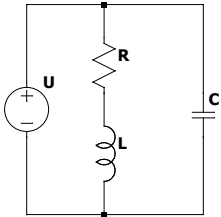


# Grundlagen der Elektrotechnik – Prüfung 14.06.2019

<b>Name</b>	Benutzen Sie ausschließlich das Angabeblatt und das beigefügte, leere Papier. Erlaubte Unterlagen: Schreibzeug, Rechner, Formelsammlung!										
<b>Aufgabe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Gesamt</b>
Punkte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Erreicht											

Achten Sie auf die Form Ihrer Arbeit! Alle Ergebnisse sind durch doppeltes Unterstreichen eindeutig zu kennzeichnen.

## Aufgabe 1 Resonanz



Nebenstehende Schaltung besteht aus einem Widerstand  $R1 = 1\Omega$ , einer Induktivität  $L1 = 10\mu H$ , einem Kondensator  $C1$  (noch zu bestimmen) und einer sinusförmigen Spannungsquelle  $\underline{U} = 20V \angle 0^\circ$  bei  $f = 80\text{ kHz}$ .

- Kann in nebenstehender Schaltung Resonanz auftreten? Begründung? (2)
- Bestimmen Sie den Wert für  $C1$  so, dass Resonanz bei  $f_{res} = 80\text{ kHz}$  auftritt. (5)
- Wie groß ist in diesem Fall der Strom  $\underline{I}$ , den die Quelle  $\underline{U}$  liefert? (2)
- Ist der Strom, den die Quelle liefert, im Resonanzfall minimal oder maximal? Begründung! (1)

(A) Ja, es kann Resonanz auftreten, da zwei verschiedenartige Energiespeicher in der Schaltung vorhanden sind ( $L1, C1$ )

(B) Berechnung der Resonanzfrequenz

Bei  $f = f_r$  wird der Imaginarteil des Leitwerts bzw. des Widerstands Null.

Nachdem die Schaltung eher ein Sperrkreis ist, bietet sich die Berechnung des Leitwerts an:

$$Y = j\omega C + 1/(R + j\omega L)$$

$$Y = j\omega C + (R - j\omega L)/(R^2 + \omega^2 L^2)$$

$$B = \text{imag}(Y) = \omega C - \omega L/(R^2 + \omega^2 L^2)$$

$$B(\omega = \omega_r) = 0$$

$$\rightarrow C = L / (R^2 + \omega_r^2 L^2)$$

$$C = 3.807176e-07\text{ F}$$

$$\rightarrow \omega_r = \sqrt{(L - R^2 C)/L^2 C}$$

$$\text{Kontrolle: } f_r = 8.000000e+04\text{ Hz}$$

(C) Berechnung des Stroms im Resonanzfall

Es wirkt nur der Realteil des Leitwerts

$$G_r = R/(R^2 + \omega^2 L^2)$$

$$G_r = 3.807176e-02\text{ S}$$

$$I_r = G_r * U$$

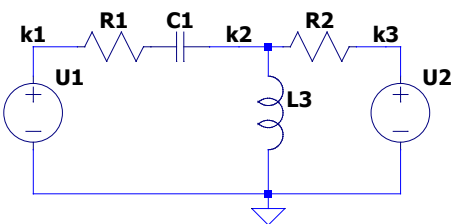
$$I_r = 761.435217\text{ mA}$$

(D) Minimaler oder maximaler Strom?

Nachdem der Imaginarteil des Leitwerts Null wird, ist bei  $\omega_r$  der Leitwert minimal.

Daher  $\rightarrow$  Bei Versorgung mit einer Spannungsquelle minimaler Strom

## Aufgabe 2 Wechselstromrechnung



Gegeben ist nebenstehende Schaltung.

