3. Klausur
Grundlagen der Elektrotechnik I-A
5. April 2005

Name: . . . .

Vorname: . . . .

Matr.-Nr.: . . . .

Bearbeitungszeit: 135 Minuten

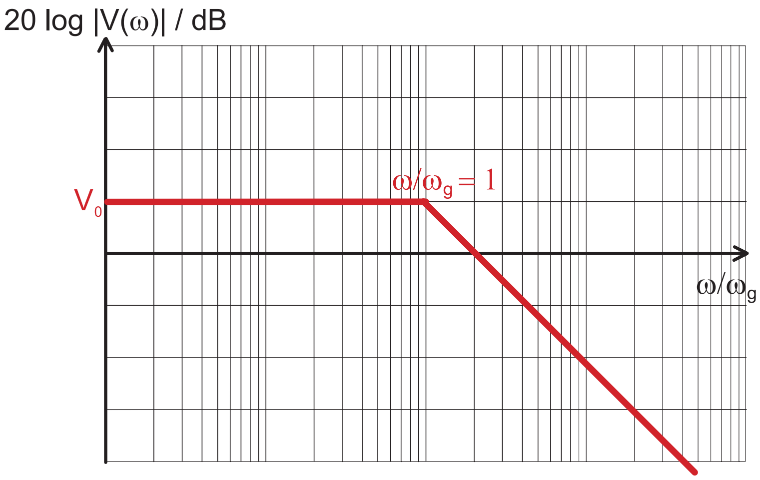
- Trennen Sie den Aufgabensatz **nicht** auf.
- Benutzen Sie für die Lösung der Aufgaben **nur** das mit diesem Deckblatt ausgeteilte Papier. **Lösungen, die auf anderem Papier geschrieben werden, können nicht gewertet werden.** Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- **Notieren Sie bei der Aufgabe einen Hinweis, wenn die Lösung auf einem Extrablatt fortgesetzt wird**
- **Schreiben Sie deutlich!** Doppelte, unleserliche oder mehrdeutige Lösungen können nicht gewertet werden.
- Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
- Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz**!

1. Aufgabe (5 Punkte): Allgemeine Fragen

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen:

1.1. Bodediagramme (0,5 Punkte)

Skizzieren Sie den Betragsfrequenzgang für einen **Tiefpaß erster Ordnung**. Beschriften Sie die Achsen und kennzeichnen Sie die Grenzfrequenz.



1.2. Formfaktor (0,5 Punkte)

Geben Sie die Definition des Formfaktors f an.

Lösung:

$$f = \frac{Effektivwert}{Gleichrichtmittelwert}$$

1.3. Erster Kirchhoffscher Satz (0,5 Punkte)

Wie lautet das erste Kirchhoffsche Gesetz?

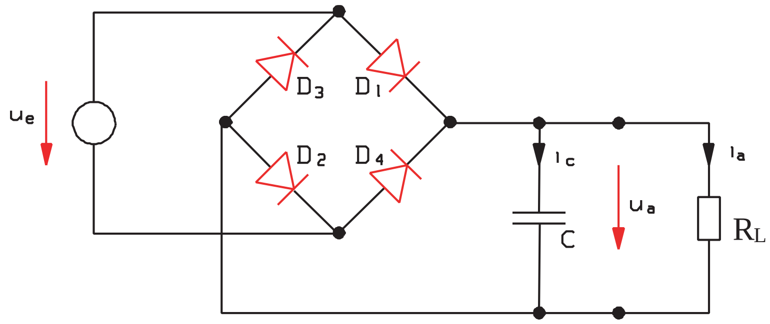
Lösung:

In einem Knoten ist die Summe aller Ströme 0

$$\sum I = 0 \tag{1}$$

1.4. Brückengleichrichter (0,5 Punkte)

Ergänzen Sie die Dioden in der Brückengleichrichterschaltung (Zweiweg-Gleichrichter).

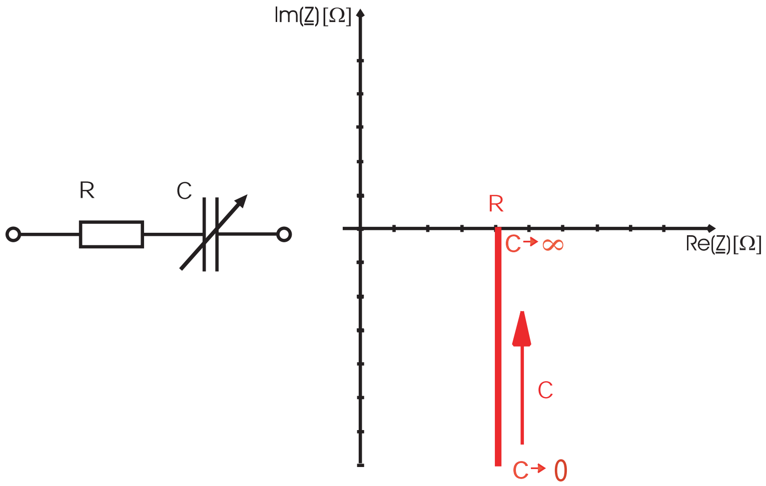


1.5. Ortskurven (0,5 Punkte)

Zeichnen Sie die Ortskurve des komplexen Widerstandes bei fester Frequenz ω und veränderlicher Kapazität C. Markieren Sie $C = 0$ und $C \to \infty$.

