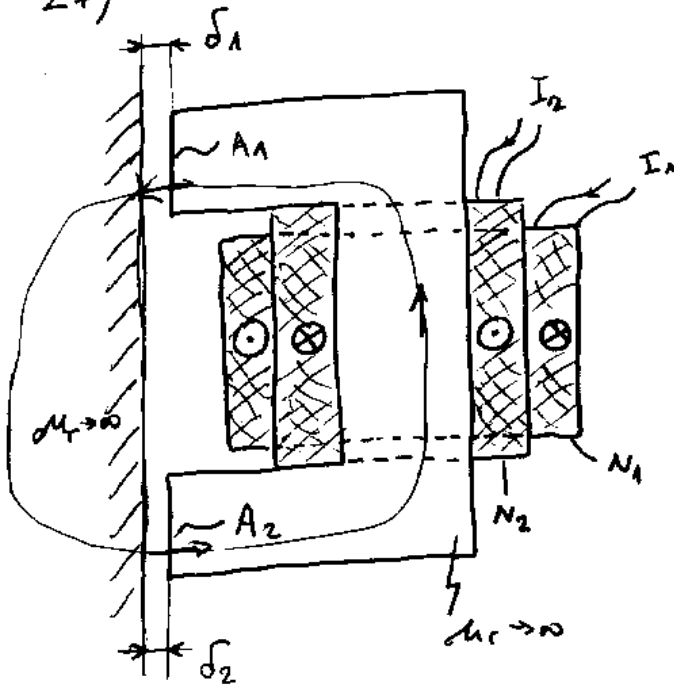
$V_c = ?$

μ_{Fe} in mm

$V(A) = V_c + V_{c1} \Rightarrow I(A) = I_2 - I_1$

$= 50 A - 200 A = -150 A$

27)



Gegenseitige Induktivität = ?

Ang. $I_2 = 0$

$$H_1 \cdot \delta_1 + H_2 \delta_2 = N_1 I_1$$

$$B_1 \cdot A_1 = B_2 A_2 = \Phi \quad H = \frac{B}{\mu_0}$$

$$\frac{B_1}{\mu_0} \delta_1 + \frac{B_2}{\mu_0} \delta_2 = N_1 I_1$$

$$\frac{\Phi \cdot \delta_1}{\mu_0 A_1} + \frac{\Phi \cdot \delta_2}{\mu_0 A_2} = N_1 I_1$$

$$\frac{\Phi}{\mu_0} \left(\frac{\delta_1}{A_1} + \frac{\delta_2}{A_2} \right) = N_1 I_1$$

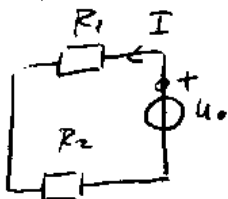
$$\Rightarrow \Phi = \frac{\mu_0 N_1 I_1}{\frac{\delta_1}{A_1} + \frac{\delta_2}{A_2}}$$

$$\Phi_{V1} = L_{11} I_1 + L_{12} I_2$$

$$\Phi_{V2} = L_{21} I_1 + L_{22} I_2 \stackrel{I_2=0}{=} L_{21} I_1 = \Phi \cdot N_2$$

$$\Rightarrow L_{21} = L_{12} = \frac{\mu_0 N_1 N_2}{\frac{\delta_1}{A_1} + \frac{\delta_2}{A_2}}$$

Oder gleich durch Analogie mit $I_2 = 0$ u. $R_m = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A}$



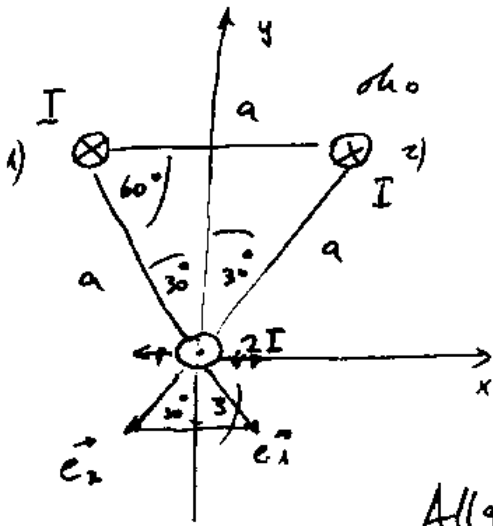
$$I = \frac{U_0}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{N_1 I_1}{R_{m1} + R_{m2}} = \frac{N_1 I}{\frac{\delta_1}{\mu_0 A_1} + \frac{\delta_2}{\mu_0 A_2}}$$

$$= \Phi_{V2} = \Phi \cdot N_2 = \frac{\mu_0 N_1 N_2 I_1}{\frac{\delta_1}{A_1} + \frac{\delta_2}{A_2}} = L_{21} I_1$$

$$\Rightarrow L_{21} = \frac{\mu_0 N_1 N_2}{\frac{\delta_1}{A_1} + \frac{\delta_2}{A_2}}$$

28)



Gegeben: $a = 250 \mu\text{m}$

$I = 4 \text{ kA}$

Gesucht: F' auf den Leiter 3 nach Betrag u. Richtung.

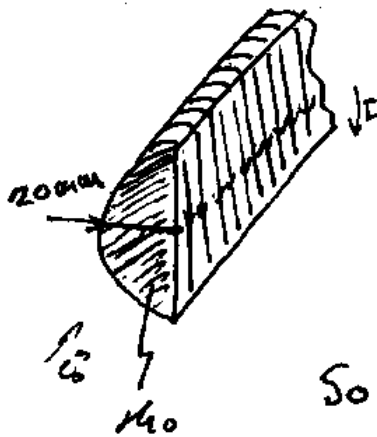
Allg. $F' = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$

$$F' = F_1' + F_2' = \frac{\mu_0 2I^2}{2a\pi} \cdot \vec{e}_1 + \frac{\mu_0 2I^2}{2a\pi} \cdot \vec{e}_2 = \frac{\mu_0 I^2}{a\pi} (\vec{e}_1 + \vec{e}_2)$$

$$\vec{e}_1 + \vec{e}_2 = 2 \cdot \cos 30^\circ \cdot (-\vec{e}_y) = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (-\vec{e}_y) \Rightarrow$$

$$F' = \frac{\mu_0 I^2}{a\pi} \cdot \sqrt{3} \cdot (-\vec{e}_y) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 16 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \sqrt{3}}{0,25 \text{ m} \cdot \pi} = 44,34 \frac{\text{N}}{\text{m}} (-\vec{e}_y)$$

29)



Eine schlanke Drahtspule ist mit 100 Windungen je cm gewickelt ($N' = 100 \text{ cm}^{-1}$)
 $I = 50 \text{ mA}$. $B = ?$ im Spuleninneren.

Solange die Spule schlank ist, verteilt sich V_i gleichmäßig über den Spuleninneren; Außerhalb der Spule gilt dann $V_a \approx 0$

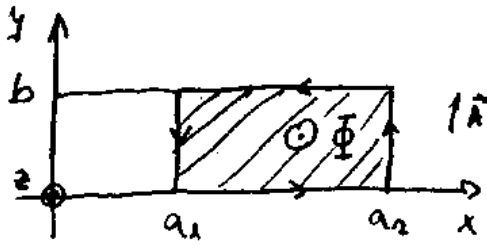
$$H = \frac{V}{l} = \frac{NI}{l} = N'I$$

$$B = \mu_0 H = \mu_0 N'I$$

$$= 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 100 \frac{1}{10^{-2} \text{ m}} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$= 0,0634 \text{ T}$$

30)



Eine Stromverteilung entlang der y-Achse erzeugt in der xy-Ebene das mag. Vektorpot.

$$\vec{A} = \frac{c}{x^2} \cdot \vec{e}_y, \quad c = \text{const}$$

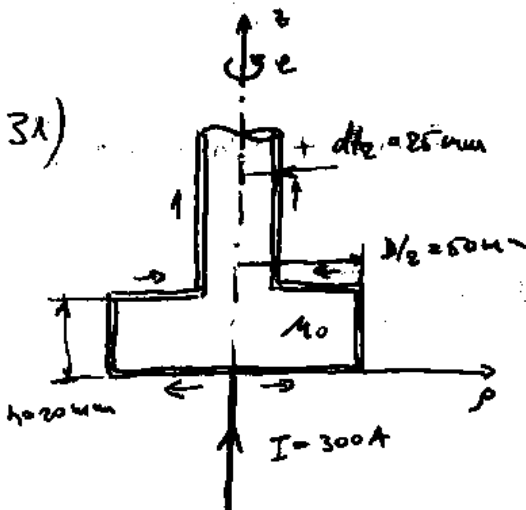
Berechnen Sie Φ .

Allg. $\Phi = \int_c A_n \cdot ds$

Die Seiten parallel zur x-Achse tragen nichts bei da $A_n = 0$ bzw. $\vec{A} \perp \vec{e}_x = 90^\circ$

$$\Phi = \frac{c}{a_2^2} \cdot b - \frac{c}{a_1^2} \cdot b = cb \left(\frac{1}{a_2^2} - \frac{1}{a_1^2} \right)$$

31)



In der dreh-symm. Anordnung wird Strom über einen axialen Leitendeleiter zugeführt und über das dünnwandige Rohr wieder abgeführt. Berechnen Sie \vec{H} im Innen- und Außenraum.

Wenn wir eine Fläche mit dem Radius ρ betrachten, die senkrecht zu z-Achse liegt so gilt

$$H = \frac{V}{L} = \frac{Q}{2\rho\pi}$$

a) Innenraum :

$$\begin{aligned} \Theta &= 0 \\ \Rightarrow H &= 0 \quad \text{bzw. Feldfrei} \end{aligned}$$

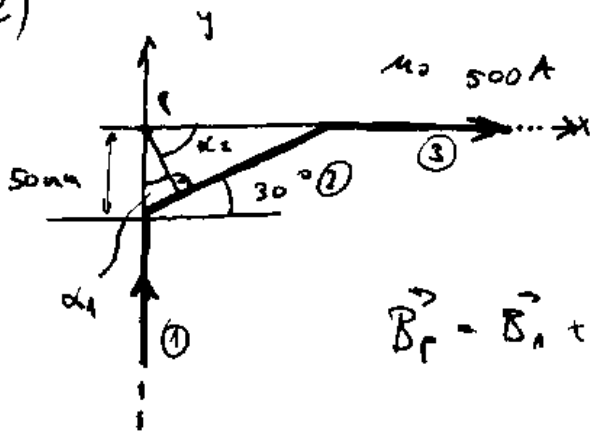
b) Außenraum

$$H = \frac{I}{2\rho\pi} = \frac{300 \text{ A}}{2\pi} \cdot \frac{1}{\rho}$$

wobei ρ der radiale

Abstand zu jenem Punkt, der im Außenraum liegt.

32)



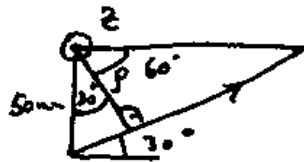
$\vec{B}_P = ?$

Alg. $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$

$\vec{B}_P = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$

Für Abschnitte 1, 3 gilt $B_1, B_3 = 0$ bzw. $(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) = 0$
 und damit $\vec{B}_1, \vec{B}_3 = 0$

Also $\vec{B}_P = \vec{B}_2$

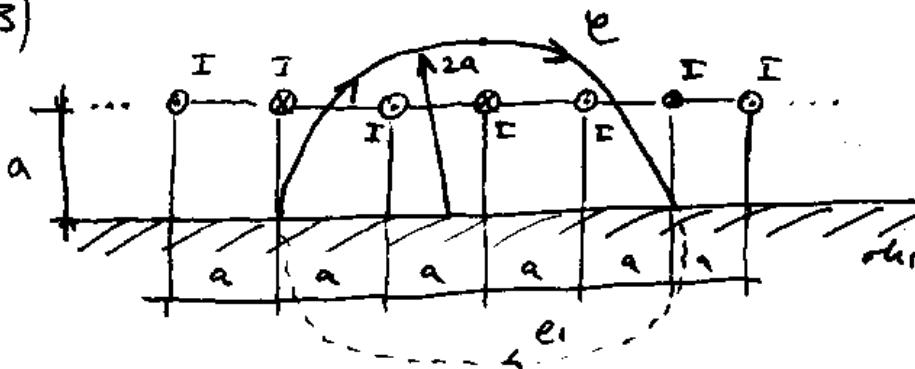


$r = 50 \text{ mm} \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 50 \text{ mm}$

$\alpha_1 = -30^\circ \quad \alpha_2 = 60^\circ \quad \vec{B}_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin 60^\circ + \sin 30^\circ) \cdot \vec{e}_z$

$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 500 \text{ A}}{4\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \right) = 1,577 \text{ mT}$

33)



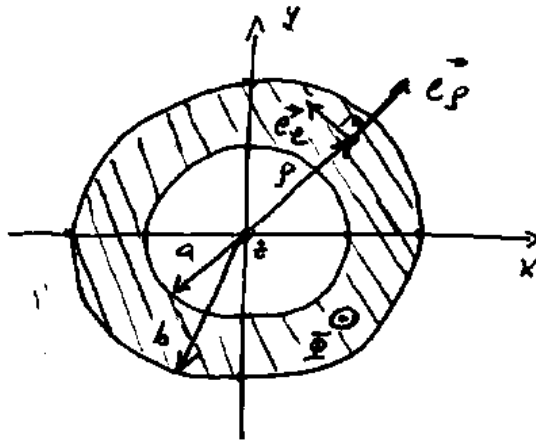
$a = 50 \text{ mm}$
 $I = 40 \text{ A}$

$r \rightarrow \infty \quad V_e = ?$

$V(\Delta A) = I(A)$

$V = V_e + V_{e_1} = V_e = 0 = -I + I - I = -I = -40 \text{ A}$

34)

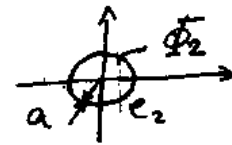


Eine Stromverteilung erzeugt in der xy-Ebene das mag. Vektorpot.:

$$A = \frac{c}{\rho^2} e_\rho, \quad c = \text{const}, \quad \rho^2 = x^2 + y^2$$

Berechnen Sie Φ

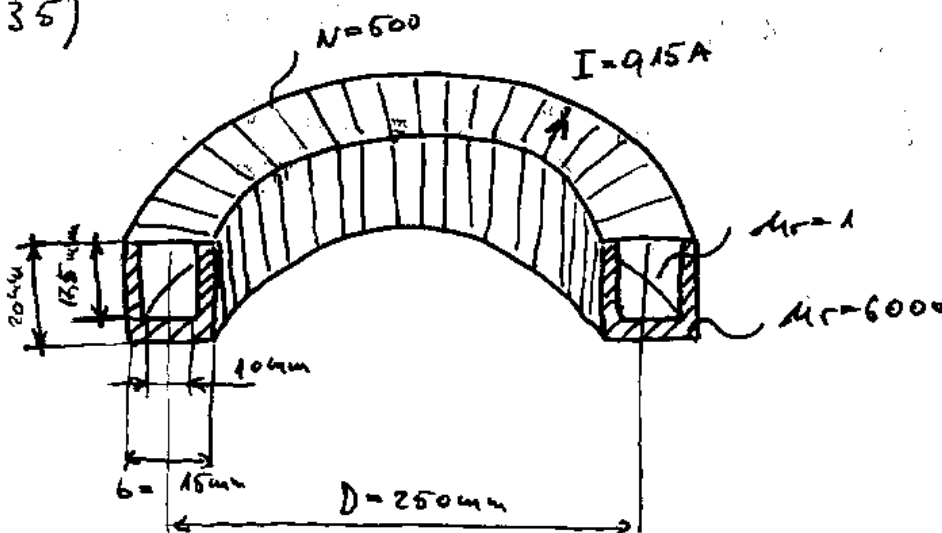
Allg. $\Phi = \int \frac{A_n \cdot ds}{c}$



$$\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 = \int_{e_1} \frac{c}{b^2} \cdot ds - \int_{e_2} \frac{c}{a^2} ds = \frac{c}{b^2} 2\pi b - \frac{c}{a^2} \cdot 2\pi a$$

$$= 2\pi c \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

35)



Ringspule $b \ll D$

$\Phi_r = ?$

Da $b \ll D$ gilt $H = \frac{\Phi}{l} = \frac{NI}{D\pi}$

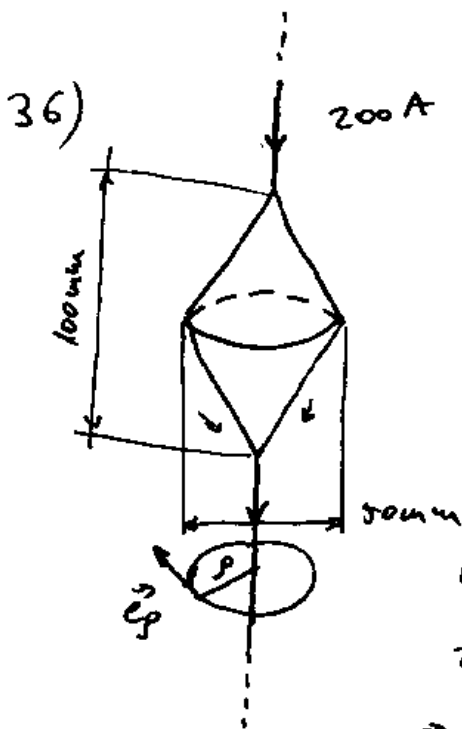
In der Spalte gilt $B_1 = \mu_1 \mu_r H$ $B_2 = \mu_2 \mu_r H$, $\mu_r = 1$, $\mu_r = 6000$

bzw. $\Phi = B_1 A_1 + B_2 A_2 \approx B_2 A_2$ da $B_1 \ll B_2$

$$\text{Also } \Phi_V = \Phi \cdot N = N \cdot B_2 A_2 = \frac{N \mu_0 \mu_{r2} N I}{D \pi} \cdot A_2$$

$$A_2 = A_9 - A_1 = (20 \cdot 15 - 17,5 \cdot 10) \text{ mm}^2 = 125 \text{ mm}^2$$

$$\Phi_V = \frac{500^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 915 \text{ A} \cdot 6000}{0,25 \text{ m} \pi} \cdot 125 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} \\ = 45 \text{ mWb}$$



$\vec{B} = ?$ Innerhalb und außerhalb der Schale

Betrachten wir eine Fläche mit dem Radius r , die senkrecht zur Achse liegt. Es gilt

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \frac{I}{r} \cdot \vec{e}_r = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot \vec{e}_r$$

(im Inneren gilt:

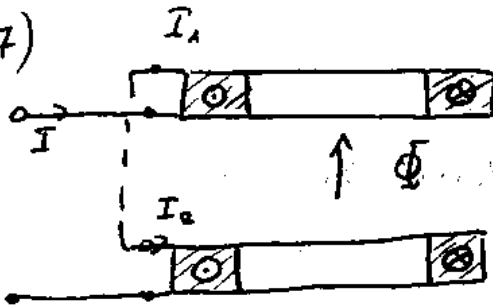
$$I = 0 \quad \text{Also } \vec{B}_i = 0$$

(im Außenraum:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cdot \vec{e}_r$$

wobei r der Abstand zu jenem Punkt der im Außenraum liegt.

37)



$$L_{11} = 20 \text{ mH}$$

$$L_{22} = 10 \text{ mH}$$

$$L_{12} = 12 \text{ mH}$$

Wie groß ist die Indukt. einer Gesamtspele, die durch die angegebenen Zusammenschaltung entsteht?

$$\Phi_{V1} = L_{11} I_1 + L_{12} I_2$$

$$\Phi_{V1} = I (L_{11} + L_{12})$$

$$\Phi_{V2} = L_{21} I_1 + L_{22} I_2$$

$$I = I_1 = I_2$$

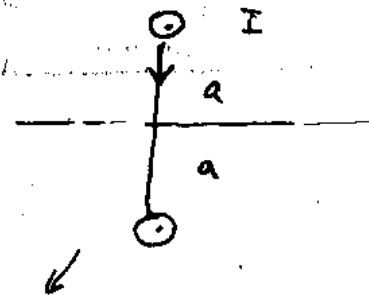
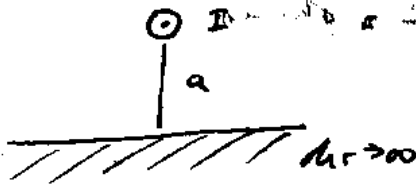
$$\Phi_{V2} = I (L_{21} + L_{22})$$

$$L_{12} = L_{21}$$

$$\Phi_V = \Phi_{V1} + \Phi_{V2} = I (L_{11} + L_{22} + 2L_{12}) = L I$$

$$L = L_{11} + L_{22} + 2L_{12} = L_1 + L_2 + 2M = 20 \text{ mH} + 10 \text{ mH} + 24 \text{ mH} = 54 \text{ mH}$$

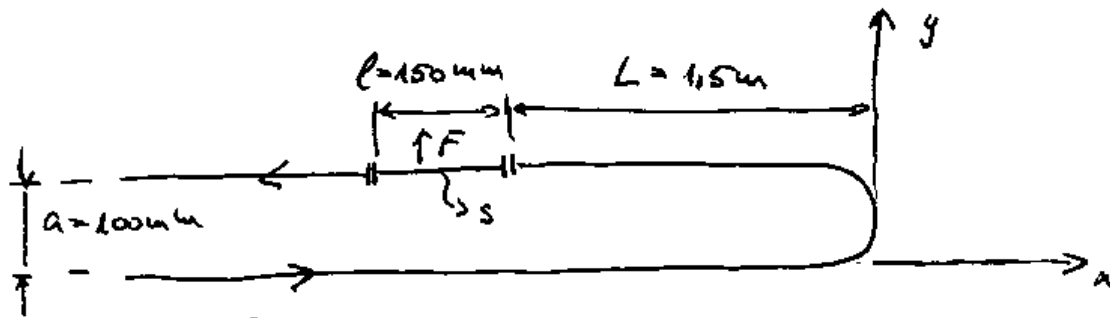
38) Parallel zu einer ideal mag. Platte verläuft im Abstand $a = 40 \text{ mm}$ ein Liniener Leiter $I = 15 \text{ A}$. Wie groß ist die an Leiter angreifende, längenbezogene Kraft?



Durch Spiegelung erhalten wir eine Ersatz-Linienanordnung im leeren Raum, deren Magnetfeld erfüllt die Randbedingungen an der Körperoberfläche in der ursprünglichen Anordnung und es gilt

$$F' = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi p} = \frac{2\mu_0 \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot (15)^2 \cdot 10^6 \text{ A}^2}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 11,25 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

39)



$$I = 15 \text{ kA}$$

Berechnen Sie die an S

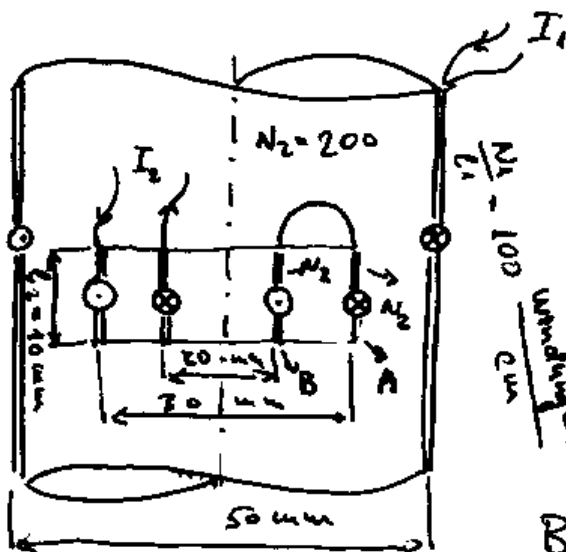
angreifende resultierende Kraft nach Betrag u. Richtung

Da $L \gg l$ gilt $F' = \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi p}$ wobei $p = a$ u.

