

Prof. Dr. T. Müller

Dr. F. Hartmann

12tes und letztes Übungsblatt - Spulen, Wechselstrom mit

komplexen Zahlen und Transformatoren

Bearbeitung: 13.7.2016

1. Induktivität einer Spule, Dynamisches Verhalten einer Spule plus Widerstand

Gegeben ist eine lange Zylinderspule mit $N=100$ Windungen, der Querschnittsfläche $A = 12.6\text{cm}^2$ und der Länge $l = 20$ cm.

- (a) Leiten Sie die Induktivität L mit Hilfe des Induktionsgesetzes ab.
- (b) Die Spule liegt in Reihe mit einem Widerstand R und einer Spannungsquelle der Spannung U_0 . Berechnen Sie den Einschaltstrom und die Spannung über der Spule als Funktion der Zeit.

2. Induktivitäten parallel - Induktivitäten seriell

Gegeben seien zwei Induktivitäten L_1 und L_2 , die in grossem Abstand von einander parallel/seriell geschaltet sind. Was ist die Gesamtinduktivität der beiden Schaltungen?

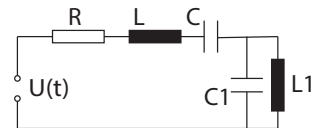
3. Und meine Leuchtstoffröhre funktioniert doch!

Eine Leuchtstoffröhre benötigt eine Spannung von $U=50\text{V}$ und eine Stromstärke $I=0.12\text{A}$ (Effektivwerte) und kann als ohmscher Widerstand betrachtet werden. Welche Induktivität L muss eine, in Reihe geschaltete Spule haben, damit die Leuchtstoffröhre an die Netzspannung ($230\text{V}, 50\text{Hz}$) angeschlossen werden kann? Der ohmsche Widerstand der Spule sei vernachlässigbar.

4. Darf es heute etwas komplex sein - Wechselstromkreise

Ein Stromkreis aus Kapazitäten, ohmschen Widerständen und Induktivitäten sei wie in der Abbildung gegeben.

- (a) Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der Schaltung, wenn von Aussen eine Wechselspannung $U(t) = U_0 \sin \omega t$ angelegt wird.
- (b) Wie groß ist der Maximalstrom, der im Kreis fließen kann, wenn man die Frequenz ω variiert, die Amplitude U_0 aber konstant hält?
- (c) Was ist bei Variation von ω bei konstantem U_0 der minimale Strom? Bei welchen Frequenzen kann dieser Minimalstrom beobachtet werden?



5. Transformator I

Bei einem Transformator (TRAFO) gilt: 2 Spulen, welche denselben Fluss Φ erfahren.

$$U_{ind} = -L \frac{dI_1}{dt} = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -U_1 \text{ und } U_2 = -N_2 \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Schlussendlich: $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{N_2}{N_1}$ Welche Aussagen sind richtig?

- (a) Die Spannungen verhalten sich genauso wie die Windungszahlen (Verhältnisse)
- (b) Das System funktioniert mit Gleichstrom
- (c) Um hohe Spannungen zu erzeugen muss die Sekundärspule deutlich mehr Windungen haben, als die Primärspule
- (d) Um hohe Ströme zu erzeugen muss die Sekundärspule deutlich mehr Windungen haben, als die Primärspule
- (e) Durch geschickte Wahl vieler Spulen kann man höhere Ströme und gleichzeitig höhere Spannungen erzeugen
- (f) Der Wirkungsgrad eines realen Trafo ist nicht 100%; es wird Leistung/Energie in Wärme umgewandelt

6. Transformator II

Ein idealer Trafo (Wirkungsgrad 100%) an Netzspannung $V = 230V$ mit Windungszahlen $N_1 = 500$ und $N_2 = 13$. Welche Aussagen sind richtig?

- (a) Die Sekundärspannung ist 1V
- (b) Die Sekundärspannung ist 6V
- (c) Am am Sekundärkreis angeschlossenen Motor mit Widerstand $R = 60\Omega$ fließen 10 mA Strom
- (d) Am am Sekundärkreis angeschlossenen Motor mit Widerstand $R = 60\Omega$ fließen 100 mA Strom
- (e) Am am Sekundärkreis angeschlossenen Motor mit Widerstand $R = 60\Omega$ fließen 1 A Strom
- (f) Im Primärkreis fließen 1 mA Strom
- (g) Im Primärkreis fließen 2.6 mA Strom

7. Schwingkreis

Vorwort: Schwingungen an sich wurden im ersten Semester (mechanisch) und in der Vorlesung behandelt; die Maschenregel in einem Kreis mit L,C,R ergibt folgende Gleichung welche der einer gedämpften Schwingung entspricht und Beispielsweise für $R=0$ eine Eigenfrequenz von $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ergibt und $E_{Kond}(t) + E_{Spule}(t) = \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2}CU_0^2$ gilt.

