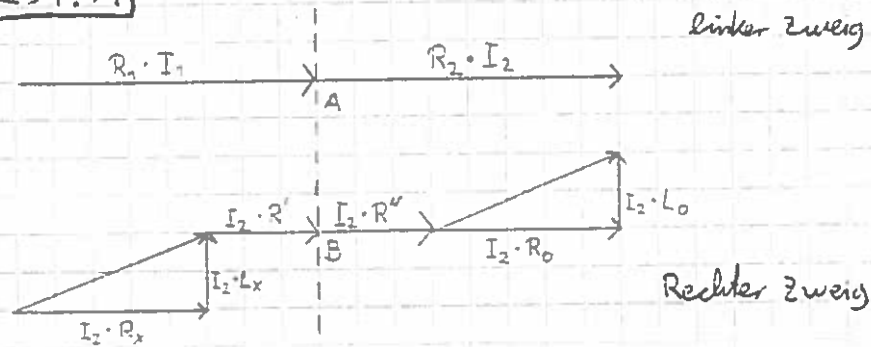


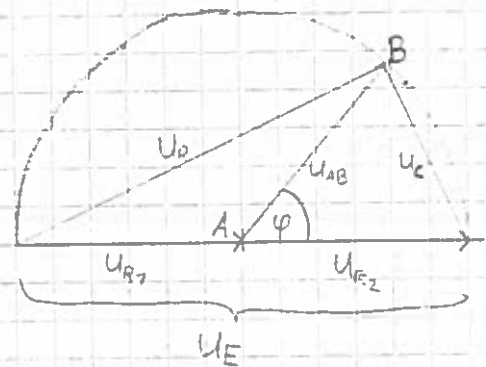
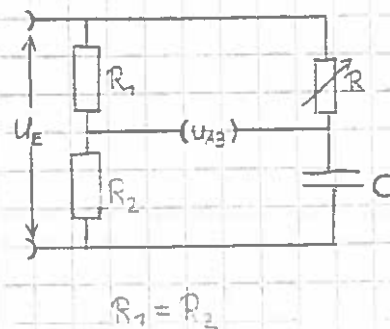
# Voraufgaben

## Versuch 234 - Wechselstrom

234. A)



234. B)



$U_{R1} + U_{R2} = U_E$ . Da  $R$  und  $C$  parallel zu  $R_1$  und  $R_2$  geschaltet sind, müssen diese (die Zeiger von  $U_R$  und  $U_C$ ) in der Summe  $U_E$  ergeben, jedoch steht  $U_C$  senkrecht auf  $U_R$  ( $U_R = I \cdot R$ ;  $U_C = I \cdot \frac{1}{i\omega C}$ ).  $U_{AB}$  wird zwischen A und B abgelesen. Man sieht nun den Verlauf einer solchen Phasenschiebung: Solange  $R_1 = R_2$ , befindet sich A stets in der Mitte und  $U_{AB}$  ist somit konstant, egal welchen Wert  $\frac{U_R}{U_C}$  annimmt. Anderenfalls folgt eine  $\varphi$ -Abhängigkeit der Amplitude.  $U_{AB}$  ist abhängig davon, wie sich  $U_R$  und  $U_C$  sowie aus  $U_{R1}$  und  $U_{R2}$  zusammensetzt. Für  $R = 0$  ist  $U_R = 0$  und  $U_C = U_E$  und damit  $\varphi = 180^\circ$ . Für  $U_C = 0$  ist  $U_R = U_E$  und  $\varphi = 0^\circ$ . Die Art d. Wechselstromwiderstandes ist unerheblich, da  $U_{R1} + U_{R2}$  trotzdem zu  $U_E$  ergeben muss, genauso wie  $U_R$  und  $U_C$  zusammen.

4. C)

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{mit } R = R + \frac{1}{i\omega C} \Rightarrow I \text{ wird maximal, wenn } R \rightarrow 0 \text{ und } C \rightarrow \infty$$

### 234. D | erzwungene Schwingung mit Dämpfung

$$\ddot{\varphi} + \underbrace{\frac{r}{\Theta}}_{=2\beta} \dot{\varphi} + \underbrace{\frac{D}{\Theta}}_{=\omega_0^2} \varphi = \underbrace{\frac{M_0}{\Theta}}_{=\mu} \cos(\omega t)$$

### 234. E

Ladung  $q \hat{=}$  Ableitung  $\varphi$

Widerstand  $R \hat{=}$  Reibungskoeffizient  $r$

Induktivität  $L \hat{=}$  Trägheitsmoment  $\Theta$

Kapazität  $\frac{1}{C} \hat{=}$  Federkonstante  $D$

Eingangsspannung  $U_e \hat{=}$  äußeres Drehmoment  $M_0$

### 234. g

$$f = 5 \text{ kHz} \quad C_1 = 1.5 \mu\text{F} \quad C_2 = \text{Aufbau}$$

304 von 1000 Stalenteilen bei 200  $\Omega$

### 234. b

$H_2$ : 636 von 1000 bei 200  $\Omega$  Spule  $C = L$

$H_1$ : 368 " " " " "