Passive Zweipole:

$$R1 = 100\Omega, R2 = 20\Omega, C1 = 100\text{ nF}, L3 = 47\mu\text{H}$$

Sinusförmige Spannungsquellen:

$$U1 = 100\text{ V}, \varphi1 = 0^\circ, U2 = 100\text{ V}, \varphi2 = 90^\circ, f1 = f2 = 50\text{ Hz}$$

Zeichnen Sie Strom- und Spannungspfeile ein und berechnen Sie die folgenden Größen:

1.  $\underline{Z}_{C1}, \underline{Z}_{L3}$  (3)
2.  $\underline{I}_{L3}, \underline{I}_{R2}$  (4)

### 3. $\underline{U}_{C1}$ (3)

#### Aufgabe 2 - AC Rechnung

--- Komplexe Widerstände ---

$$ZC1 = -31830.988618379073j = 31830.988618379073/_{-90.0}$$

$$ZL3 = 0.014765485471872028j = 0.014765485471872028/_{90.0}$$

$$ZR1C1 = (100-31830.988618379073j) = 31831.145697624175/_{-89.82000059217275}$$

---- Maschenstromverfahren ----

Zwei Maschen, beide im Uhrzeigersinn

Widerstandsmatrix ZZ:

$$\begin{vmatrix} ZR1C1+ZL3 & -ZL3 \\ -ZL3 & ZL3+R2 \end{vmatrix}$$

$$[[100.-3.18309739e+04j \ -0.-1.47654855e-02j]$$

$$[ \ -0.-1.47654855e-02j \ 20.+1.47654855e-02j]]$$

Spannungsvektor UU:

$$[U1; -U2]$$

$$[100. \ +0.j \ -0.-100.j]$$

$$IM1 = [9.87851594e-06+0.00314388j] = [0.0031439]/_{-89.81996928310896}$$

$$IM2 = [-0.00369369-4.99999727j] = [4.99999863]/_{-90.04232658956023}$$

$$IL3 = IM1-IM2 = [0.00370357+5.00314115j] = [5.00314252]/_{-89.95758687936342}$$

$$IR2 = IM2 = [-0.00369369-4.99999727j] = [4.99999863]/_{-90.04232658956023}$$

$$UC1 = ZC1*IM1 = [100.07288596-0.31444293j] = [100.07337997]/_{-0.1800307168910472}$$

--- Helmholtz ----

Alle Pfeile von links nach rechts bzw. von oben nach unten

(A) U1 aktiv

$$Z_{gesA} = R1 + ZC1 + R2*ZL3/(R2+ZL3)$$

$$Z_{gesA} = (100.00001090097211-31830.97385290165j) = 31831.130932253865/_{-89.82000048905518}$$

$$IR1A = (9.869517225086865e-06+0.0031415631048641065j) = 0.0031415786078361403/_{89.82000048905518}$$

$$UC1A = IR1A*ZC1 = (99.999059434849-0.3141564904606362j) = 99.99955290977536/_{-0.17999951094483022}$$

$$IL3A = IR1A * R2 / (R2+ZL3) = (1.2188845800761839e-05+0.0031415541061528265j) =$$

$$0.0031415777516795025/_{89.77770049674035}$$

$$IR2A = IR1A * ZL3/(ZL3+R2) = (-2.319328575674974e-06+8.998711279501865e-09j) = 2.319346032559004e-$$

$$06/_{179.77770049674038}$$

(B) U2 aktiv

$$Z_{gesB} = R2 + ZL3*ZR1C1/(ZL3+ZR1C1) = (20.00000000002152+0.014765492321094123j) =$$

$$20.000005450514866/_{0.04230001193633272}$$

$$IR2B = -U2/Z_{gesB} = (-0.0036913710682859695-4.999997274749062j) = 4.999998637371656/_{-90.04230001193633}$$

$$IL3B = -IR2B * ZR1C1 / (ZR1C1+ZL3) = (0.003691380066997251+4.9999995940776385j) =$$

$$5.000000956706243/_{89.9576999045676}$$

$$IR1B = -IR2B * ZL3 / (ZL3+ZR1C1) = (8.998711279501866e-09+2.319328575674974e-06j) = 2.319346032559004e-$$

$$06/_{89.77770049674035}$$

$$UC1B = (0.07382652149459144-0.0002864378763179033j) = 0.07382707716446833/_{-0.22229950325964323}$$

Überlagerung

$$IL3h = IL3A+IL3B = (0.0037035689127980125+5.003141148183792j) = 5.003142518964708/_{89.95758687936342}$$

$$IR2h = IR2A + IR2B = (-0.0036936903968616446-4.999997265750351j) = 4.999998630085786/_{-90.04232658956023}$$

