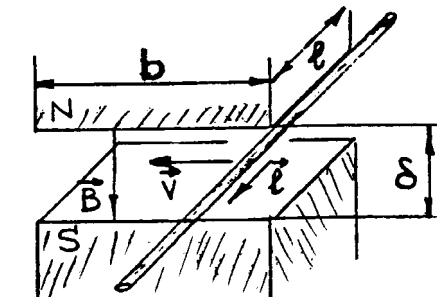


84 Übungen und Lösungen

84.1 Übungen

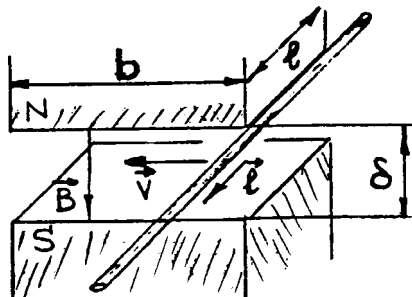
1.

ba) $v = 10 \text{ ms}^{-1}$ undbb) $v = v(t) = v_0(1+t/T)$ mit $v_0 = 5 \text{ ms}^{-1}$ und $T = 200 \mu\text{s}$. Graph zu $u = u(t)$?

Im Luftspalt $\delta = 2 \text{ mm}$ eines magnetischen Kreises herrscht eine Flussdichte von $B_\delta = 400 \text{ mT}$. Weiter sind $b = 40 \text{ mm}$ und $\ell = 15 \text{ mm}$. Im Luftspalt bewegt sich ein gerader Leiter mit der Geschwindigkeit v .

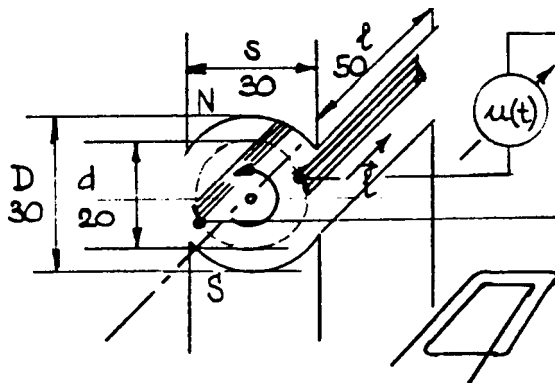
- a) Wie gross ist der Fluss Φ ?
 b) Wie gross wird die induzierte Spannung u_{ind} an den Leiterenden für

2.



- a) Wie gross muss der Fluss Φ sein, um eine induzierte Spannung von $u_{\text{ind}} = 60 \text{ mV}$ bei einer Geschwindigkeit von $v = 8 \text{ ms}^{-1}$ zu erreichen ?
 b) Wie verläuft die Geschwindigkeit $v = v(t)$ für eine induzierte Spannung von $u(t) = 40 \cdot t/T \text{ mV}$ mit $T = 300 \mu\text{s}$ und dem Fluss Φ aus a) ?
 c) Wie verläuft die Geschwindigkeit $v = v(t)$ für eine induzierte Spannung von $u(t) = 10 \text{ mV} + 40 \cdot t/T \text{ mV}$ mit $T = 150 \mu\text{s}$ und dem Fluss Φ aus a) ? Wie gross wird die Eintrittsgeschwindigkeit v_0 in das Magnetfeld ?

3.



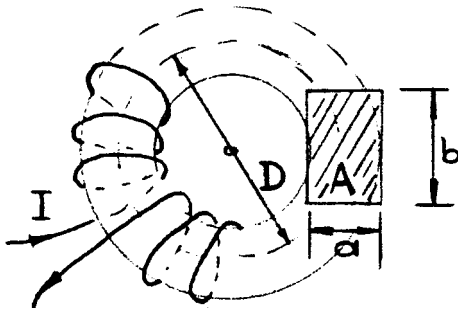
Anordnung der Abnehmer für c):



Zwischen den Polschuhen (N – S) befindet sich eine rechteckförmige Flachspule mit $N = 15$ Windungen in Serie. Der Drahtdurchmesser beträgt $\delta = 600 \mu\text{m}$ und das Feld weist $B = 350 \text{ mT}$ auf.

