

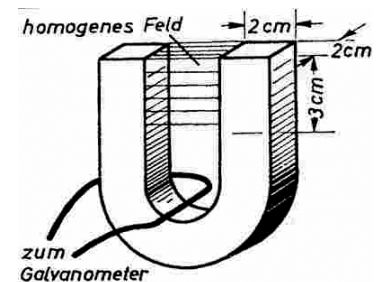
4. Elektromagnetische Induktion und instationäre Felder

05/05-koh

Induktionsgesetz

- Wie groß ist der magnetische Fluss durch eine Spule ($l = 40 \text{ cm}$; $r = 2,5 \text{ cm}$; $N = 600$), die von der Stromstärke $I = 7,5 \text{ A}$ durchflossen wird? ($1,66 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$)
- Eine Spule habe $N = 80$ Windungen, den Radius $r = 5 \text{ cm}$ und einen Widerstand $R = 30 \Omega$.
Mit welcher Geschwindigkeit muss sich ein senkrecht zur Spule stehendes Magnetfeld ändern, damit in der Spule ein Strom von $i = 4,0 \text{ A}$ induziert wird? (191 T/s)
- Eine Leiterschleife ($R = 2 \text{ cm}$) befindet sich in einem homogenen Magnetfeld der Flußdichte $B = 0,1 \text{ T}$. Die Normale der Schleifenfläche zeigt in Feldrichtung.
 - Wie groß ist die mittlere induzierte Spannung u_{ind} , wenn die Schleife in $0,05 \text{ s}$ um 90° um eine Achse senkrecht zum Magnetfeld gedreht wird? ($2,5 \text{ mV}$)
 - Skizziere, in welcher Richtung der Induktionsstrom in der Schleife fließt.
 - Wie groß ist die Induktionsspannung, wenn die Schleife ohne Drehung durch das Feld bewegt wird?

- Der gesamte magnetische Fluß eines Hufeisenmagnetes beträgt $\Phi = 6 \cdot 10^{-5} \text{ Vs}$. In einem Raum von $3 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ Querschnitt zwischen den beiden Polen herrscht ein homogenes Feld mit der Flußdichte $B = 10^{-5} \text{ Vs/cm}^2$. Ein Leiter, der mit einem ballistischen Galvanometer ($R = 36 \Omega$) verbunden ist, wird von einer weit entfernten Stelle durch das homogene Feld hindurch in die aus der Abbildung ersichtlichen Lage gebracht wird.

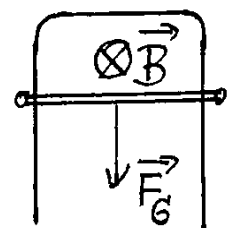


- Welche Ladung wird dabei durch den Leiter bewegt? ($1,67 \mu\text{C}$)
 - Welche Spannung und welcher Strom entstehen, wenn die Bewegung durch das homogene Feld in $t = 0,5 \text{ s}$ erfolgt? ($0,12 \text{ mV}$; $3,3 \mu\text{A}$)
- In einem kreisförmigen Leiter C_1 mit Radius $R_1 = 10 \text{ cm}$ fließt der Strom $I_1 = 1 \text{ A}$. Betrachten Sie die bei einer Änderung von I_1 auftretende Induktion in einer konzentrischen, kreisförmigen Leiterschleife C_2 mit dem Radius $R_2 = 1 \text{ cm}$.

- Wie groß ist der magnetische Fluß Φ_{21} durch C_2 ? ($19,7 \cdot 10^{-10} \text{ Wb}$)
- Wie groß ist die Induktionsspannung U_{21} in C_2 , wenn der Strom I_1 in C_1 in 1 Sekunde von 0 auf 1 A ansteigt?
- Wie groß ist die Gegeninduktivität L_{21} ? ($6,3 \text{ nH}$)
- In welcher Richtung fließt der Strom I_2 in C_2 ?