Also $\vec{F} = \frac{\mu_0 I^2 \cdot l}{2\pi a} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot 15^2 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot 0,15 \text{ m}}{2\pi \cdot 0,1 \text{ m}} \cdot \vec{e}_y$

$$= 67,5 \text{ N} \cdot \vec{e}_y$$

40)



$$L_{12} = ?$$

$$\Phi_{N_2} = L_{21} I_1 + L_{22} I_2$$

Ang. $I_2 = 0$

$$B = \frac{\mu_0 I_1 N_1}{l_1} = \mu_0 I_1 N_1'$$

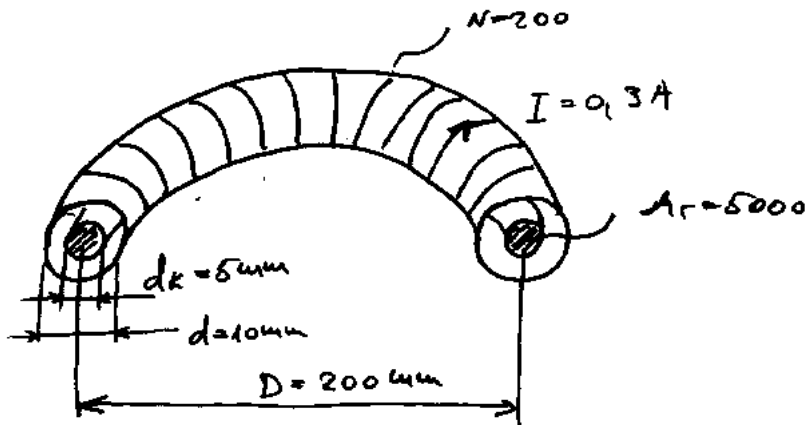
$$\Phi_{N_2} = \Phi_{VA} - \Phi_{VB} = N_2 B \cdot A_A - N_2 B \cdot A_B = N_2 B (A_A - A_B) =$$

$$= N_2 \mu_0 I_1 N_1' (A_A - A_B) = L_{21} I_1 \Rightarrow$$

$$L_{12} = N_2 \mu_0 N_1' (A_A - A_B) = 200 \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}} \cdot 100 \frac{\pi}{4} (3^2 - 2^2) \text{ cm}^2$$

$$= 200 \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}} \cdot 196 \pi \cdot 10^2 \frac{\text{cm}^2}{4} = 0,987 \text{ mH} \approx 1 \text{ mH}$$

41)



$d \ll D$

Φ_V der Spule = ?

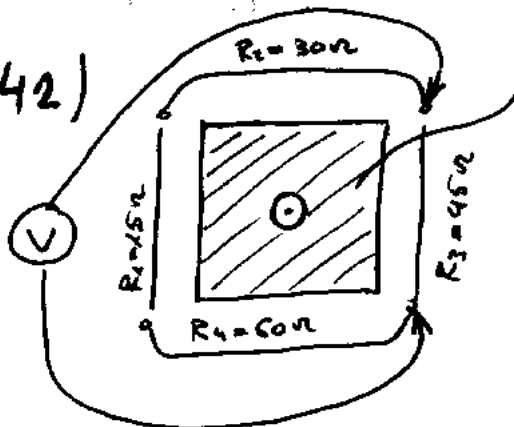
Da $d \ll D$ gilt $H = \frac{V}{l} = \frac{\Theta}{D\pi} = \frac{NI}{D\pi}$

$\Phi_V = \Phi_{V,K} + \Phi_{V,L} = N\mu_0\mu_r \cdot H \cdot A_K + N\mu_0 \cdot H \cdot A_L \approx N\mu_0\mu_r H \cdot A_K$
↓ Kern ↓ Luft
 da $\mu_r = 5000$

$\Phi_V = N\mu_0\mu_r \cdot \frac{NI}{D\pi} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\mu_0\mu_r N^2 I d^2}{4D}$

$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot 5000 \cdot 200^2 \cdot 0.3A \cdot 25 \cdot 10^{-6} m^2}{4 \cdot 0.2m} = 2,356 \text{ mWb}$

42)



$\underline{\Phi} = \hat{\Phi} \cos(\omega t)$ $\hat{\Phi} = 0.1 \text{ Wb}$ $f = 50 \text{ Hz}$
 Berechnen sie die Amplitude der Wechselspannung, die der Spannungsmesser anzeigt.

Nach dem Induktionsgesetz: $U(A) = -\dot{\Phi}(A)$

$R I = -\dot{\Phi}(A)$

$I = \frac{\omega \hat{\Phi} \sin \omega t}{R_G}$

$\dot{\Phi} = -\hat{\Phi} \cdot \sin(\omega t) \cdot \omega$

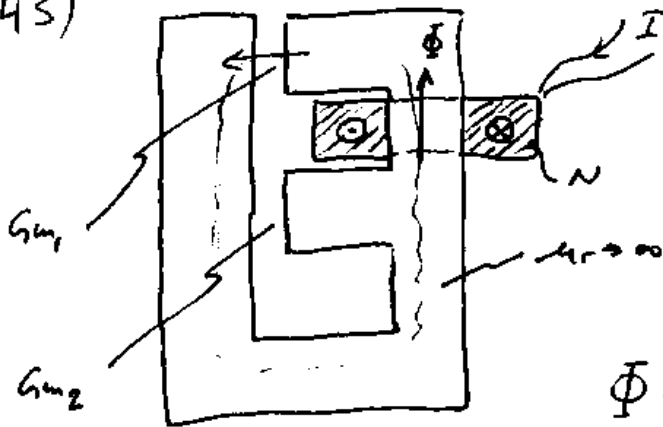
$R_G = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 150 \Omega$

$R_V = R_1 + R_2 + R_4 = 105 \Omega$

$\omega = 2\pi f$

$= \frac{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 0.1 \text{ Vs}}{150 \Omega} \cdot \sin \omega t = 0.21 \text{ A} \cdot \sin \omega t = \hat{I} \sin \omega t$ $\hat{U}_V = R_V \cdot \hat{I} = 22,05 \text{ V}$

43)



Gegeben G_{μ_1}, G_{μ_2}, N .
Gesucht L .

$$\Phi = V \cdot G_{\mu}$$

Aus DFS.

$$\Theta = NI = V_1 = \frac{\Phi}{G_{\mu_1}}, \quad V_2 = 0$$

$$\Phi = NI \cdot G_{\mu_1}$$

$$\Phi_V = N \cdot \Phi = N^2 I G_{\mu_1} = L I$$

$$\Rightarrow L = N^2 G_{\mu_1}$$

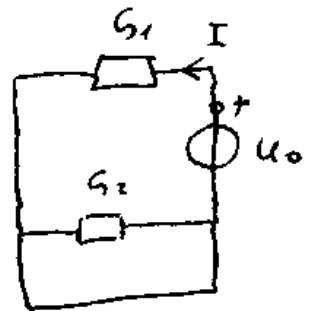
Oder durch Analogie

$$\begin{aligned} NI &\sim U_0 \\ V &\sim U \\ \Phi &\sim I \\ G_{\mu} &\sim R \end{aligned}$$

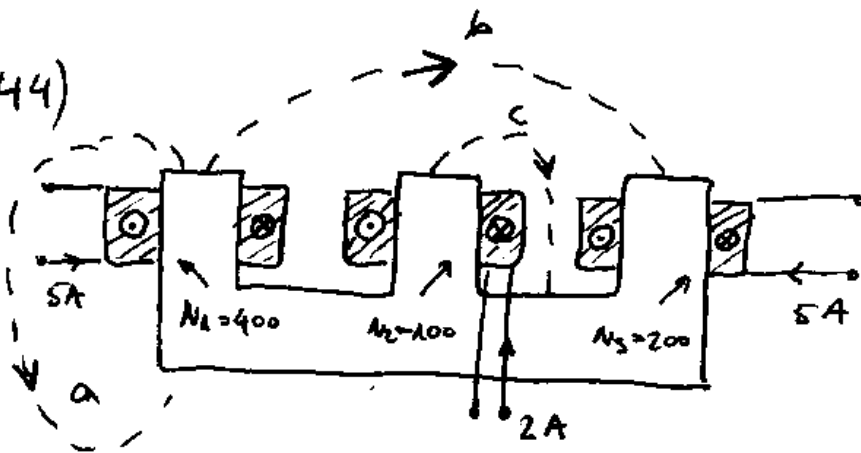
$$I = U_0 \cdot G_{\mu_1} \Rightarrow$$

$$\Phi = NI \cdot G_{\mu_1}$$

$$\text{Bzw. } L = N^2 G_{\mu_1}$$



44)



Wie groß ist für jeden der drei Wege die mag. Spannung.

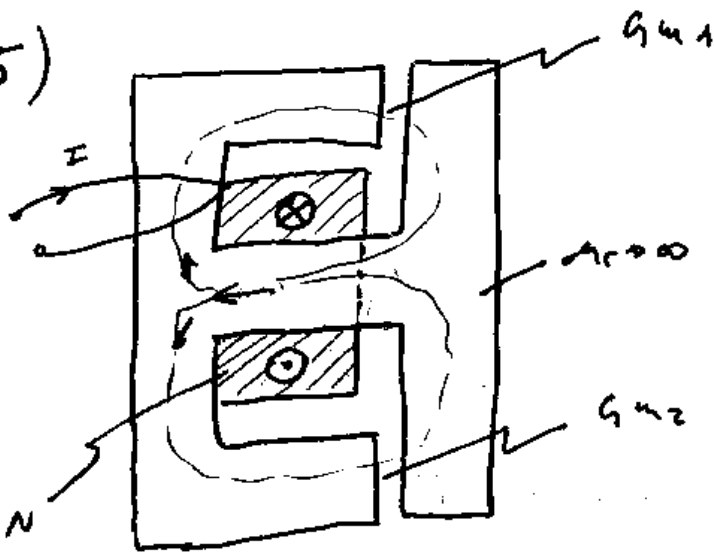
Nach DFS.

$V(a) = I(t)$ Also a) $V_a = 5A \cdot 400 = 2000A$

b) $V_b = 400 \cdot 5A - 200 \cdot 5A = 1000A$

c) $V_c = 2A \cdot 100 = 200A$

45)



Gegeben $G_{\mu 1}, G_{\mu 2}, N$

$L = ?$

$\Phi = V \cdot G_{\mu}$

Nach SVPH $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$

Nach DFS

$V_1 = NI = V_2$

$\Phi = V_1 G_{\mu 1} + V_2 G_{\mu 2} =$
 $= V_1 (G_{\mu 1} + G_{\mu 2}) = NI (G_{\mu 1} + G_{\mu 2})$

$\Phi_V = N \cdot \Phi = N^2 I (G_{\mu 1} + G_{\mu 2}) = LI$

$\Rightarrow L = N^2 (G_{\mu 1} + G_{\mu 2})$

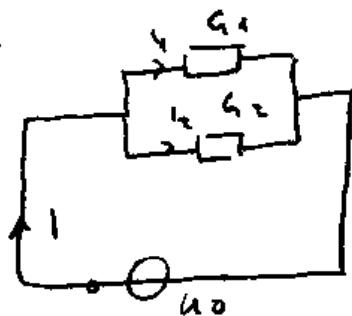
Oder

$NI \sim \mu_0$

$\Phi \sim I$

$G_{\mu} \sim G$

$V \sim U$



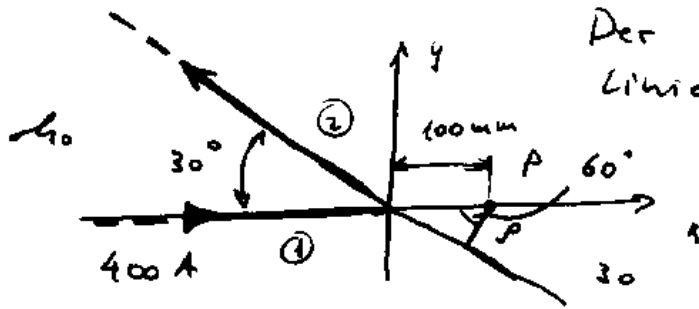
$I = \frac{U_0}{R_{\text{all}}} = U_0 (G_1 \parallel G_2) =$

$= U_0 (G_1 + G_2)$

Also $\Phi = NI (G_{\mu 1} + G_{\mu 2})$

$L = N^2 (G_{\mu 1} + G_{\mu 2})$

46)



Der abgewinkelte
Linienleiter liegt in der xy-Ebene

$$\vec{B}(P) = ?$$

$$\text{Allg. } B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$

$$\vec{B}(P) = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{B}_2 \quad \text{da für } B_1 \quad r = 0$$

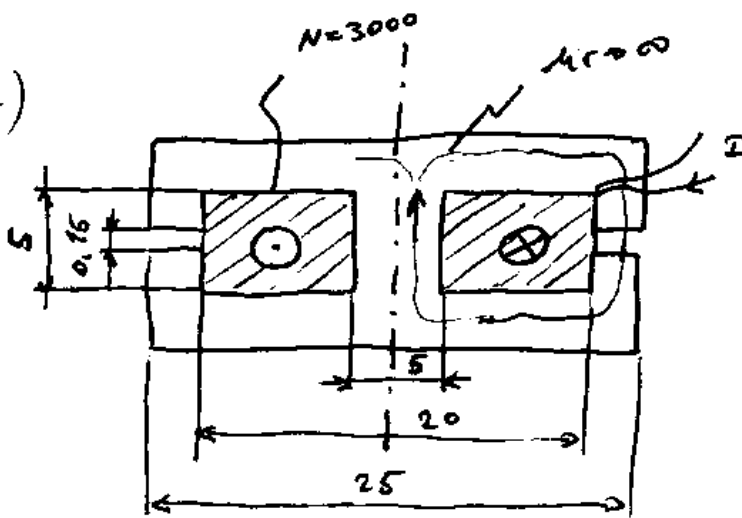
Für B_2

$$r = 100 \text{ mm} \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = 60^\circ \quad \alpha_2 = 90^\circ \Rightarrow \vec{B}(P) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 400 \text{ A}}{4\pi \cdot 0,05 \text{ m}} (\sin 90^\circ - \sin 60^\circ) =$$

$$= 0,107 \text{ mT}$$

47)



L der dreh-symm.

Topfspule = ?

Maße in mm.

Nach DFS. $v = NI = H_L \cdot L_L$

$$H_L = \frac{NI}{L_L}$$

$$B_L = \mu_0 \frac{NI}{L_L} \quad \Phi = \frac{\mu_0 NI A_L}{L_L}$$

$$\Phi_v = N \cdot \Phi = \frac{\mu_0 N^2 I A_L}{L_L} = LI$$

$$\Rightarrow L = \frac{\mu_0 N^2 A_L}{L_L}$$

$$L_L = 0,15 \text{ m}$$

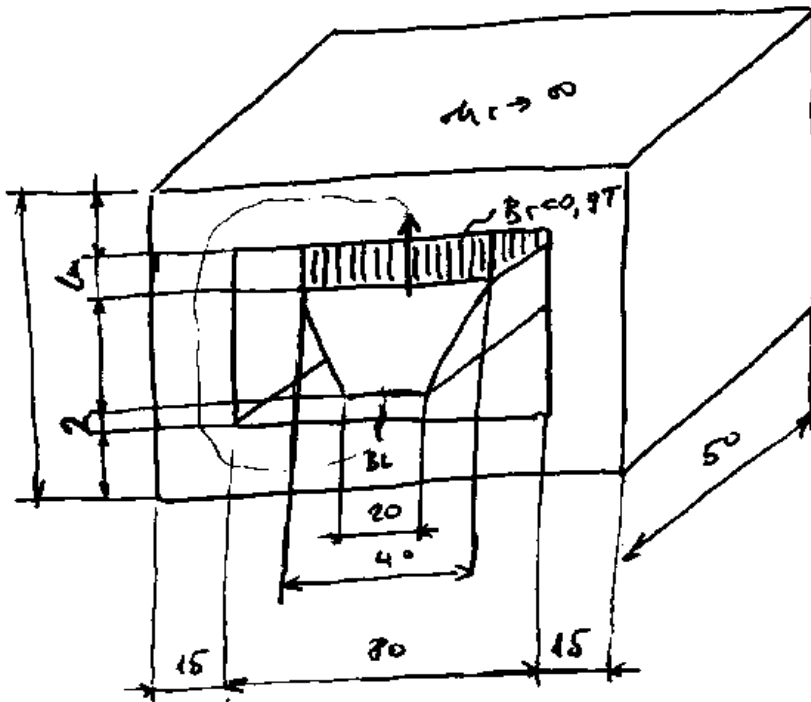
$$A_L = \frac{(25^2 - 20^2) \pi}{4} \text{ mm}^2$$

$$= 176,7 \text{ mm}^2$$

30

Also
$$L = \frac{1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot 3000^2 \cdot 176,7 \cdot 10^{-6} \mu K}{0,15 \cdot 10^{-3} \mu K} = 13,32 H$$

48)



Wie groß ist die Dicke L_n zu wählen, wenn sich im Luftspalt die Flussdichte $B_l = 1,0 T$ einstellen soll.

Maße in mm.

$$B_n = B_r + \mu_0 H_n, \quad B_l A_l = B_n A_n, \quad H_l L_l + H_n L_n = 0, \quad H_l = \frac{B_l}{\mu_0}$$

$$L_n = \frac{-H_l L_l}{H_n} = \frac{-B_l L_l}{\mu_0 H_n} = \frac{-B_l L_l}{\frac{B_n - B_r}{\mu_0}} = \frac{-B_l L_l}{\frac{B_l A_l - B_r A_n}{A_n}}$$

$$= \frac{B_l L_l}{B_r - \frac{B_l A_l}{A_n}} = \frac{B_l L_l A_n}{A_n \cdot B_r - B_l A_l}$$

$$B_l = 1 T$$

$$B_r = 0,9 T$$

$$L_l = 2 \text{ mm}$$

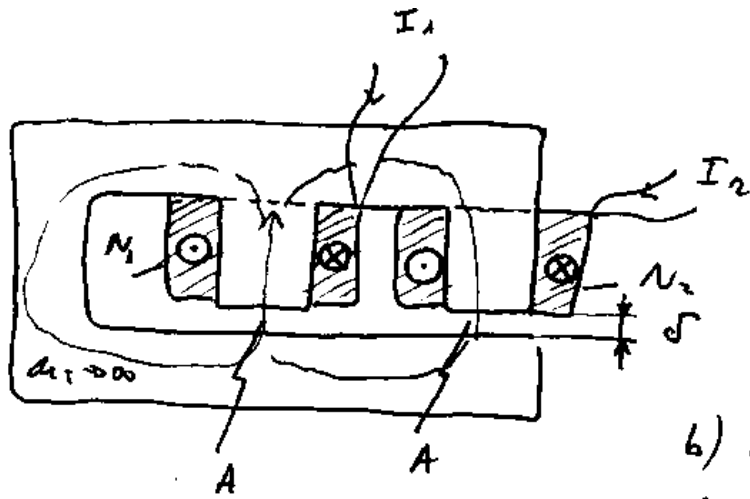
$$A_n = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ mm}^2$$

$$A_l = 50 \cdot 20 = 1000 \text{ mm}^2$$

$$= \frac{1 T \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{0,9 T \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 - 1 T \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} =$$

~~XXXXXX~~ = 5 mm

49)



Berechnen Sie

- a) Selbstindukt. der Spule I
 b) die gegenseitige Indukt. der beiden Spulen

a) $I_2 = 0$

Nach DFS $V_1 = N_1 I_1$ (Linke Masche)

oder $V_1 + V_2 = N_1 I_1$ da $I_2 = 0$ (Rechte Masche)

$\Rightarrow V_2 = \phi$

$\Phi = B \cdot A = \mu_0 \cdot H \cdot A = \mu_0 \frac{V}{\delta} \cdot A$ Also $\Phi_1 = \Phi = \mu_0 \frac{V_1}{\delta} A$

und $\Phi_2 = \mu_0 \frac{V_2}{\delta} A = \phi$ Der Fluss wird bevorzugt durch den Eisenkern geführt und nicht durch den Luftspalt.

$\Phi = \mu_0 \frac{N_1 I_1}{\delta} \cdot A$ $\Phi_{V_1} = \Phi \cdot N_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 I_1}{\delta} \cdot A = L_1 I_1$

$\Rightarrow L_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 A}{\delta}$

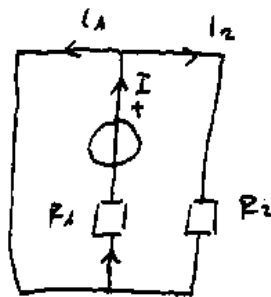
b) $\Phi_{V_2} = L_{12} I_1 - L_{22} I_2$ da aber $\Phi_2 = 0$

und $\Phi_{V_2} = \Phi_2 \cdot h = 0 = L_{12} I_1 \Rightarrow L_{12} = 0$.

Fluss wird nicht über den Luftspalt 2 geführt, deswegen gibt's keine mag. Kopplung und keine L_{12} .

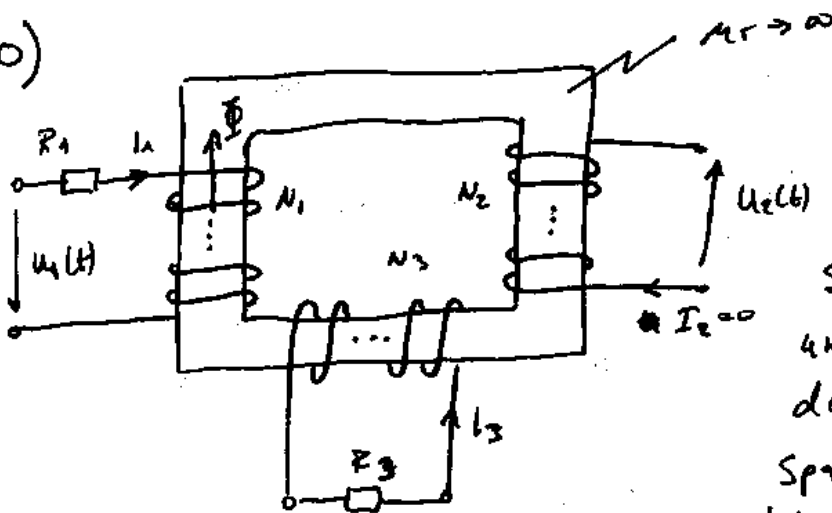
Der Eisenkern verhält sich zum Luftspalt, bezüglich

der Flußführung als Kurzschluß: Der Fluß wird nur (unter Vernachlässigung der Streuung) durch den Kern geführt; $U_2 = 0$ u. $\Phi_2 = 0$.
 Durch Analogie könnte man es so vorstellen:



Es ist offensichtlich daß R_2 Kurzgeschlossen ist und es ~~gilt~~ gilt: $U_2 = 0$ $I_2 = 0$
 $I = I_1$

50)



Nehmen Sie näherungsweise Streuungsfreiheit an und berechnen Sie den Zeitverlauf $u_2(t)$ der Spannung an der Leerlauf-Ladung Wicklung, wenn $u_1(t) = U_1 \cos \omega t$.

Allg. $u(\partial t) = -\dot{\Phi}_V$; $u = R I + \dot{\Phi}_V$

$u_1(t) = R_1 I_1 + \dot{\Phi}_V = R_1 I_1 + \dot{\Phi} N_1$

$u_2(t) = \dot{\Phi}_V = \dot{\Phi} \cdot N_2$

$I_3 R_3 = \dot{\Phi}_V = \dot{\Phi} N_3$

Aus DFS.