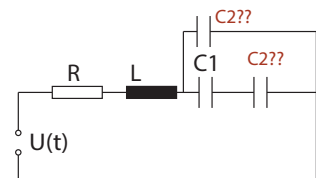
$$L\dot{I} + RI + \frac{Q}{C} = 0; \quad L\ddot{I} + R\dot{I} + \frac{I}{C} = 0 \quad (1)$$

Die Energie schwingt zwischen Spule und Kondensator hin- und her. Eine gute Zusammenfassung findet sich auch im Demtröder. Die Herleitung ist daher nicht Teil der Aufgabe.

Aufgabe: Ein Schwingkreis bestehe aus der Serienschaltung einer Spule (Induktivität L), einem Kondensator (Kapazität C1) und einem ohmschen Widerstand R. Er wird von einer Wechselspannungsquelle mit der Spannung $U(t) = U_0 \sin(\omega t)$ gespeist. Dieser Schwingkreis soll durch einen Zusatzkondensator der Kapazität C2 so abgestimmt werden, dass seine Resonanzfrequenz f_r (Erinnerung $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ kleine Dämpfung) mit der Generatorfrequenz f übereinstimmt. C2 parallel oder in Serie?

- (a) Berechnen Sie die Kapazität C2 des zusätzlichen Kondensators.
- (b) Im abgestimmten Schwingkreis wird im Widerstand R eine Wärmeleistung P umgesetzt. Wie groß ist R?
- (c) Bestimmen Sie den Scheinwiderstand und den Phasenwinkel für den Schwingkreis aus R, C1 und L bei der Generatorfrequenz f.
- (d) Bestimmen Sie für den Schwingkreis in c) die Scheinleistung, Wirkleistung und Blindleistung.

Zahlenwerte: $U_0 = 15 V$; $f = 1 \text{ kHz}$; $C1 = 90 \text{ nF}$; $L = 300 \text{ mH}$; $P = 2.5 \text{ W}$.



8. Wechselspannung

Eine Wechselspannung ist gegeben durch: $U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ Welche Aussagen sind richtig?

- (a) Der Mittelwert der Spannung ist NULL
- (b) Der Quotient aus Gesamtspannung und Gesamtstrom heißt Scheinwiderstand oder Impedanz
 $Z = \frac{U_{ges}}{I_{ges}}$
- (c) Effektivwert $U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{3}}$
- (d) Effektivwert $U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$
- (e) Bei einem Widerstand schwingt/wechselt $U(t)$ und $I(t)$ in Phase
- (f) Bei einer Kapazität eilt die Spannung $U(t)$ dem Strom $I(t)$ voraus
- (g) Bei einer Induktivität eilt die Spannung $U(t)$ dem Strom $I(t)$ voraus
- (h) Die mittlere Leistung ist immer $\langle P \rangle = U_0 \cdot I_0$
- (i) Impedanz ist der Widerstand gegenüber einer Wechselspannung
- (j) Die Impedanz eines Widerstands ist ωR
- (k) Die Impedanz eines Kondensators ist ωC
- (l) Die Impedanz einer Spule ist ωL
- (m) Spule blockiert hohe Frequenzen, läßt Gleichstrom durch
- (n) Kondensator blockiert hohe Frequenzen, läßt Gleichstrom durch

Virtuelles Rechnen - Aufteilung: ||1a||1b||2||3||4||5||6||7a, b||7c, d||8||

**Bitte melden Sie Sich zur Vorleistung an und dann zeitnah zur Klausur.
Anmeldung zur Vorleistung endet am 12.07.2016!!!!**

Klausur 1 (Semesterklausur):
Samstag 23.07. 13:00 - 15:00 Uhr
Gerthsen-HS + eventuell ein weiterer Hörsaal
Anmeldung: 18.07.2016 12.00 21.07.2016 23.59

Übungsleiter: Frank Hartmann, IEKP, CN, KIT
Tel.: +41 75411 4362; Mobil - immer
Tel.: +49 721 608 23537 - ab und zu
Email: Frank.Hartmann@kit.edu
www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/EDYN.htm

Zum Spass: Karussell im Magnetfeld - Induktion und Bezugssysteme

Eine kreisförmige Kunststoffscheibe rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 10^3 s^{-1}$ in einem homogenen Magnetfeld der Stärke $B = 0.5 Vs/m^2$ um eine Achse durch den Mittelpunkt der Scheibe. Die Vektoren der Winkelgeschwindigkeit und des Magnetfeldes sind parallel.

- (a) Wie gross ist das elektrische Feld $E(r)$, das ein Beobachter im System der rotierenden Scheibe messen kann?
- (b) Welche Spannung besteht zwischen zwei Punkten auf der Scheibe, die sich bei Radien $r_1 = 2cm$ und $r_2 = 4cm$ befinden?