

Die folgenden **Rechenbeispiele** zu *Grundlagen der Elektronik* werden in der angegebenen Übungseinheit vom Vortragenden vorgerechnet und erläutert. Die ausgearbeiteten Beispiele werden nicht auf TISS veröffentlicht, Ihre Anwesenheit ist erforderlich!

Es wird dringend empfohlen, möglichst viele Beispiele zuvor selbständig zu lösen, weil bei den Tests ähnliche Aufgaben gestellt werden!

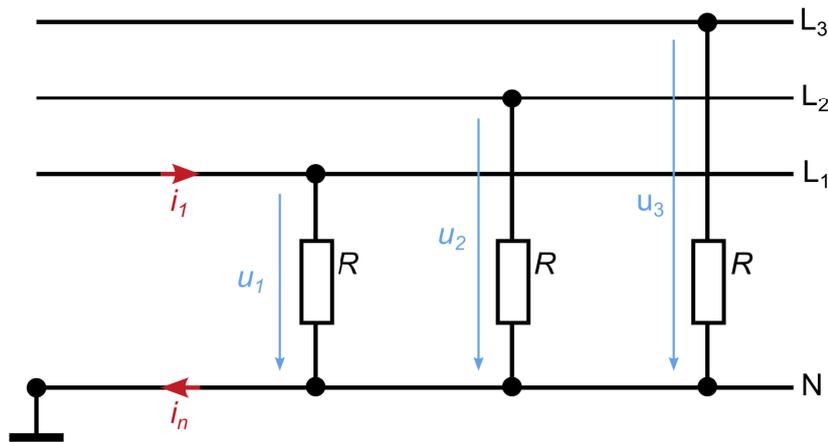
Ausgearbeitete Beispiele können **am Beginn** der Übungseinheit (pünktlich!) in Papierform abgegeben werden, um Bonuspunkte für die Beispiele angerechnet zu bekommen.

Voraussetzungen für die Bewertung:

- Form: Eigenhändige Handschrift (als Original; Am Tablet schreiben und ausdrucken gilt nicht); klar und gut leserlich. Tipp: Behalten Sie sich eine Kopie oder gescannte Version, damit Sie Ihre Ergebnisse mit den in der Übung präsentierten Rechnungen vergleichen können.
 - Wir behalten uns die Möglichkeit vor, die Handschrift mit der in den Tests zu vergleichen.
 - Name und Matrikelnummer auf der ersten Seite.
 - Wenn mehr als ein Blatt abgegeben wird, bitte zusammenheften oder -kleben! Für verloren gegangene fliegende Zettel gibt es keine Punkte. Bitte keine Plastikhüllen!
 - Rechengang nachvollziehbar und richtig.
 - Ergebnis richtig (alle Teilaufgaben zu einer Nummer; bis auf allfällige Rundungsfehler).

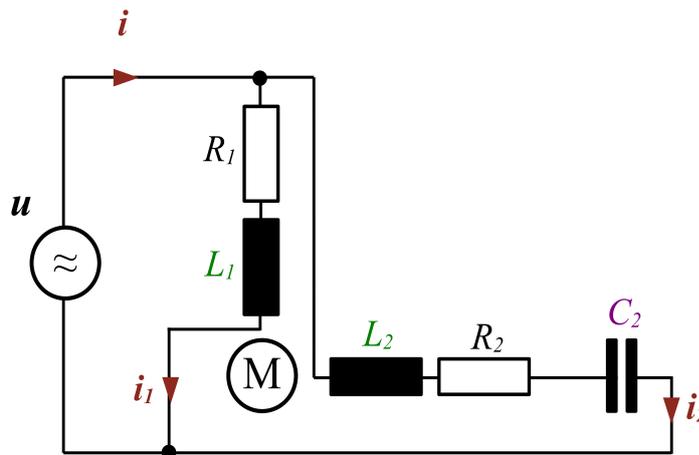
Für ein korrekt ausgearbeitetes Beispiel erhalten Sie 0.5 Bonuspunkte, jedoch **max. 2 Bonuspunkte** pro Übungseinheit. Insgesamt können daher **maximal 8 Bonuspunkte** erworben werden.

Verspätet abgegebene Beispiele oder solche, die den angegebenen Kriterien nicht entsprechen, können nicht berücksichtigt werden!