Lösung:

$$\underline{Z}(C) = R + \frac{1}{j\omega C} = R - j\frac{1}{\omega C} \tag{2}$$



1.6. Verbraucherzählpfeilsystem (0,5 Punkte)

Beschreiben Sie mit **zwei** Sätzen die Vereinbarungen für die Zählpfeile für Strom und Spannung an Widerständen und aktiven Quellen im Verbraucherzählpfeilsystem.

Lösung:

- *Am Verbraucher haben Spannung und Strom die gleiche Richtung (positive Leistung).*
- *Am Generator haben Strom und Spannung entgegengesetzte Richtung (negative Leistung).*

1.7. Komplexe Reihenschaltung (0,5 Punkte)

Geben Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z}_{Ges}$ von einer Reihenschaltung aus dem Widerstand R und der Induktivität L an.

Lösung:

$$\underline{Z}_{Ges} = R + j\omega L$$

1.8. Nichtlinearer Widerstand (0,5 Punkte)

Wodurch ist eine nichtlinearer Widerstand gekennzeichnet?

Lösung:

$$\frac{dr}{dx} \neq const.$$

Wobei x Strom, Spannung, Zeit, Temperatur, Feuchtigkeit oder Licht etc. sein kann.

1.9. C-Reihenschaltung (0,5 Punkte)

Geben Sie die Gesamtkapazität C_{Ges} von zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren C_1 und C_2 an.

Lösung:

$$\frac{1}{C_{Ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \textit{oder} \quad C_{Ges} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

1.10. L-Reihenschaltung (0,5 Punkte)

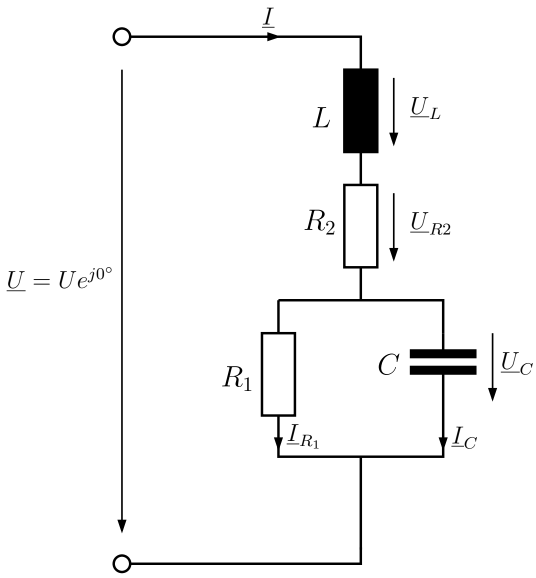
Geben Sie die Gesamtinduktivität L_{Ges} von zwei in Reihe geschalteten Spulen L_1 und L_2 an.

Lösung:

$$L_{Ges} = L_1 + L_2$$

2. Aufgabe (5 Punkte): Zeigerdiagramm

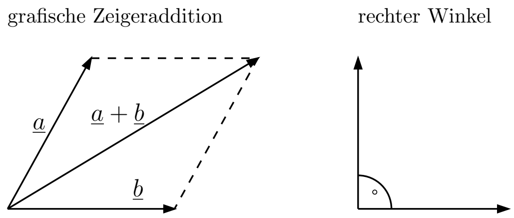
Gegeben ist das folgende komplexe Netzwerk.



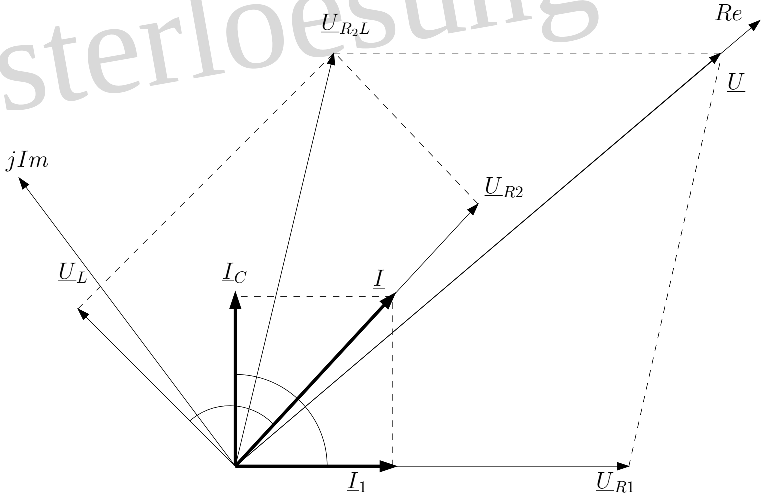
2.1. Qualitatives Zeigerdiagramm (2,0 Punkte)

Zeichnen Sie qualitativ das Zeigerdiagramm aller Spannungen und Ströme dieses Netzwerks in ein Koordinatensystem ein.

Rechte Winkel sind **klar** zu kennzeichnen!
Wählen Sie die Spannungen **betragsmäßig größer** als Ströme!
Verdeutlichen Sie die grafische Addition der Zeiger wie unten gezeigt!
Die Zeichnungen sollen nicht zu klein sein!