- a) Wie gross wird die induzierte Spannung $u = u(t)$ bei einer Frequenz von $f = 50 \text{ Hz}$?
 b) Wie gross wird der Widerstand der Wicklung R_i ? $\rho_{\text{Cu}} = 17,5 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}$.
 c) Wie verläuft $u(t)$, wenn die Abnehmer (Bürsten, Schleifer) gemäss der links stehenden Figur angebracht sind.

4. KREISRINGSPULE MIT EISEN



$D = 40 \text{ mm}$, $a = 10 \text{ mm}$, $b = 15 \text{ mm}$.

Die Spule hat einen Kern aus Weicheisen (legiertes Blech) und ist eng bewickelt mit Draht vom Durchmesser $\delta = 600 \mu\text{m}$.

Wie gross werden die Induktivität $L = L(I)$ und die relative Permeabilität $\mu_r = \mu_r(I)$ für:

- $0 \leq I \leq 200 \text{ mA}$ in Schritten von 20 mA .
- $200 \text{ mA} \leq I \leq 2 \text{ A}$ in Schritten von 200 mA .
- Stellen Sie die Funktion $\mu_r = \mu_r(I)$ grafisch dar.
- Stellen Sie den Zusammenhang $L = L(I)$ grafisch dar.

5. Die Wicklung der Kreisringspule in Aufgabe 4 werde durchflossen von einem Strom $i = i(t)$. Wie gross wird die an den Leiterenden induzierte Spannung

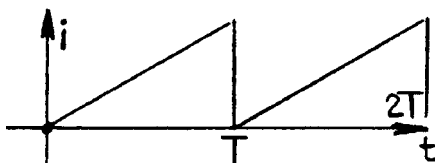
$$u_{\text{ind}} = \frac{di(t)}{dt} \text{ für:}$$

a) $i(t) = I \cdot \sin \omega t$, $I = 20 \text{ mA}$

b) $i(t) = \begin{cases} I \cdot \frac{t}{T} ; & 0 \leq t \leq T \\ I ; & T \leq t \leq 2T \\ -I \cdot \frac{t}{T} ; & 2T \leq t \leq 3T \end{cases}$

$I = 150 \text{ mA}$, $T = 1 \text{ s}$

c)

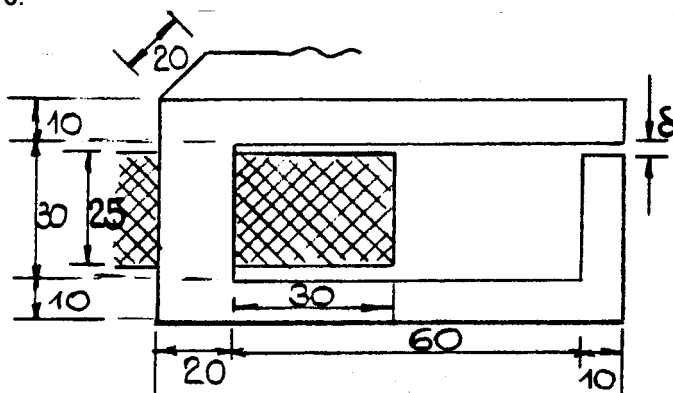


$$i(t) = I \cdot \frac{t}{T} ; n \cdot T \leq t \leq n \cdot 2T$$

$I = 100 \text{ mA}$, $T = 20 \text{ ms}$

d) $i(t) = I_0 \cdot \sin \omega t + I_1$, $I_0 = 50 \text{ mA}$, $I_1 = 1,8 \text{ A}$

6.



Die Spule in der nebenstehenden Anordnung wird gespeist mit verschiedenen grossen Strömen I .