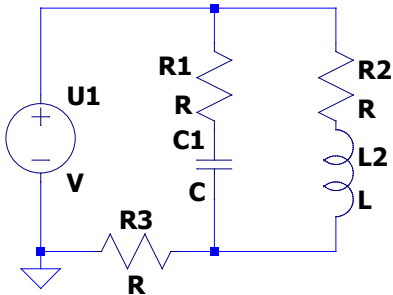
$$UC1 = UC1A+UC1B = (100.0728859563436-0.3144429283369541j) = 100.07337996683499/_{-0.18003071689104716}$$

#### Aufgabe 3 Leistung im Wechselstromkreis

Fünf passive Zweipole sind an Netzspannung ( $U1 = 230V$ ,  $f = 50Hz$ ) angeschlossen.

- $R1 = 47\Omega$ ,  $R2 = 1k\Omega$ ,  $R3 = 10\Omega$
- $C1 = 2.2\mu F$
- $L2 = 100mH$

Der Spannungsverlauf der Netzspannung ist



$$u_1 = \sqrt{2} \cdot 230V \cdot \cos\left(2\pi 50 \frac{1}{s} \cdot t + 0 \text{ rad}\right)$$

- Zeichnen Sie einen Bezugspegel für den Strom  $I_{ges}$  den die Quelle  $U_1$  liefert ein und berechnen Sie diesen Strom  $I_{ges}$ . (3)
- Skizzieren Sie ein Zeigerdiagramm für  $\underline{U}_1$  und  $\underline{I}_{ges}$  (geeignete Maßstäbe wählen!) (1)
- Berechnen Sie die Leistung, die die Quelle  $U_1$  abgibt:
  - Scheinleistung, Wirkleistung, Blindleistung (2)
  - Augenblickleistungen zu den Zeitpunkten  $t_1=4\text{ms}$  und  $t_2 = 8\text{ms}$  (2)
  - Leistungsfaktor (1)
- Verhält sich das Netzwerk induktiv oder kapazitiv? (mit Begründung!) (1)

---- Berechnung des Gesamtwidestands ----

$$Z_1 = R_1 + 1/(j \cdot \omega \cdot C_1) = (47 - 1446.8631190172302j) = 1447.6262933410223 / -88.13945424101628$$

$$Z_2 = R_2 + j \cdot \omega \cdot L_2 = (1000 + 31.415926535897935j) = 1000.4933585187405 / 1.7994081741616377$$

$$Z_{ges} = Z_1 \cdot Z_2 / (Z_1 + Z_2) + R_3 = (701.250263533365 - 445.99649059193945j) = 831.062453565278 / -32.45643731567422$$

$$I_{ges} = U_1 / Z_{ges} = (0.23352509091186302 + 0.14852239839037018j) = 0.27675417053591395 / -32.45643731567422$$

--- Leistungen ---

Wirkleistung als Mittelwert von  $P(t) = 53.7161 \text{ W}$

$$S_c = (53.710770909728495 - 34.16015162978514j) = 63.6534592232602 / -32.45643731567422$$