Lösung:



Re
$\underline{U}_{R_2L}$
$\underline{U}$
jIm
$\underline{U}_{R2}$
$\underline{U}_L$
$\underline{I}_C$
$\underline{I}$
$\underline{I}_1$
$\underline{U}_{R1}$

Zeigerdiagramm

2.2. Komplexer Widerstand (2 Punkte)

Geben Sie den Ausdruck für den komplexen Widerstand $\underline{Z}_{AB}$ zwischen den Punkten A und B in Komponentenform an:

$$\underline{Z}_{AB} = X + jY$$

Lösung:

$$\underline{Z}_{R_1C} = \frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C} \tag{3}$$

$$\underline{Z}_{AB} = R_2 + \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C} = \frac{R_1 + R_2 + j\omega R_1 R_2 C}{1 + j\omega R_1 C} \qquad \textit{1 Punkt} \tag{4}$$

$$\underline{Z}_{AB} = \frac{R_1 + R_2 + j\omega R_1 R_2 C}{1 + j\omega R_1 C} \cdot \frac{1 - j\omega R_1 C}{1 - j\omega R_1 C} \tag{5}$$

$$\underline{Z}_{AB} = \frac{R_1 + R_2 + (\omega R_1 C)^2 \cdot R_2}{1 + (\omega R_1 C)^2} - j\omega \cdot \frac{C(R_1)^2}{1 + (\omega R_1 C)^2} \qquad \textit{je 0,5 Punkte} \tag{6}$$

2.3. Gesamtimpedanz (1 Punkt)

Wie groß muss L gewählt werden, damit die Gesamtimpedanz $\underline{Z}_{ges}$ reell wird, wenn $R_1 = R_2 = 10k\Omega$, $C = 100nF$ und $\omega = 1000s^{-1}$ sind.

Lösung:

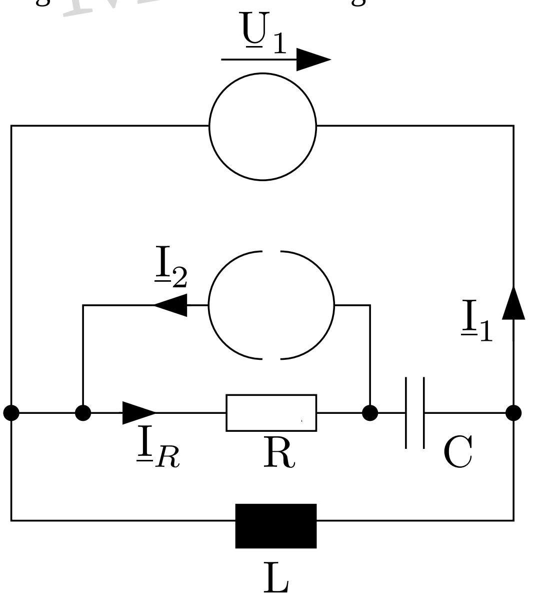
$$\underline{Z}_{ges} = \underline{Z}_{AB} + \underline{Z}_L = \frac{R_1 + R_2 + (\omega R_1 C)^2 \cdot R_2}{1 + (\omega R_1 C)^2} - j\omega \cdot \left(\frac{C(R_1)^2}{1 + (\omega R_1 C)^2} - L \right) \tag{7}$$

$$Im\{\underline{Z}_{ges}\} = 0 \tag{8}$$

$$\frac{C(R_1)^2}{1 + (\omega R_1 C)^2} - L = 0 \quad \Rightarrow \quad L = \frac{C(R_1)^2}{1 + (\omega R_1 C)^2} = 5\frac{Vs}{A} \qquad \textit{1 Punkt} \tag{9}$$

3. Aufgabe (5 Punkte): Komplexe Superposition

Gegeben ist das folgende Netzwerk:



Gegeben:
$C = \frac{1}{6} \cdot 10^{-2} F$
$L = 3.83 \cdot 10^{-3} H$
$R = \frac{3}{2} \Omega$
$\omega = 2\pi f = 300 \frac{1}{s}$
$\underline{U}_1 = konstant \neq 0$
Hinweis: Diese Aufgabe kann rechnerisch oder grafisch ($1V \hat{=} 1cm, 1A \hat{=} 1cm$) gelöst werden.

3.1. Strom $\underline{I}_1$ (2.5 Punkte)

Es werden die Ströme $\underline{I}_R = 2Ae^{j20^\circ}$ und $\underline{I}_2 = 0A$ gemessen. Ermitteln Sie den Strom $\underline{I}_1$.

Lösung:

$$\underline{U}_R = \underline{I}_R R \qquad (= 3Ve^{j20}) \tag{10}$$

$$\underline{U}_C = \underline{I}_R \frac{1}{jwC} \qquad (= 4Ve^{-j70}) \tag{11}$$

$$\underline{U}_L = \underline{U}_R + \underline{U}_c = \underline{I}_R (R + \frac{1}{jwC}) \qquad (= 5Ve^{-j33.13}) \tag{12}$$