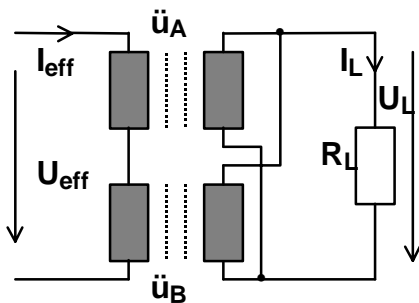
Es stellt sich die Frage, wie sich die vom Strom I abhängige Induktivität L verhält, wenn der Luftspalt δ ceteris paribus verschiedene Werte annimmt.

Beschreiben Sie, wie vorgegangen werden kann, um die gestellte Frage zu beantworten.

7. Gegeben sei ein Transformator mit den Windungszahlen $N_1 = 1000$ und $N_2 = 300$. Auf der Primärseite werden $u_1(t) = 200 \text{ V} \cdot \sin \omega t$ eingespeist.
- Wie gross wird u_2 , wenn der Transformator ideal ist ?
 - Wie gross wird der Wirkungsgrad η , wenn $u_2(t) = 55 \text{ V} \cdot \sin \omega t$ beträgt ?

8. Gegeben sei ein Transformator mit den Windungszahlen $N_1 = 800$ und $N_2 = 350$, sowie $L_1 = 2 \text{ H}$.
Wie gross werden L_2 und M für $k = 0,9$.

9. TRANSFORMATOR



MAGNETISMUS

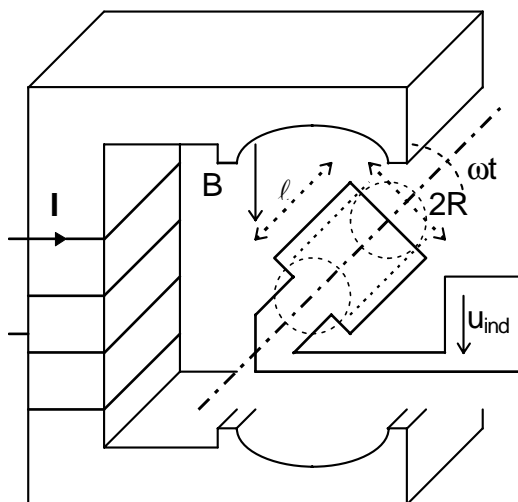
Gegeben sind die Übersetzungsverhältnisse der beiden **idealen** Transformatoren mit

$$\ddot{u}_A = 4, \quad \ddot{u}_B = 16. \quad \left(\ddot{u} = \frac{N_1}{N_2} \right) \text{ und } U_L = 12 \text{ V}$$

Die in Serie geschaltete Primärseite wird gespeist aus U_{eff} . Die Sekundärseiten arbeiten parallel auf $R_L = 120 \Omega$.

Wie gross werden die Leistung P , die Spannung U_{eff} der Strom I_{eff} und der Strom I_L im Widerstand R_L ?

10. MAGNETISMUS



INDUKTIONSGESETZ

Die aus dem Strom I entstehende magnetische Flussdichte B wirkt auf die im Feld sich drehende Spule und erzeugt die induzierte Spannung u_{ind} . In der Darstellung weist die Spule nur eine Windung auf. Für die folgende Fragestellung sind **$N = 221$ Windungen** zu denken.

Die treibende Turbine weist eine Drehzahl von $n = 240 \text{ min}^{-1}$ (pro Minute) auf. Weiter sind $l = 60 \text{ mm}$ und $R = 10 \text{ mm}$.

- Wie gross wird der Spitzenwert der induzierten Spannung $u_{\text{ind,p}}$, wenn die magnetische Flussdichte $B = 600 \text{ mT}$ beträgt ?
- Die ideale Wicklung wird mit $R_L = 50 \Omega$ belastet. Wie gross ist der Spitzenwert der auf die Wicklung wirkenden Kraft ? $F_{\text{Max}} = ?$

11. Gegeben sei ein Transformator mit den Windungszahlen $N_1 = 1000$ und $N_2 = 300$. Auf der Primärseite werde $u_1(t) = 200 \text{ V} \cdot \sin \omega t$ eingespeist. $B_{\text{Max}} = 1,1 \text{ T}$, $f = 50 \text{ Hz}$.
Wie gross muss der Kernquerschnitt A_{Fe} für den Transformator mindestens sein ?