$N_1 I_1 - N_3 I_3 = 0$

$\Rightarrow N_1 I_1 = N_3 I_3$

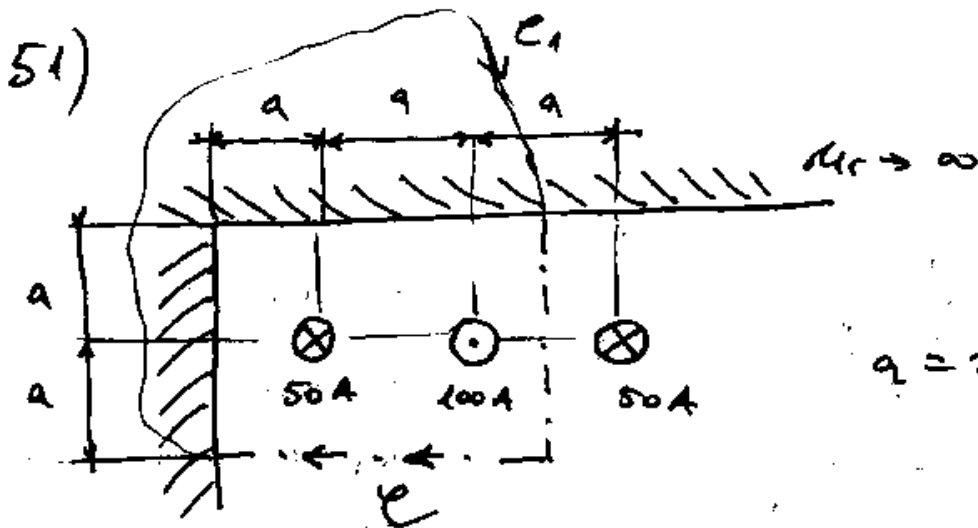
$I_3 = \frac{\dot{\Phi} N_3}{R_3}$

$I_1 = \frac{N_3 \cdot \dot{\Phi} N_3}{N_1 R_3}$

$$U_1(t) = R_1 \cdot \frac{N_3^2 \dot{\Phi}}{N_1 R_3} + \dot{\Phi} N_1 \Rightarrow \dot{\Phi} = \frac{U_1(t)}{\frac{R_1 N_3^2}{N_1 R_3} + N_1}$$

$$= \frac{U_1(t) N_1 R_3}{R_1 N_3^2 + R_3 N_1^2} ; U_2(t) = \dot{\Phi} N_2 = \frac{U_1(t) N_1 N_2 R_3}{R_1 N_3^2 + R_3 N_1^2}$$

$$U_2(t) = \frac{N_1 N_2 R_3}{R_1 N_3^2 + R_3 N_1^2} \cdot U \sqrt{2} \cos(\omega t)$$

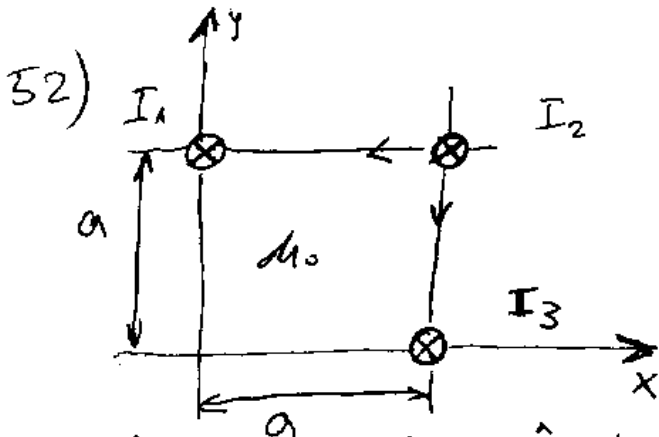


$$a = 20 \text{ cm}$$

$$V(e) = ?$$

Nach DFS $V(\partial A) = I(A)$

$$V(\partial A) = V_e + V_{e_1}^\circ - V_e = 50 \text{ A} - 100 \text{ A} = \underline{\underline{-50 \text{ A}}}$$



Berechnen Sie
allgemein den zeitlichen
Mittelwert der langchen-
bezogenen Kraft (Vektor)

$I_1 = \hat{I} \cos(\omega t + 120^\circ)$; $I_2 = \hat{I} \cos(\omega t)$ | die auf Leiter 2 angreift!
 $I_3 = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \cdot (-\vec{e}_x) + \frac{\mu_0 I_2 I_3}{2\pi a} \cdot (-\vec{e}_y) =$$

$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{2\pi a} \left[\cos(\omega t + 120^\circ) \cdot \cos(\omega t) \cdot (-\vec{e}_x) + \cos(\omega t - 120^\circ) \cdot \cos(\omega t) \cdot (-\vec{e}_y) \right] =$$

$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{2\pi a} \left\{ \frac{1}{2} [\cos(2\omega t + 120^\circ) + \cos 120^\circ] \cdot (-\vec{e}_x) + \frac{1}{2} [\cos(2\omega t - 120^\circ) + \cos 120^\circ] \cdot (-\vec{e}_y) \right\} =$$

$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \left\{ [\cos(2\omega t) \cos 120^\circ - \sin(2\omega t) \sin 120^\circ + \cos 120^\circ] \cdot (-\vec{e}_x) + [\cos 2\omega t \cos 120^\circ + \right.$$

$$\left. + \sin(2\omega t) \sin 120^\circ + \cos 120^\circ] \cdot (-\vec{e}_y) \right\} =$$

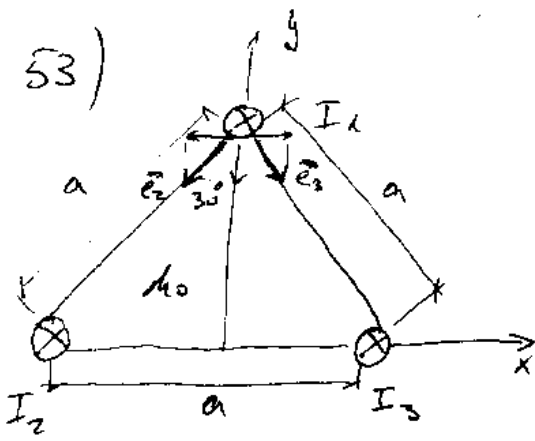
$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \left[\cos(2\omega t) \cdot \cos 120^\circ \cdot (-\vec{e}_x - \vec{e}_y) + \sin(2\omega t) \cdot \sin 120^\circ \cdot (\vec{e}_x - \vec{e}_y) + \cos 120^\circ \cdot (-\vec{e}_x - \vec{e}_y) \right]$$

Der zeitliche Mittelwert $\bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T x dt$ von

$\cos 2\omega t$ und $\sin 2\omega t$ ~~ist~~ ist gleich 0, also

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \cdot \cos 120^\circ \cdot (-\vec{e}_x - \vec{e}_y)$$

53)



$$I_1 = \hat{I} \cdot \cos(\omega t)$$

$$I_2 = \hat{I} \cdot \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$I_3 = \hat{I} \cdot \cos(\omega t + 120^\circ)$$

Zeitlicher Mittelwert der
Längenbezogenen Kraft (Vektor)
auf Leiter 1. = ?

$$\vec{F}_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \cdot \vec{e}_2 + \frac{\mu_0 I_1 I_3}{2\pi a} \cdot \vec{e}_3, \quad \begin{aligned} \vec{e}_2 &= \cos 30^\circ (-\vec{e}_y) + \sin 30^\circ (-\vec{e}_x) \\ \vec{e}_3 &= \cos 30^\circ (-\vec{e}_y) + \sin 30^\circ (\vec{e}_x) \end{aligned}$$

$$\vec{F}_1 = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{2\pi a} \left[\cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t - 120^\circ) \cdot \vec{e}_2 + \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t + 120^\circ) \cdot \vec{e}_3 \right]$$

$$\vec{F}_1 = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{2\pi a} \left[\frac{1}{2} [\cos(2\omega t - 120^\circ) + \cos 120^\circ] \cdot \vec{e}_2 + \frac{1}{2} [\cos(2\omega t + 120^\circ) + \cos(-120^\circ)] \cdot \vec{e}_3 \right] =$$

$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \left\{ [\cos(2\omega t) \cdot \cos 120^\circ + \sin(2\omega t) \cdot \sin 120^\circ] \cdot \vec{e}_2 + [\cos(2\omega t) \cos 120^\circ - \sin(2\omega t) \sin 120^\circ] \cdot \vec{e}_3 \right.$$

$$\left. + \cos 120^\circ \cdot (\vec{e}_2 + \vec{e}_3) \right\} = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \cdot \left\{ [\cos(2\omega t) \cos 120^\circ \cdot (\vec{e}_2 + \vec{e}_3)] + \right.$$

$$\left. + [\sin(2\omega t) \cdot \sin 120^\circ \cdot (\vec{e}_2 - \vec{e}_3)] + \cos 120^\circ (\vec{e}_2 + \vec{e}_3) \right\}$$

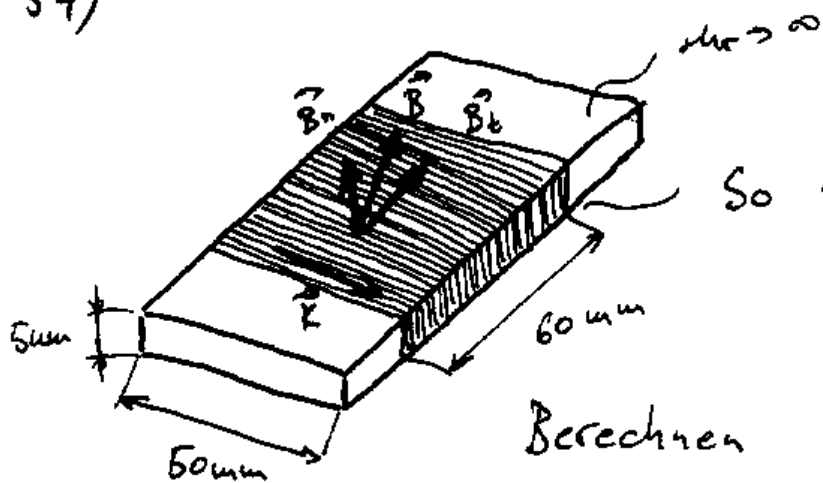
Der zeitliche Mittelwert von $\sin(2\omega t)$ u. $\cos(2\omega t)$ ist gleich

0 also

$$\vec{F}_1 = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{4\pi a} \cdot \cos 120^\circ (\vec{e}_2 + \vec{e}_3) = \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{24\pi a} \cdot \cos 120^\circ \cdot 2 \cos 30^\circ \cdot (-\vec{e}_y)$$

$$= \frac{\mu_0 \hat{I}^2}{24\pi a} \cdot -\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (-\vec{e}_y) = \frac{\mu_0 \hat{I}^2 \sqrt{3}}{8\pi a} \cdot \vec{e}_y$$

54)

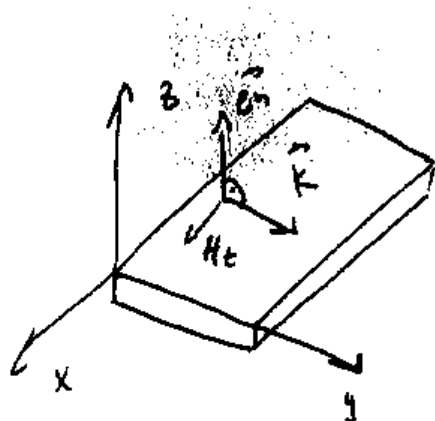


So gewickelt dass es gilt:

$$\vec{K} = 80 \frac{\text{A}}{\text{cm}}$$

Berechnen Sie \vec{B}_t an der

Oberfläche!



Oberfläche ist hier eine Sprungfläche mit Flächenstrom der dichte \vec{K}

$$\llbracket \vec{H}_t \rrbracket = \vec{K} \times \vec{e}_n$$

$$\vec{H}_t^+ + \vec{H}_t^- = \vec{K} \times \vec{e}_n$$

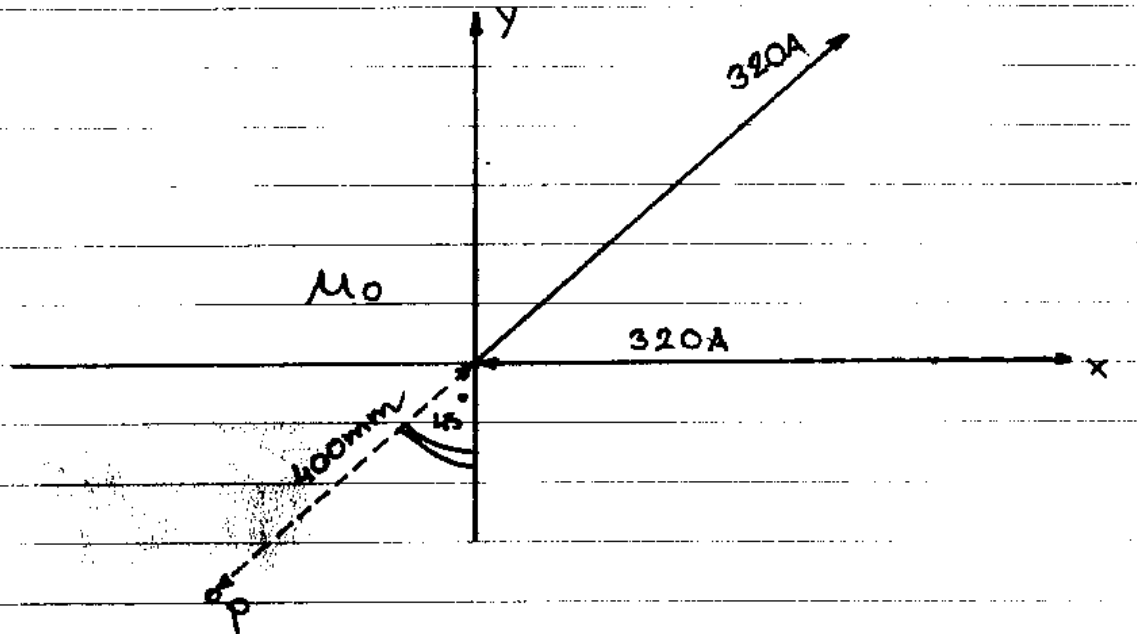
da $\mu_r \rightarrow \infty \Rightarrow H_t^- = 0$ also $\vec{H}_t^+ = \vec{K} \times \vec{e}_n$

und $\vec{B}_t = H_t^+ \cdot \mu_0 = \mu_0 \vec{K} \times \vec{e}_n$

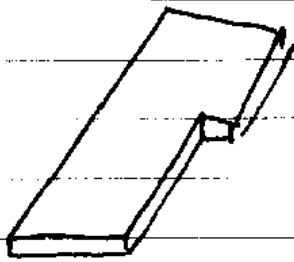
$$|\vec{B}_t| = \mu_0 K = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 80 \cdot \frac{\text{A}}{10^{-2} \text{m}} = 10,053 \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_t = 10,053 \mu\text{T} \cdot \vec{e}_x$$

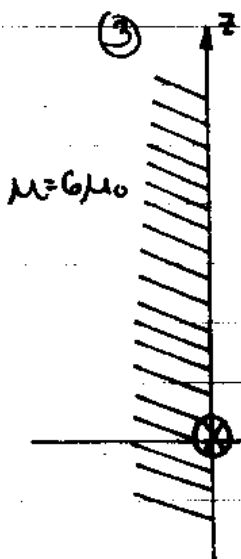
- ① BERECHNEN SIE ZU DEN SKIZZIERTEN, IN DER XY-EBENE LIEGENDEN STROMFÜHRUNG DIE GEHÖRENDE MAG. FELDSTÄRKE (VEKTOR!) IM PUNKT P.



- ② INDUKTIVITÄT DER BANDBLEITUNG



③

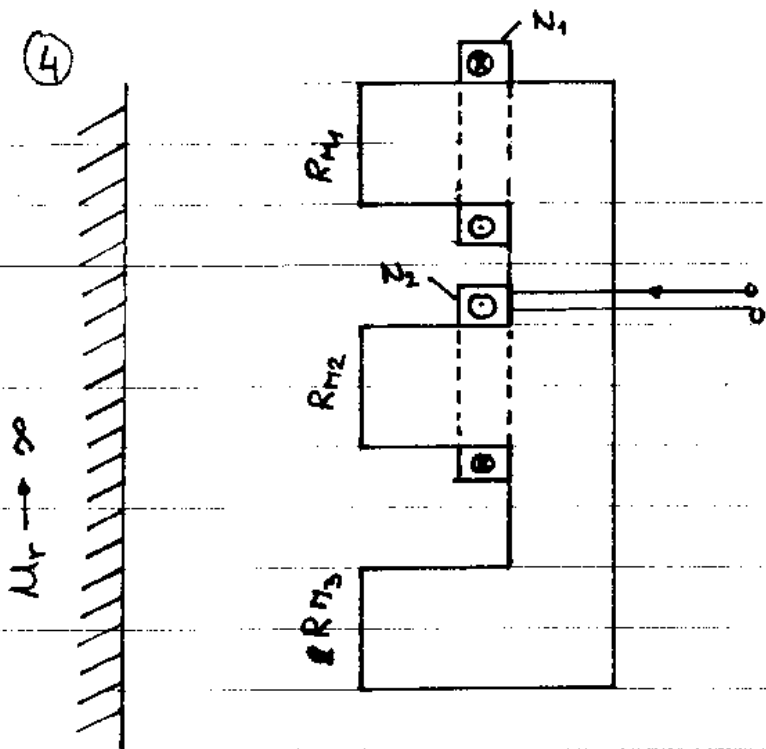


AN DER STROMFREIEN, EBENEN OBERFLÄCHE
EINES MAGNETISIERBAREN KÖRPERS HERRSCHT
INNEN DIE MAG. FELDSTÄRKE:

$$y=0^- : \vec{H} = 90 \text{ kA/m} (0,7 \vec{e}_x + 0,14 \vec{e}_y + 0,7 \vec{e}_z)$$

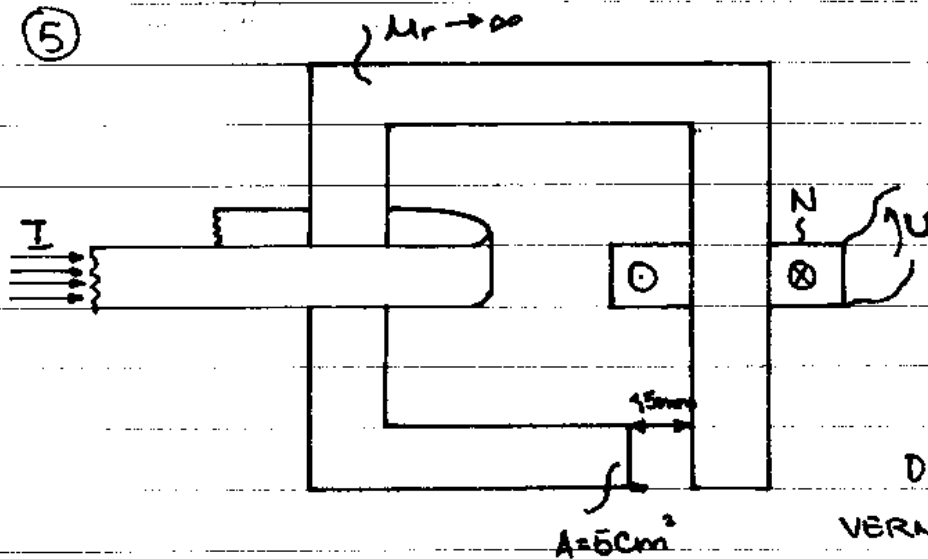
BERECHNEN SIE DARAUS DEN
BETRAG UND RICHTUNG DER MAG.
FELDSTÄRKE AUSSEN BEI $y=0^+$.

4



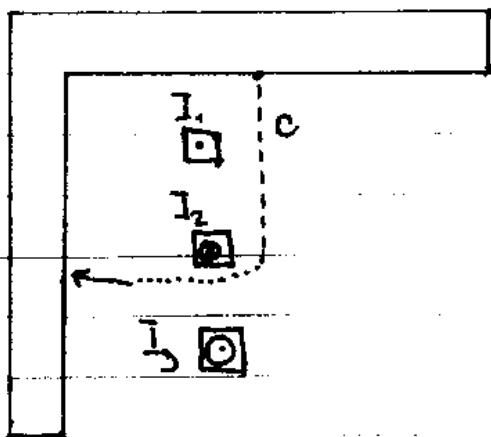
VON DEM SKIZZIERTEN MAGNETKREIS SIND DIE BEIDEN WINDUNGSZAHLEN N_1 UND N_2 UND DIE 3 SPALTRELUKTANZEN BEKANNT. BERECHNEN SIE NÄHERUNGSWEISE DIE GEGENSEITIGE INDUKTIVITÄT DER BEIDEN SPULEN.

5



ÜBER DIE STROMSCHIENEN FLIESST EIN WECHSELSTROM $I = \hat{I} \cos \omega t$ MIT $\hat{I} = 1400 \text{ A}$ $f = 50 \text{ Hz}$. WIE GROSS IST DIE AMPLITUDE DER KLEMMENSPIGUNG U DER OFFENEN WICKLUNG? VERNACHLÄSSIGEN SIE DIE STREUUNG

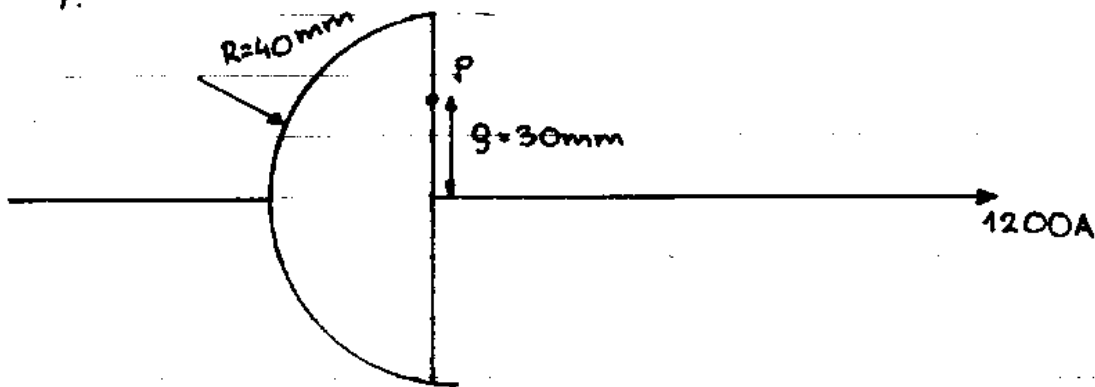
6



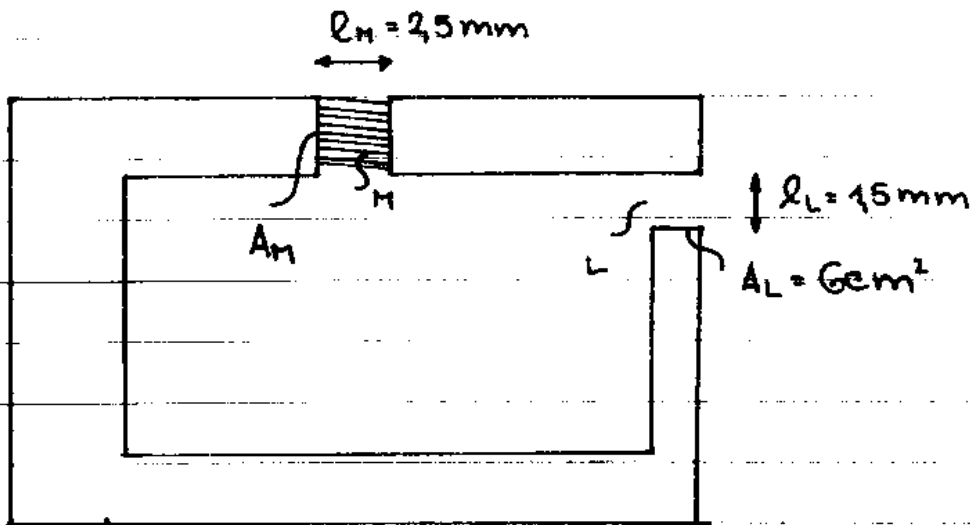
MAG. SPANNUNG ENTLANG c ?

IN DER LEITERBAHN LIEGT EINE LEITFÄHIGE HALBKUGEL.
BERECHNEN SIE DIE MAG. FELDMÄRKE $\vec{H}(P)$.

7.

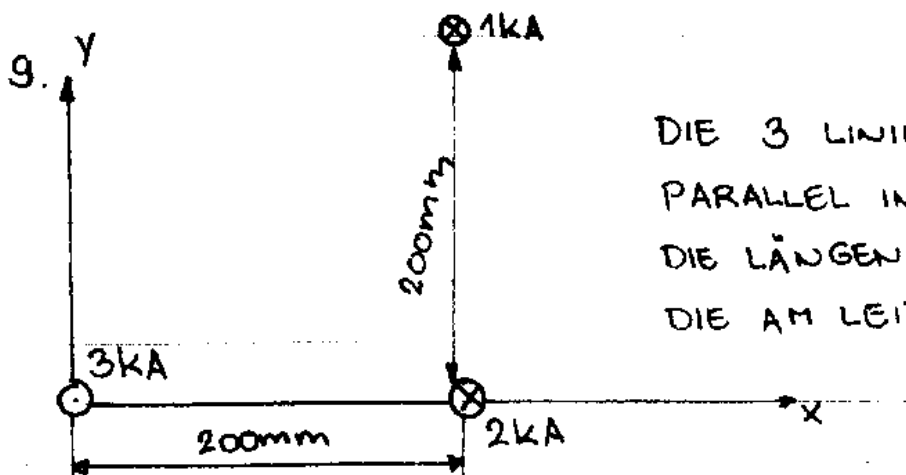


8.

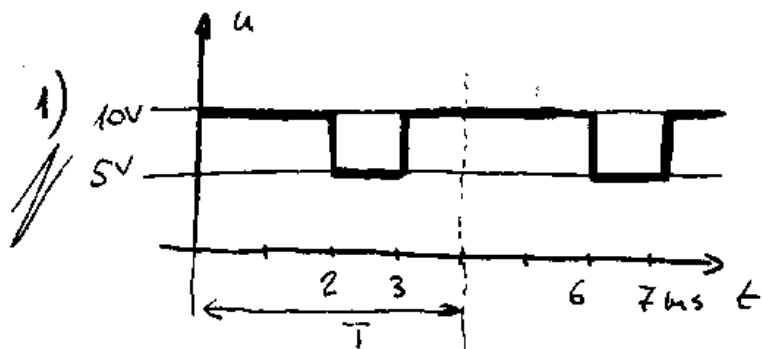


DURCH EINE STARR MAGNETISIERTE DAUER-MAGNET-PLATTE M ($B_r = 0,8$)
TRANSVERSAL

SOLL IM LUFTSPALT L DES SKIZZIERTEN KREISES DIE MAG.
FLUSSDICHTE $B_L = 0,7 T$ ERZEUGT WERDEN. WIE GROSS IST DIE
PLATTENFLÄCHE A_M ZU WÄHLEN? VERNACHLÄSSIGEN SIE
DIE STREUUNGEN.