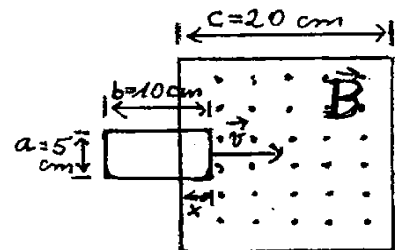


- Ein waagrecht liegender Stab (Länge $l = 1 \text{ m}$; $m = 1 \text{ kg}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $R = 10 \Omega$) rutscht ohne Reibung auf zwei Schienen, mit denen er einen Stromkreis bildet. Der Widerstand der Schienen sei vernachlässigbar klein. Der Stab bewege sich in einem homogenen Magnetfeld $B = 2 \text{ Vsm}^{-2}$, das senkrecht zum Stromkreis orientiert ist.



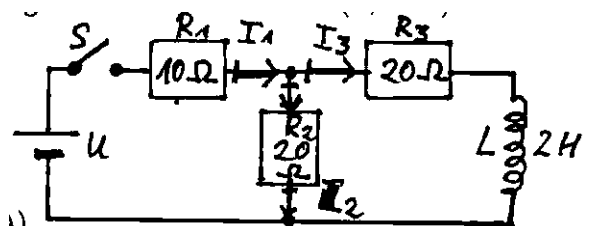
- Welche Endgeschwindigkeit erreicht der Stab? (25 m/s)
- Wie groß sind die induzierte Spannung, der Strom, die Bremskraft und die im Stab umgesetzte elektrische Leistung? (-50 V ; 5 A ; 10 N ; 250 W)
- In welche Richtung fließt der Strom?

7. Eine rechteckige Leiterschleife ($a = 5 \text{ cm}$, $b = 10 \text{ cm}$) mit dem Widerstand $R = 2 \Omega$ wird mit konstanter Geschwindigkeit $v = 2 \text{ cm/s}$ durch ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 2 \text{ T}$ von quadratischer Form ($c = 20 \text{ cm}$) gezogen. Der Schleifenrand trete in das Magnetfeld zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ ein.



- a) Berechne und skizziere den magnetischen Fluss $\Phi(t)$ durch die Schleife als Funktion der Zeit. Betrachte das Zeitintervall $-1 \text{ s} \leq t \leq 16 \text{ s}$.
($\Phi(5 \text{ s}) = 0,01 \text{ Wb}$)
- b) Berechne und skizziere ebenfalls als Funktion der Zeit die Induktionsspannung $u_{\text{ind}}(t)$ und Stromstärke $i(t)$ in der Schleife. In welche Richtung fließt der Strom jeweils?
($u_{\text{max}} = 2 \text{ mV}$; $i_{\text{max}} = 1 \text{ mA}$)
- c) Warum muss zum Ziehen der Schleife eine Kraft F aufgebracht werden und wie groß ist sie?
(1 N)
8. In der Ankerwicklung ($d = 18 \text{ cm}$; $R = 0,2 \Omega$) eines Gleichstrommotors befinden sich ständig $N = 90$ je $l = 35 \text{ cm}$ lange Drähte im Feld. Wie groß ist die magnetische Flussdichte B , wenn der Motor bei einer Drehzahl $n = 600 \text{ min}^{-1}$ eine Leistung von $P = 2,207 \text{ kW}$ bei einem Wirkungsgrad von $\eta = 0,88$ abgibt und die Klemmenspannung $U_{\text{kl}} = 218 \text{ V}$ beträgt?
($1,21 \text{ T}$)

9. Bestimme für die nebenstehende Schaltung die Stromstärken I_1 , I_2 und I_3 bei $U = 150 \text{ V}$



- a) unmittelbar nach Schließen ($I_1 = 5 \text{ A}$)
b) $0,1$ Sekunden nach Schließen ($I_3 = 2,37 \text{ A}$)
c) lange nach Schließen ($I_1 = 7,5 \text{ A}$; $I_2 = I_3 = 3,75 \text{ A}$) des Schalters S . Danach werde der Schalter S wieder geöffnet. Bestimme wiederum diese Stromstärken
d) unmittelbar danach ($I_1 = 0$; $I_2 = I_3 = 3,75 \text{ A}$)
e) lange nach dem Öffnen des Schalters ($I_1 = I_2 = I_3 = 0 \text{ A}$).

10. Eine Spule mit Eisenkern ($\mu_R = 10^3$) habe die Länge $l = 12 \text{ cm}$, trage $N = 1500$ Windungen vom mittleren Durchmesser $d = 4 \text{ cm}$ und habe den ohmschen Widerstand $R = 50 \Omega$. Der Formfaktor beträgt $f = 0,845$.