12. Beschreiben Sie das Verhalten von L_p auf den Amplitudengang eines Trafos.

13. ZYLINDERSPULE (GERADE SPULE)

Für die Berechnung der Induktivität **L** gelten **näherungsweise** folgende „Faustformeln“ mit

$$L = \frac{D^2}{457 \cdot D + 1016 \cdot \ell} \cdot N^2 ; \quad \frac{D}{\ell} < 2,5$$

$$[D] = \text{mm}$$

$$[\ell] = \text{mm}$$

$$[L] = \mu\text{H}$$

I

und

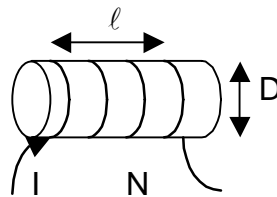
$$L = \frac{(D \cdot \pi)^2}{\ell \cdot \left(1 + 0,45 \cdot \frac{D}{\ell} - 0,003 \cdot \frac{D^2}{\ell^2} \right)} \cdot N^2 ; \quad 0 < \frac{D}{\ell} < 30$$

$$[D] = \text{cm}$$

$$[\ell] = \text{cm}$$

$$[L] = \text{nH}$$

II



a) Wie gross wird die Induktivität **L** folgender Zylinderspulen in Luft ($\mu_r = 1$), berechnet nach I und nach II :

aa) $N = 30$ $D = 11 \text{ mm}$ $\ell = 2 \text{ cm}$

ab) $N = 8$ $D = 1 \text{ cm}$ $\ell = 5 \text{ mm}$

ac) $N = 100$ $D = 11 \text{ mm}$ Draht $\delta = 600 \mu\text{m}$, eng gewickelt

ad) $N = 2$ $D = 1,5 \text{ cm}$ Draht $\delta = 1 \text{ mm}$, eng gewickelt

b) Auf einem Wickelkörper mit $D = 11 \text{ mm}$ ($\mu_r = 1$) sollen folgende Induktivitätswerte **L** mit möglichst einlagiger, enger Wicklung verwirklicht werden. Wie gross werden ℓ und der Drahtdurchmesser δ ?

ba) $L = 10 \mu\text{H}$

bb) $L = 500 \text{ nH}$

bc) $L = 50 \text{ nH}$

14. ZYLINDERSPULE (GERADE SPULE)

Für die Berechnung der Induktivität **L** gelte **näherungsweise** folgende „Faustformel“

$$L = \frac{D^2}{457 \cdot D + 1016 \cdot \ell} \cdot N^2 ; \quad \frac{D}{\ell} < 2,5$$

$$[D] = \text{mm}$$

$$[\ell] = \text{mm}$$

$$[L] = \mu\text{H}$$

Wie gross ist das maximale **L**, das sich aus einem Kupferdraht von $\Delta = 35 \text{ cm}$ Länge und $\delta = 600 \mu\text{m}$ Durchmesser herstellen lässt ? $L = ?$, $D = ?$, $\ell = ?$, $N = ?$

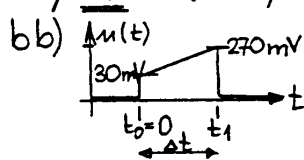
84.2 Lösungen

1.

$$a) \underline{\underline{\Phi}} = B_S \cdot A_S = 400 \text{ mT} \cdot (40+4)(15+4) \text{ mm}^2 = \underline{\underline{334,4 \mu\text{Wb}}}$$

$$b) u_{\text{ind}} = ?$$

$$ba) \underline{u} = \vec{B}(\vec{l} \times \vec{v}) = B \cdot l \cdot v = \underline{60 \text{ mV}}$$



$$bb) s(t) = \int v(t) dt \rightarrow \underline{\Delta t = t_1 - t_0} = \frac{T \cdot -v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + \frac{2v_0 b}{T}}}{v_0}$$

$$\rightarrow \underline{\underline{u(t_1) = 270 \text{ mV}}} = T \cdot \left(-1 \pm \sqrt{1 + \frac{2b}{v_0 T}} \right)$$