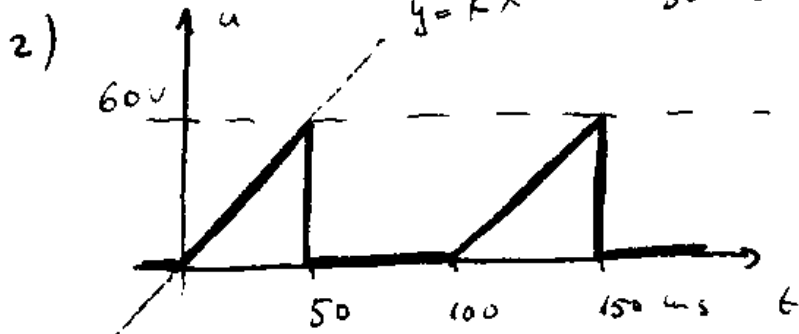
DIE 3 LINIENLEITER VERLAUFEN
PARALLEL IN LUFT. BERECHNEN SIE
DIE LÄNGENBEZOGENE KRAFT (VEKTOR)
DIE AM LEITER 2 ANGREIFT.



Berechnen Sie
den Effektivwert
der u .

$$U^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{3} (100 \cdot 2 + 25 \cdot 1 + 100 \cdot 1) V^2$$

$$U^2 = 81,25 V^2 \quad U = 9,014 V$$



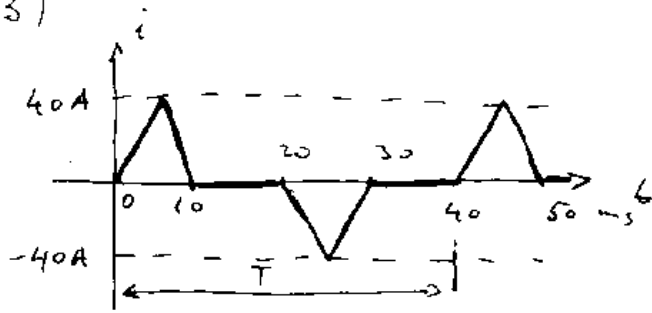
Berechnen Sie
den Effektivwert
der u .

$$U^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{100} \int_0^{50} t^2 \cdot \frac{36}{25} dt = \frac{36}{2500} \left(\frac{t^3}{3} \Big|_0^{50} \right)$$

$$= \frac{36}{2500} \frac{2500 \cdot 50^2}{3} V = 600 V^2$$

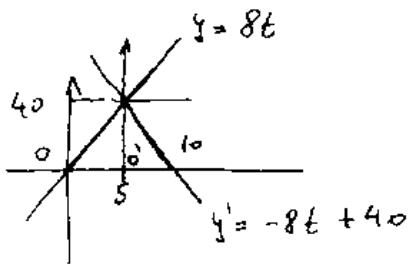
$$U = 24,5 V$$

3)



Berechnen Sie den Effektivwert des i .

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = \frac{1}{40} \left(\int_0^5 (8t)^2 dt + \int_0^5 (-8t+40)^2 dt \right)$$



$$+ \int_0^5 (-8t)^2 dt + \int_0^5 (8t-40)^2 dt =$$

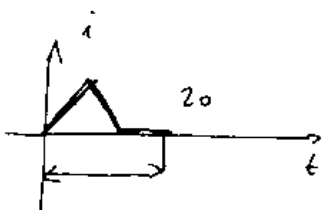
$$= \frac{1}{40} \left[2 \cdot 64 \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_0^5 + 2 \cdot \left(64 \frac{t^3}{3} - \right. \right.$$

$$\left. - 640 \frac{t^2}{2} + 1600 t \Big|_0^5 \right] A^2 =$$

$$= \frac{1}{40} \left[\frac{16600}{3} + 2 \cdot \left(\frac{8000}{3} - 8000 + 8000 \right) \right] A^2$$

$$= \frac{1}{40} \cdot \frac{32000}{3} A^2 = 266,67 A^2 \Rightarrow I = \underline{\underline{16,33 A}}$$

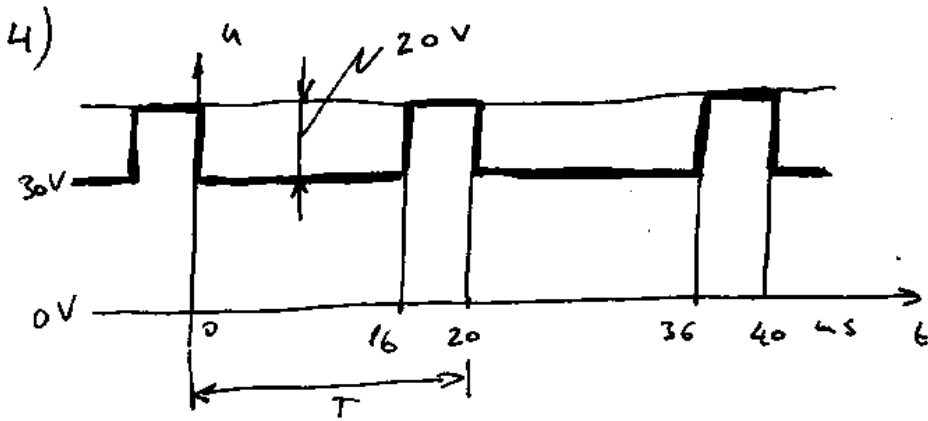
Also es genügt nur den Abschnitt



zu betrachten, wenn man den Effektivwert berechnet da

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt$$

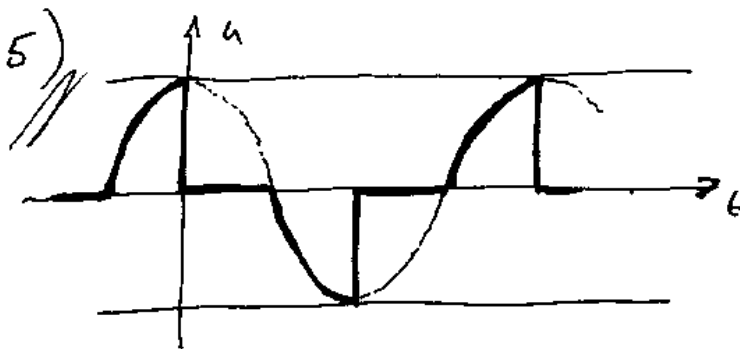
(2)



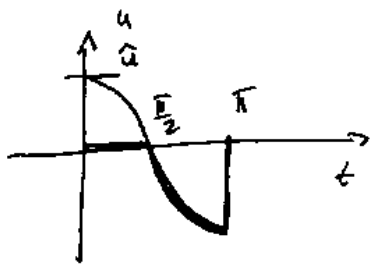
Berechnen Sie den Effektivwert der u !

$$U^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{20} (16 \cdot (30)^2 + 4 \cdot (50)^2) V^2 = \frac{1}{20} \cdot 24400 V^2$$

$$\Rightarrow U = 34,93 V$$



Der skizzierte Spannungsverlauf entsteht durch Anschließen einer 50 Hz - Sinusspannung mit dem Eff.w. $U=220V$. Berechnen Sie den neuen Eff.w.



$$\hat{u} = U \cdot \sqrt{2}$$

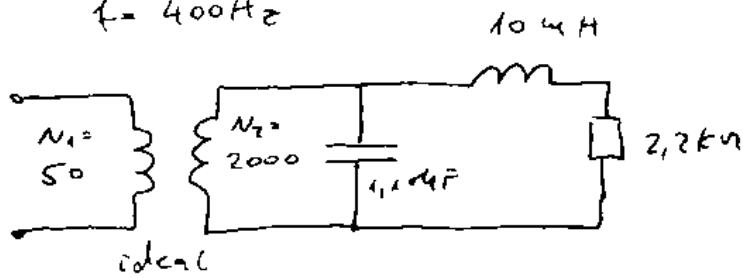
$$U_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \hat{u}^2 \cos^2 e de$$

$$= \frac{\hat{u}^2}{\pi} \frac{1}{2} \left(e + \frac{1}{2} \sin 2e \right) \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} = \frac{U^2 \cdot 2}{2\pi} \left(\pi - \frac{\pi}{2} \right) U^2$$

$$= \frac{U^2}{\pi \cdot 2} (\pi) U^2 = \frac{220^2 \cdot \pi}{2\pi} = 24200 V^2 \Rightarrow U_{\text{eff}} = 155,6 V$$

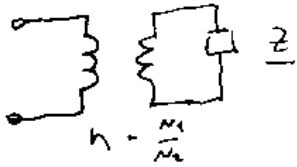
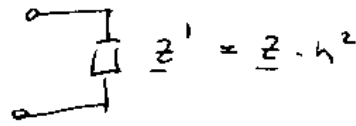
6)

$$f = 400 \text{ Hz}$$



Berechnen Sie den von der Primärseite aus gesehenen Scheinwiderstand.

Allg.


 \Rightarrow


$$\omega = 2\pi f = 2513,3 \text{ s}^{-1}$$

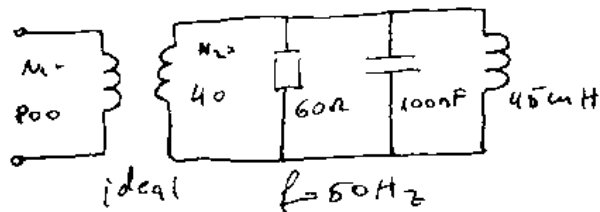
$$\underline{Z} = \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot (R + j\omega L)}{\frac{1}{j\omega C} + R + j\omega L} = \frac{R + j\omega L}{1 + j\omega CR - \omega^2 CL} = \frac{2200 + j \cdot 2,765 \cdot 10^{-3}}{0,9305 + j \cdot 6,092}$$

$$= 54,075 - 353,45j$$

$$\underline{Z}' = \left(\frac{5}{200}\right)^2 \cdot \underline{Z} = 0,0338 - 221j$$

$$Z' = |\underline{Z}'| = 0,2236 \Omega = 223,6 \mu\Omega$$

7)



Scheinwiderstand von der Primärseite aus gesehen = ?

$$\underline{Z}' = \underline{Z} \cdot n^2$$

$$\underline{Z} = \underline{Z}' \cdot n^2$$

$$\omega = 2\pi f = 314,16 \text{ s}^{-1} \quad n = \frac{N_1}{N_2} = 20$$

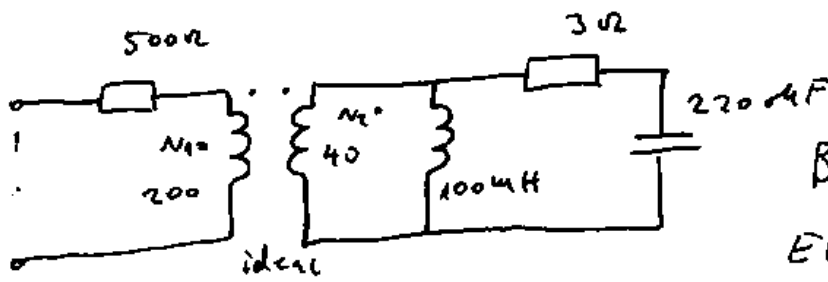
$$\underline{Z} = \frac{R \cdot \left(\frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot j\omega L}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L} \right)}{R + \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot j\omega L}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L}} = \frac{R \cdot \left(\frac{j\omega L}{1 - \omega^2 CL} \right)}{R + \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 CL}} = \frac{R j\omega L}{R - \omega^2 RLC + j\omega L}$$

$$= \frac{849,23j}{59,97 + j \cdot 14,137} = 3,156 + j 13,4 \quad Z = 13,762 \Omega$$

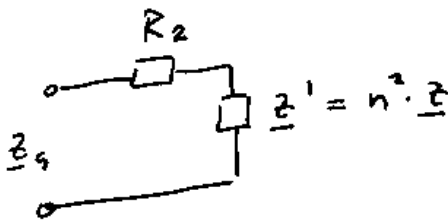
$$Z' = Z \cdot n^2 = 5,507 \text{ k}\Omega$$

(4)

8)



Berechnen Sie, vom Eingang her gesehen, die Impedanz für $f=500\text{Hz}$.



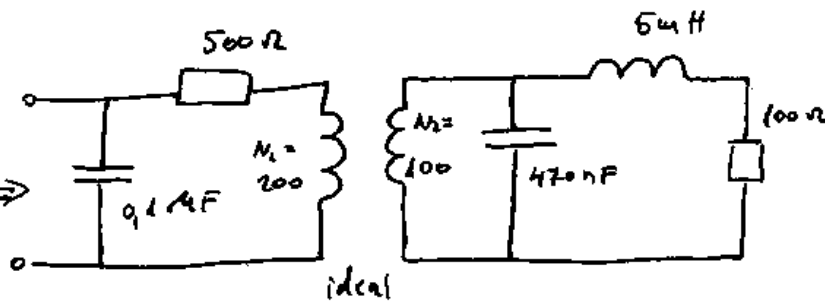
$$Z = \frac{j\omega L \cdot (R + \frac{1}{j\omega C})}{j\omega L + R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega L - \omega^2 RLC}{j\omega CR - \omega^2 CL + 1}$$

$$= \frac{-6,514 + j \cdot 3,111}{-1,171 + j \cdot 0,207} = 10 - j \cdot 250$$

$$Z' = n \cdot 250 - 626,25j$$

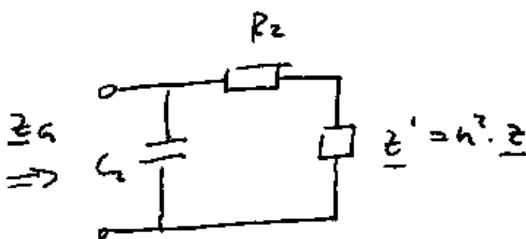
$$Z_G = R_2 + Z' = 750 - 626,25j$$

9)



Berechnen Sie die Ersatzimpedanz Z der Schaltung für $f=3\text{kHz}$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$



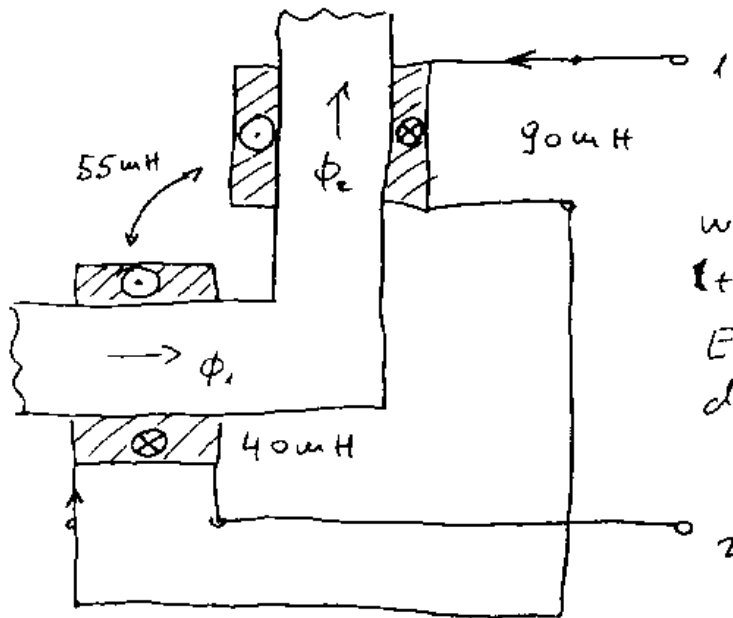
$$Z = \frac{\frac{1}{j\omega C} (R + j\omega L)}{\frac{1}{j\omega C} + R + j\omega L} = \frac{R + j\omega L}{1 + j\omega CR - \omega^2 CL}$$

$$Z = \frac{100 + j \cdot 99,25}{0,165 + j \cdot 0,886} = 123,13 - 89,94j ; Z' = 493,56 - 359,6j$$

$$Z_G = \frac{\frac{1}{j\omega C_2} (R_2 + Z')}{\frac{1}{j\omega C_2} + R_2 + Z'} = \frac{R_2 + Z'}{1 + j\omega C_2 R_2 + j\omega C_2 Z'} = \frac{992,56 - 359,6j}{1,678 + j \cdot 1,8705}$$

$$= 157,24 - j \cdot 3890,58$$

10)



In einem magnetischen Kreis sind 2 Spulen wie angegeben zusammengeschl. Berechnen Sie die Ersatzinduktivität bezüglich der Anschlüsse 1-2

$$\Phi_{v1} = L_1 i_1 + M i_2$$

$$\Phi_{v2} = M i_1 + L_2 i_2$$

$$i_1 = i_2 \Rightarrow$$

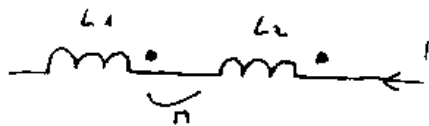
$$\Phi_{v1} = (L_1 + M) I$$

$$\Phi_{v2} = (L_2 + M) I$$

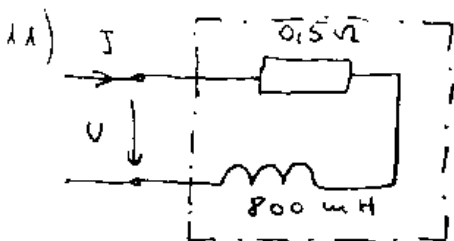
$$\Phi_v = \Phi_{v1} + \Phi_{v2} = I (L_1 + L_2 + 2M) = L_g I$$

$\Rightarrow L_g = L_1 + L_2 + 2M$ was einer Ersatzschaltung

entspricht:



$$L_g = (90 + 40 + 2 \cdot 55) \text{ mH} = 240 \text{ mH}$$



In einem Magnetssystem wird der erzeugte mag. Fluss durch Veränderungen des Stroms neu eingestellt. Wie groß dürfte, ausgehend von $I = 10 \text{ A}$, die

Beträge der Stromänderungsraten beim Erhöhen des Flusses maximal sein, wenn die Anschlussspannung den Betrag $|U| = 30 \text{ V}$ nicht überschreiten soll?

6

$$U = RI + \dot{\Phi}_V$$

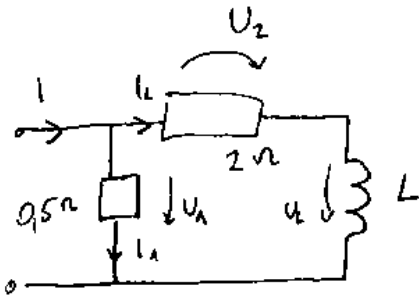
$$\dot{\Phi}_V = LI \quad \dot{\Phi}_V = L\dot{i}$$

$$\Rightarrow U = RI + L\dot{i}$$

$$30V = 0,5 \cdot 10V + 0,8H \cdot \dot{i}$$

$$\dot{i} = \frac{25V}{0,8 \frac{Vs}{A}} = 31,25 \frac{A}{s}$$

12)



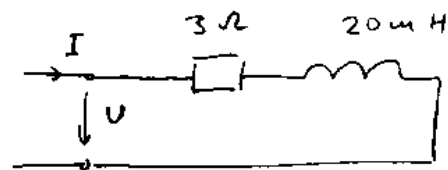
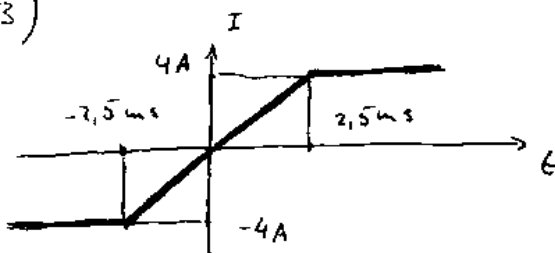
Bei einer Messung zur Induktivitätsbestimmung werden die Augenblickswerte $I = 3A$, $I_L = 1A$, $\dot{I}_L = -10A/s$ aufgenommen. Wie groß ist L ?

$$I_1 = I - I_L = 2A$$

$$U_1 = U_2 + U_L \Rightarrow U_L = U_1 - U_2 = 0,5 \cdot 2V - 2 \cdot 1V = -1V = L \cdot \dot{I}_L$$

$$L = \frac{U_L}{\dot{I}_L} = \frac{-1V}{-10 \frac{A}{s}} = 0,1 \frac{Vs}{A} = 0,1H$$

13)



An der R-L-Reihenschaltung wird der dargestellte Strom eingepreßt. Berechnen und skizzieren Sie den Zeitverlauf der Spannung U .

$$U = RI + L\dot{i}$$

1) $t < -2,5ms$ $i = 0$ $U = RI = 3\Omega \cdot -4A = -12V$

$$2) -2,5 \text{ ms} < t < 2,5 \text{ ms}$$

$$i = \frac{8 \text{ A}}{5 \text{ ms}}$$

$$Li = 20 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot \frac{8 \text{ A}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

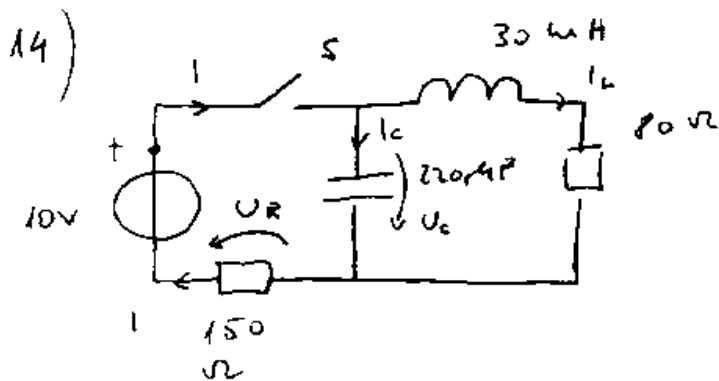
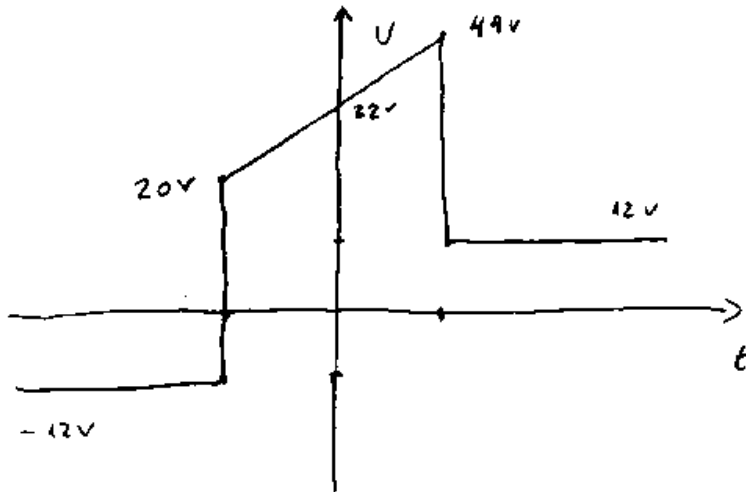
$$U_2 = 3 \Omega \cdot 1 + 32 \text{ V}$$

$$= 32 \text{ V}$$

$$3) t > 2,5 \text{ ms}$$

$$i = 0$$

$$U_3 = 3 \Omega \cdot 4 \text{ A} = 12 \text{ V}$$



Berechnen Sie den Wert des I unmittelbar nach dem Schließen des S .

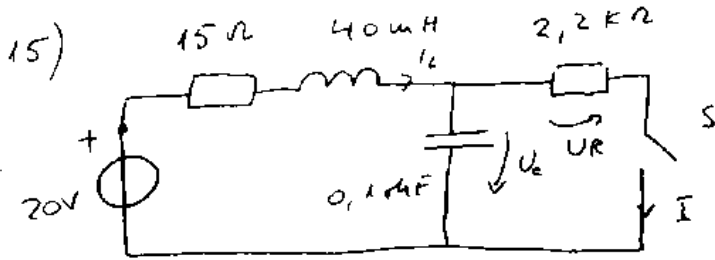
$$t < 0 \quad I_L = 0 \quad U_C = 0$$

$$t + \quad I_L, U_C \text{ - stetig} \Rightarrow I_L = 0 \quad U_C = 0$$

$$\Rightarrow I_C = 1 \quad U_R = 10 \text{ V}$$

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{10 \text{ V}}{150 \Omega} = 0,0666 \text{ A}$$

$$= 66,66 \text{ mA}$$



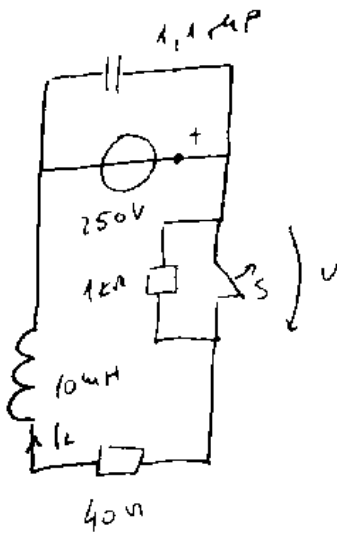
Berechnen Sie den Wert von I unmittelbar nach dem Schließen des Schalters S .

