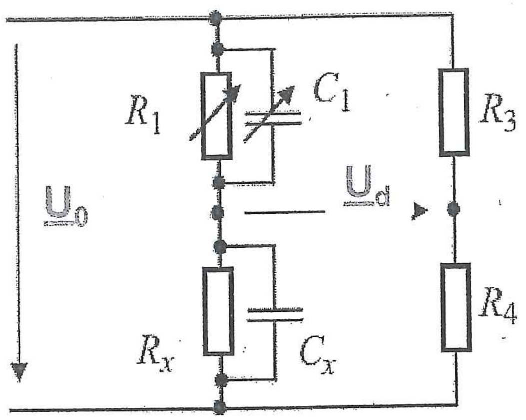
Kapazitäts-Messbrücke nach Wien

Gegeben: R_X, C_X, R_3, R_4
Gesucht: R_1, C_1



Eine realer Kondensator kann durch den Kapazitätswert ... F
und einen ohmschen Parallelwiderstand ... Ohm beschrieben werden.
(gemeint sind C_X, R_X)
Er wird mit einer Wien-Brücke untersucht.
Die Festwiderstände der Brücke *(gemeint sind R_3, R_4)* haben beide den Wert ... Ohm
Auf welche Werte müssen die veränderlichen Parameter
der Brücke eingestellt werden, damit sie abgeglichen ist?
(gesucht sind also R_1, C_1)

C_X	0,001	Farad
R_X	150	Ohm
R_3 = R_4	1000	Ohm

angeben in k Ohm

$$R_X = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3} \qquad C_X = \frac{R_3}{R_4} \cdot C_1$$

Abgleichbedingung!

$$R_3 = R_4 \Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 1$$

$$R_X = R_1 \qquad C_X = C_1$$

C_1	0,001	Farad
R_1	150	Ohm

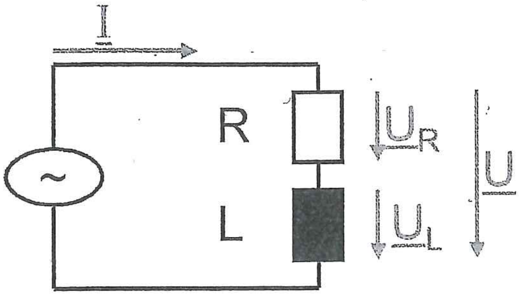
Hinweis an die Studierenden:

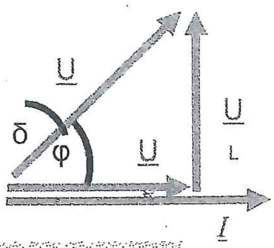
Das Analoge müssen Sie auch für eine Induktivitäts-Messbrücke rechenen können!

X_0 = fester Blindwiderstand !

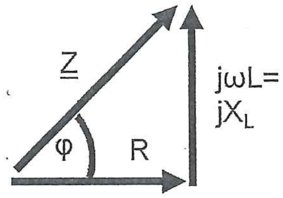
Reale Impedanzen: Induktivität (als Ergänzung: Kapazität, siehe unten)

Gegeben: Q, R, f
Gesucht: tan(delta), delta, L





$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi}$



$\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$

Eine reale Induktivität werde bei einer Frequenz f = ...
betrieben und zeigt dabei eine Güte Q = ...
Der Spulenwiderstand sei R = ...
a. Berechnen Sie den Verlustfaktor.
b. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm von U, I mit den korrekten Winkeln, wie groß ist phi?
c. Berechnen Sie die Induktivität, ferner den Blind-und Scheinwiderstand.
Wie lautet die komplexe Impedanz $\underline{Z}$? (Angabe in Koordinatenform und Polarschreibweise)

Q	10		
R	10	Ohm	
f	1000	Hz	*(angeben in kHz)*

a.

$Q = 1/\tan\delta \quad \Rightarrow \tan\delta = 1/Q$ Güte !

Verlustfaktor:

tan(delta)	0,1	

b.

