

Abgabe am Dienstag den **24. Juni** vor Beginn der Vorlesung

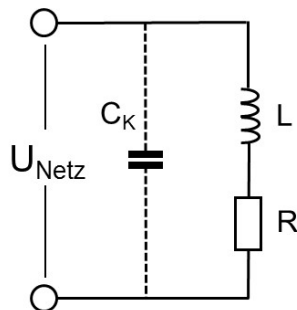
---

### AUFGABE 1 – Magnetische Hystereseis

Skizzieren Sie eine Hysteresschleife und beantworten Sie in wenigen Sätzen die Frage, nach der Ursache (auf atomarer Ebene) der magnetischen Hysterese. (3 Pkt)

### AUFGABE 2 – Wirk- und Blindleistung

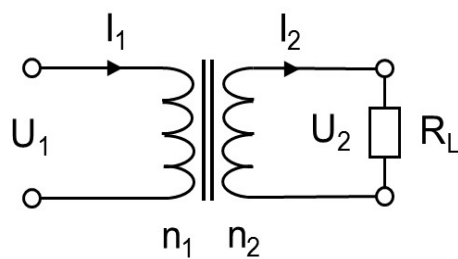
Ein elektrischer Verbraucher (z.B. ein Elektromotor) mit einer Induktivität  $L$  von 1 H und einem ohmschen Widerstand  $R$  von  $100 \Omega$  wird an eine Berliner Steckdose angeschlossen ( $U_{\text{Netz}}^{\text{eff}} = 220 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$ ).



a) Sie Situation ist durch das gezeigte Schaltbild beschrieben, jedoch *ohne*  $C_K$ . Berechnen Sie die Werte von Blind- und Wirkleistung. (2 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)? (2 Pkt)

### AUFGABE 3 – Transformator



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. The Primärspannung sei die Berliner Netzspannung ( $U_1^{\text{eff}} = 220 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$ ). Der Effektivwert der Sekundärspannung sei  $20 \text{ V}$  ( $U_2^{\text{eff}} = 20 \text{ V}$ ).

a) Wie hoch ist der Strom  $I_1$  in der Primärspule für einen Lastwiderstand  $R_L$  von  $100 \Omega$ ? (2 Pkt)

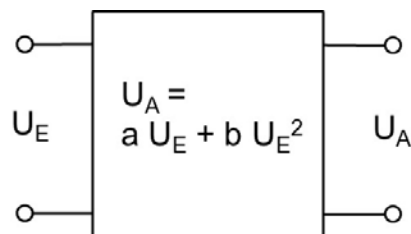
b) Wir betrachten wiederum einen idealen Transformator mit Bezeichnung von Strömen und Spannungen gemäß der obigen Abbildung. The Primärspannung sei wiederum die Berliner Netzspannung. Die Induktivitäten von Primär und Sekundärspule seien nun  $3,16 \text{ H}$  ( $= L_1$ ) und  $1 \text{ H}$  ( $= L_2$ ) und  $R_L$  sei  $10 \Omega$ .

Wie hoch sind die Wirkleistung und die Blindleistung an der Primärseite? Leiten im Rahmen der Lösung dieser Aufgabe die Beziehung zwischen  $U_1$  und  $I_1$  für den idealen Transformator mit rein ohmschen Lastwiderstand her (siehe dazu z.B. Demtröder, Abschnitt „Belasteter Transformator“). (3 Pkt)

#### AUFGABE 4. Frequenzmischung, Modulation und Frequenzvervielfachung

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

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



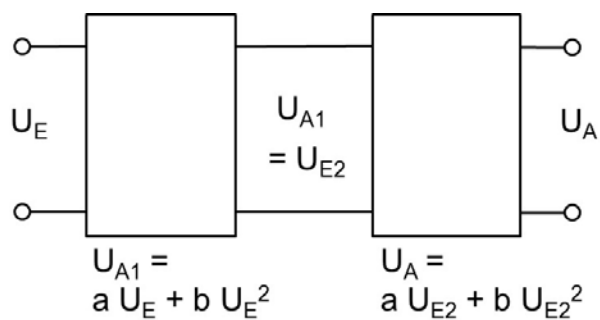
Das Eingangssignal ergebe sich als Addition zweier sinusförmiger Signale:

$$U_E = U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t. \quad (\text{Glg. 1})$$

a) Zeigen Sie, dass in  $U_A(t)$  sinusförmige Signale mit sechs Frequenzen auftreten, nämlich  $\omega_1, \omega_2, 2\omega_1, 2\omega_2, \omega_2 - \omega_1, \omega_2 + \omega_1$ , sowie ein Gleichspannungspegel ( $\omega=0$ ). (4 Pkt)

b) Wir nehmen nun an, dass  $\omega_1$  eine Tonfrequenz ( $f_{NF} = 15 \text{ Hz} - 18 \text{ kHz}$ ) sei und  $\omega_2$  eine Radiofrequenz (z.B. 1 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)? (2 Pkt)

c) Das Eingangssignal habe nun nur eine Frequenzkomponente ( $U_E = U_0 \cos \omega t$ ); die nichtlineare Kennlinie nach Glg. 1 bewirkt eine Frequenzverdopplung ( $2\omega$ ). Welche Frequenzen treten nun bei der ‚Serienschaltung‘ zweier nichtlinearer Kennlinien (siehe Abbildung) auf? (2 Pkt)



Anmerkung: 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.