$t < 0 \quad I_L = 0 \quad U_C = 20V$

$t > \quad I_L, U_C$ stetig bzw. $I_L = 0 \quad U_C = 20V \Rightarrow U_R - U_C = 20V$

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{20V}{2200\Omega} = 9,091 \mu A$$

16)



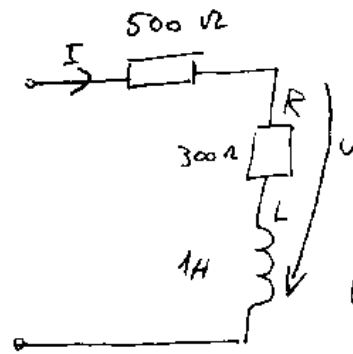
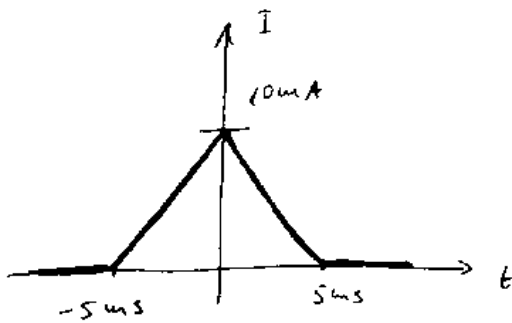
Berechnen Sie U unmittelbar nach dem Öffnen von S .

$t < 0 \quad I_L = \frac{250V}{40\Omega} = 6,25A$

$t > \quad I_L = 6,25A -$ stetig

$$U = R \cdot I_L = 1k\Omega \cdot 6,25A = 6,25kV$$

17)



Berechnen $\frac{dU}{dt}$ und zeichnen Sie maßstäblich richtig den Verlauf von U

$$U = R I + L \dot{I}$$

$t < -5ms \quad I = 0 \quad \dot{I} = 0 \Rightarrow U = 0$

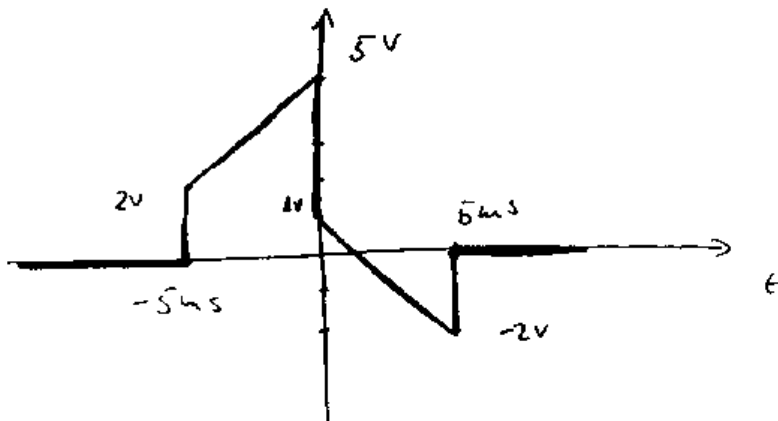
$$-5\text{ms} < t < 0 \quad \dot{I} = \frac{10\text{ }\mu\text{A}}{5\text{ms}} = 2 \frac{\text{A}}{\text{s}} \quad U_L = \dot{I} \cdot L = 2\text{V}$$

$$U = 300\Omega \cdot I + 2\text{V}$$

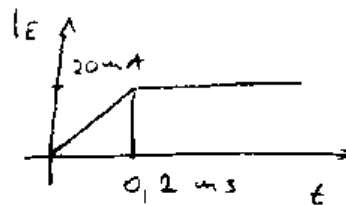
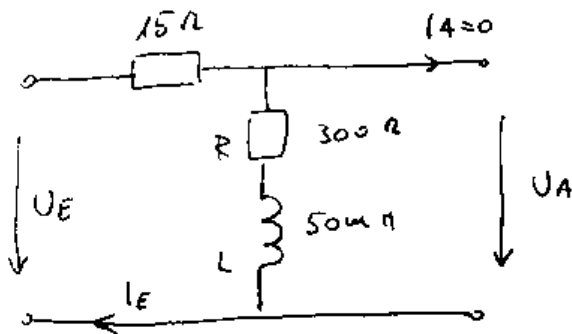
$$0 < t < 5\text{ms} \quad \dot{I} = -2 \frac{\text{A}}{\text{s}} \quad U_L = -2\text{V}$$

$$U = 300\Omega \cdot I - 2\text{V}$$

$$t > 5\text{ms} \quad I = 0 \quad \dot{I} = 0 \quad U = 0$$



(8)

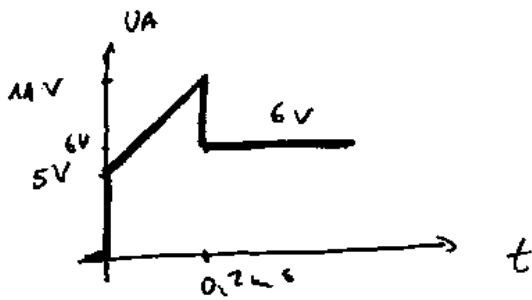


Berechnen und skizzieren Sie den Verlauf von U_A

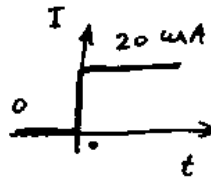
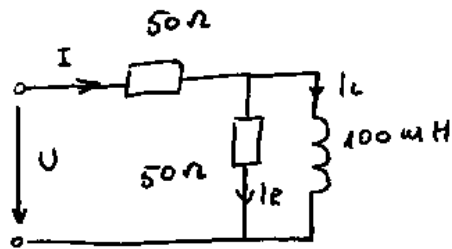
$$0 < t < 0,2\text{ms} \quad \dot{I}_E = \frac{20\text{mA}}{0,2\text{ms}} = 100 \frac{\text{A}}{\text{s}} \quad U_L = L \cdot \dot{I}_E = 5\text{V}$$

$$U_A = R I_E + L \dot{I}_E = 300\Omega \cdot I_E + 5\text{V}$$

$$t > 0,2\text{ms} \quad \dot{I}_E = 0 \quad U_A = R I_E = 6\text{V}$$



19)



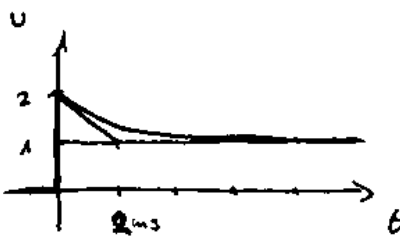
Bestimmen und zeichnen Sie den Verlauf von U.

$t < 0 \quad U = 0 \quad I_L = 0$

t_+ I_L -stetig = 0 $I = I_R \quad U = I \cdot (R_1 + R_2) = 20 \mu A (2 \cdot 50 \Omega) = 2V$

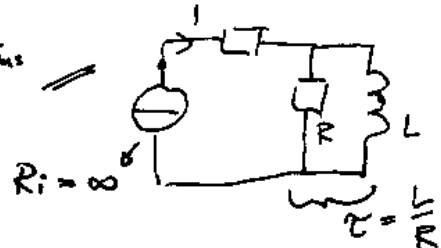
$t \infty \quad I_R = 0 \quad I = I_L \quad U_L = 0$
 $U = I \cdot R_1 = 20 \mu A \cdot 50 \Omega = 1V$

$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,1}{50} = 2 \mu s$

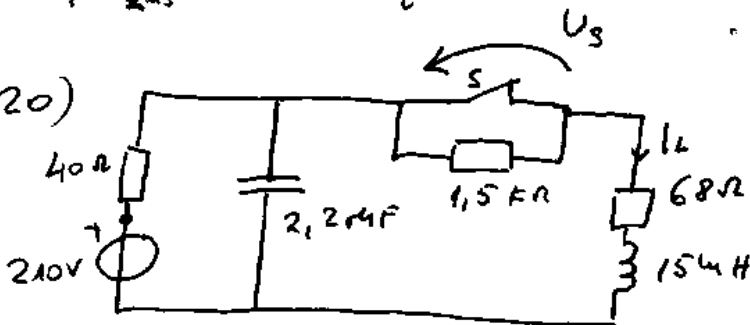


$U = 2V \cdot e^{-\frac{t}{4 \mu s}}$

Der Strom wird eingepreist:



20)

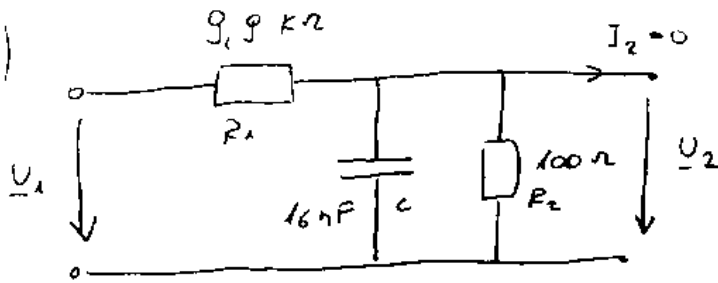


Berechnen Sie den Wert von U_S unmittelbar nach dem Öffnen von S.

$t < 0 \quad I_L = \frac{210V}{40 \Omega + 68 \Omega} = 1,944 A$

t_+ I_L -stetig = ~~1,944 A~~ $U_S = -I_L \cdot 1,5 k\Omega = -2,916 kV$
 $= 1,944 A$

2.1)



Berechnen und skizzieren Sie den Betragsfrequenzgang des Spannungsübertragungsfaktors $G = \frac{U_2}{U_1}$ als

$$\underline{G} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R_2}{\frac{1}{j\omega C} + R_2}}{R_1 + \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R_2}{\frac{1}{j\omega C} + R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + j\omega C R_2 R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega C R_2 R_1}$$

Bode-Diagramm

$$|G| = \frac{R_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (\omega C R_2 R_1)^2}}$$

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{\frac{(R_1 + R_2)^2}{R_2^2} + \frac{(\omega C R_2 R_1)^2}{R_2^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right)^2 + (\omega C R_1)^2}} \quad \omega = \frac{1}{C \cdot R_1}$$

$G = |G| = \left[100^2 + (\omega R_1)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$ Betragsfrequenzgang in logarithmischen Maßstäben (Bode-Diagramm):

$$\lg G = -\frac{1}{2} \lg [100^2 + (\omega R_1)^2] \quad \text{a) } \underline{(\omega R_1)^2 \ll 100^2}$$

$$\text{a) } \Rightarrow \lg G = -\frac{1}{2} \lg 100^2 = -2 \Rightarrow G = 10^{-2}$$

$$\text{b) } (\omega R_1)^2 \gg 100^2 \quad \lg G = -\frac{1}{2} \lg (\omega R_1)^2 \quad \text{Gerade mit Anstieg } -1$$

c) Für $(\omega R_1)^2 = 100^2$ (Knickpunkt)

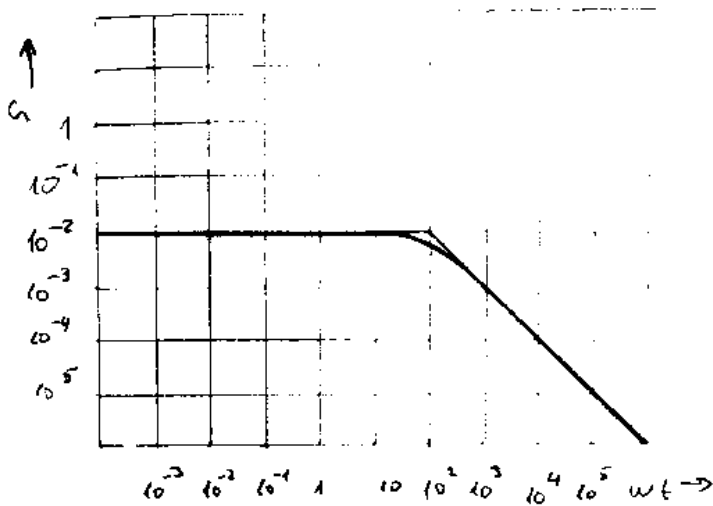
$$\lg G = -\frac{1}{2} \lg [\sqrt{2} \cdot 100]^2 \quad G = \frac{10^{-2}}{\sqrt{2}}$$



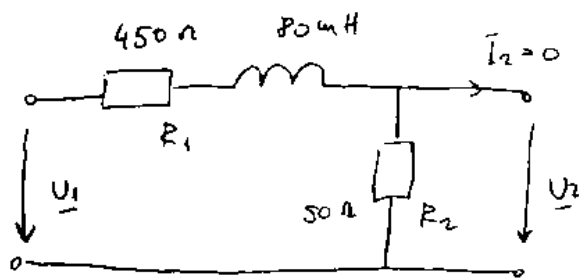
$$2\pi f \cdot \tau = 100$$

$$\tau = C \cdot R_2 = 0,1584 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f \approx 100,5 \text{ kHz}$$



22)



Berechnen und skizzieren Sie den Betragsgang von $G = \frac{U_2}{U_1}$ als Bode-Diagramm

$$\underline{G} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega L}$$

$$G = |\underline{G}| = \frac{R_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (\omega L)^2}} \quad |R_2 \Rightarrow /R_2$$

$$G = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right)^2 + \left(\frac{\omega L}{R_2}\right)^2}}$$

mit $\tau = \frac{L}{R_2}$

$$G = \frac{1}{\sqrt{10^2 + (\omega \tau)^2}}$$

$$G = [10^2 + (\omega \tau)^2]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{bzw.} \quad \lg G = -\frac{1}{2} \lg [10^2 + (\omega \tau)^2]$$

a) $\omega \tau \ll 10 \quad \lg G = -\frac{1}{2} \lg 10^2 = -1 \quad ; \quad G = 10^{-1}$

b) $\omega \tau \gg 10 \quad \lg G = -\frac{1}{2} \lg (\omega \tau)^2 \quad ; \quad G = \omega \tau^{-1}$

Gerade mit Anstieg -1.

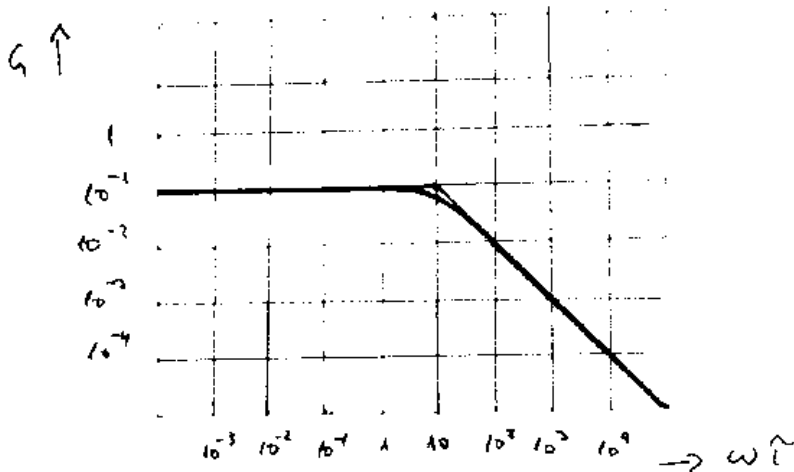
c) Knickpunkt

$$\omega \tau = 10$$

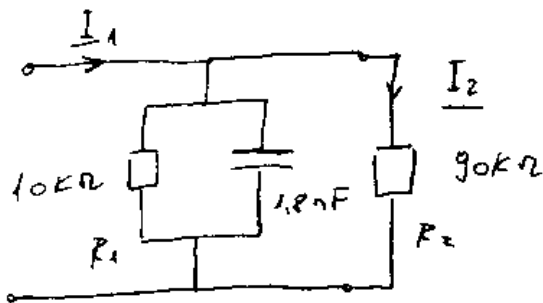
$$\tau = \frac{L}{R_2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\lg G = -\frac{1}{2} \lg (\sqrt{2} \cdot 10)^{\tau} \quad G = \frac{10^{-1}}{\sqrt{2}}$$

$$2\pi f \cdot \tau = 10 \quad f \approx 1 \text{ kHz}$$



23)



Berechnen und skizzieren Sie

den Betragsgang von

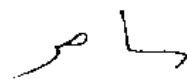
$G = \frac{I_2}{I_1}$ als Bode-Diagramm

$$G = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R_1}{\frac{1}{j\omega C} + R_1}}{R_2 + \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R_1}{\frac{1}{j\omega C} + R_1}} = \frac{\frac{R_1}{1 + j\omega C R_1}}{R_2 + \frac{j\omega C R_1 R_2 + R_1}{1 + j\omega C R_1}} =$$

$$= \frac{R_1}{(R_1 + R_2) + j\omega C R_1 R_2} \quad |G| = \frac{R_1}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (\omega C R_1 R_2)^2}} \quad (R_1 \Rightarrow |R_1|)$$

$$G = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2 + (\omega C R_2)^2}} = \frac{1}{\sqrt{10^2 + (\omega \tau)^2}} = [10^2 + (\omega \tau)^2]^{-\frac{1}{2}}$$

mit $\tau = C \cdot R_2$



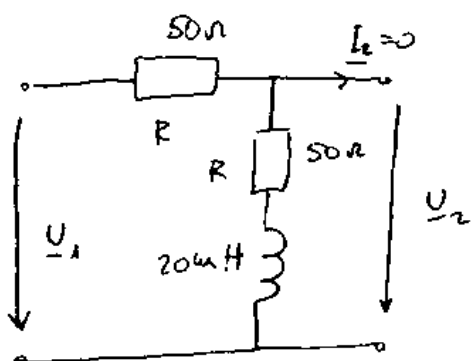
also $\lg G = -\frac{1}{2} \lg [16^2 + (\omega\tau)^2]$

für $\omega\tau = 10$ bzw. $20 \neq \tau = 10$ $\tau = C \cdot R_2 = 0,162 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

$f = 9,8 \text{ kHz}$

a), b), c) und Diagramm - siehe 22)

24)

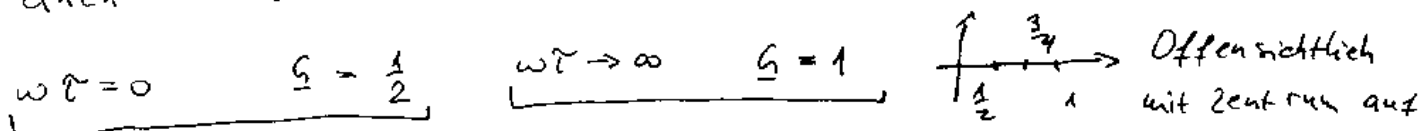


Berechnen und skizzieren Sie die Frequenzgangscharakteristik von $G = U_2/U_1$

$\tau = \frac{L}{R}$

$$G = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R + j\omega L}{R + R + j\omega L} \cdot \frac{1}{R} = \frac{1 + j\frac{\omega L}{R}}{2 + j\frac{\omega L}{R}} = \frac{1 + j\omega\tau}{2 + j\omega\tau}$$

Das ist eine gebrochene lineare Funktion. Sie bildet einen Kreis zB



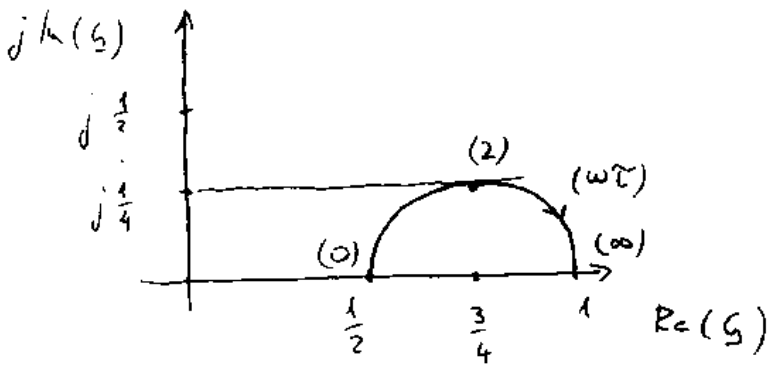
$$G = \frac{1 + j\omega\tau}{2 + j\omega\tau} \cdot \frac{2 - j\omega\tau}{2 - j\omega\tau} = \frac{2 + (\omega\tau)^2}{4 + (\omega\tau)^2} + j \frac{\omega\tau}{4 + (\omega\tau)^2}$$

Wir suchen $\omega\tau$ sodass $\text{Re}(G) = 3/4$ also

$$\frac{2 + (\omega\tau)^2}{4 + (\omega\tau)^2} = \frac{3}{4} \quad 12 + 3(\omega\tau)^2 = 8 + 4(\omega\tau)^2 \quad (\omega\tau)^2 = 4$$

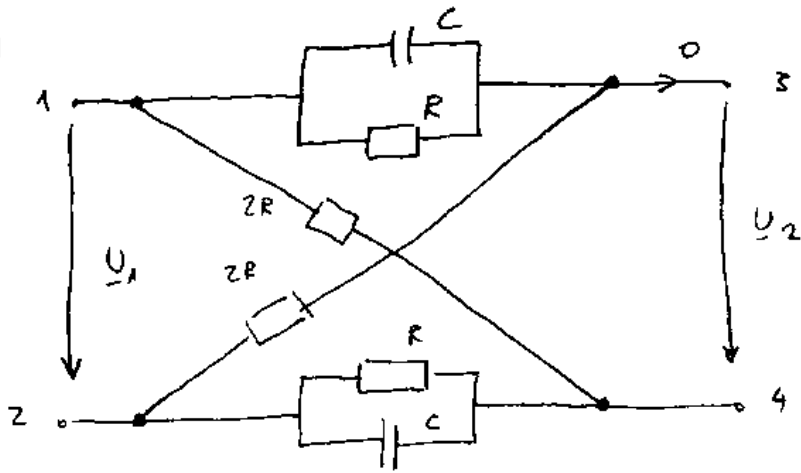
$\omega\tau = 2$

$$\text{Im}(G) = \frac{j \cdot 2}{4 + 4} = \frac{j}{4}$$

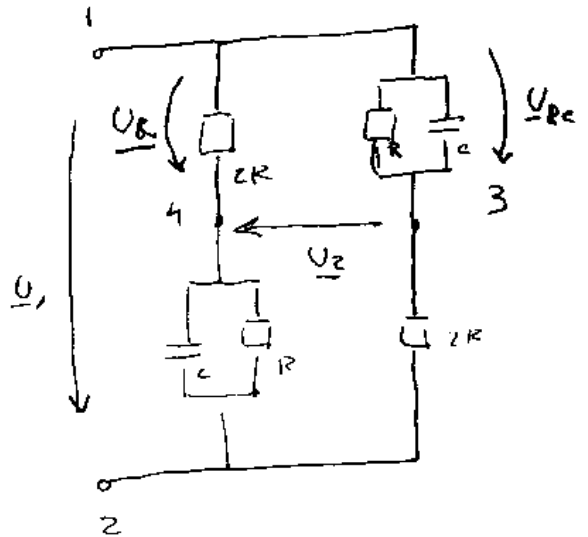
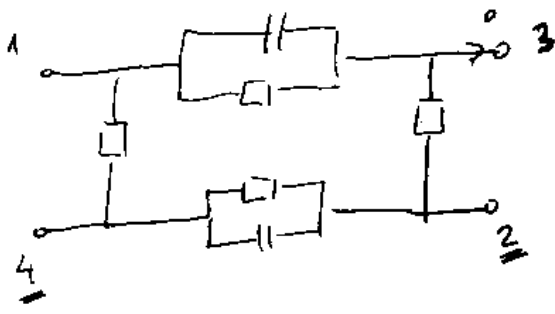


$$\tau = \frac{L}{R} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

25)



Berechnen und zeichnen Sie die Frequenzgangskurve von $G = U_2/U_1$



$$\underline{U}_R = \underline{U}_1 \frac{2R}{2R + \frac{R}{1+j\omega CR}}$$

$$\underline{U}_{Rc} = \underline{U}_1 \frac{\frac{R}{1+j\omega CR}}{2R + \frac{R}{1+j\omega CR}}$$



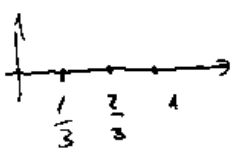
$$U_2 = \underline{U_E} - \underline{U_{Rc}} = \underline{U_1} \left[\frac{2R - \frac{R}{1+j\omega CR}}{2R + \frac{R}{1+j\omega CR}} \right]$$

$$\underline{G} = \frac{\underline{U_2}}{\underline{U_1}} = \frac{\frac{2R + j\omega C \cdot 2R^2 - R}{1+j\omega CR}}{2R + j\omega C \cdot 2R^2 + R} = \frac{R + j\omega C \cdot 2R^2}{3R + j\omega C \cdot 2R^2} \cdot \frac{1/R}{1/R}$$

$$\underline{G} = \frac{1 + 2 \cdot j\omega CR}{3 + 2 \cdot j\omega CR} = \frac{1 + 2 \cdot j\omega \tilde{T}}{3 + 2 \cdot j\omega \tilde{T}} \quad \tilde{T} = CR$$

1) $\omega \tilde{T} = 0 \quad \underline{G} = \frac{1}{3}$

2) $\omega \tilde{T} = \infty \quad \underline{G} = 1$



Also Kreis mit $(2/3, 0)$ als Zentrum.

