

Übungen zur Experimentalphysik II

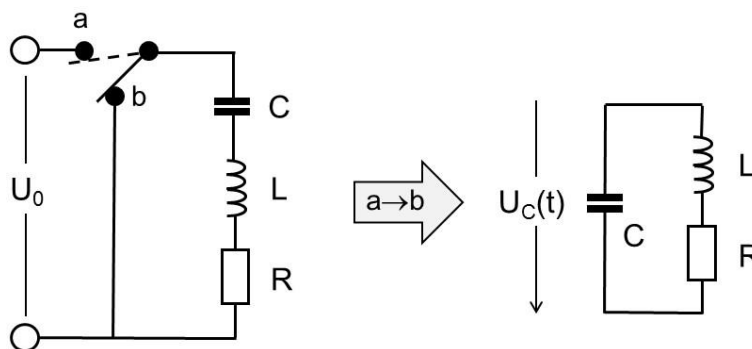
Serie 7

Abgabe am Montag / Dienstag den 25. / 26. Juni in der Übungsgruppe

Organisatorische Erläuterungen zu diesem und den kommenden Übungsaufgabenzetteln

Wir werden in diesem Semester wegen der zwei Feiertage an Übungsgruppenterminen nur neun Übungsaufgabenzetteln haben. Hierbei dient der achte Aufgabenzettel (unter anderem) als "Probeklausur"; das Thema der neunten Serie werden EM-Wellen und Optik sein. Damit nicht die letzten Wochen der Vorlesung ganz ohne ergänzenden Übungsaufgaben bleiben, muß ein Teil der Aufgaben dem Vorlesungsstoff etwas vorgreifen. Dies betrifft in dieser Serie die Aufgaben 2-4. Recherchieren Sie bitte bei Bedarf selbst in Lehrbüchern oder geeigneten Internetquellen.

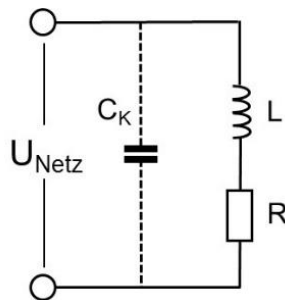
AUFGABE 1 – Gedämpfte Schwingung des RLC Kreises (9 Pkt.)



Der obige Serienschwingkreis wird durch Anlegen einer Gleichspannung U_0 "aufgeladen" (Schalterstellung a, $U_C = U_0$). Dann wird zum Zeitpunkt $t=0$ der Schalter in Stellung b gebracht. Daraus resultiert der links gezeigte Parallelschwingkreis. Gesucht ist nun für den links gezeigten Schwingkreis der Zeitverlauf der Spannung $U_C(t)$.

- Stellen Sie die entsprechende Differentialgleichung auf und leiten Sie die Lösung für $U_C(t)$ her. Geben Sie die Schwingungsfrequenz f_R sowie die $(1/e)$ -Zeit τ der exponentiellen Dämpfung explizit an. (4 Pkt)
- Es seien $C = 250 \text{ pF}$, $L = 1 \text{ mH}$, $R = 10 \text{ }\Omega$. Berechnen Sie f_R , τ sowie die Anzahl der Schwingungszüge innerhalb des Zeitintervalls τ . (2 Pkt)
- Diskutieren Sie den *aperiodischen Grenzfall* sowie das Verhalten für große Werte von $R/(2L)$ (und zwar für $R^2/(2L)^2 > 1/(LC)$). (3 Pkt)

AUFGABE 2 – Wirk- und Blindleistung (5 Pkt.)