$\delta = \arctan(1/Q)$

Zwischenergebnis:

delta (im Bogenmaß)	0,099668652	

delta	5,710593137	Grad

$\Rightarrow |\varphi| = 90° - \delta$

Wichtig: Der Phasenwinkel phi ist > 0, da eine Induktivität vorliegt.

phi	84,28940686	Grad
Zeigerdiagramm: siehe oben		

c.

$$\tan\delta = R/\omega L = R/2\pi f L$$

$$\Rightarrow L = R/2\pi f \tan\delta$$

L	0,015915494	Henry

Ind.

Blindwiderstand

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f L$$

oder

$$\tan\delta = R/X_L \quad \Rightarrow X_L = R/\tan\delta$$

X_L	100	Ohm

$$Z = |\underline{Z}| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Impedanz

Z	100,4987562	Ohm

Angabe der komplexen Impedanz Z :

$$\underline{Z} = R + jX_L$$ (kartesisch)

$$\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$$ (Polar)

dabei einfach nur die Zahlenwerte für R, X_L, Z, phi einsetzen.

ERGÄNZUNG:

Führen Sie die gleiche Rechnung durch für eine Kapazität C mit dem Parallelwiderstand R_P = ... , betrieben bei der Frequenz f = ...

Q	10		
R	0,001	Ohm	
f	1,00E+06	Hz	*(angeben in MHz)*

a.

$$Q = 1/\tan\delta \quad \Rightarrow \tan\delta = 1/Q$$

Verlustfaktor:

tan(delta)	0,1	

b.

$$\delta = \arctan(1/Q)$$

Zwischenergebnis:

delta (im Bogenmaß)	0,099668652	

delta	5,710593137	Grad

$$\Rightarrow |\varphi| = 90° - \delta$$

Wichtig: Der Phasenwinkel phi ist < 0, da eine **Kapazität** vorliegt.

phi	-84,2894069	Grad
Zeigerdiagramm: siehe Vorlesung		

c.

$$\tan\delta = 1/R_P\omega C = 1/R_P 2\pi f C$$

$$\Rightarrow C = 1/R_P 2\pi f \tan\delta$$

C	0,001591549	Farad

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Blindwiderstand (C)

oder

$$\tan\delta = X_C / R_P \quad X_C = R_P \tan\delta$$

X_C	0,0001	Ohm

$$\underline{Y} = \frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}} \qquad Z = 1/\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$$

Z	9,95037E-05	Ohm

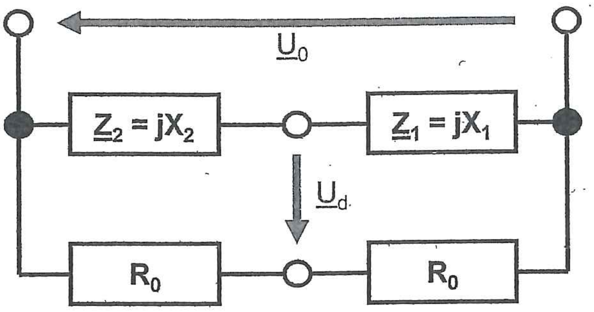
Angabe der komplexen Admittanz u Impedanz:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{R} + j\frac{1}{X_C}$$ (Koordinaten)

$$\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$$ (Polar)

Wechselspannungs-Messbrücke

Gegeben: X_1, U_0, U_d, f später C_1 anstelle von X_1
Gesucht: X_2, C_2, später U_d



Eine Wechselspannungsbrücke werde im Ausschlagsverfahren betrieben.
Der Effektivwert der sinusförmigen Eingangsspannung sei U_0 = ... V, die Frequenz sei f = ... Hz
Es werden zwei veränderliche Blindwiderstände X_1, X_2 genutzt,
deren Werte beliebig groß sein können. X_2 sei eine Kapazität.

a. Es sei X_1 = ... Ohm, die Brücke liefert U_d = ...
Wie groß ist X_2, wie groß die zugehörige Kapazität C_2 ? 10^{-7} F
b. Es wird anstelle von X_1 ein Kondensator der Kapazität C = ... eingebaut.
We groß ist jetzt U_d?
c. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf von u_0(t) und u_d(t) für die Fälle a, b

U_0	10	Volt
f	200	Hz
U_d	3	V
X_1	100	Ohm

a.