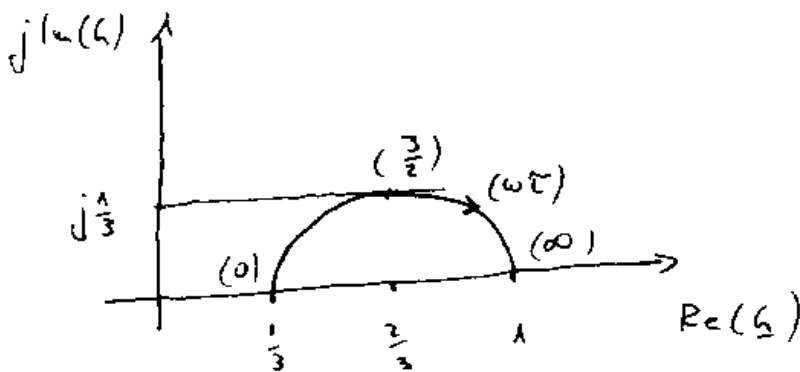
$$\underline{G} = \frac{1+2j\omega\tilde{T}}{3+2j\omega\tilde{T}} \cdot \frac{3-2j\omega\tilde{T}}{3-2j\omega\tilde{T}} = \frac{3+4(\omega\tilde{T})^2}{9+4(\omega\tilde{T})^2} + 4j \frac{\omega\tilde{T}}{9+4(\omega\tilde{T})^2}$$

$$Re(\underline{G}) = \frac{3+4(\omega\tilde{T})^2}{9+4(\omega\tilde{T})^2} = \frac{2}{3}$$

$$9+12(\omega\tilde{T})^2 = 18+8(\omega\tilde{T})^2$$

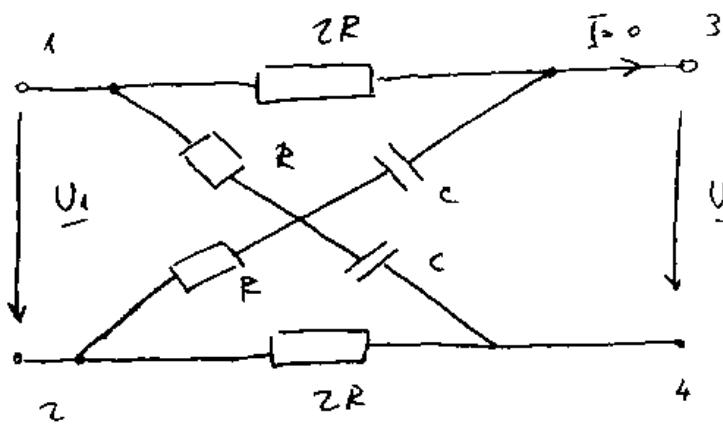
$$4(\omega\tilde{T})^2 = 9 \quad \omega\tilde{T} = \frac{3}{2}$$

$$Im(\underline{G}) = \frac{4 \cdot j \cdot \frac{3}{2}}{9+4 \cdot \frac{9}{4}} = \frac{j \cdot 6}{18} = \frac{1}{3}j$$

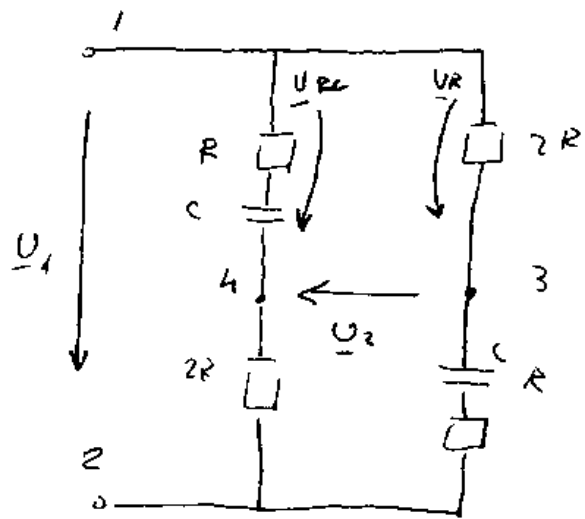
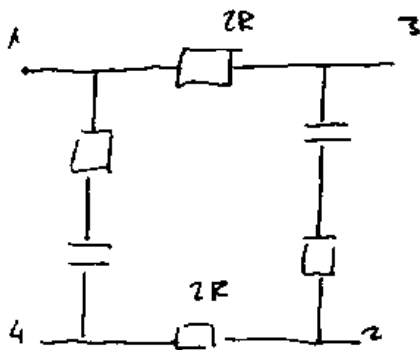


$$\tilde{T} = C \cdot R$$

26)



Berechnen und zeichnen Sie die Frequenzgangskurve von $G = \underline{U}_2 / \underline{U}_1$



$$\underline{U}_R = \underline{U}_1 \cdot \frac{2R}{R + \frac{1}{j\omega C} + 2R}$$

$$\underline{U}_{Rc} = \underline{U}_1 \cdot \frac{R + \frac{1}{j\omega C}}{2R + R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_{Rc} - \underline{U}_R$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_1 \left[\frac{R + \frac{1}{j\omega C} - 2R}{3R + \frac{1}{j\omega C}} \right] \Rightarrow G = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{-R + \frac{1}{j\omega C}}{3R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{j\omega C}{j\omega C}$$

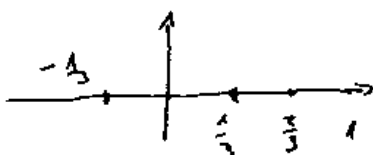
$$G = \frac{1 - j\omega RC}{1 + 3j\omega RC} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + 3j\omega RC} \quad \leftarrow R \cdot C$$

f) $\omega \rightarrow 0$

$$G = 1$$

e) $\omega \rightarrow \infty$

$$G = -\frac{1}{3}$$



Kreis. Zentrum im $(\frac{1}{3}, 0)$

18

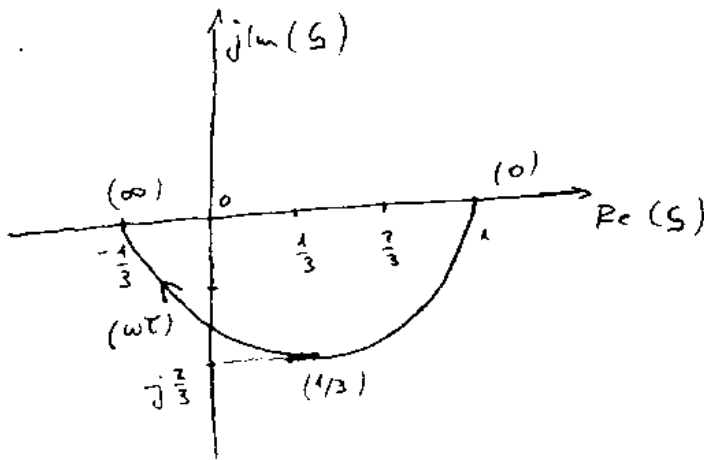
$$G = \frac{1 - j\omega T}{1 + 3j\omega T} \cdot \frac{1 - 3j\omega T}{1 - 3j\omega T} = \frac{1 - 3(\omega T)^2}{1 + 9(\omega T)^2} - 4j \frac{\omega T}{1 + 9(\omega T)^2}$$

$$\operatorname{Re}(G) = \frac{1 - 3(\omega T)^2}{1 + 9(\omega T)^2} = \frac{1}{3}$$

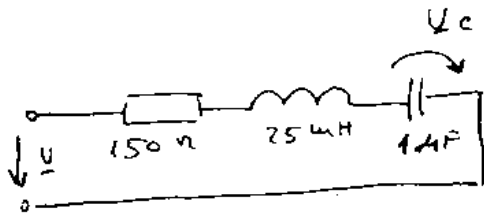
$$3 - 9(\omega T)^2 = 1 + 9(\omega T)^2$$

$$(\omega T)^2 = \frac{1}{9} \quad \omega T = \underline{\underline{\frac{1}{3}}}$$

$$\operatorname{Im}(G) = \frac{-4j \cdot \frac{1}{3}}{2} = -j \frac{2}{3}$$



27)



An der RLC-Reihenschaltung liegt eine Sinusspannung fester Amplitude. Berechnen Sie f , bei der U_c ihre Größtwerte annimmt.

$$\frac{U_c}{U} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{j\omega RC - \omega^2 LC + 1} \quad ; \quad U_c = \frac{U}{1 - \omega^2 LC + j\omega RC}$$

$$U_c = |U_c| = \frac{U}{\sqrt{(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega RC)^2}} = U \cdot [(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega RC)^2]^{-\frac{1}{2}}$$

$$U_c' = U \cdot -\frac{1}{2} [(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega RC)^2]^{-\frac{3}{2}} \cdot [2(1 - \omega^2 LC) \cdot (-2\omega LC) + 2\omega R^2 C^2] = 0$$

$$\text{für } -2 \cdot (1 - \omega^2 LC) \cdot \cancel{2\omega LC} + \cancel{2\omega R^2 C^2} = 0$$

$$2L(1 - \omega^2 LC) = R^2 C$$

$$2L - R^2 C = 2\omega^2 L^2 C$$

$$\omega^2 = \frac{2L - R^2 C}{2L^2 C}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}} \approx 469045^{-1} = 2\pi f$$

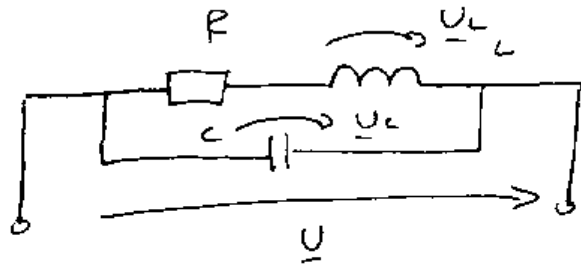
$$f = 746,5 \text{ Hz}$$

28) Ein Einphasiger Verbraucher, ersatzweise dargestellt durch die Reihenschaltung $R=20\Omega$, $L=0,5\text{H}$, arbeitet mit variabler Frequenz. Zur Blindleistungskompensation wird ein Kondensator mit $C=220\mu\text{F}$ parallel geschaltet. Bei welcher Frequenz ist die Blindleistungsbilanz ausgeglichen?

$$R=20\Omega$$

$$L=0,5\text{H}$$

$$C=220\mu\text{F}$$



$$Q_L + Q_C = 0$$

$$Q_L = \frac{U_L^2}{\omega L}$$

$$Q_C = -\omega C U_C^2$$

$$U_C = U$$

$$\underline{U}_L = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} \cdot U$$

$$U_L = |\underline{U}_L| = \frac{\omega L \cdot U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$Q_L = \frac{\frac{(\omega L)^2 U^2}{R^2 + \omega^2 L^2}}{\omega L} = \frac{U^2 \cdot \omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$Q_L + Q_C = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{\omega^2 \omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} = \omega C U^2$$

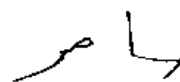
$$L = R^2 C + \omega^2 L^2 \cdot C$$

$$\omega^2 = \frac{L - R^2 C}{L^2 C}$$

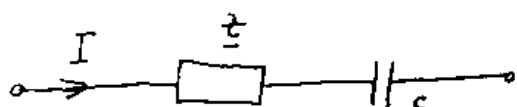
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$\omega = 86,55 \text{ s}^{-1} = 2\pi f$$

$$f = 13,775 \text{ Hz}$$



29) Ein großer, einphasiger Verbraucher benötigt einen 50Hz Sinusstrom von $I = 1,4 \text{ kA}$. Er nimmt dabei die $P = 1,5 \text{ MW}$ und $Q = 2,5 \text{ MVA}$. Wie groß muß die Kapazität eines in Reihe mit dem Verbraucher zu schaltenden Kondensators sein damit die ganze Anordnung mit maximalem Leistungsfaktor arbeitet



Q_c muß $-2,5 \text{ MVA}$ sein

$$Q_c = -\omega C U_c^2 = -\frac{I^2}{\omega C} = -2,5 \text{ MVA} \quad C = \frac{I^2}{\omega Q}$$

$$C = \frac{(1400)^2 \text{ A}^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot 2,5 \cdot 10^6 \text{ VA}} = 2,496 \text{ } \mu\text{F}$$

30) Ein einphasiger Verbraucher nimmt aus einem 50Hz-220V Netz $P = 10 \text{ kW}$ mit $\cos(\varphi) = 0,6$ (Kap.) auf.

Durch Reihenschaltung einer annähernd idealen Spule soll der Leistungsfaktor zu 1 gemacht werden wobei die Versorgungsspannung angepaßt wird. Wie groß muß L sein?



$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = U \cdot I = 16666,7$$

$$I = \frac{S}{U} = 75,76 \text{ A}$$

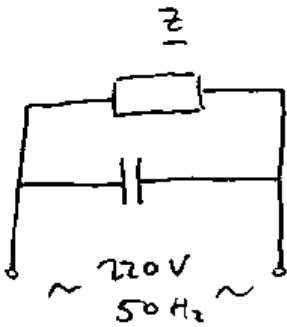
$$Q = P \cdot \tan \varphi \quad ; \quad \varphi = \arccos(0,6)$$

$$Q = 13333 = Q_L$$

$$Q_L = \omega L I^2$$

$$L = \frac{Q_L}{I^2 \omega} = 7,4 \text{ mH}$$

31) Ein ~~divers~~ inductiver Verbraucher n mit 145 an einem $50\text{ Hz} - 220\text{ V}$ Netz die Wirkleistung $P = 6\text{ kW}$ mit $\cos(\varphi) = 0,6$ auf. Wie groß muß C eines parallelgeschalteten Kondensators sein, damit der Leistungsfaktor der ganzen Anordnung maximal wird?



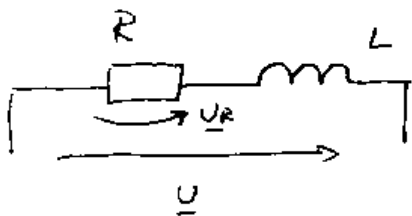
$$Q = P \cdot \tan \varphi \quad \varphi = \arccos(0,6)$$

$$Q = 8000\text{ VA} = -Q_C$$

$$Q_C = -\omega C U_C^2$$

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot \omega} = 526,13 \mu\text{F}$$

32) Eine R-L Reihenschaltung soll an $220\text{ V} - 50\text{ Hz}$ und an $230\text{ V} - 60\text{ Hz}$ die gleiche Wirkleistung von 100 W aufnehmen. Wie groß sind Widerstand und Induktivität der Spule zu wählen?



Die Wirkleistung wird nur vom Widerstand aufgenommen.

Die Spule nimmt hingegen nur Blindleistung auf.

$$P = \frac{U_R^2}{R}$$

$$U_R = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot U$$

$$U_R = \frac{R U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$



$$P = \frac{R^2 U^2}{R^2 + (\omega L)^2} = \frac{R U^2}{R^2 + \omega^2 L^2} \quad \text{also}$$

$$PR^2 + P\omega_1^2 L^2 = R U_1^2 \Rightarrow L^2 = \frac{R U_1^2 - PR^2}{P\omega_1^2}$$

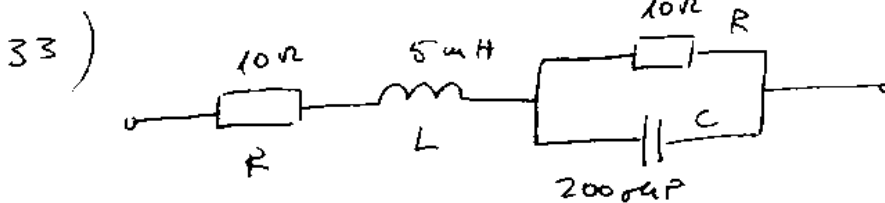
$$PR^2 + P\omega_2^2 L^2 = R U_2^2$$

$$PR^2 + \frac{P\omega_2^2 \cdot (R U_1^2 - PR^2)}{P\omega_1^2} = R U_2^2 \quad ; \quad PR^2 \cdot \omega_1^2 + R U_1^2 \cdot \omega_2^2 - PR^2 \omega_2^2 = R U_2^2 \omega_1^2 \quad /R$$

$$PR\omega_1^2 + U_1^2 \omega_2^2 - PR\omega_2^2 = U_2^2 \omega_1^2 \quad R(P\omega_1^2 - P\omega_2^2) = U_2^2 \omega_1^2 - U_1^2 \omega_2^2$$

$$R = \frac{U_2^2 \omega_1^2 - U_1^2 \omega_2^2}{P\omega_1^2 - P\omega_2^2} = \frac{U_2^2 f_1^2 - U_1^2 f_2^2}{P f_1^2 - P f_2^2} = 381,73 \Omega$$

und $L^2 = 0,396 \quad L = 0,629 \text{ H}$



Geben Sie die Frequenzbereiche, in denen sich die Schaltung:

- i) Ohmisch-induktiv
 - ii) ohmisch-kapazitiv
- verhält

i) Ohmisch-induktiv $Q > 0$ bzw $Q = X^2 \Rightarrow X > 0$

$$\underline{Z} = R + j\omega L + \frac{R}{1 + j\omega RC} \cdot \frac{1 - j\omega RC}{1 - j\omega RC} = R + j\omega L + \frac{R - j\omega R^2 C}{1 + (\omega RC)^2}$$

$$= \left[R + \frac{R}{1 + (\omega RC)^2} \right] + j \cdot \left[\omega L - \frac{\omega R^2 C}{1 + (\omega RC)^2} \right]$$

$$X = \frac{\omega L + \omega^3 R^2 C^2 L - \omega R^2 C}{1 + (\omega RC)^2} \quad X > 0 \text{ für } \omega L + \omega^3 R^2 C^2 L - \omega R^2 C > 0 / \omega$$

$$L + \omega^2 R^2 C^2 L - R^2 C > 0 \quad \omega^2 > \frac{R^2 C - L}{R^2 C^2 L} \quad \omega > \sqrt{\frac{R^2 C - L}{R^2 C^2 L}}$$

$$\omega > 866 \quad 2\pi f > 866 \quad f > 137,83 \text{ Hz}$$

ii) für $f < 137,83 \text{ Hz}$ wirkt die ohmsch-kapazitiv

und für $f = 137,83 \text{ Hz}$ wirkt die Schaltung als reeller Widerstand.

34) Eine Wechselstromdrossel mit Eisenkern und Luftspalt soll bei 50 Hz die Reaktanz 200Ω darstellen und den effektiven Strom 15 A führen. Wie groß ist die Querschnittsfläche des Kerns zu wählen, wenn der Scheitelwert der Flussdichte $1,2 \text{ T}$ nicht übersteigen soll und die Windungszahl $N=40$ beträgt?

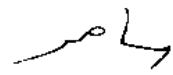
$$u = RI + \dot{\Phi}_V \quad R=0 \quad \text{also} \quad u = \dot{\Phi}_V = N \cdot \dot{\Phi}_\bullet$$

$$\underline{u} = N \cdot \underline{\dot{\Phi}_V} \quad \hat{u} = \underline{u} \cdot \sqrt{2} = N \cdot j\omega \hat{\Phi} = N \cdot j\omega \hat{B} \cdot A$$

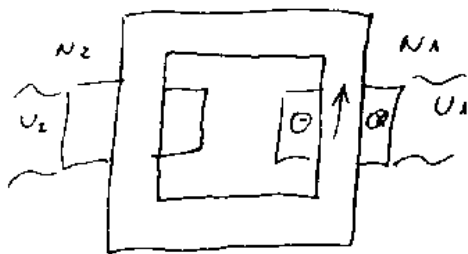
$$A = \frac{\underline{u} \sqrt{2}}{N \cdot j\omega \hat{B}} \quad \text{bzw.} \quad A = \frac{U \sqrt{2}}{N \omega \hat{B}}$$

$$U = \omega L \cdot I = X \cdot I \quad \rightarrow \quad A = \frac{X \cdot I \cdot \sqrt{2}}{N \cdot \omega \cdot \hat{B}} = \frac{200 \frac{\Omega}{A} \cdot 15 \text{ A} \cdot \sqrt{2}}{40 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 1,2 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 0,281 \text{ m}^2$$



35) Ein näherungsweise idealer Trafo mit Eisenkern soll an einem 50 Hz - Sinusnetz arbeiten und dabei den Spannungseffektivwert 240 V in den Spannungseff. wert 30 V übersetzen. Der Eisenkern besitzt einheitlich die Querschnittsfläche 10 cm^2 und die mag. Flussdichte soll den Scheitelwert $1,5 \text{ T}$ nicht übersteigen. Wie groß müssen dazu die Windungszahlen sein?



Bei einem idealen Trans. gilt

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_1 = 240 \text{ V} \quad U_2 = 30 \text{ V}$$

$$u = \dot{\Phi}_V = N \cdot \dot{\Phi} \quad \hat{u}_1 = \sqrt{2} U_1 = N_1 \cdot j\omega \hat{\Phi} = N_1 \cdot j\omega \hat{B} \cdot A$$

$$N_1 = \frac{\sqrt{2} U_1}{\omega \hat{B} \cdot A} = \frac{\sqrt{2} \cdot 240 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot 1,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 720$$

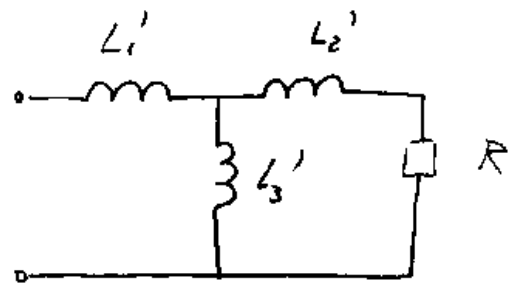
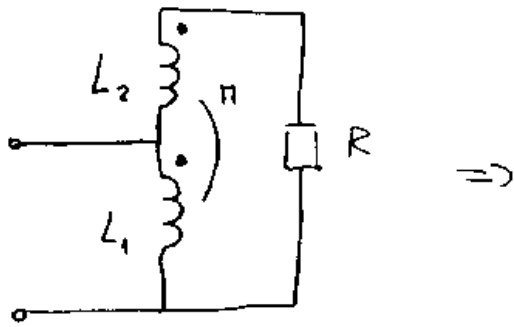
$$N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2}{U_1} = 720 \cdot \frac{30}{240} = 90$$

36) Eine Drossel mit Eisenkern und Luftspalt soll in einem 50 Hz - Netz die Spannung 10 kV aufnehmen. Der Querschnitt des Eisenkerns beträgt 500 cm^2 und der Scheitelwert der Flussdichte im Kern soll $1,8 \text{ T}$ nicht überschreiten. Wie groß ist die erforderliche Windungszahl?