$$S = |S_c| = 63.6535 \text{ VA}$$

$$P = \text{real}(S_c) = 53.7108 \text{ W}$$

$$Q = \text{imag}(S_c) = -34.1602 \text{ var}$$

$$\text{Check } \sqrt{P^2 + Q^2} = 63.6535 \text{ VA}$$

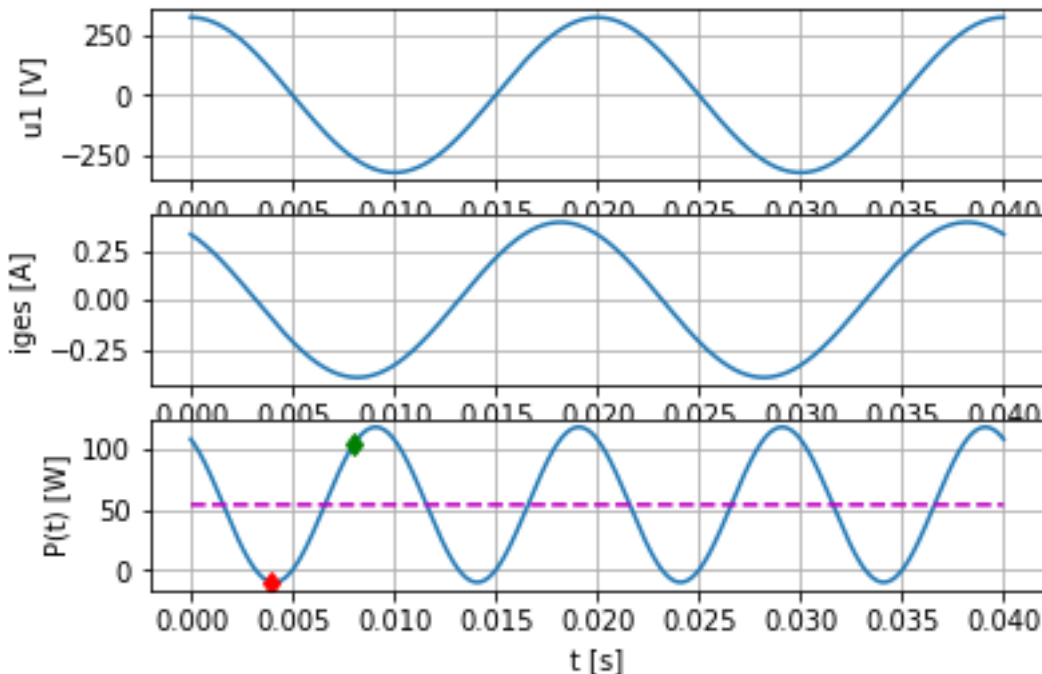
$$\text{PF} = P/S = 0.8438$$

Die Schaltung verhält sich kapazitiv, da  $Q < 0$ .

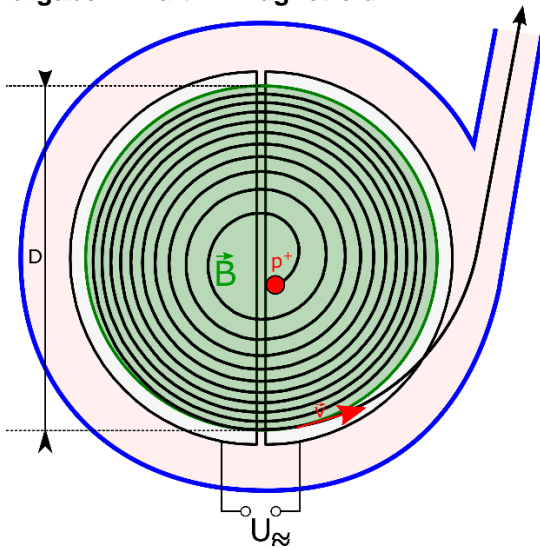
Augenblicksleistungen zu  $t_1 = 4 \text{ ms}$  und  $t_2 = 8.0 \text{ ms}$ :

Bei  $t = 4 \text{ ms}$  ist  $u_1 = 100.514 \text{ V}$ ,  $i_{ges} = -0.097708 \text{ A}$  und  $P(t) = -9.82099 \text{ W}$

Bei  $t = 8 \text{ ms}$  ist  $u_1 = -263.148 \text{ V}$ ,  $i_{ges} = -0.390641 \text{ A}$  und  $P(t) = 102.797 \text{ W}$



## Aufgabe 4 Kraft im Magnetfeld



Richtung: In die Blattebene

Die kinetische Energie des Protons beim Austritt ist 100keV.  
Dies entspricht  $1.602 \cdot 10^{-14}$  J

Die kinetische Energie hängt mit der Austrittsgeschwindigkeit über  $W = 1/2 m v^2$  zusammen.  
 $v = \sqrt{2 \cdot W / m_e} = 4.37752 \cdot 10^6$  m/s

Der Radius lässt sich über das Gleichsetzen von Zentrifugal- und Lorentzkraft berechnen:

$$F_Z = m v^2 / r$$

$$F_L = q e \cdot (v \times B)$$

--> über die rechten Winkel ergibt sich  $F_L = q e v B$

$$m v^2 / r = q v B$$

$$m v / r = q B$$

$$m v / (q B) = r$$

$$r = m_e \cdot v_e / (q \cdot B) = 0.0913759 \text{ m}$$

$$D = 2 \cdot r = 0.182752 \text{ m}$$

In einem Zyklotron sollen Protonen auf eine Energie von 100 keV beschleunigt werden.

