2. Physik- Klausur im Leistungskurs 12.2

Aufgabe 1 (60 Punkte): Freie und erzwungene Schwingungen

Eine Kombination von Spule und Kondensator stellt den einfachsten Fall eines elektrischen Schwingkreises dar. Die freie Schwingung erfolgt mit der durch die Kenngrößen L und C der Bauteile vorgegebene Thomson- Frequenz, also der Eigenfrequenz des Systems.

Umgekehrt kann an eine Kombination aus R, L und C eine äußere Wechselspannung angelegt werden. Es handelt sich dann um eine erzwungene Schwingung, deren Frequenz vorgegeben ist. Diese Schaltung wird durch die Impedanz Z und den Phasenwinkel φ zwischen fließendem Strom I und anliegender, äußerer Wechselspannung U_g beschrieben.

1.1 a) Beschreibe die Vorgänge im elektrischen, ungedämpften Schwingkreis anhand der Analogie des mechanischen Federpendels. Stelle dazu graphisch anhand einer Skizze einen elektrischen Schwingkreis und das analoge Federpendel aus <u>einer Feder und einer Masse</u> (ohne Gravitationseffekte!) jeweils für die Zeitpunkte

t=0s, t=T/4, t=T/2, t=3T/4 und t=T

dar. Zum Beginn bei t=0 habe der Kondensator seine maximale Spannung bzw. Ladung. (8P)

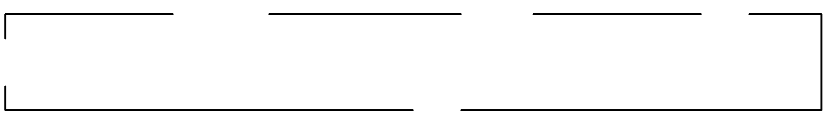
b) Vergleiche für alle Zeitpunkte die jeweiligen Energien und erläutere, welche Größen einander entsprechen. (4P)

1.2 Beschreibe, was eine Dämpfung im elektrischen Schwingkreis hervor rufen könnte und welchen Einfluss eine schwache, eine starke und eine sehr starke Dämpfung auf das Schwingungsverhalten haben wird. Stelle hierzu für alle drei Fälle den Stromverlauf I(t) in einem Diagramm graphisch dar. (10P)

1.3 Zeichne die Wechselstromwiderstände von R, L und C in einem Diagramm als Funktion der Frequenz f. Begründe dieses Verhalten <u>physikalisch</u>. Gehe dabei auch auf den Schnittpunkt zwischen X_C und X_L ein. (10P)

1.4 Durch eine Reihenschaltung eines 50Ω- Widerstandes mit einer Spule der Induktivität L=25mH und einem Kondensator der Kapazität C=20μF entsteht eine sog. Siebkette. An diese wird nun eine Wechselspannung U_{eff}=12V und der Frequenz f=333Hz angelegt.

Schaltskizze: -



a) Zeichne ein maßstabsgerechtes Phasendiagramm für die <u>Wechselstromwiderstände</u> und bestimme GRAPHISCH die Gesamtimpedanz Z (zur Kontrolle: Z=57,5Ω) sowie den Phasenwinkel φ . (6P)

b) Berechne die Stromstärke I sowie U_R, U_L und U_C. Benutze hierzu Z aus Teil a). Vergleiche die einzelnen Spannungen mit der angelegten Gesamtspannung und begründe den Zusammenhang. (10P)

1.5 Große Elektromotoren besitzen erhebliche Induktivitäten und unvermeidbare Gleichstromwiderstände. Bei Messungen an einem Staubsaugermotor stellt man folgende Eckdaten fest: U_{eff}=230V, I_{eff}=12A, Wirkleistung P_{eff}=1.500W bei Netzfrequenz f=50Hz.

a) Berechne den Phasenwinkel φ zwischen I und U. (3P)

b) Berechne Blindleistung Q und Scheinleistung S für diesen Motor. (4P)

c) Berechne R, L und Z für diesen Motor. (5P)

Aufgabe 2 (40 Punkte): Elektromagnetische Wellen

Bereits 1866 stellte James Clerk Maxwell ein Gleichungssystem aus insgesamt vier Gleichungen auf, welche vollständig und umfassend die gesamte Theorie elektromagnetischer Wellen beschreiben. Sie verknüpfen zeitabhängige elektrische und magnetische Felder untrennbar miteinander und mit bewegten oder ruhenden elektrischen Ladungen.

2.1 Erläutere den Begriff „transversale elektromagnetische (TEM)- Wellen“. Woraus „bestehen“ sie, wie sind die Komponenten räumlich und zeitlich zueinander ausgerichtet? (10P)

2.2 Ein Mikrowellensender strahlt über die Fläche A=25cm² seiner Hornantenne eine Leistung von 150W ab. Wie groß ist dort der mittlere Betrag der elektrischen, wie groß der mittlere Betrag der magnetischen Feldstärke? (10P)

2.3 Eine Mikrowelle der Frequenz 3GHz trifft auf eine (ideal leitende) Metallwand. Beschreibe und begründe anhand einer Skizze das Wellenbild vor der Metallwand (es reicht aus, nur das elektrische Feld zu zeichnen!). Gehe dabei besonders auf die Lage von Knoten und Bäuchen beider Felder ein. (10P)

2.4 Berechne für einen Aufbau nach 2.3 den Abstand der Knoten, wenn der Raum vor der Wand mit Wasser gefüllt wird. Die Brechzahl von Wasser beträgt für diese Frequenz etwa n=9. (10P)

21.05.08

Musterlösung zur 2. Klausur im Lk 12.2

1.1 a) siehe Hefter

b) $C \mathrel{\hat=}$ Feder , $L \mathrel{\hat=}$ Masse

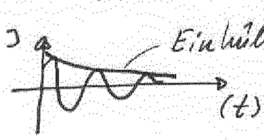
$const = \frac{1}{2} CU^2 + \frac{1}{2} L I^2$ $const = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} Ds^2$

„statische Energie": $\frac{1}{2} CU^2 \mathrel{\hat=} \frac{1}{2} Ds^2$

„dynamische Energie": $\frac{1}{2} L I^2 \mathrel{\hat=} \frac{1}{2} m v^2$

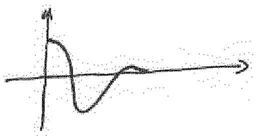
1.2 Dämpfung nur durch R!