Beispiel B1:

Eine einfache Warmwasserheizung mit einer Gesamtleistung von $P_g = 6900 \text{ W}$ bestehe aus insgesamt drei gleichen ohmschen Widerständen. Jeder dieser Widerstände ist an einen der drei Leiter, hier mit L₁, L₂ und L₃ bezeichnet, angeschlossen. An jedem dieser Leiter liegt ein Wechselstrom gleicher Frequenz mit Effektivspannung $U_{1,\text{eff}} = U_{2,\text{eff}} = U_{3,\text{eff}} = 230 \text{ V}$ an, wobei zwei benachbarte Leiter jeweils um $\varphi = 120^\circ$ phasenverschoben sind (Dreiphasenwechselstrom). Die drei Widerstände haben einen gemeinsamen Neutraleiter („Nullleiter“) N, welcher geerdet ist.

- Man berechne die Scheitelwerte der Spannungen $\hat{u}_1 = \hat{u}_2 = \hat{u}_3$.
- Man berechne den effektiven Strom $I_{1,\text{eff}}$ und den Scheitelwert \hat{i}_1 .
- Man berechne den effektiven Strom $I_{n,\text{eff}}$.
- Welche Spannung zeigt ihr Multimeter an, wenn Sie zwischen L₁ und L₂ messen, welche für L₁ zu L₃?

Beispiel B2:

Ein Kondensatormotor zum Betrieb an Netzspannung ($U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) besteht aus zwei realen Spulen: eine Hauptwicklung (im Schaltbild L_1) und eine Hilfwicklung (im Schaltbild L_2). Um ein rotierendes Magnetfeld zu erzeugen, das den Rotor des Motors zum Drehen bringt, müssen die Ströme in den beiden Wicklungen, i_1 und i_2 phasenverschoben sein (idealerweise um 90° , weil die Spulen zueinander um diesen Winkel räumlich verdreht sind). Um einen Phasenunterschied zu erzeugen, wird ein Kondensator C_2 in Serie mit der Hilfwicklung geschaltet. Die Widerstände R_1 und R_2 beschreiben die Verluste (Leitungswiderstand, Eisenverluste; bei laufendem Motor wird damit auch die Energieabgabe an den Rotor des Motors modelliert). Bei einem Motor einer Vakuumpumpe wurden folgende Werte gemessen:

$$R_1 = 29 \, \Omega, R_2 = 40 \, \Omega, L_1 = 0.099 \text{ H}, L_2 = 0.127 \text{ H}, C_2 = 24 \, \mu\text{F} .$$

(Für Expert/inn/en: Diese Werte sind bei Stillstand gemessen, daher gelten die folgenden Rechnungen auch nur für den Moment unmittelbar nach dem Einschalten, bevor der Motor begonnen hat, sich zu drehen. Bei laufendem Motor sind die effektiven Induktivitäten höher und daher ist die Stromaufnahme geringer.)

(a) Berechnen Sie:

- (a1) Die komplexen Impedanzen Z_1 und Z_2 und ihre Beträge für die beiden Strompfade (Z_1 für die Hauptwicklung, Z_2 für die Hilfwicklung mit Kondensator, jeweils inklusive der Widerstände des Ersatzschaltbildes),
- (a2) Den Phasenunterschied zwischen i_1 und i_2 ,
- (a3) Wirk-, Blind- und Scheinleistung für die beiden Strompfade und für den gesamten Motor,
- (a4) Die Effektivspannung und die Scheitelspannung am Kondensator C_2 .

Hinweis: Für Aufgaben (a1) – (a4) ist von Netzspannung ($U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) auszugehen.