- In welche Richtung zeigt das Magnetfeld um die gezeichnete Flugbahn des Protons zu erzielen? (In die Skizze einzeichnen!) (3)
- Wie groß ist die Endgeschwindigkeit  $v$  des Protons? (3)
- Wie groß muss der Durchmesser  $D$  des Zyklotrons mindestens sein, wenn Magnete mit einer Flussdichte von  $B=0.5\text{T}$  zum Einsatz kommen? (4)

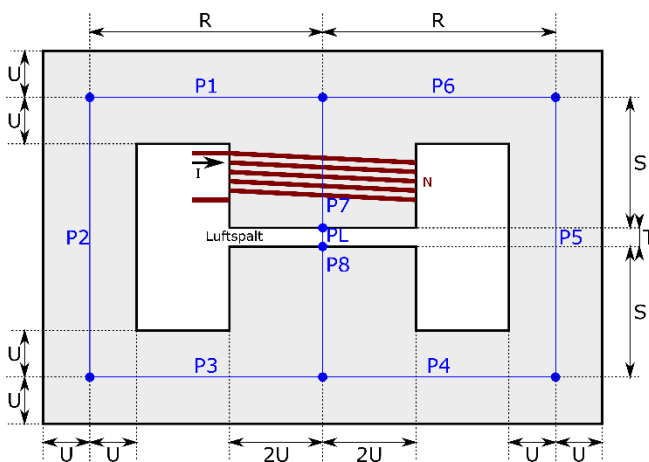
Daten zum Proton: Ladung:  $q = 1.602 \cdot 10^{-19}\text{C}$ , Masse:  $m = 1.672 \cdot 10^{-27}\text{kg}$

$$\text{Zentrifugalkraft: } \vec{F}_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$\text{Kinetische Energie: } W = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\text{Elektronenvolt: } 1\text{eV} = 1.602 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

## Aufgabe 5 Induktivität – magnetischer Kreis



Mit nebenstehendem Eisenkern soll eine Induktivität aufgebaut werden. Der Kern hat folgende Abmessungen:  $R = 30 \text{ mm}$ ,  $S = 6 \text{ mm}$ ,  $T = 3 \text{ mm}$ ,  $U = 4 \text{ mm}$ . Die Dicke des Kerns beträgt  $D = 10\text{mm}$ .

Das Kernmaterial hat eine relative Permeabilität von  $\mu_r = 1400$ . Die Anzahl der Windungen ist  $N = 45$ .

- Skizzieren Sie den Verlauf des Magnetfelds. (1)
- Berechnen Sie den magnetischen Leitwert  $\Lambda$  folgender Pfade (3):
  - P1-P2-P3
  - P4-P5-P6
  - P7-PL-P8
- Berechnen Sie den magnetischen Leitwert der gesamten Anordnung (2)
- Berechnen Sie die Induktivität  $L$  (2)
- Wie stark ändert sich  $L$  wenn sich  $\mu_r$  bei Erwärmung um 30% erhöht? (2)

Hinweise:

- Es kann angenommen werden, dass sich das Magnetfeld ausschließlich im Eisenkern und Luftspalt ausbreitet.
- Es kann ohne Luftspaltaufweitung gerechnet werden.
- Das Feld kann in den einzelnen Pfaden als homogen angenommen werden.
- Für die Geometrie der einzelnen Pfadabschnitte können die blauen Hilfslinien als Länge angenommen werden. Für den Querschnitt kann die Dicke mal der Breite des Pfadabschnittes verwendet werden.
- $L = N^2 \Lambda$

- $\Lambda = \mu_0 \mu_r \frac{A}{l}$
- $\mu_0 = 0.4\pi \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$