2.

$$a) \underline{\underline{\Phi}} = \frac{u}{l \cdot v} \cdot A_S = \underline{\underline{418 \mu\text{Wb}}}$$

$$b) \underline{v(t)} = \underline{\underline{\frac{16}{3} \cdot \frac{t}{T} \text{ ms}^{-1}}} = \underline{\underline{17,7 \cdot 10^3 \cdot t \text{ ms}^{-2}}}$$

$$c) \underline{v(t)} = \underline{\underline{\frac{4}{3} \left(1 + 4 \frac{t}{T}\right) \text{ ms}^{-1}}} ; \underline{v_0 = 1,3 \text{ ms}^{-1}}$$

3.

$$a) \underline{u(t)} = NB l d \omega \cdot \sin \omega t = 2\pi NB l d f \cdot \sin \omega t = \underline{\underline{\hat{U} \cdot \sin \omega t}}$$

$$\underline{\hat{U} = 1,65 \text{ V}} ; \underline{U_{\text{eff}} = 1,166 \text{ V}}$$

$$b) \underline{R_i} = S \cdot \frac{8N(s+l)}{S^2 \pi} = \underline{\underline{129,23 \text{ m}\Omega}}$$

$$c) \underline{u(t)} \text{ graph showing a sine wave with } \underline{\hat{U} = 109,96 \text{ mV}} \quad U_{\text{med}} = \frac{2}{\pi} \cdot \hat{U} = 70 \text{ mV}$$

7.

$$a) \underline{u_2(t)} = u_1(t) \cdot \frac{N_2}{N_1} = \underline{\underline{60 \text{ V} \cdot \sin \omega t}}$$

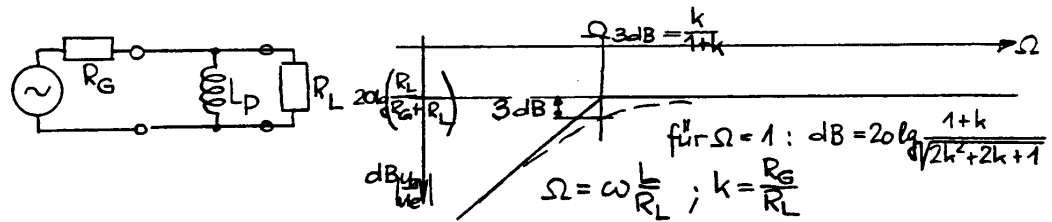
$$b) \text{ Leerlauf } \underline{k} = \frac{u_2}{u_1} \cdot \frac{N_1}{N_2} = \underline{\underline{0,916 \approx 0,92}}$$

$$c) \underline{\underline{\mathcal{E}}} = 1 - k^2 = \underline{\underline{0,16}}$$

11.

$$\underline{A} = \frac{\hat{U}}{2\pi f N \cdot B_{\text{max}}} = 578,745 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = \underline{\underline{5,79 \text{ cm}^2}}, \text{ mit } f = 50 \text{ Hz}$$

12.



13. ZYLINDERSPULE (GERADE SPULE)

		mit Formel I	mit Formel II
aa)	L =	4,3 μ H	4,31 μ H
ab)	L =	663,2 nH	667 nH
ac)	L =	18,34 μ H	18,39 μ H
ad)	L =	101,3 nH	105,59 nH

ba) .. bc) keine Lösung möglich.

14. ZYLINDERSPULE (GERADE SPULE)

Aus $L = L(N) = \frac{\Delta^2}{\pi} \cdot \frac{N}{457 \cdot \Delta + 1016 \cdot \delta \cdot \pi \cdot N^2}$ wird mit $\frac{dL}{dN} = 0$

$$L_{\text{Max}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{457 \cdot 1016 \cdot \delta \cdot \pi}} \cdot L_{\text{Max}} = 10 \text{ nH}, N = 9, \ell = 5 \text{ mm}, D = 12,2 \text{ mm}$$