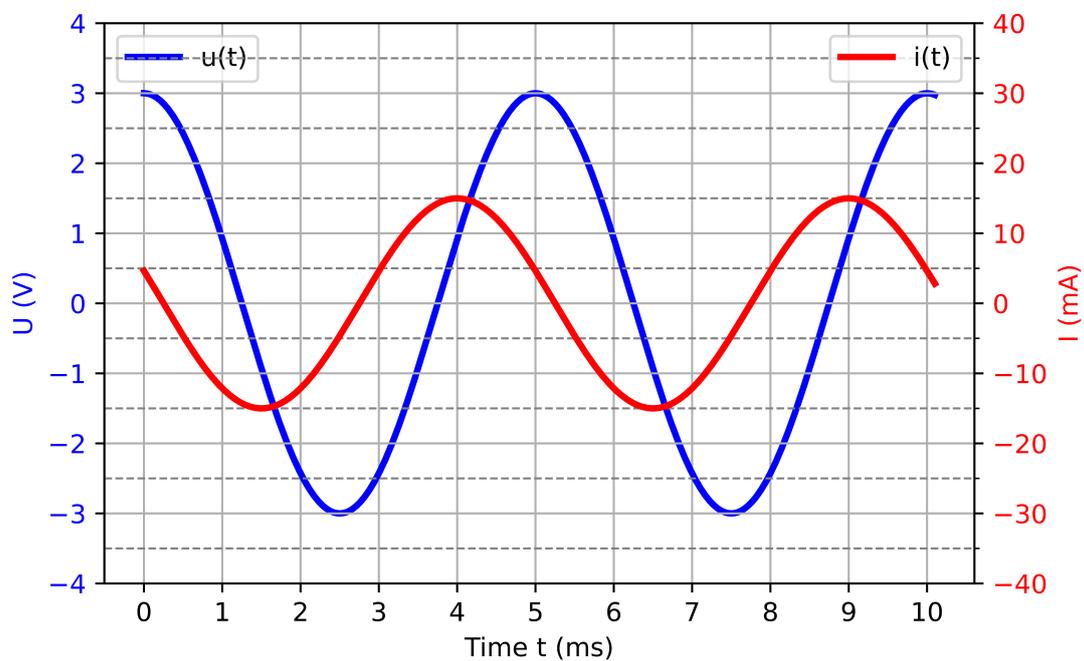
(b) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz und die Güte des Schwingkreises der Hilfwicklung (L_2, R_2, C_2).

(c) Wie müssten Sie die Schaltung verändern, damit sich der Motor in die entgegengesetzte Richtung dreht?

Beispiel B3:

Betrachten Sie das „Bild eines Oszilloskops“ unten.

- Ermitteln Sie die Phasenverschiebung zwischen $u(t)$ und $i(t)$, sowie die Frequenz f .
- Berechnen Sie den Betrag der Blindleistung.
- Verhält sich das System induktiv oder kapazitiv? Wie groß ist C oder L?
Nehmen Sie hierzu einen Verbraucher an, welcher aus einem ohmschen Widerstand und einem dazu parallel geschalteten idealen Blindwiderstand besteht.



Beispiel B4:

(a) Zeichnen Sie ohne vorab ins Skriptum zu sehen einen Hochpass mit $R = 1 \text{ k}\Omega$ und $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$.

Wir legen nun eine sinusförmige Eingangsspannung mit Amplitude $\hat{u}_1 = 1 \text{ V}$ und Periodendauer 20 ms an. Der Ausgang sei unbelastet.

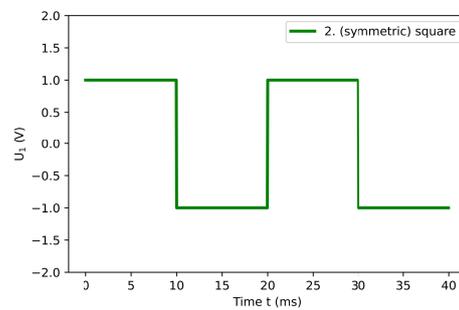
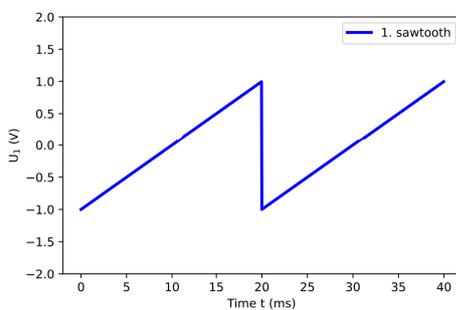
(b) Skizzieren Sie die Zeigerdiagramme für u_1 , die Ausgangsspannung u_2 und den Strom i

(c) Geben Sie die Amplitude \hat{u}_2 , die Phasenverschiebung und den Betrag der Übertragungsfunktion (als Verhältnis und in der dB-Skala) an.