-----  
 $\Lambda = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot A / l$   
 -----

Abschnitt P1-P2-P3:

Querschnitt  $A_{123} = 8e-05 \text{ m}^2$

Länge  $L_{123} = 0.075 \text{ m}$

Magnetischer Leitwert  $\Lambda_{123} = 1.87658e-06 \text{ H}$

Abschnitt P4-P5-P6 ist ident zu P1-P2-P3

Magnetischer Leitwert  $\Lambda_{456} = 1.87658e-06 \text{ H}$

Abschnitt P7-PL-P8

--> Serienschaltung von Eisen und Luftstrecken

Querschnitt  $A_{7L8} = 0.00016 \text{ m}^2$

Eisenlänge  $L_{78} = 0.012 \text{ m}$

Luftlänge  $L_L = 0.003 \text{ m}$

$\Lambda_{78} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{7L8} / L_{78} = 2.34572e-05 \text{ H}$

$\Lambda_L = \mu_0 \cdot 1 \cdot A_{7L8} / L_L = 6.70206e-08 \text{ H}$

$\Lambda_{7L8} = \Lambda_{78} \cdot \Lambda_L / (\Lambda_{78} + \Lambda_L) = 6.68297e-08 \text{ H}$

-----  
 Gesamtleitwert

Die Pfade P1-P2-P3 und P4-P5-P6 sind parallel zueinander.

Dazu ist P7L8 in Serie.

$\Lambda_{123456} = \Lambda_{123} + \Lambda_{456} = 3.75316e-06 \text{ H}$

$\Lambda = \Lambda_{7L8} \cdot \Lambda_{123456} / (\Lambda_{7L8} + \Lambda_{123456}) = 6.56605e-08 \text{ H}$

-----  
 Induktivität

$L = N^2 \cdot \Lambda = 0.000132963 \text{ H}$

-----  
 Einfluss von 30% Toleranz auf L

Magnetischer Leitwert  $\Lambda_{123} = 2.43955e-06 \text{ H}$

Magnetischer Leitwert  $\Lambda_{456} = 2.43955e-06 \text{ H}$

Abschnitt P7-PL-P8

--> Serienschaltung von Eisen und Luftstrecken

$\Lambda_{78} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{7L8} / L_{78} = 3.04944e-05 \text{ H}$

$\Lambda_L = \mu_0 \cdot 1 \cdot A_{7L8} / L_L = 6.70206e-08 \text{ H}$  (unverändert!)

$\Lambda_{7L8} = \Lambda_{78} \cdot \Lambda_L / (\Lambda_{78} + \Lambda_L) = 6.68737e-08 \text{ H}$

-----  
 Gesamtleitwert

Achtung: Luftspalt  $\mu_r$  ändert sich nicht!

$\Lambda_{123456} = \Lambda_{123} + \Lambda_{456} = 4.8791e-06 \text{ H}$

$\Lambda = \Lambda_{7L8} \cdot \Lambda_{123456} / (\Lambda_{7L8} + \Lambda_{123456}) = 6.59695e-08 \text{ H}$

-----  
 Induktivität

$L_{tol} = N^2 \cdot \Lambda_{tol} = 0.000133588 \text{ H}$

$\Delta L = (L_{tol} - L) / L \cdot 100$

Die Änderung von L beträgt 0.470525 %

---

### Aufgabe 6 Komplexe Größen

- Erklären Sie die Begriffe: Impedanz, Reaktanz, Resistanz, Admittanz, Konduktanz und Suszeptanz (5)
- Was ist Wirkleistung, Scheinleistung und Blindleistung (mit Einheit) bzw. der Leistungsfaktor? (5)

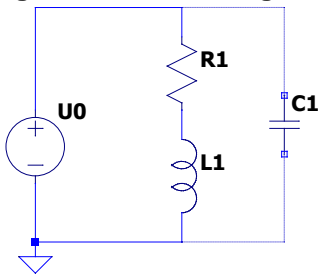
---

### Aufgabe 7 Reale Bauteile

- Widerstand (3)
  - Erklären Sie das Verhalten eines Varistors!
  - Wie werden seine Eigenschaften eingesetzt (Anwendungen)?
- Induktivität (4)
  - Leiten Sie den Zusammenhang zwischen  $L$ ,  $i_L$  und der im Magnetfeld gespeicherten Energie  $E_m$  her!
  - Wieviel Energie ist in einer Induktivität  $L = 1\text{mH}$  bei  $i_L = 1\text{A}$  gespeichert?
- Kondensator (3)
  - Skizzieren Sie den Aufbau eines Folienkondensators.
  - Was ist der Unterschied zwischen einem Film-Folienaufbau und einem metallisierten Folienaufbau?