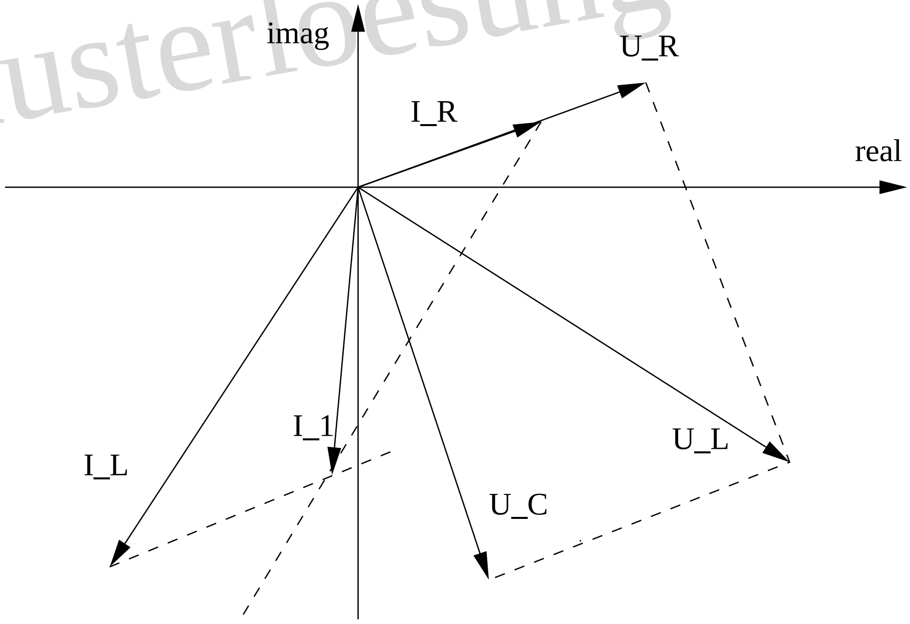
$$\underline{I}_L = \frac{\underline{U}_L}{jwL} = \frac{\underline{I}_R}{jwL}(R + \frac{1}{jwC}) \qquad (= 4.35Ae^{-j123.13}) \tag{13}$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_L + \underline{I}_R = \underline{I}_R [1 + \frac{1}{jwL}(R + \frac{1}{jwC})] \tag{14}$$

$$\underline{I}_1 = 2Ae^{j20^\circ} [1 + \frac{1}{j3003.8310^{-3}} (\frac{3}{2} + \frac{1}{jw\frac{1}{6}10^{-2}})] = 3Ae^{-j99.57^\circ}$$

Alternativ kann die Aufgabe auch graphisch gelöst werden:

1. *$\underline{I}_R$ einzeichnen*
2. *$U_R = RI_R = \frac{3}{2}\Omega 2A = 3V$ einzeichnen*
3. *$U_C = \frac{1}{wC} I_R = \frac{1}{0.5} 2V = 4V$ einzeichnen*
4. *$\underline{U}_R$ und $\underline{U}_C$ vektoriell zu $\underline{U}_L$ addieren und $U_L = 5V$ ablesen*
5. *$I_L = \frac{U_L}{wL} = \frac{5}{1.149} A = 4.35A$ einzeichnen*
6. *$\underline{I}_R$ und $\underline{I}_L$ vektoriell zu $\underline{I}_1$ addieren und $\underline{I}_1 = 3Ae^{j100}$ ablesen*



(15)

3.2. Strom $\underline{I}_2$ (2.5 Punkte)

Der Strom $\underline{I}_2$ ist nun $\neq 0$. Der Strom $\underline{I}_R$ beträgt $5Ae^{j69.6°}$. Ermitteln Sie den Strom $\underline{I}_2$.

Lösung:

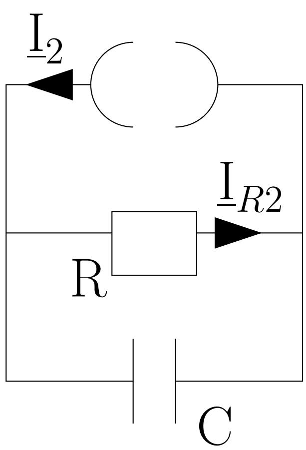
Superpositionsprinzip: Jede Quelle, sowohl Quelle $\underline{U}_1$ als auch Quelle $\underline{I}_2$ erzeugen einen Anteil am Strom $\underline{I}_R$:

$$\underline{I}_R = \underline{I}_{R1} + \underline{I}_{R_2} \tag{16}$$

*$\underline{I}_{R1}$ ist durch Aufgabenteil 1) bereits gegeben, denn dort war ja die Stromquelle bereits **entfernt**:*
$\underline{I}_{R_1} = 2Ae^{j20}$
Aus Gleichung (16) läßt sich nun der Anteil $\underline{I}_{R2}$ ermitteln, der durch die Stromquelle hervorgerufen wird:

$$\underline{I}_{R2} = \underline{I}_R - \underline{I}_{R1} = 5Ae^{j69.6} - 2Ae^{j20} = 4Ae^{91.95} \tag{17}$$

Der Anteil der Stromquelle $\underline{I}_2$ an $\underline{I}_{R_2}$ ist nun bekannt. Um auf $\underline{I}_2$ zu kommen, ist die Stromteilerregel auf das Teilnetzwerk mit kurzgeschlossener Spannungsquelle anzuwenden:



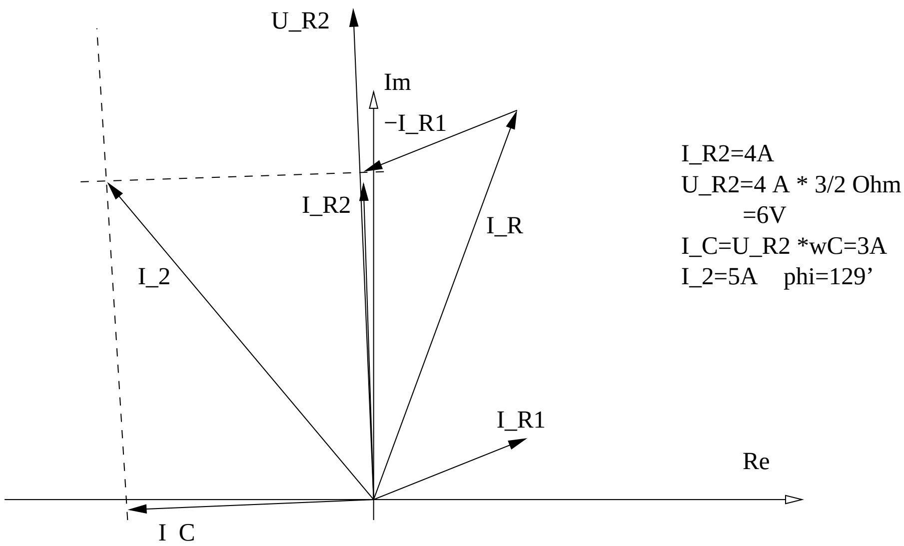
(18)

$$\frac{\underline{I}_{R2}}{\underline{I}_2} = \frac{\frac{1}{jwC}}{R+\frac{1}{jwC}} = \frac{1}{jwRC+1} \qquad (19)$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_{R2}(jwRC+1) \qquad (20)$$

$$\underline{I}_2 = 4Ae^{j91.95}(j300\frac{3}{2}\frac{1}{6}\cdot 10^{-2}+1) = 5Ae^{j128.82}$$

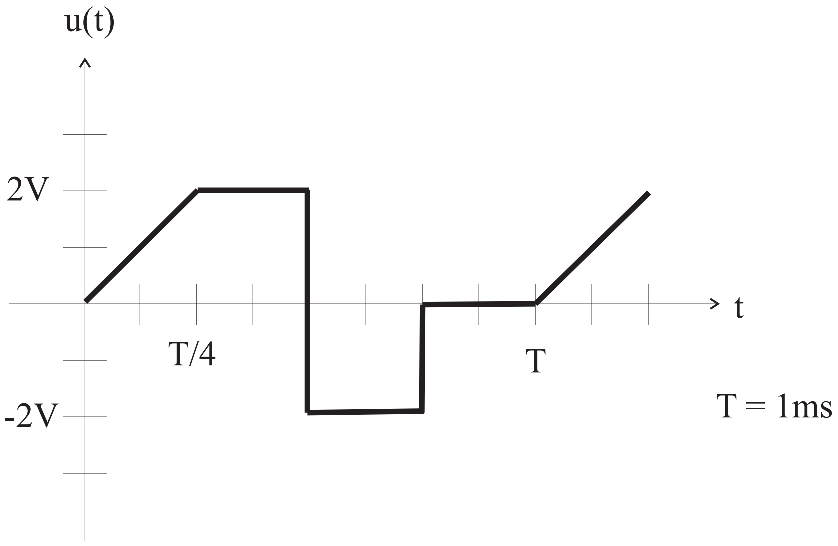
Grafische Loesung:



(21)

4. Aufgabe (5 Punkte): Mittelwerte

Gegeben ist folgender Spannungsverlauf:



4.1. Drehspulinstrument ohne Gleichrichter (1.5 Punkte)

Welchen Wert zeigt ein Drehspulinstrument ohne Gleichrichter an ?
Es ist der Name und die allg. Formel anzugeben !
Berechnen Sie diesen Wert für die gegebene Spannung u(t).

Lösung:

arithmetischer Mittelwert:

$$\bar{u} = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)dt \qquad (\mathbf{0.5\ Punkte}) \tag{22}$$

$$\tag{23}$$

Aus den Flächen unter der Kurve ergibt sich :

$$\bar{u} = \frac{1V \cdot \frac{T}{4}}{T} \tag{24}$$

$$\bar{u} = \underline{\mathbf{0,25V}} \qquad (\mathbf{1\ Punkt}) \tag{25}$$

4.2. Drehspulinstrument mit Gleichrichter (1.5 Punkte)

Welchen Wert zeigt ein Drehspulinstrument mit Gleichrichter an,
wenn bei der Skalierung des Drehspulinstrumentes kein Formfaktor berücksichtigt wurde ?
Berechnen Sie diesen Wert für die gegebene Spannung u(t).

Lösung:

Gleichrichtmittelwert:

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|dt \qquad (\mathbf{0.5\ Punkte}) \tag{26}$$

$$\tag{27}$$

Aus den Flächen unter der Kurve ergibt sich :

$$|\bar{u}| = \frac{1V \cdot \frac{T}{4} + 2 \cdot 2V\frac{T}{4}}{T} \tag{28}$$

$$|\bar{u}| = \underline{\mathbf{1,25V}} \qquad (\mathbf{1\ Punkt}) \tag{29}$$

4.3. Dreheiseninstrument (2 Punkte)

Welchen Wert zeigt ein Dreheiseninstrument an ?
Berechnen Sie diesen Wert für die gegebene Spannung u(t).