- a) Wie groß ist die Induktivität der Spule?
(25 H)
- b) Die Spule werde an eine konstante Spannung $U_0 = 100 \text{ V}$ angeschlossen. Anfangs sei die Stromstärke $i = 0 \text{ A}$. Wie groß ist die Stromstärke nach $0,1$ und 1 Sekunde und wie groß ist die Änderungsgeschwindigkeit di/dt am Anfang und bei vorgenannten Zeitpunkten?
($0,36 \text{ A}$; $1,73 \text{ A}$; $4,0 \text{ A/s}$; $3,3 \text{ A/s}$; $0,54 \text{ A/s}$)
- d) Nach welcher Zeit erreicht die Stromstärke 97% des Sollwertes?
($1,75 \text{ s}$)

11. Ein Gleichstromkreis besteht aus einer Spannungsquelle $U = 1 \text{ V}$, einem ohmschen Widerstand $R = 1 \Omega$ und einem Kondensator.

Wie groß muss die Kapazität C gewählt werden, damit die Stromstärke nach dem Ausschalten in 10^{-6} s auf den e-ten Teil abfällt?
($1 \mu\text{F}$)

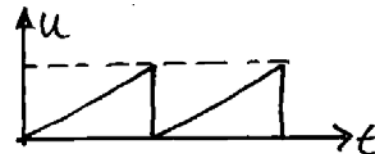
12. Beim Abschalten von Spulen können Funken entstehen. Sie werden vermieden, wenn ein Löschkondensator parallel geschaltet wird. Die Induktivität der Spule beträgt $L = 4 \text{ H}$, der Spulenstrom $I = 5 \text{ A}$ und der Löschkondensator wurde bei der Prüfspannung von $U = 10 \text{ kV}$ getestet.

Wie groß sind die magnetische Feldenergie E_{mag} in der Spule und die Kapazität C des Löschkondensators?
(50 J ; $1 \mu\text{F}$)

Wechselstrom

13. Zur Erzeugung von Wechselstrom der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$ rotiert eine Spule (Anker) in einem konstanten Magnetfeld, deren Achse senkrecht zum Magnetfeld steht. Die Ankerspule sei rechteckig ($a = 5 \text{ cm}$; $b = 3 \text{ cm}$), habe $N = 1500$ Windungen und den ohmschen Widerstand $R = 140 \Omega$.
- Gib die Spannung als Funktion der Zeit an.
 - Welche Flußdichte B muß das Magnetfeld haben, damit in der Ankerwicklung eine Urspannung mit dem Scheitelwert $U_0 = 311 \text{ V}$ induziert wird? (0,44 T)
 - Wie groß ist die Effektivspannung U_{eff} ? (220 V)
 - Auf welchen Wert fallen bei Stromentnahme von $I = 0,2 \text{ A}$ (Glühlampe) die Klemmen- und Effektivspannung? (283 V; 200 V)

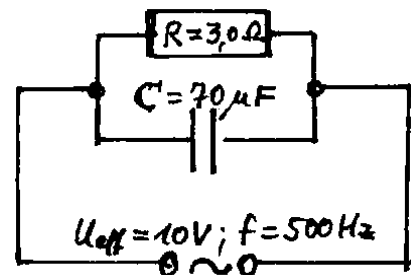
14. Eine Wechselspannung verläuft in ihrer Zeitabhängigkeit nach einer Sägezahnkurve. Berechne den Mittelwert und Effektivwert der Spannung.



15. An einer Spule der Induktivität $L = 0,4 \text{ H}$ wird eine Wechselspannung von $U_0 = 220 \text{ V}$ und $f = 50 \text{ Hz}$ angelegt. Der ohmsche Widerstand im Stromkreis sei vernachlässigbar klein.
- Welcher Strom fließt durch die Spule und wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel zwischen Strom und Spannung? (1,75 A; 90°)
 - Berechne die Stromstärke und den Phasenverschiebungswinkel bei einem ohmschen Widerstand von $R = 80 \Omega$. (1,477 A; $57,5^\circ$)
16. Eine Glühlampe für 60 V und 30 W soll bei gleicher Leistung unter Zwischenschaltung eines Kondensators an 120 V Wechselspannung (50 Hz) angeschlossen werden. Welche Kapazität muss dieser haben? (15,3 μF)