---

### Aufgabe 8 Blindleistungskompensation



Die Spannungsquelle  $\underline{U}_0$  (110V, 60Hz) ist an der dargestellten induktiven Last  $R_1$ ,  $L_1$  angeschlossen.  $R_1=10\Omega$ ,  $L_1=20\text{mH}$ .

- Berechnen Sie den Leistungsfaktor  $\lambda_1$  ohne Blindleistungskompensation (ohne  $C_1$ ). (3)
- Legen Sie danach den Kondensator  $C_1$  für einen verbesserten Leistungsfaktor  $\lambda_2=0.98$  aus. (5)
- Um wie viele Prozent sinkt der Effektivwert des Stroms  $\underline{I}_0$  (den die Quelle liefert) durch die Blindleistungskompensation? (2)

$$ZRL = R + j\omega L = (10 + 7.5398223686155035j) = 12.523933940670348 / -37.01564457318208$$

-----  
Ohne Kompensation

$$\phi_1 = 37.0156^\circ$$

$$PF_1 = 0.798471$$

$$I_1 = U / ZRL = (7.013118040789596 - 5.287766427768633j) = 8.783182706097236 / -37.01564457318208$$

$$P_1 = 771.443 \text{ W}$$

-----  
Mit Kompensation

$$PF_2 = 0.98 \rightarrow \phi_2 = 11.4783^\circ$$

Die benötigte BL ist  $Q_{\text{req}} = -425.006 \text{ var}$

$$Q_{\text{cap}} = -U^2 \omega C$$

$$C = 9.31706e-05 \text{ F}$$

Berechnung des neuen Stroms:

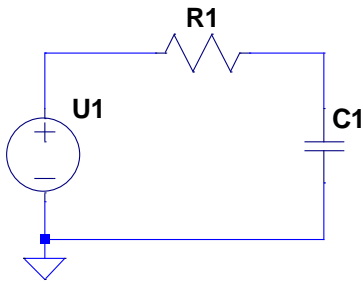
$$ZC = 1 / (j\omega C) = -28.47017773759093j = 28.47017773759093 / -90.0$$

$$ZRLC = ZRL * ZC / (ZRL + ZC) = (15.06377040648038 + 3.0588290428380525j) = 15.371194292326917 / -11.47834095453357$$

$$I_2 = U / ZRLC = (7.013118040789597 - 1.4240743562309062j) = 7.156242898764894 / -11.478340954533572$$

Der Netzstrom ist um -18.52 % zurückgegangen

## Aufgabe 9 Tiefpass



Nebenstehende RC Schaltung soll analysiert werden.

- $R1 = 1\text{k}\Omega$
- $C1 = 470\text{nF}$

*Differentialgleichung:* Der Kondensator C1 ist bei  $t=0$  ungeladen. Es wird eine Spannung  $U1 = 5\text{V}$  angelegt.

- Leiten Sie die Kondensatorladekurve her! (3)
- Was versteht man unter Zeitkonstante  $\tau$ ? (1)
- Auf welchen Wert liegt die Spannung  $u_{C1}$  nach  $\tau$  bzw.  $5\tau$ ? (1)