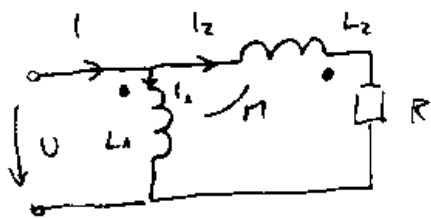
$$\hat{u} = \sqrt{2} U = N \cdot j\omega \hat{\Phi} = N \cdot j\omega \hat{B} \cdot A$$

$$N = \frac{\sqrt{2} U}{\omega \hat{B} \cdot A} = \frac{\sqrt{2} \cdot 10^4 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot 1,8 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 500 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 500$$

37)



Die Schaltung links mit gekoppelten Spulen soll durch die Ersatzschaltung rechts mit ungekoppelten Spulen dargestellt werden. Berechnen Sie allgemein die Ersatzparameter L_1' , L_2' und L_3'



$$U = L_1 \dot{I}_1 - M \cdot \dot{I}_2$$

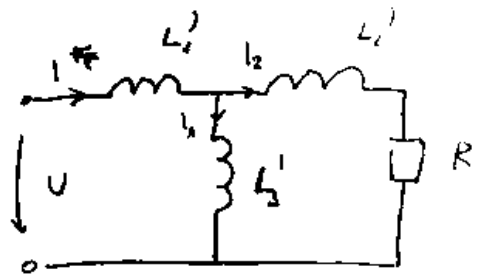
$$U = L_2 \dot{I}_2 - M \cdot \dot{I}_1 + I_2 \cdot R$$

Durch Koeffizientenvergleich erhalten wir:

$$\underline{L_1' = -M}, \quad L_1 = L_1' + L_3'$$

$$\underline{L_3' = L_1 + M}$$

$$L_2 = L_1' + L_2' \quad \underline{L_2' = L_2 + M}$$



$$U = L_1' \dot{I} + L_3' \dot{I}_1$$

$$U = L_1' \dot{I} + L_2' \dot{I}_2 + I_2 R$$

mit $I = I_1 + I_2$

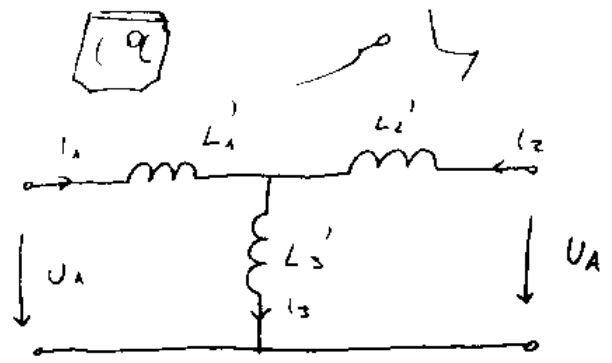
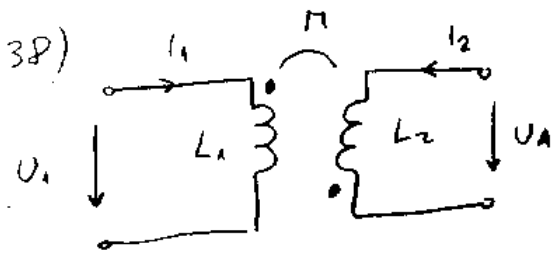
$$U = L_1' \dot{I}_1 + L_1' \dot{I}_2 + L_3' \dot{I}_1$$

$$U = L_1' \dot{I}_1 + L_1' \dot{I}_2 + L_3' \dot{I}_2 + I_2 R$$

$$U = \dot{I}_1 (L_1' + L_3') + \dot{I}_2 L_1'$$

$$U = L_1' \dot{I}_1 + \dot{I}_2 (L_1' + L_2') + I_2 R$$

GET 2 2. KLAUSUR



Berechnen Sie, ausgehend von der Schaltung links,

L_1' , L_2' und L_3'

$$U_1 = \dot{i}_1 L_1 - \dot{i}_2 M$$

$$U_A = \dot{i}_2 L_2 - \dot{i}_1 M$$

$$U_1 = \dot{i}_1 L_1' + \dot{i}_3 L_3'$$

$$U_A = \dot{i}_2 L_2' + \dot{i}_3 L_3'$$

mit $i_1 + i_2 = i_3$

$$U_1 = \dot{i}_1 (L_1' + L_3') + \dot{i}_2 \cdot L_3'$$

$$U_A = \dot{i}_2 (L_2' + L_3') + \dot{i}_1 \cdot L_3'$$

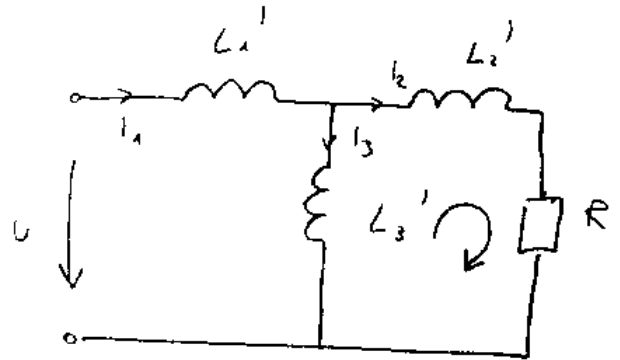
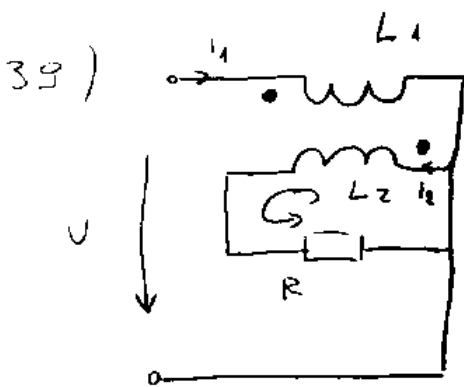
Durch Koeffizientenvergleich erhalten wir:

$$\underline{L_3' = -M}$$

$$L_1' + L_3' = L_1$$

$$\underline{L_1' = L_1 + M}$$

$$L_2' + L_3' = L_2 \quad \underline{L_2' = L_2 + M}$$



Berechnen Sie L_1' , L_2' und L_3'

$$U = L_1 \dot{i}_1 + M \dot{i}_2$$

$$\Phi = L_2 \dot{i}_2 + M \dot{i}_1 + R \dot{i}_2$$

$$U = \dot{i}_1 L_1' + L_3' \dot{i}_3$$

$$\Phi = \dot{i}_2 L_2' + \dot{i}_2 R - \dot{i}_3 L_3'$$

mit $\underline{i_3 = i_1 - i_2}$

$$U = \dot{i}_1 (L_1' + L_3') - \dot{i}_2 L_3'$$

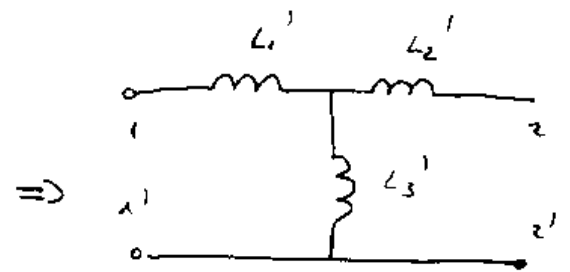
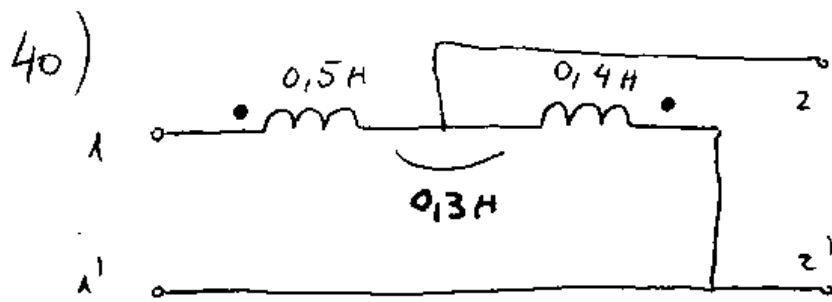
$$\Phi = \dot{i}_2 (L_2' + L_3') - \dot{i}_1 L_3' + \dot{i}_2 R$$

Koeffizientenvergleich liefert

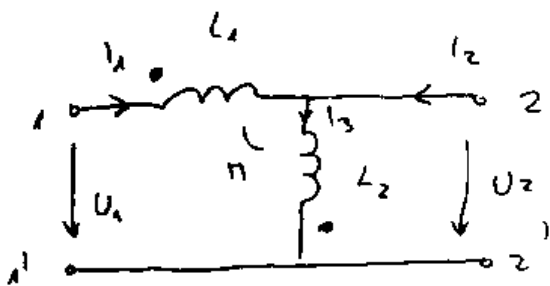
$$\underline{L_3' = -M}$$

$$L_1' + L_3' = L_1 \quad \underline{L_1' = L_1 + M}$$

$$L_2' + L_3' = L_2 \quad \underline{L_2' = L_2 + M}$$



Berechnen Sie L_1' , L_2' und L_3'

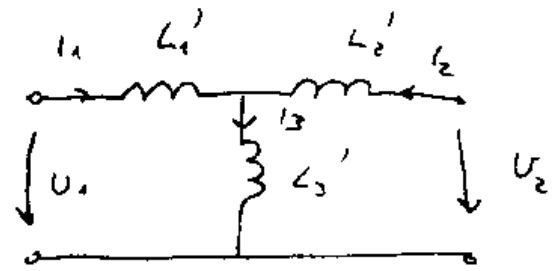


$$U_1 = \dot{i}_1 L_1 - \dot{i}_3 M + \dot{i}_2 L_2 - \dot{i}_1 M$$

$$U_2 = \dot{i}_3 L_2 - \dot{i}_1 M$$

$$U_1 = \dot{i}_1 (L_1 - M) + \dot{i}_2 (L_2 - M)$$

$$U_2 = \dot{i}_2 L_2 - \dot{i}_1 M$$



$$U_1 = \dot{i}_1 L_1' + \dot{i}_3 L_3'$$

$$U_2 = \dot{i}_2 L_2' + \dot{i}_3 L_3'$$

mit $i_2 = i_3 - i_1$

$$U_1 = \dot{i}_1 L_1' + \dot{i}_3 L_3'$$

$$U_2 = \dot{i}_3 (L_2' + L_3') - \dot{i}_1 L_2'$$

Und daraus folgt:

$$\underline{L_1' = L_1 - M} \quad \underline{L_3' = L_2 - M}$$

$$L_2' = M$$

$$L_2' + L_3' = L_2$$

$$L_3' = L_2 - L_2' = L_2 - M$$

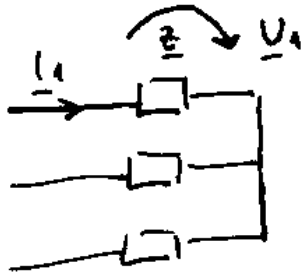
bzw. mit $L_1 = 0,5 \text{ H}$ $L_2 = 0,4 \text{ H}$ $M = 0,3 \text{ H}$

$$L_1' = 0,2 \text{ H}$$

$$L_3' = 0,1 \text{ H}$$

$$L_2' = 0,3 \text{ H}$$

41) Ein symmetrischer Drehstromverbraucher in Sternschaltung soll insgesamt die Wirkleistung $P=4\text{ MW}$ und die Blindleistung $Q=2\text{ MVA}$ aufnehmen. Als Außenleiterstrom ist maximal 6 kA zulässig. Wie groß ist die zugehörige Strangspannung?

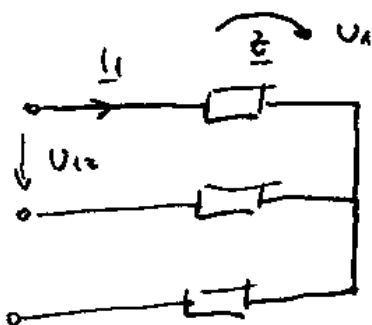


$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{20} \text{ MVA}$$

$$S = 3 U_1 I_1 \quad U_1 = \frac{S}{3 I_1} = \frac{4,47 \cdot 10^6 \text{ VA}}{3 \cdot 6 \cdot 10^3 \text{ A}}$$

$$U_1 = 0,248 \text{ kV}$$

42) Wie groß sind die zu erwartenden Ströme in einer geplanten Höchstspannungs-Übertragungsleitung 3AC 60 Hz 1200 kV, mit der die Wirkleistung $5,8\text{ GW}$ bei maximalem Leistungsfaktor übertragen werden soll.



3AC 60 Hz 1200 kV

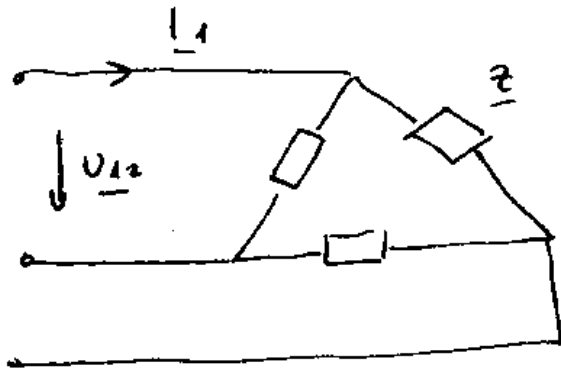
$$U_{12} = 1200 \text{ kV} \quad \lambda = 1$$

$$P = \sqrt{3} U_{12} I_1 \cdot \lambda$$

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} U_{12}} = \frac{5,8 \cdot 10^9 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 1200 \cdot 10^3 \text{ V}} = 2790,5 \text{ A}$$

$$\approx 2,8 \text{ kA}$$

43) Ein symmetrischer Drehstromverbraucher in Dreieckschaltung nimmt an einem Netz 3 AC 50 Hz 400 V die Wirkleistung $P = 30 \text{ kW}$ mit dem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,85$ auf. Für welche effektive Stromstärke sind die Außenleiter zu bemessen?



3 AC 50 Hz 400 V

$$U_{12} = 400 \text{ V}$$

$$P = \sqrt{3} U_{12} I_1 \cdot \cos \varphi$$

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} U_{12} \cdot \cos \varphi} = \frac{30 \cdot 10^3 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 50,94 \text{ A}$$

44) Ein symmetrischer Drehstromverbraucher besitzt an symmetrischen Netz

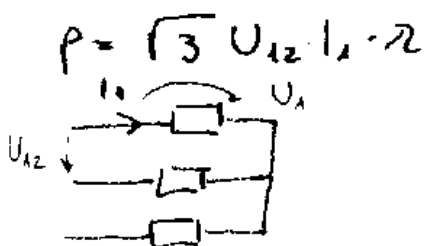
3 ~ 50 Hz 400 / 230 V Leistungsdaten:

$$P = 11,4 \text{ kW}, \quad \cos \varphi = 0,73 \text{ (Kap.)}$$

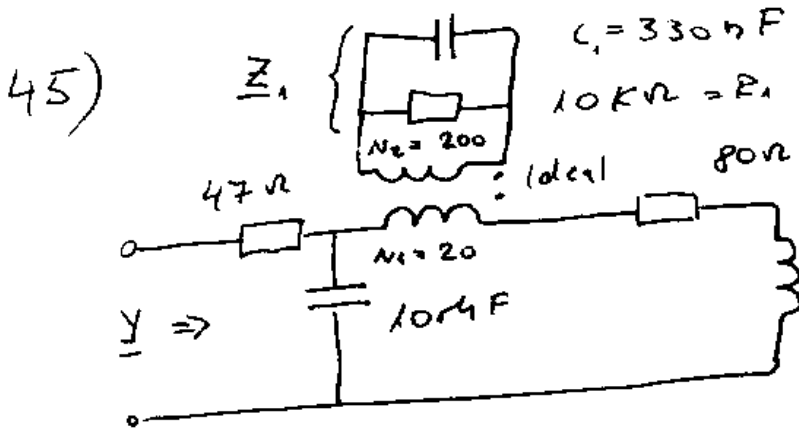
Für welche Stromstärke ist die Anschlussleitung auszuliegen?

$$U_{12} = 400 \text{ V} \quad U_1 = \frac{U_{12}}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} U_{12} \cdot \cos \varphi} = \frac{P}{3 U_1 \cdot \cos \varphi} = 22,6 \text{ A}$$



30



$f = 50 \text{ Hz}$

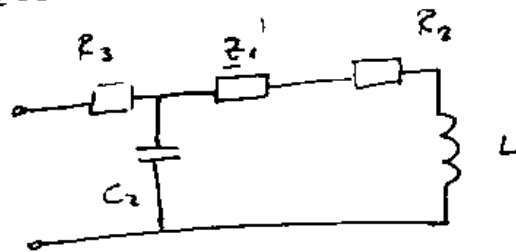
$\omega = 2\pi f$

Geben Sie gesuchte Admittanz \underline{Y} an!

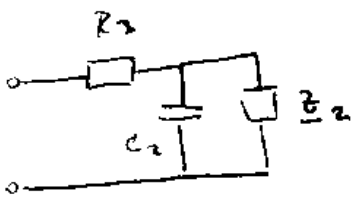
$$\underline{z}_1 = \frac{R_1}{j\omega R_1 C_1 + 1} = \frac{10000}{j \cdot 1,037 + 1} \cdot \frac{1 - j \cdot 1,037}{1 - j \cdot 1,037} = 4819,7 - j \cdot 4998,1$$

$\underline{z}'_1 = n^2 \cdot \underline{z}_1$ $n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{20}{200} = 0,1$ $n^2 = 0,01$

$\underline{z}'_1 = 48,2 - j \cdot 50$



$\underline{z}_2 = \underline{z}'_1 + R_2 + j\omega L = 48,2 - j \cdot 50 + 80 + j \cdot 78,5 = 128,2 + j \cdot 28,5$

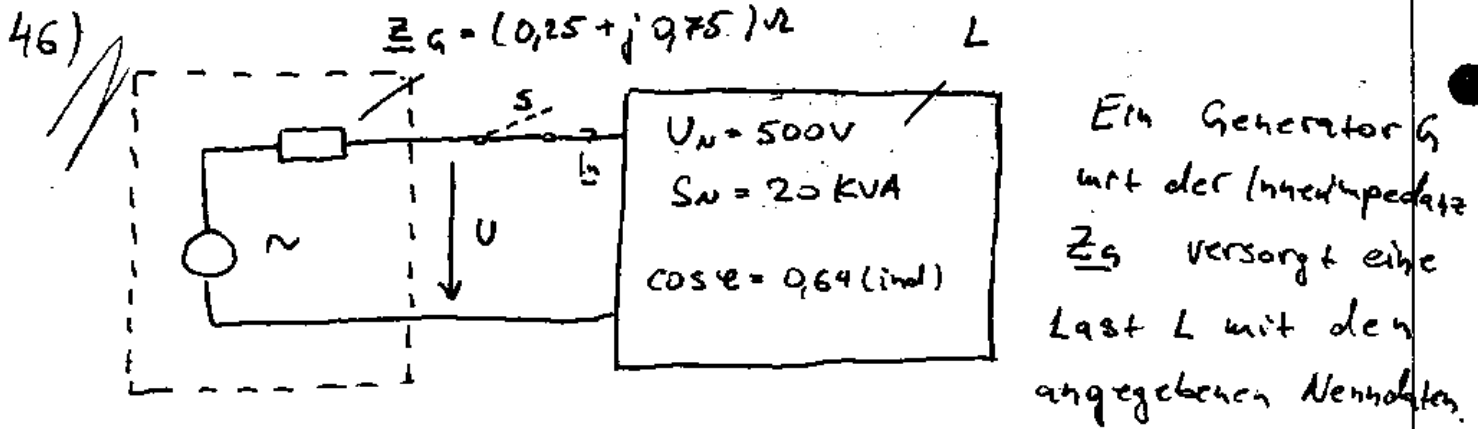


$\underline{z}_3 = \frac{\underline{z}_2}{j\omega C_2 + 1} = \frac{128,2 + j \cdot 28,5}{1 + j \cdot 0,4 - 0,09}$

$\underline{z}_3 = \frac{128,2 + j \cdot 28,5}{0,91 + j \cdot 0,4} \cdot \frac{0,91 - j \cdot 0,4}{0,91 - j \cdot 0,4} = 129,6 - j \cdot 25,7$

$\underline{z}_g = R_3 + \underline{z}_3 = 176,6 - j \cdot 25,7$

$\underline{Y}_g = \frac{1}{\underline{z}_g} = \frac{1}{176,6 - j \cdot 25,7} \cdot \frac{176,6 + j \cdot 25,7}{176,6 + j \cdot 25,7} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ S} + j \cdot 0,81 \cdot 10^{-3} \text{ S}$



Welcher Spannungseffektivwert U stellt sich nach dem Öffnen des Schalters S ein, wenn die Quellenspannung des Generators näherungsweise lastunabhängig angenommen wird.

$$S_N = U_N I_N \quad I_N = \frac{S_N}{U_N} = 40 \text{ A} = \underline{I_N} \quad (\text{real angenommen})$$

$$\underline{Z}_L = \frac{U_N}{I_N} = 12,5 \Omega \quad R = R_e(\underline{Z}_L) = Z_L \cdot \cos \varphi = 12,5 \cdot 0,64 = 8 \Omega$$

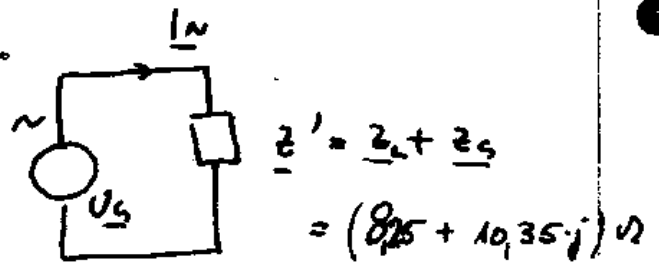
$$X = \text{Im}(\underline{Z}_L) = Z_L \cdot \sin \varphi = 12,5 \cdot 0,76 = 9,6 \Omega$$

$\varphi = \arccos(0,64) = 50,21^\circ > 0$
da sich die Last induktiv verhält

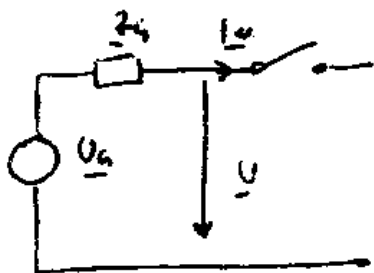
(X , bzw. $\sin \varphi > 0$) \longrightarrow

$$\underline{Z}_L = R + jX = (8 + j9,6) \Omega$$

$$\underline{U}_G = \underline{Z}' \cdot \underline{I_N} = (330 + j414,8) \text{ V}$$



Wenn S geöffnet gilt:

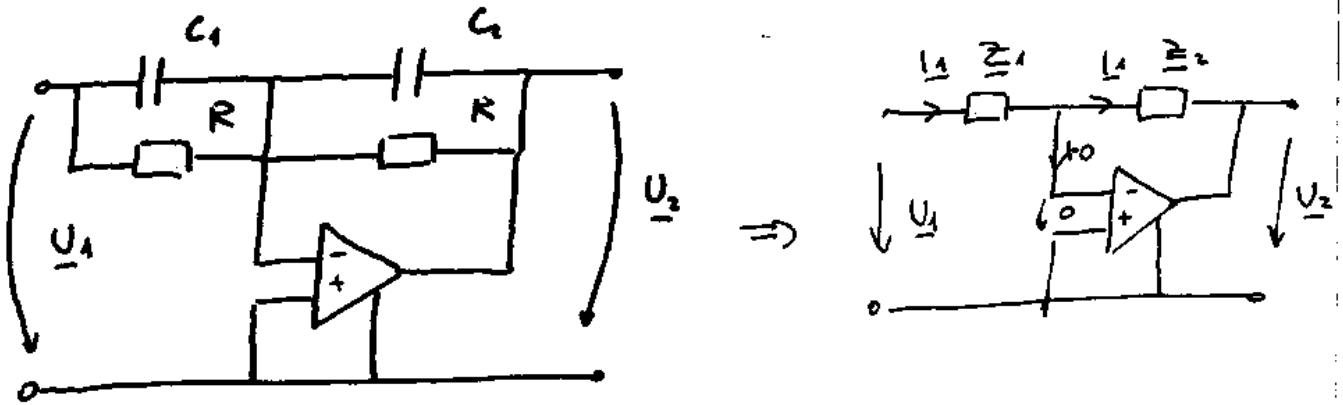


$$\underline{I_N} = 0$$

$$\underline{U} = \underline{U}_G = (330 + j414,8) \text{ V}$$

$$U = |\underline{U}_G| = \sqrt{330^2 + (414,8)^2} \approx 529,4 \text{ V}$$

47) Berechnen und skizzieren Sie $\underline{G} = \underline{U}_2 / \underline{U}_1$ als Bode-Diagramm:



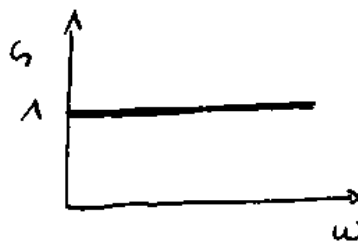
$$\underline{z}_1 = \frac{R}{j\omega C_1 R + 1} \quad \underline{z}_2 = \frac{R}{j\omega C_2 R + 1} \quad \underline{U}_1 = \underline{I}_1 \underline{z}_1 \quad \underline{U}_2 = -\underline{I}_2 \underline{z}_2$$

$$\underline{G} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = - \frac{\underline{I}_2 \underline{z}_2}{\underline{I}_1 \underline{z}_1} = - \frac{\frac{R}{j\omega C_2 R + 1}}{\frac{R}{j\omega C_1 R + 1}} = - \frac{1 + j\omega C_1 R}{1 + j\omega C_2 R} = \frac{1 + j\omega \tau_1}{1 + j\omega \tau_2}$$

$$\tau_1 = RC_1 \quad \tau_2 = RC_2$$

$$G = |\underline{G}| = \sqrt{\frac{1 + (\omega \tau_1)^2}{1 + (\omega \tau_2)^2}} \quad \lg G = \frac{1}{2} \lg [1 + (\omega \tau_1)^2] - \frac{1}{2} \lg [1 + (\omega \tau_2)^2]$$

i) $\tau_1 = \tau_2 \quad G = 1$



ii) $\tau_1 < \tau_2$

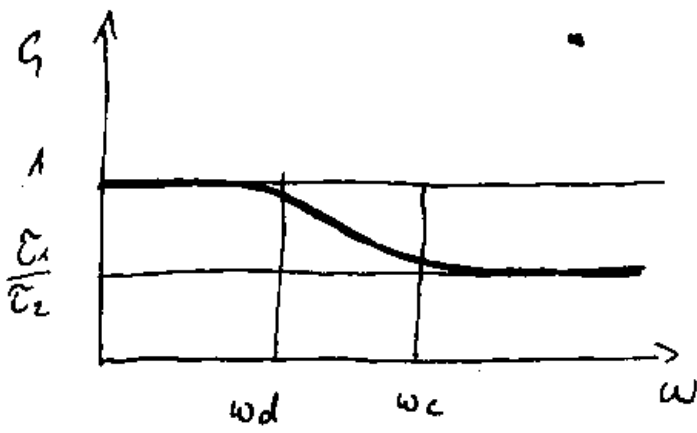
a) $\omega \tau_{1/2} \ll 1 \quad \lg G = \frac{1}{2} \lg 1 - \frac{1}{2} \lg 1 = 0 \quad G = 1$

b) $\omega \tau_{1/2} \gg 1 \quad G = \sqrt{\frac{(\omega \tau_1)^2}{(\omega \tau_2)^2}} = \frac{\tau_1}{\tau_2} < 1$