17. Man bestimme für die nebenstehende Schaltung

- den Blindwiderstand X (4,5 Ω)
- den Scheinwiderstand Z (2,5 Ω)
- die Gesamtstromstärke I (4,0 A)
- die Teilstromstärken I_C und I_R (2,2 A; 3,3 A)
- die Phasenverschiebung φ_0 ($-33,4^\circ$)
- die Scheinleistung S (40 W)
- die pro Sekunde am ohmschen Widerstand abgegebene Wärme Q (33 J)
- die parallel zu schaltende Induktivität L , die die Phasenverschiebung φ_0 aufhebt. (1,4 mH)



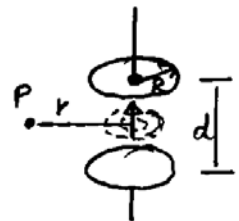
18. Ein Gerät hat einen ohmschen Widerstand von $R = 120 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 1,6 \text{ H}$.
- Berechne den Leistungsfaktor bei 50 Hz . (0,232)
 - Auf welchen Wert erhöht sich der Leistungsfaktor durch Vorschalten eines Kondensators der Kapazität $5 \mu\text{F}$? (0,668)
 - Bei welcher Kapazität wird der Blindwiderstand Null? (6,33 μF)

19. Ein Motor nimmt bei 220 V Klemmenspannung einen Strom von 25 A auf und hat einen Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,8$.
- Wie groß sind Wirk- und Blindstrom sowie Wirk-, Blind- und Scheinleistung?

- b) Wie kann man den Blindstrom und die Blindleistung reduzieren?
(20 A; 15 A; 4400 W; 3300 W; 5500 W)
20. Durch Zuschalten von Kondensatoren wird der durchschnittliche Leistungsfaktor eines Industrierwerkes von 0,75 auf 0,92 verbessert.
Um wie viel Prozent vermindert sich dadurch die Stromwärmeverluste in den Zuleitungen, wenn die Wirklast die gleiche bleibt? (34,5 %)
21. Ein Transformator hat eine Primärwicklung mit 715 und eine Sekundärwicklung mit 26 Windungen.
- Wie groß sind das Übersetzungsverhältnis und die Sekundärspannung, wenn an die Primärspule 220 V angelegt werden? (27,5; 8 V)
 - Welcher Strom fließt in der Primärspule, wenn im Sekundärstromkreis 3,3 A fließen? (0,12 A)
 - Welche Scheinleistung wird übertragen? (26,4 W)
22. In einem bestimmten Raumbereich herrsche ein Magnetfeld $B = 200 \text{ G}$ und gleichzeitig ein elektrisches Feld $E = 2,5 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Wie groß ist die
- Gesamte Energiedichte (187 J/m³)
 - Gesamte Energie in einem Würfel der Kantenlänge 12 cm? (0,324 J).

Maxwellsche Gleichungen

23. Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf der magnetischen Feldstärke $H(t)$ im Abstand $r = 15 \text{ cm}$ von der Symmetrieachse eines kreisförmigen Plattenkondensators (Plattenabstand $d = 1 \text{ cm}$, $R = 10 \text{ cm}$), wenn sich dessen Spannung wie $u(t) = U_0 \sin \omega t$ zeitlich ändert ($U_0 = 1 \text{ V}$; $\omega = 100 \text{ /s}$) (29,5 * 10⁻¹⁰ A/m)



24. Ein großer Elektromagnet habe zwei zylindrische Polschuhe vom Radius $R = 0,5 \text{ m}$. Nach dem Einschalten des Erregerstromes nimmt die magnetische Feldstärke während $t = 2 \text{ s}$ linear auf den Maximalwert $B = 2 \text{ T}$ zu. Während dieser Zeit wird ein elektrisches Wirbelfeld induziert.
- Geben Sie E als Funktion des Abstandes r von der Symmetrieachse an (E (r) = -0,5 r * dB/dt)
 - Wie groß ist E bei $r = 0,4 \text{ m}$? (-0,2 V/m)
 - Geben Sie $E = E(r)$ für $r > R$ an. ($-R^2/2r * dB/dt$).