Wir verändern nun u_1 und legen folgende zwei Spannungen an:

1. u_1 sei eine Sägezahnspannung

2. u_1 sei eine Rechteckspannung

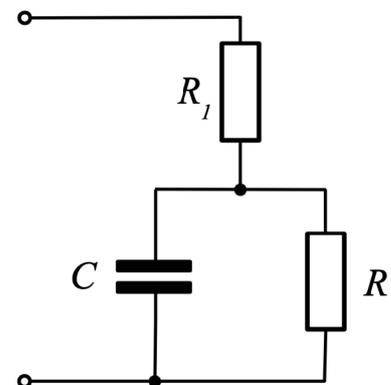


(d) Skizzieren sie qualitativ den zeitlichen Verlauf der jeweiligen Ausgangsspannungen u_2 für die oben skizzierten angenommenen Eingangsspannungen u_1 . Fertigen Sie für beide Fälle ein eigenes Diagramm an, welches mindestens eine volle Periodendauer jedes Signals zeigt. Sie sollten dabei die Zeitskala auf der x-Achse der beiden Bilder beachten! (Sie haben ja eine für den Hochpass charakteristische Zeit kennengelernt. Der qualitative Verlauf der Ausgangsspannung hängt stark davon ab, wie groß diese charakteristische Zeit im Vergleich zur Zeitskala des Eingangssignals ist.)

Beispiel B5

Betrachten Sie die rechts dargestellte Schaltung

- Geben Sie die komplexe Impedanz $Z(\omega)$ dieser Schaltung an. Wie groß ist $Z(\omega)$ für $\omega = 0$ und $\omega \rightarrow \infty$?
- Zeichnen Sie die Ortskurve $Z(\omega)$. Nehmen Sie dabei an, dass die Widerstandswerte R_1 und R vergleichbar groß sind.
- Markieren Sie die Punkte für $\omega \rightarrow \infty$ und $\omega = 0$
- Welche Kurvenform hat diese Ortskurve?



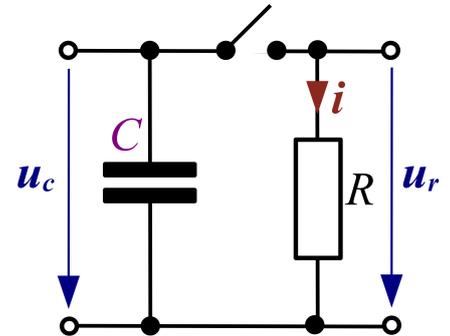
Beispiel B6

Gegeben sei der rechts skizzierte Versuchsaufbau mit

$$C = 1 \text{ mF}, R = 54.4 \text{ } \Omega, m = 0.281 \text{ g}$$

R symbolisiert hier einen dünnen Draht aus einer Widerstandslegierung; dieser Draht hat die Masse m .

Der Kondensator sei aufgeladen, mit einer Spannung von $u_C(t < 0) = 1000 \text{ V}$. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ wird der Schalter geschlossen. Durch den Stromfluss erwärmt sich der Draht und brennt zum Zeitpunkt t_1 durch; die Spannung am Kondensator beträgt zu diesem Zeitpunkt: $u_C(t_1) = 878 \text{ V}$.



- Berechnen und skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf $u_r(t)$ und $i(t)$.
- Berechnen Sie die Schmelztemperatur (Temperatur beim Durchbrennen) des Drahtes. Die spezifische Wärmekapazität des Drahtes ist $c = 0.383 \text{ J/(g K)}$. Etwaige Temperaturabhängigkeiten der gegebenen Größen können vernachlässigt werden. Das Experiment wird bei Raumtemperatur (20°C) durchgeführt.
- Berechnen Sie t_1
- Berechnen Sie die minimale, maximale und mittlere Leistung, welche vom Kondensator abgegeben wird (im Zeitraum $t_0 \leq t \leq t_1$)

Beispiel B7

An der Sekundärwicklung eines idealen Transformators soll eine Spannung $U_{2,\text{eff}} = 2600 \text{ V}$ auftreten.

- Wieviele Windungen muss die Sekundärwicklung haben, wenn primär an 200 Windungen eine Spannung von $U_{1,\text{eff}} = 230 \text{ V}$ anliegt.
- Wie groß ist der Strom in der Primärwicklung, wenn sekundär 50 mA entnommen werden.
- Zeichnen Sie (ohne vorab ins Skriptum zu sehen!) das Ersatzschaltbild eines realen Transformators unter Berücksichtigung von Verlusten und Streuinduktivitäten auf.
 - Welche der eingezeichneten Größen sind bei Leerlauf an der Sekundärseite relevant?
 - Geben Sie die allgemeine Formel für die Impedanz Z der Primärseite für diesen Fall (Leerlauf sekundärseitig) an.