$$\underline{U}_d = \frac{\underline{U}_0}{2}\frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} \quad \Rightarrow \underline{U}_d \cdot (X_2 + X_1) = \frac{\underline{U}_0}{2} \cdot (X_2 - X_1)$$

$$\Rightarrow \underline{U}_d X_2 + \underline{U}_d X_1 = \frac{\underline{U}_0}{2} X_2 - \frac{\underline{U}_0}{2} X_1$$

$$\Rightarrow \underline{U}_d X_2 - \frac{\underline{U}_0}{2} X_2 = -\frac{\underline{U}_0}{2} X_1 - \underline{U}_d X_1$$

$$\Rightarrow X_2 \cdot (\underline{U}_d - \frac{\underline{U}_0}{2}) = -X_1 \cdot (\frac{\underline{U}_0}{2} + \underline{U}_d) \quad \Rightarrow X_2 \cdot = -X_1 \cdot \frac{\frac{\underline{U}_0}{2} + \underline{U}_d}{\underline{U}_d - \frac{\underline{U}_0}{2}}$$

X_2	400	Ohm

$$X_2 = \frac{1}{2\pi f C_2} \quad \Rightarrow C_2 = \frac{1}{2\pi f X_2}$$

C_2	1,98944E-06	Farad

b.

C_1	1,00E-07	Farad

$$\boxed{U_d = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}}$$

U_d	-4,52E+00	Volt

Anmerkung: Es geht hier auch wieder wenn man vorher C_1 in X_1 umrechnet.

$$U_d = \frac{U_0}{2} \frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1}$$

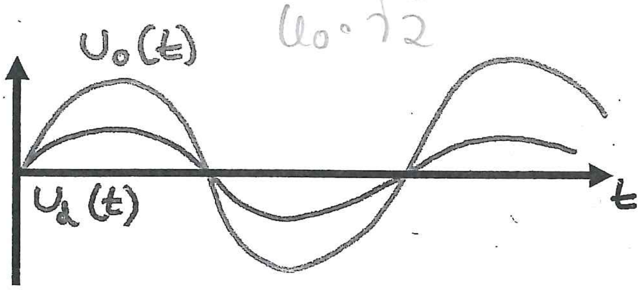
c.

Es gilt: Amplitude = Effektivwert * Wurzel(2)

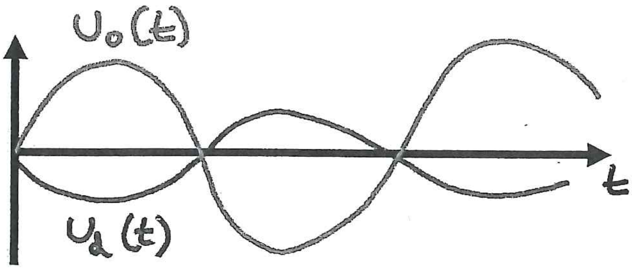
Amplitude Eingangssignal u^_0	14,14213562	Volt
Fall a: Amplitude Diagonalspannung u^_d	4,242640687	Volt
Fall ab Amplitude Diagonalspannung u^_d	-6,39E+00	Volt

$U_0 \cdot \sqrt{2}$

Für den Fall a:



Für den Fall b:

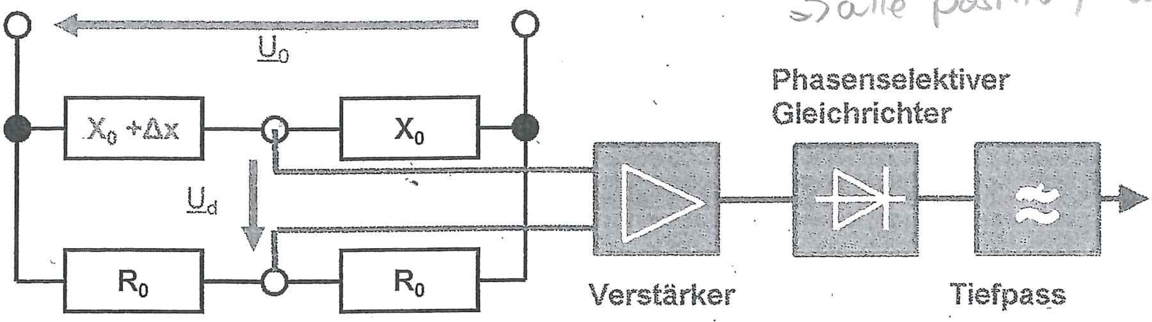


Wechselspannungs-Viertelbrücke + phasensel Gleichr.