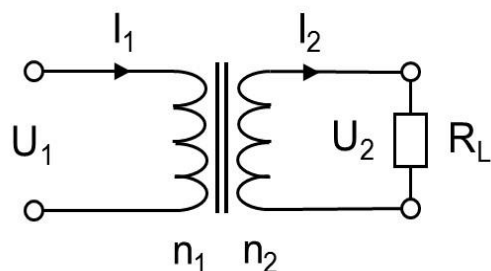


Ein elektrischer Verbraucher (z.B. ein Elektromotor) mit einer Induktivität L von 1 H und einem ohmschen Widerstand R von 100Ω wird an eine Berliner Steckdose angeschlossen ($U_{\text{Netz}}^{\text{eff}} = 220 \text{ V}$, 50 Hz).

a) Die Situation ist durch das gezeigte Schaltbild beschrieben, erstmal jedoch ohne C_K . Skizzieren Sie ein Zeigerdiagramm dazu und berechnen Sie - mit Begründung bzw. Herleitung - die Werte von Blind- und Wirkleistung. (3 Pkt)

b) Die Blindleistung ist potentiell problematisch für die Funktion des Stromnetzes. Daher soll nun eine Blindleistungskompensation durch Parallelschaltung von C_K vorgenommen werden. Wie groß muss C_K sein, damit die Blindleistung minimal wird (mit Begründung bzw. Herleitung)? (2 Pkt)

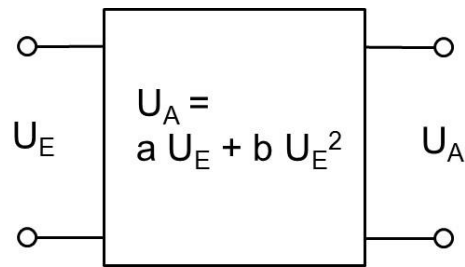
AUFGABE 3 – Transformator (2 Pkt.)



Wir betrachten einen idealen Transformator (keine Kopplungsverluste, keine ohmschen Verluste in den Spulen) mit n_1 Windungen auf der Primärseite und n_2 Windungen auf der Sekundärseite. Die Primärspannung sei die Berliner Netzspannung ($U_1^{\text{eff}} = 220 \text{ V}$, 50 Hz). Der Effektivwert der Sekundärspannung sei 20 V ($U_2^{\text{eff}} = 20 \text{ V}$).

Wie hoch ist der Strom I_1 in der Primärspule für einen Lastwiderstand R_L von 200Ω ? (ohne Herleitung der verwendeten Beziehungen) (2 Pkt)

AUFGABE 4. Frequenzmischung, Modulation und Frequenzvervielfachung (4 Pkt.)



Gegeben sei eine elektronische Baugruppe mit der folgenden *nichtlinearen* Kennlinie (a und b sind reelle Zahlen):

$$U_A = a U_E + b U_E^2. \quad (\text{Glg. 1})$$

Das Eingangssignal ergebe sich als Addition zweier sinusförmiger Signale:

$$U_E = U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t. \quad (\text{Glg. 2})$$

a) Zeigen Sie, dass in $U_A(t)$ sinusförmige Signale mit 6 Frequenzen auftreten, nämlich ω_1 , ω_2 , $2\omega_1$, $2\omega_2$, $\omega_2 - \omega_1$, $\omega_2 + \omega_1$, sowie ein Gleichspannungspegel ($\omega=0$). (2 Pkt)

b) Wir nehmen nun an, dass ω_1 eine Tonfrequenz ($f_{\text{NF}} = 15 \text{ Hz} - 18 \text{ kHz}$) sei und ω_2 eine Radiofrequenz (z.B. $f_{\text{RF}} = 1 \text{ MHz}$). Diskutieren Sie anhand des Ergebnisses von a), dass die nichtlineare Kennlinie (unter anderem) eine Amplitudenmodulation erzeugt. Angenommen es sollen Tonsignale mit einer Frequenz von bis zu 18 kHz übertragen werden. Was wäre dann der minimale Abstand der Sendefrequenzen zweier Radiosender (Antwort mit kurzer Begründung und Skizze)? (2 Pkt)

Ergänzende Anmerkung (ohne Konsequenzen für den Lösungsweg): Die Aufgabe 4 bezieht sich *nicht alleine* auf den Radiofrequenzbereich. Frequenzmischung und Frequenzvervielfachung durch nichtlineare Effekte ist auch zentral in der Lasertechnik bzw. in der nichtlinearen Optik generell.