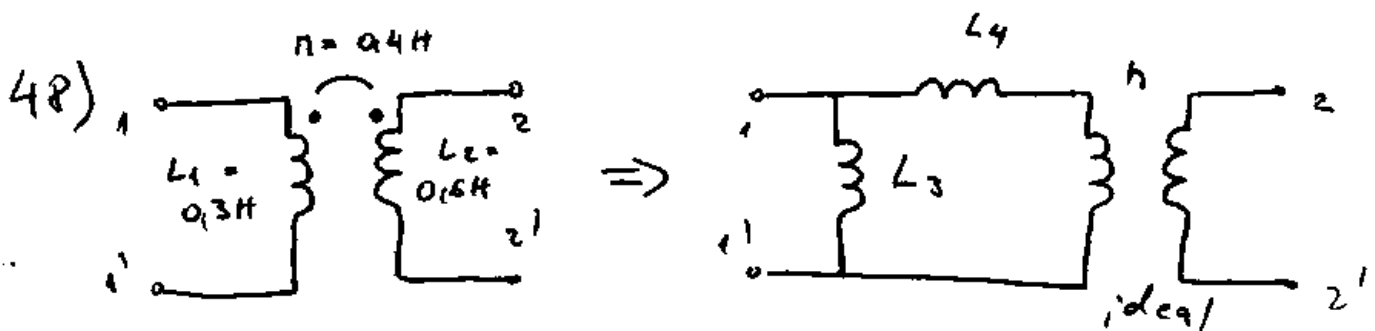
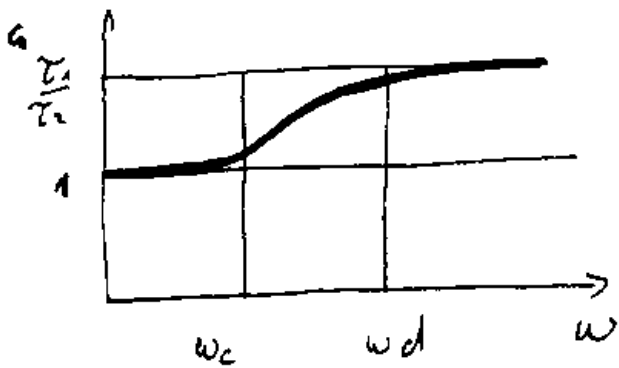
c) $\omega_c = \frac{1}{\tau_1}$

d) $\omega_d = \frac{1}{\tau_2}$

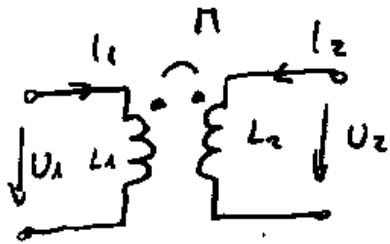
$\omega_d < \omega_c$



- iii) $\tilde{L}_1 > \tilde{L}_2$
- a) $\omega \tilde{L}_{112} \ll 1$ $G = 1$
- b) $\omega \tilde{L}_{112} \gg 1$ $G = \frac{\tilde{L}_1}{\tilde{L}_2} > 1$
- c) $\omega_c = \frac{1}{\tilde{L}_1}$ d) $\omega_d = \frac{1}{\tilde{L}_2}$ $\omega_c < \omega_d$

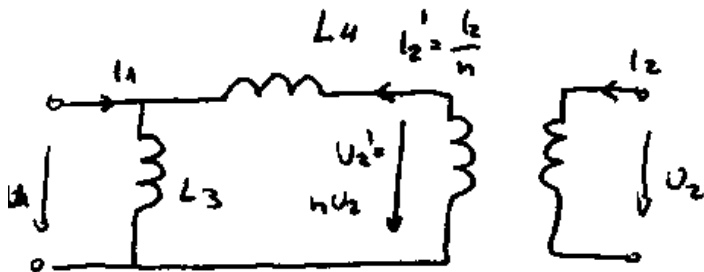


Stellen Sie den links angegebenen Transformator durch die rechte Ersatzschaltung dar, bzw. berechnen Sie die Parameter L_3, L_4, h !



$$U_1 = L_1 \dot{i}_1 + M \dot{i}_2$$

$$U_2 = M \dot{i}_1 + L_2 \dot{i}_2$$



$$\frac{U_2'}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$$

$$U_2' = U_2 \cdot n$$

$$\frac{i_2'}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{n}$$

$$i_2' = \frac{i_2}{n}$$

$$U_1 = L_3 \cdot (\dot{i}_1 + \dot{i}_2') = L_3 \dot{i}_1 + L_3 \frac{\dot{i}_2}{n}$$

$$U_2' = n \cdot U_2 = L_4 \cdot \frac{\dot{i}_2}{n} + L_3 (\dot{i}_1 + \frac{\dot{i}_2}{n}) = L_3 \dot{i}_1 + \frac{\dot{i}_2}{n} (L_4 + L_3) \quad | : n$$

$$U_2 = L_3 \frac{\dot{i}_1}{n} + \frac{\dot{i}_2}{n^2} (L_4 + L_3)$$

Ein Koeffizientenvergleich liefert dann:

$$\underbrace{L_3 = L_1} \quad \frac{L_3}{n} = M \quad / \quad L_2 = \frac{L_4 + L_3}{n^2} \quad L_2 \cdot n^2 = L_4 + L_3$$

$$\underbrace{n = \frac{L_3}{M} = \frac{L_1}{M}}$$

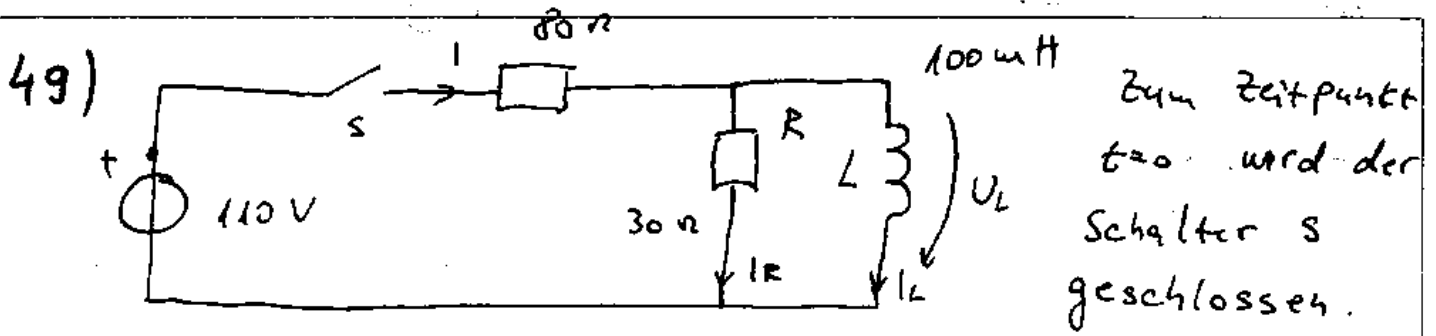
$$\underbrace{L_4 = L_2 \cdot n^2 - L_3}$$

also $L_3 = 0,3 \text{ H}$

$$n = \frac{0,3 \text{ H}}{0,4 \text{ H}} = \frac{3}{4}$$

$$L_4 = 0,6 \cdot \frac{9}{16} - 0,3$$

$$= 0,0375 \text{ H}$$



Berechnen ~~die~~ und zeichnen Sie den Verlauf von U_L !

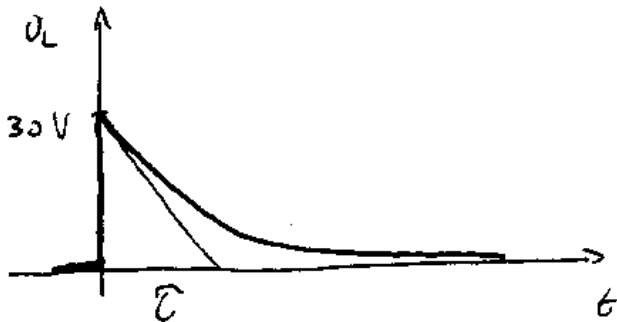
$$t < 0 \quad I_L = 0 \quad U_L = 0$$

$$t = 0^+ \quad I_L^+ = I_L^- = 0 \quad I_R = I = \frac{110}{80 + 30} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

$$U_L = U_R = 30 \Omega \cdot 1 \text{ A} = 30 \text{ V}$$

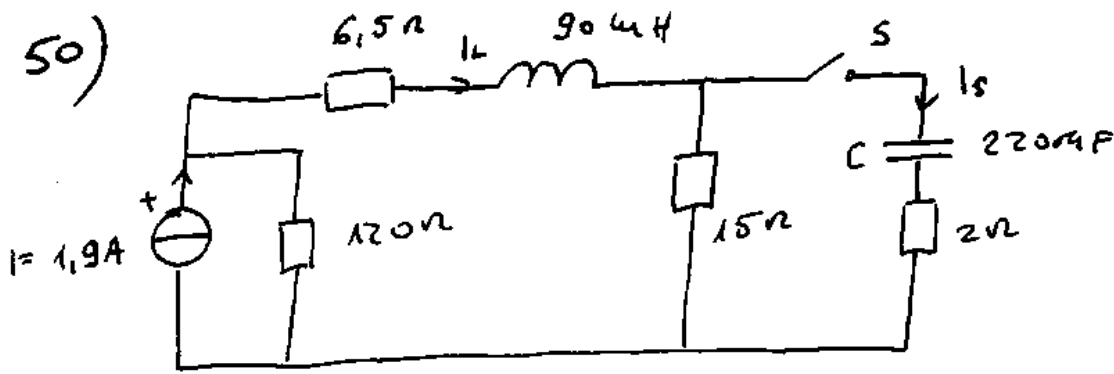
$$t \rightarrow \infty \quad I_R = 0 \quad I = I_L \quad U_L = 0$$

$$U_L = 30 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ V}$$



$$\tau = \frac{L}{R_1 \parallel R_2} = 2,18 \text{ ms}$$

50)



C ist ungeladen! Berechnen Sie I_S unmittelbar nach dem Schließen von S!

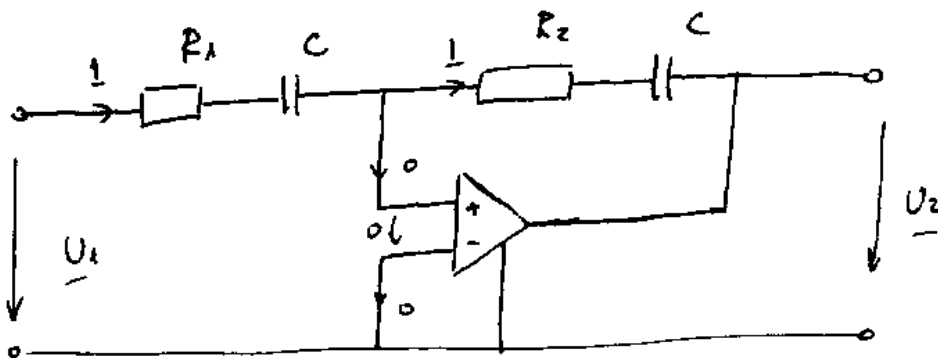
$t < 0$ Stromteiler $I_L = I \frac{120 \Omega}{120 \Omega + 6,5 \Omega + 15 \Omega}$
 $I_S = 0$ $U_C = 0$
 $U_C = 0$ $I_{L-} = 1,61 A$

$t = 0^+$ $I_{L+} = I_{L-} = 1,61 A$ $U_C = 0$

Stromteiler

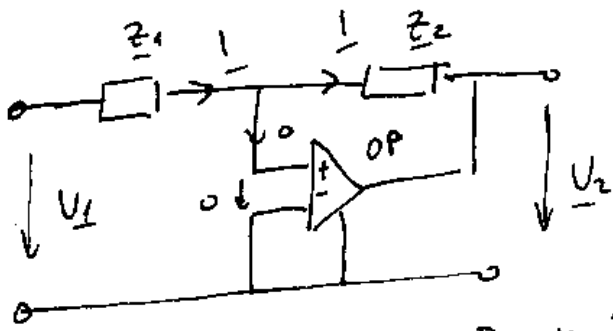
$I_S = I_L \frac{15 \Omega}{15 \Omega + 2 \Omega} = 1,42 A$

51)



Berechnen Sie Frequenzgangortskurve von

$G = \frac{U_2}{U_1}$



$$\underline{U}_2 = -\underline{I} \underline{Z}_2$$

$$\underline{U}_1 = \underline{I} \underline{Z}_1$$

$$\underline{G} = -\frac{\underline{I} \underline{Z}_2}{\underline{I} \underline{Z}_1} = -\frac{R_2 + \frac{1}{j\omega C}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} = -\frac{1 + j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_1 C} = -\frac{1 + j\omega \tau_2}{1 + j\omega \tau_1}$$

wobei $\tau_2 = R_2 C$

$\tau_1 = R_1 C$

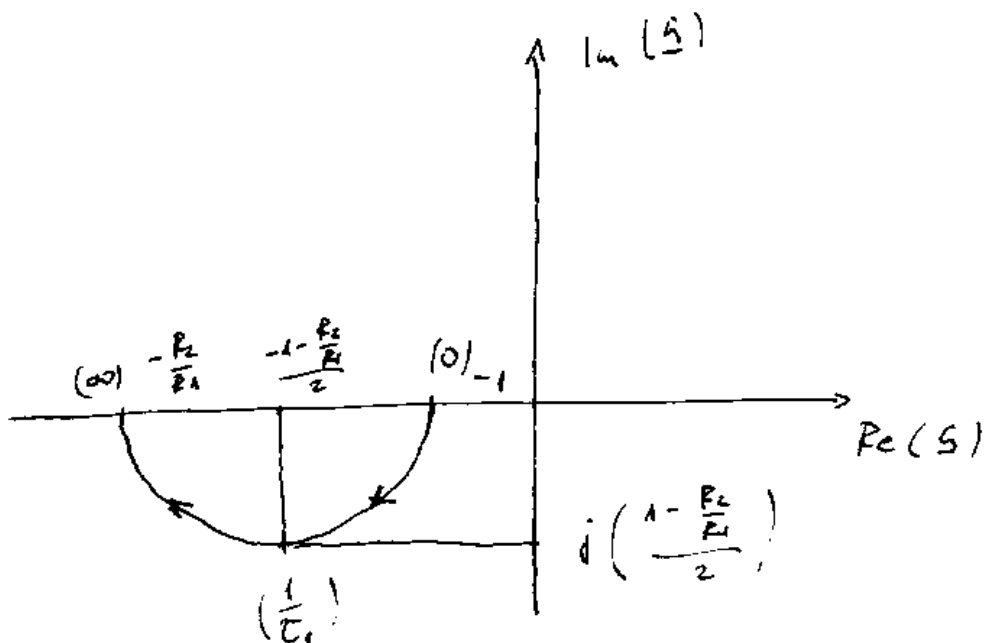
$\omega = 0$ $\underline{G} = -\underline{1}$ $\omega \rightarrow \infty$ $\underline{G} = -\frac{\tau_2}{\tau_1} = -\frac{R_2}{R_1} < -1$

da $R_2 > R_1$

$\omega = \frac{1}{\tau_1}$ $\underline{G} = \frac{-1 - j\frac{\tau_2}{\tau_1}}{1 + j} \cdot \frac{1-j}{1-j} = \frac{-1 - j\frac{\tau_2}{\tau_1} + j - \frac{\tau_2}{\tau_1}}{2}$

$\underline{G} = \frac{-1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}}{2} + j \frac{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}}{2}$ $\underline{G} = \frac{-1 - \frac{R_2}{R_1}}{2} + j \left(\frac{1 - \frac{R_2}{R_1}}{2} \right)$

< 0





51) Im Luftspalt ($A = 100 \text{ cm}^2$, $l = 5 \text{ mm}$) eines magnetischen Kreises bildet sich ein angenähert homogenes Magnetfeld der Flussdichte $1,8 \text{ T}$ aus. Wie groß ist die dort gespeicherte magnetische Energie?

$$w_m = \frac{B^2}{2 \mu_0} = \frac{W}{V} \quad V = A \cdot l$$

$$W = \frac{B^2 V}{2 \mu_0} = \frac{(1,8)^2 \frac{\text{Vs}}{\text{m}} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}} = 64,5 \text{ J}$$

52) In einem großen Magnetsystem mit einer Induktivität von 20 H wird während einer Minute der Strom von 0 auf 120 A gleichförmig gesteigert. Wie groß ist dann die insgesamt gespeicherte Energie?

$$I = 120 \text{ A} \quad L = 20 \text{ H}$$

$$W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{20 \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot (120)^2 \text{ A}^2}{2} = 144 \cdot 10^3 \text{ J} = 144 \text{ kJ}$$

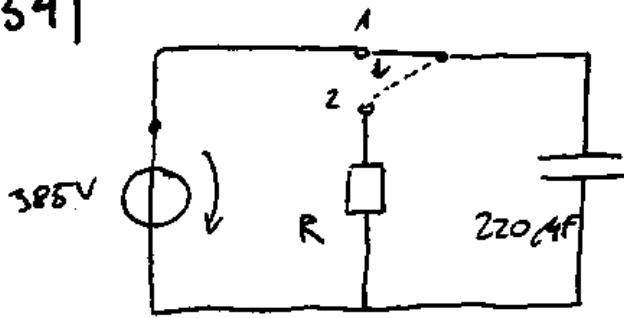
53) Eine große Kondensatorbatterie mit einer Kapazität von 6 F wird während 5 Minuten über eine gleichförmig von 0 bis $3,2 \text{ kV}$ zunehmende Spannung geladen. Wie groß ist dann die insgesamt gespeicherte Energie?

$$C = 6 \text{ F} \quad U = 3,2 \text{ kV}$$

$$W = \frac{C U^2}{2} = \frac{6 \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot (3,2 \cdot 10^3 \text{ V})^2}{2} = 30720000 \text{ J}$$

$$= 30,72 \text{ MJ}$$

54)



Berechnen Sie die in Wärme umgesetzte Energie beim Entladevorgang (der Schalter springt von '1' nach '2')

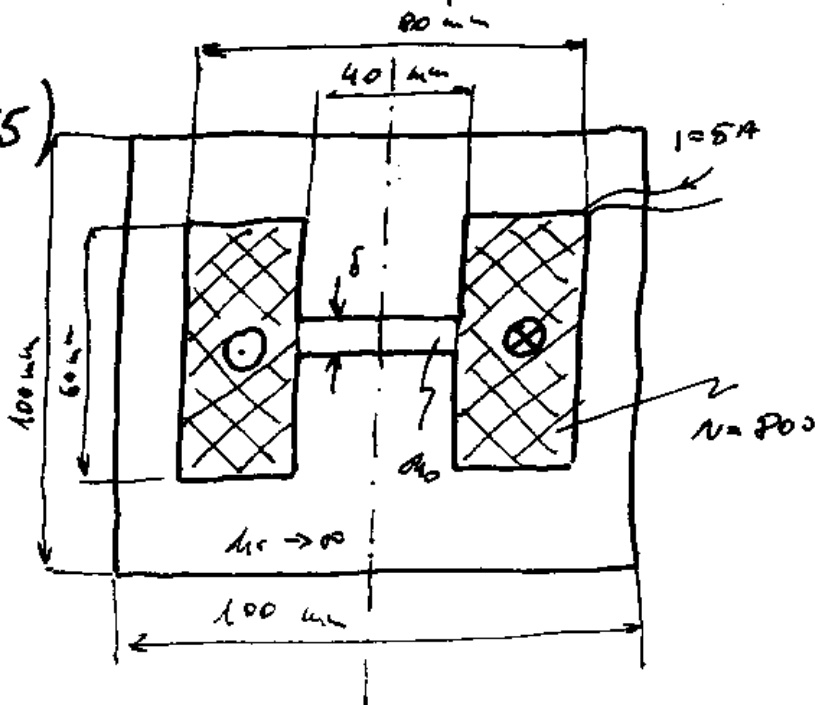
$t < 0$ (Schalter bei '1') $U_c = 385V$

$$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{220 \cdot 10^{-6} \cdot 385^2}{2} J = 0,04235 J$$

$t \rightarrow \infty$ (Schalter lange Zeit bei '2')

C ist entladen $U_c = 0$ $W_c = 0$ also die ganze Anfangsenergie ist in Wärme umgesetzt, bzw. $W = 42,35 \mu J$

55)



Wie groß ist in dem drehsymmetrischen Magnetsystem die Luftspatlänge δ zu wählen, damit im Luftspalt die magnetische Energie $W_m = 2,5 J$ gespeichert wird?

$$W_m = \frac{\sigma_0 H^2}{2} = \frac{\sigma_0 \frac{N^2 I^2}{\delta^2}}{2} = \frac{W}{V}$$

40

$$\Rightarrow \frac{\mu_0 N^2 I^2}{2 \delta^2} = \frac{W}{A \cdot \delta}$$

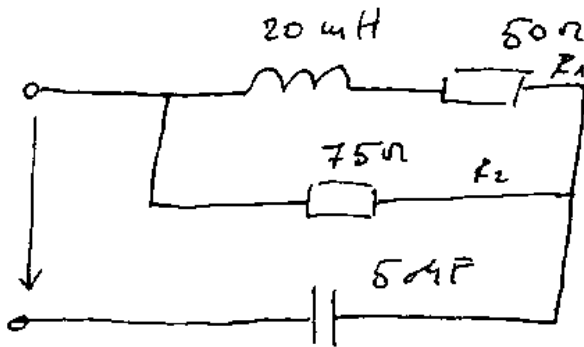
$$A = r^2 \pi \quad r = 20 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{A \mu_0 N^2 I^2}{2W} = \frac{400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} (800)^2 \cdot 25 \text{ A}^2}{2 \cdot 2,5 \text{ W}}$$

$$= 0,00161 \text{ m} = 1,61 \text{ mm}$$

56)

$U = 40 \text{ V}$
 $f = 300 \text{ Hz}$



An der Schaltung liegt eine 300Hz-Sinusspannung mit dem angegebenen Eff.wert. Berechnen Sie für den

eingeschwingenen Zustand den Durchschnittswert der im Kondensator gespeicherten Energie.

$$\bar{W} = \frac{C \bar{u}_c^2}{4} = \frac{C 2U_c^2}{4} = \frac{C U_c^2}{2} \quad \text{da } \underline{u_c} = \sqrt{2} U_c$$

Spannungsteiler:
$$\underline{U_c} = U \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + \left(\frac{R_2 (R_1 + j\omega L)}{R_2 + R_1 + j\omega L} \right)}$$

$$\underline{U_c} = U \frac{1}{1 + \frac{j\omega C R_1 R_2 - \omega^2 L C R_2}{R_2 + R_1 + j\omega L}} \quad \underline{U_c} = U \frac{R_2 + R_1 + j\omega L}{R_2 + R_1 + j\omega L + j\omega C R_1 R_2 - \omega^2 L C R_2}$$

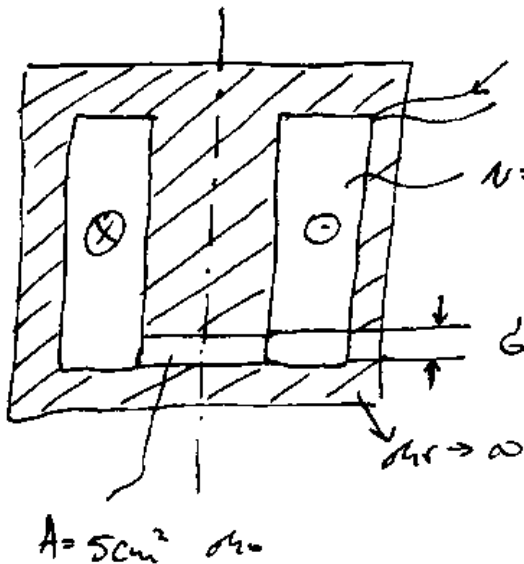
$$\underline{U_c} = U \frac{(R_2 + R_1) + j\omega L}{(R_2 + R_1 - \omega^2 L C R_2) + j(\omega L + \omega C R_1 R_2)} \quad \omega = 2\pi f = 1884 \frac{1}{s}$$

$$\underline{U_c} = 40 \text{ V} \frac{(125 + j 37,68)}{(98,34 + j 73)}$$

$$U_e = | \underline{U_e} | = U \frac{\sqrt{125^2 + 37,68^2}}{\sqrt{98,34^2 + 73^2}} = 40V \frac{130,56}{122,47} = 43,64V$$

$$W = \frac{C U_e^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 1818,26}{2} J = 4,55 \mu J =$$

57)



$I = 0,25 \text{ A}$ im Luftspalt

Soll $E = 10 \text{ mJ}$
gespeichert werden.
Berechnen Sie g !

$$W = \frac{\mu_0 I^2}{2} \Rightarrow \frac{\mu_0 N^2 I^2}{2 g^2} = \frac{W}{A \cdot g} \Rightarrow g = \frac{A \cdot \mu_0 N^2 I^2}{2W}$$

$$g = \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} (800)^2 \cdot (0,25)^2 \text{ A}^2}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ J}} = 0,001256 \text{ m}$$

$$g = 1,256 \text{ mm}$$