Gegeben:

Gesucht:

=> alle positiv, Mittelwert!



Eine Wechselspannungs-Viertelbrücke werde mit der festen Induktivität L_1=L_0= ...
und einer veränderlichen Induktivität L_2 betrieben, die nur kleine Abweichungen
Delta_L vom Grundwert L_0 zeigt.
Die Versorgungssppung ist sinusförmig, Effektivwert U_0 = ... 5V

a. Die Diagonalspannung betrage U_d = ... V, wie groß ist dann L_2?
b. Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf von u_0(t) und u_d(t)
c. Das Signals u_d(t) werde von einem phasenselektivem Gleichrichter u. einem passend ausgelegten Tiefpass weiter verarbeitet (keine Verstärkung, d.h. V=1).
Welcher Spannunswert wird dann ausgegeben?

a.

L_0	1,00E-01	Henry	*(angeben in mH)*
U_0	5	Volt	
U_d	-0,05	Volt	*(angeben in mV)*

$$U_d \approx \frac{U_0}{4}\cdot\frac{\Delta L}{L_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{4U_dL_0}{U_0} \approx \Delta L$$

$L_1 = L_0$

Zwischenergebnis:

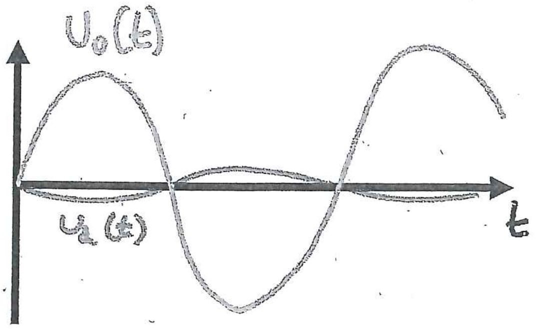
Delta_L	-4,0000E-03	Henry

$$L_2 = L_0 + \Delta L$$

L_2	9,60E-02	Henry

✓

b.



c.

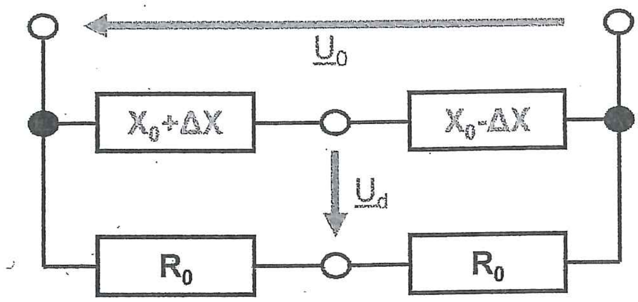
$$\overline{|u_d(t)|} = \pm U_d \cdot V / F \qquad F = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

Verstärkung V	1	
Formfaktor F	1,110720735	

Ausgabewert: Gleichrichtwert nach Phasenselektivem Gleichrichter	-0,04501582	

Wechselspannungs-Halbbrücke - induktiv

Gegeben: U_0, L_0
Gesucht: E



Eine Wechselspannungs-Halbbrücke wird mit einem induktivem Differentialaufnehmer betrieben. Die zu messende Größe ist delta_L.
a. Es sei U_0=... und L_0=...
Berechnen Sie die Empfindlichkeit E der Messschaltung.

a.

U_0	10	V
L_0	0,01	Henry

$$U_d = \frac{U_0}{2}\cdot\frac{\Delta L}{L_0}$$

exakt!

$\frac{U_0}{2}\cdot\frac{1}{L_0}\cdot\Delta L$

$$\Rightarrow E = \frac{dU_d}{d\Delta L} = \frac{U_0}{2L_0}$$

Ableitung!

$\Rightarrow \frac{U_0}{2}\cdot\frac{1}{L_0}$

E	500	Volt/Henry

$\frac{V}{H} = \frac{Nm\,A^2 s^2}{A\,s\,kg\,m^2}$

$1H = \frac{kg\,m^2}{A^2 s^2}$

$1V = \frac{Nm}{As}$

$\frac{kg\,m}{s^2} = \frac{N\cdot A\cdot s}{kg\cdot m}$