R „klein":



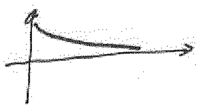
$f \approx f_0$ Thomson

R „groß"



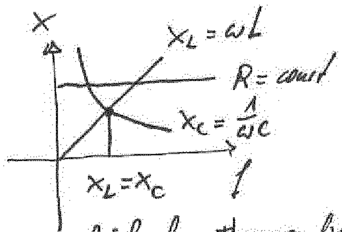
$f < f_0$ „langsamer"

R „sehr groß"



f rein imaginär, Kriechfall, keine Schwingung

1.3



bei $f = f_0$ = Thomsonfreq. $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

R = const „per def."

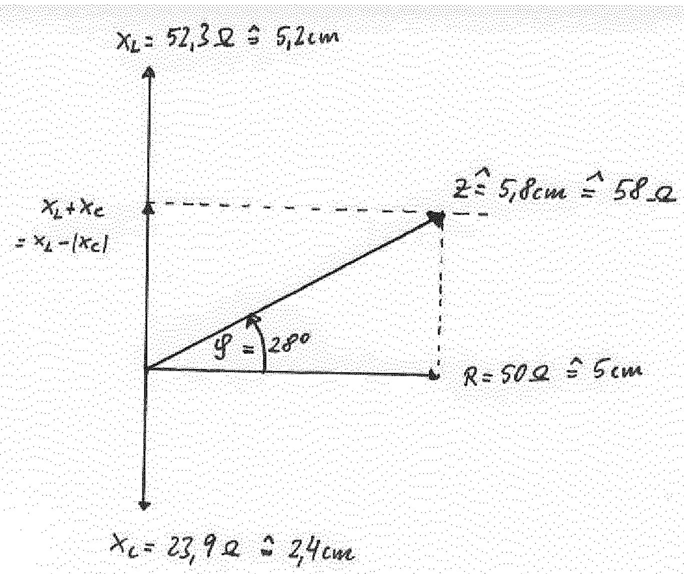
X_L : Selbstinduktion nur bei Wechselstrom => „Je schneller, desto stärker" ($\dot{\phi}$!)

X_C : Gleichstromwiderstand $\to \infty$
hohe Frequenzen : $Q \approx 0 \Rightarrow U \approx 0 \Rightarrow X_C \approx 0$

1

1.4/

a)



b) $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} \quad \frac{12\,V}{57{,}5\,\Omega} = 0{,}209\,A$

$\Rightarrow U_R = I \cdot R = 10{,}45\,V$

$U_C = I \cdot X_C = 4{,}99\,V$

$U_L = I \cdot X_L = \underline{10{,}93\,V}$

$26{,}37\,V > 12\,V$ Resultat der Phasenverschiebung! Direkte Addition falsch, vektoriell! (komplexe Größen ...)

1.5/ a) $\cos\varphi = \frac{P_{eff}}{U_{eff} I_{eff}} = \frac{1500\,W}{230\,V \cdot 12\,A} \Leftrightarrow \boxed{\varphi = 57{,}08°}$

b) $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = \underline{2.316{,}8\,W}$

$S = U \cdot I = 2.760\,W = \sqrt{(1500\,W)^2 + (2.316{,}8\,W)^2} = 2.759{,}99\,W\,✓$ (Kontrolle)

c) $Z = \frac{U}{I} = \frac{230\,V}{12\,A} = \underline{19{,}17\,\Omega}$

$R = Z \cdot \cos\varphi = \underline{10{,}42\,\Omega} \qquad L = \frac{Z \cdot \sin\varphi}{\omega} = \underline{51\,mH}$

2

- $\vec{E}$-Feld + $\vec{B}$-Feld

2.1/
- $\vec{E} \perp \vec{B}$, $\vec{E} \perp \vec{k}$, $\vec{B} \perp \vec{k}$, $\vec{k} \parallel \vec{S}$
- $\vec{E}, \vec{B}, \vec{k}$ (oder $\vec{S}$) bilden Rechtssystem
- Energiefluss in Ausbreitungsrichtung
- $\vec{E}$ und $\vec{B}$ sind um $\pi/2$ phasenverschoben

2.2/

$$S = \frac{150\cancel{0}\,W}{25 \cdot 10^{-4}\,m^2} = 60\cancel{0}\,\frac{kW}{m^2}$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}, \quad S = \frac{1}{\mu_0} EB = \frac{1}{\mu_0} \frac{E^2}{c} = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}\, E^2$$

$$\Leftrightarrow \quad E = \sqrt{\mu_0 c S} = \overset{4{,}75}{\cancel{13{,}04}}\ \frac{kV}{m}$$

$$B = \frac{E}{c} = \overset{15{,}8}{\cancel{50{,}13}}\ \mu T$$

2.3/ s. Metzler

2.4/

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} = \frac{c/f}{2} = \frac{c_0}{2nf} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{2 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 10^9 \frac{1}{s}} = \frac{1}{180}\ m$$

$$= \underline{5{,}6\ mm}$$

3