Lösung:

Effektivwert:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u(t)^2 dt} \qquad (\mathbf{0.5\ Punkte})$$

$$\tag{30}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{4}} \left(\frac{8V}{T}t\right)^2 dt + \int_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} (2V)^2\, dt + \int_{\frac{T}{2}}^{\frac{3T}{4}} (-2V)^2\, dt} \tag{31}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T}[\frac{64 \cdot V^2}{T^2}\int_0^{\frac{T}{4}} (t)^2\, dt + 4 \cdot V^2 \int_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} (1)\, dt + 4 \cdot V^2 \int_{\frac{T}{2}}^{\frac{3T}{4}} (1)\, dt]} \tag{32}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T}[\frac{64 \cdot V^2}{T^2} \cdot \frac{1}{3}[t^3]_0^{\frac{T}{4}} + 4 \cdot V^2[t]_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} + 4 \cdot V^2[t]_{\frac{T}{2}}^{\frac{3T}{4}}]} \tag{33}$$

$$= \sqrt{\frac{64 \cdot V^2}{3}[\frac{1}{64}] + 4 \cdot V^2[\frac{1}{2} - \frac{1}{4}] + 4 \cdot V^2[\frac{3}{4} - \frac{1}{2}]} \tag{34}$$

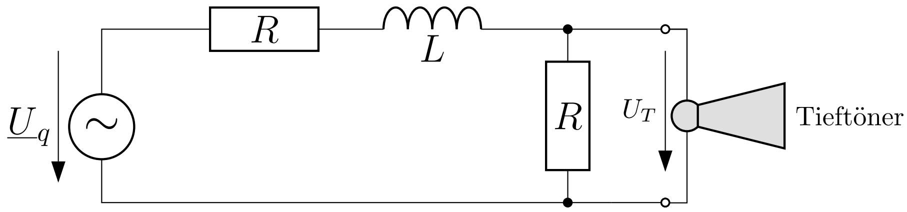
$$= \sqrt{(\frac{1}{3} + 2 + 2)V^2} \tag{35}$$

$$= \underline{\mathbf{1,155V}} \qquad (\mathbf{1.5\ Punkte})$$

$$\tag{36}$$

5. Aufgabe (5 Punkte): Übertragungsfunktionen

Folgende Schaltung beschreibt (vereinfacht) eine Signalquelle ($\underline{U}_q$, R) die über die Frequenzweiche (R, L) einen Lautsprecher speist:



5.1. Normalform (1 Punkt)

Berechnen sie allgemein die komplexe Übertragungsfuntion der gegebenen Schaltung

$$\underline{V} = \frac{\underline{U_T}}{\underline{U_q}}$$

und formen diese in die Normalform um.

Lösung:

$$\underline{V} = \frac{\underline{U_T}}{\underline{U_q}} = \frac{R}{2R + j\omega L} \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{37}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + j\omega\tau} \quad mit\ \tau = \frac{L}{2R} \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{38}$$

5.2. Kenngrößen (2,5 Punkte)

Es gelte nun: $\mathbf{R = 10\,\Omega}$ und $\mathbf{L = 20\,mH}$.

Für die in 5.1 ermittelte Übertragungsfunktion sind folgende Werte zu Berechnen:

- Grenzkreisfrequenz ω_g
- Betrag von $\underline{V}$ für $\omega \to \infty$, absolut **und** in dB!
- Betrag von $\underline{V}$ für $\omega \to 0$, absolut **und** in dB!

Tip(p): Überprüfen Sie ob Ihre Rechenergebnisse sinvoll erscheinen ($\Rightarrow$ Tieftöner) und überprüfen Sie bei dieser Gelegenheit auch Ihre Übetragungsfunktion. Folgefehler aufgrund einer falsch aufgestellten Übertragungsfunktion werden **nicht** akzeptiert!

Lösung:

$$\omega_g = \frac{1}{\tau} = \frac{2R}{L} = \frac{2\cdot 10\Omega}{20mH} = 1000\,rad/s \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{39}$$

$$V(\omega\to\infty) = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1+\to\infty} = 0 \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{40}$$