*Frequenzbetrachtung:*

- Skizzieren Sie das Bode-Diagramm von  $H = \frac{u_{C1}}{U1}$ ! (2)
- Wie ist der Zusammenhang zwischen der Zeitkonstante  $\tau$  und der Grenzfrequenz  $f_g$ ? (1)
- **Schätzen** Sie den Betrag der Ausgangsspannung  $U_{C1}$  für zwei verschiedene sinusförmige Eingangsspannungen ab: (2)
  - $U_{1a} = 1\text{V}, f_{1a} = \frac{f_g}{100}$
  - $U_{1b} = 1\text{V}, f_{1b} = f_g \cdot 20$

$$\tau = 0.00047 \text{ s}$$

$$f_g = 338.628 \text{ Hz}$$

---- Zeitbereich ----

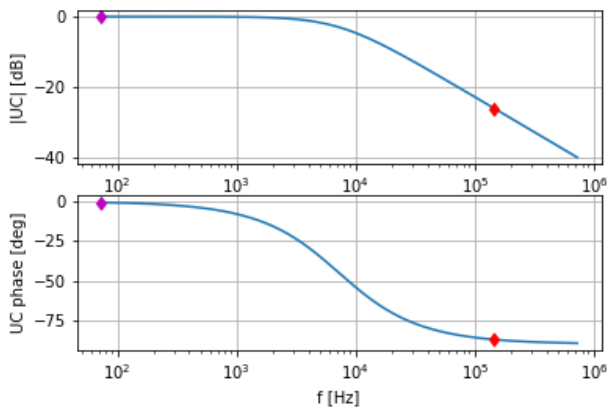
$$\text{Bei } t=\tau \text{ ist } u_C=3.1606 \text{ V}$$

$$\text{Bei } t=5 \cdot \tau \text{ ist } u_C=4.96631 \text{ V}$$

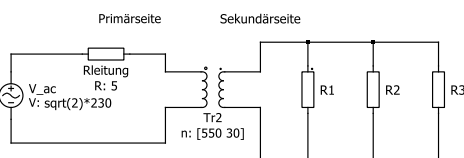
---- Frequenzbereich ----

$$\text{Bei } f = f_g/100 \rightarrow UC = -0.000434273 \text{ dB} = 0.99995 \text{ V}$$

$$\text{Bei } f = f_g \cdot 20 \rightarrow UC = -26.0314 \text{ dB} = 0.0499376 \text{ V}$$



## Aufgabe 10 Transformator



Ein Beleuchtungssystem benutzt einen Transformator:

- Der Transformator ( $N1 = 550, N2 = 30$ ) ist primärseitig an Netzspannung ( $230 \text{ V}_{\text{RMS}}$ ) angeschlossen.
- Ideale Bedingungen am Transformator können angenommen werden.
- Die Netzanschlussleitung hat einen Widerstand von  $5\Omega$ .
- An der Sekundärseite sind 3 Halogenlampen (je  $60\text{W}$  bei  $12\text{V}$ ) in Parallelschaltung angeschlossen.

Berechnen Sie die folgenden Größen:

- Leerlaufspannung auf der Sekundärseite.
- Alle Ströme und Spannungen!
- Die Leistung einer Lampe sowie die Leistung der Quelle!

---- Lampe ----

$$P = U^2/R \rightarrow R = U^2/P$$

$$R_{\text{Lampe}} = 2.4 \text{ ohm}$$

$$R_{\text{Lampe gesamt}} = R_{\text{Lampe}}/3$$



$$R_{ges} = 0.8 \text{ ohm}$$

---- Umrechnung auf die Primärseite ----

$$R_{ges\_p} = n^{**2} * R_{ges} = 268.889 \text{ ohm}$$

---- Quellenstrom ----

$$I_1 = U / (R_{leitung} + R_{ges\_p}) = 0.839757 \text{ A}$$

---- Spannungen ----

$$U_1 = U - I_1 * R_{leitung} = 225.801 \text{ V}$$

$$U_2 = 1/n * U_1 = 12.3164 \text{ V}$$

---- Ströme ----

$$I_2 = U_2 / R_{ges} = 15.3955 \text{ A}$$

$$\text{Check: } I_2 = n * I_1 = 15.3955 \text{ A}$$

$$I_{lampe} = I_2 / 3 = 5.13185 \text{ A}$$

$$P_{lampe} = U_2^{**2} / R_{lampe} = 63.206 \text{ W}$$

$$P_{quelle} = U * I_1 = 193.144 \text{ W}$$

$$P_{leitung} = I_1^{**2} * R_{leitung} = 3.52596 \text{ W}$$