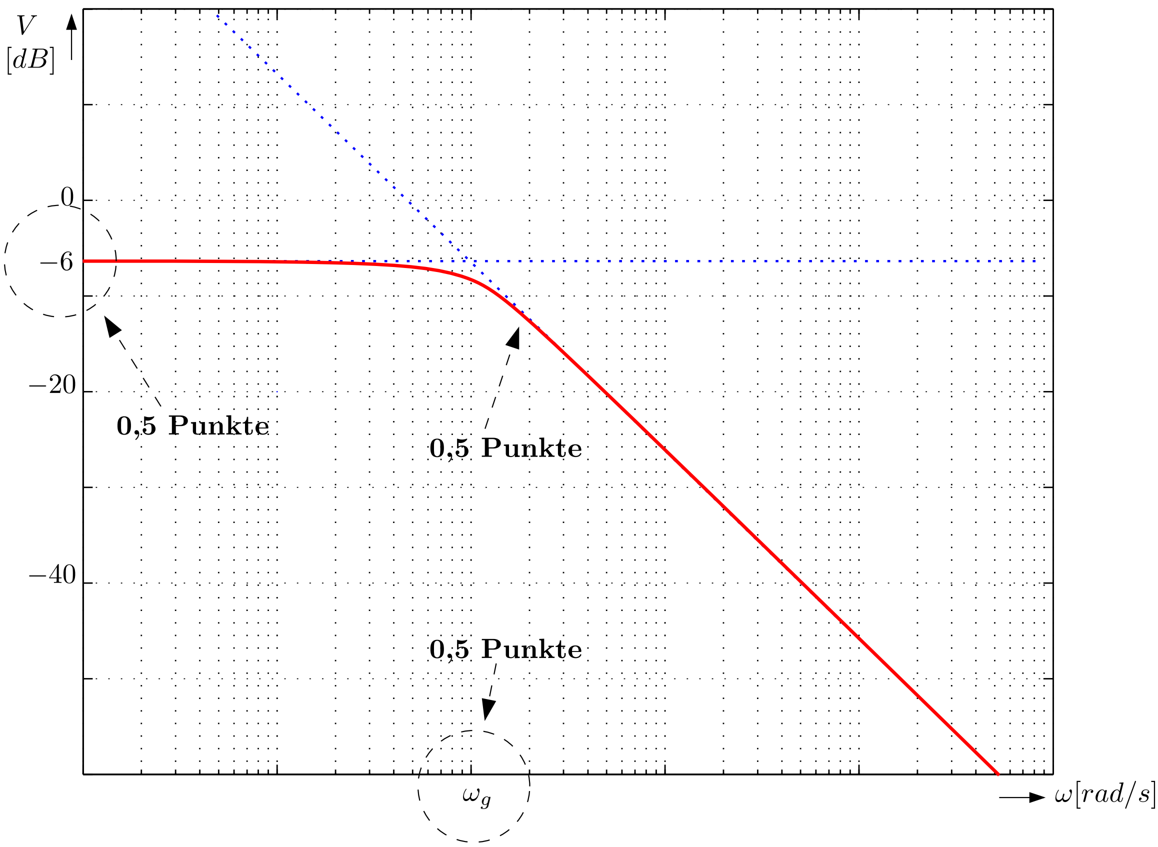
$$\Rightarrow V_{dB} = 20\lg(0) - \infty \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{41}$$

$$V(\omega\to 0) = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1+\to 0} = \frac{1}{2} \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{42}$$

$$\to V_{dB} = 20\lg\left(\frac{1}{2}\right) = -6,021\,dB \approx -6\,dB \qquad \textbf{(0,5 Punkte)} \tag{43}$$

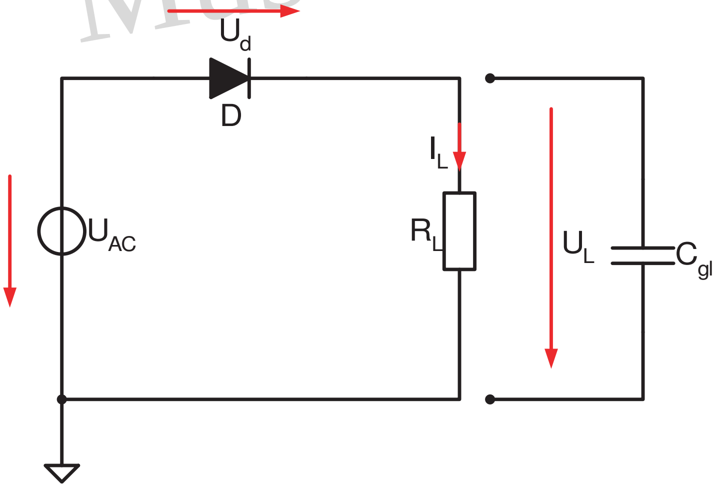
5.3. Graphischer Verlauf (1,5 Punkte)

Zeichnen Sie den **asymptotischen** Betragsfrequenzgang der Übertragungsfunktion **quantitativ** in das gegebene Diagramm ein. Beschriften Sie die Achsen und zeichnen Sie die Grenzkreisfrequenz ein.



Lösung:

6. Aufgabe (5 Punkte): Gleichrichterschaltung

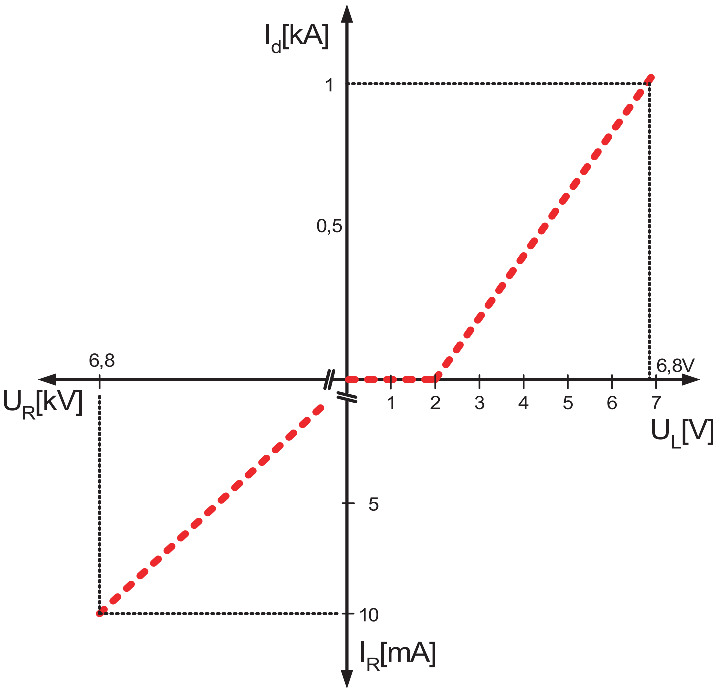


Gegeben ist die nebenstehende Gleichrichterschaltung. Verwendet wird eine Leistungsdioden vom 5SDF6004. Der Gleichrichter wird mit einer **sinusförmigen** Eingangsspannung der Frequenz $16\frac{2}{3}\,Hz$ gespeist.
Es gilt:

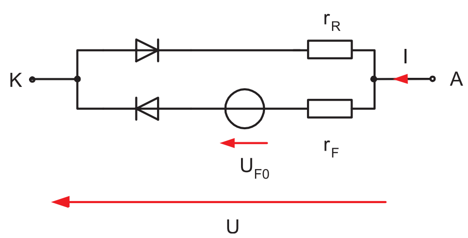
- $\hat{I}_{\text{load}} = 1\,kA$
- $\hat{U}_{\text{load}} = 6,8\,kV.$
- $T_j = 115°C$

6.1. Ersatzschaltbild der Diode (2 Punkte)

Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Diode und bestimmen Sie die Werte für die Elemente aus der Kennlinie.



Lösung:



Aus der Kennlinie wird abgelesen:

- $U_{F0} = 2\,V$ *(0,5 Punkte)*

- $r_f = \frac{6{,}8\,V - 2\,V}{1000\,A} = \frac{4{,}8\,V}{1000\,A} = 4,8\,m\Omega$*(0,5 Punkte)*
- $r_r = \frac{6{,}8\,kV}{10\,mA} = 680\,k\Omega$*(0,5 PUnkte)*

6.2. Durchlaß- und Sperrverluste der Diode (1 Punkt)

Für eine leitende Diode darf die Spannung über der Diode in diesem Fall angenähert beschrieben werden durch

$$u_{\mathrm{F}}(t) = U_{\mathrm{F,max}} \cdot \sin(\omega t)$$
$$\text{mit } \omega = 2\pi \cdot 16\frac{2}{3}\,Hz$$

Geben Sie die **Formel** für die **gesamte** Verlustleistung $p_V(t)$ der Diode an, wenn durch den Lastwiderstand der Strom $i_{\mathrm{load}}(t) = \hat{i}_{\mathrm{load}} \sin(\omega t)$ fließt? **Berücksichtigen Sie auch die Sperrverluste.**

Lösung:

Für den Abschnitt $0 \leq t < \frac{T}{2}$ *gilt*

$$\begin{aligned} p_V(t) &= U_{\mathrm{F,max}} \cdot \sin(\omega t) \cdot \hat{i}_{\mathrm{load}} \cdot \sin(\omega t) \\ &= U_{\mathrm{F,max}} \cdot \hat{i}_{\mathrm{load}} \cdot \sin^2(\omega t) \qquad (0,5\,\mathrm{Punkte}) \end{aligned} \tag{44}$$

Für den Abschnitt $\frac{T}{2} \leq t < T$ *gilt*

$$\begin{aligned} p_V(t) &= U_{\mathrm{R,max}} \cdot \sin(\omega t) \cdot \hat{i}_R \cdot \sin(\omega t) \\ &= U_{\mathrm{R,max}} \cdot \hat{i}_R \cdot \sin^2(\omega t) \qquad (0,5\,\mathrm{Punkte}) \end{aligned} \tag{45}$$

6.3. Gesamtverlustleistung des Gleichrichters (1,5 Punkte)

Geben Sie die Formel für den Mittelwert der Verlustleistung $\overline{P}_{V,\mathrm{D}}$ aller Dioden des Gleichrichters an.

Hinweis: $\int \sin^2(ax)\,dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4a}\sin(2ax)$

Lösung:

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\left[\underbrace{\int_0^{\frac{T}{2}} U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}}\,\sin^2(\omega t)dt}_{\text{Diodeleitet}} + \underbrace{\int_{\frac{T}{2}}^{T} U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R\,\sin^2(\omega t)dt}_{\text{Diodesperrt}}\right] \qquad (0,5\,\text{Punkte})$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\left[U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}}\int_0^{\frac{T}{2}}\sin^2(\omega t)dt + U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R\int_{\frac{T}{2}}^{T}\sin^2(\omega t)dt\right]$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\left[(U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}} + U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R)\int_0^{\frac{T}{2}}\sin^2(\omega t)dt\right]$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\left[(U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}} + U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R)\cdot\left(\frac{1}{2}t - \frac{1}{4\omega}\sin\,2\omega t\Big|_0^{\frac{T}{2}}\right)\right]$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{T}\left[(U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}} + U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R)\cdot\frac{T}{4}\right]$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{4}(U_{\mathrm{F,max}}\,\hat{i}_{\mathrm{load}} + U_{\mathrm{R,max}}\,\hat{i}_R)$$

$$\overline{P}_{V,\mathrm{D}} = \frac{1}{4}(6,8\,V\cdot 1\,kA + 6.8\,kV\cdot 10\,mA) = \underline{1717\,V\,A} \qquad (46)$$

Also denken wir schon wieder über eine Kühlung nach, die das auch abführen kann.

6.4. Spannungszeitverlauf (0,5 Punkte)

Welchen prinzipiellen Verlauf hat die Ausgangsspannung am Widerstand R_L:

- **ohne** den Kondensator C_{GL}
- **mit** dem zugeschalteten Kondensator C_{GL}

Tragen Sie die Verläufe in das gegebene Diagramm ein.

Eingangsspannung $U_{\mathrm{in}}(t)$ Spannung an R_L