$$L_0 = 4.74 \text{ mH}$$

$$f = 5 \text{ kHz}$$

### 234. c

$$I = 330 \mu\text{A}$$

$$f = 5 \text{ kHz}$$

$$U = 0.69 \text{ V}$$

$$R_{\text{Spule}} = 7.6 \Omega$$

Spule:  $L = C$

234. d

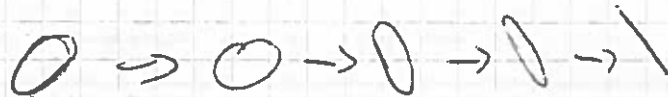
$$U_E = 0,3974 \text{ V}$$

$$U_E = 0,4022$$

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	
$U_R$	0,000	0,318	0,397	0,395	0,397	0,399	0,404	0,4	
$U_L$	0,319	0,030	0,005	0,015	0,014	0,013	0,012	0,012	

	9	10	11
	0,407	0,407	0,402
	0,012	0,011	0,011

Lösungsweg:



234. e / Teilbans

$$U_E = 0,4022$$

$$0,022$$

$$0,4144$$

f	$U_A$	$U_A$ (2. Versuch)
200	0,078	0,4064
300	0,0769	0,3968
500	0,0741	0,3690
700	0,0692	0,2912
1000	0,0684	0,2771
1250	0,0677	0,257
1500	0,0668	0,228
1800	0,066	0,1984
2000	0,0656	0,1835
2500	0,0605	0,1521
3500	0,0647	0,1179
4250	0,0638	0,0927
7000	0,0634	0,0789

Hochpass

$$U_E = 0,3976 \text{ V}$$

f	$U_A$ [V]
5000	0,39
4350	0,3874
4500	0,3881
4000	0,3854
3600	0,3826
3400	0,3808
3100	0,3777
3000	0,3764
2500	0,3682
2000	0,3545
1500	0,3299
1000	0,2807
500	0,1787
300	0,17402
200	0,0776

Sperrfilter	
f	$U_A$
5000	0,3543
4000	0,3527
3000	0,3498
2000	0,3439
1500	0,3306
1300	0,3181
1200	0,3080
1100	0,2930
1000	0,2699
800	0,1672
500	0,2193
300	0,3309
200	0,3485
100	
600	0,0952
300	0,2334
550	0,1625

Luftspule:  $L = 36 \text{ mH}$

$$R_L = 9,5 \Omega$$

$$R = 1000$$

## Versuch 234 - Wechselstromwiderstände, Phasenschieber,

### RC-Glieder und Schwingungen

Dieser Versuch besteht aus mehreren Teilversuchen, in denen jeweils verschiedene Komponenten und Schaltungen unter Wechselstrom untersucht werden.

Der erste Versuchsteil behandelt, wie auch letzte Woche, die Wheatstonesche Brücke, jedoch diesmal mit Oszilloskopen als Nullinstrument, da Wechselstrom anliegt. Gemessen werden die Kapazität eines Kondensators, sowie die Induktivität einer Spule.

Auch bei Wechselstrom gilt  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{Z_0}{Z_x}$ . Dabei gilt für die

Kapazität  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C_0}$  und für die Induktivität:  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_0 + R_1}{R_0 + R_2}$

Zum Vergleich die Induktivität über eine Strom- und Spannungsmessung ermittelt werden.

Der zweite Versuchsteil hat den Phasenschieber als zentrales Element. Durch Messungen bei verschiedenen Widerständen soll gezeigt werden, dass der Phasenschieber nur die Phase einer Ausgangsspannung relativ zur Eingangsspannung  $U_E$  variiert und dabei die Ausgangsspannung konstant zu lassen.

Im dritten Versuchsteil geht es um die Schaltungen für Hoch- und Tiefpass und den Spenfilter. Da Kapazitäten und Induktivitäten frequenzabhängig sind, können beim richtigen Zusammenschalten nur bestimmte Frequenzen gefiltert und abgenommen werden. Dies ist für alle 3 Fälle bei konstanter Eingangsspannung durch Messen der Ausgangsspannung für verschiedene Frequenzen zu untersuchen. Trägt man  $U_A/U_E$  gegen  $\nu/\nu_0$  auf, so kann man für Hoch- und Tiefpass die Grenzfrequenzen bestimmen bei denen gilt:  $U_A = \frac{1}{\sqrt{2}} U_E$  und für den Spenfilter die Unterdrückungsgröße  $Q_{G-P} = \frac{U_0}{\Delta U} = \frac{\omega L}{\Delta \omega}$

234.:

$$U_c = 0,1441$$

F	$U_c$	
<del>100</del>		
100	0,1423	
<del>200</del>	0,1587	
300	0,1818	605   0,8453
400	0,2278	610   0,9104
500	0,3370	615   0,8858
600	0,7267	620   1,0326
700	<del>0,0956</del> 1,0292	630   1,3112
800	0,3156	640   1,6494
900	0,1734	650   2,0131
1000	0,1102	660   2,2030
1200	0,0618	670   1,8954
1300	0,0491	680   1,623
1400	0,0400	720
1500	0,0334	740
1600	0,0283	760
1700	0,242	
1800	0,0216	
1900	0,0191	
2000	0,0120	

! Bis hier: Messergebnisse von Versuch 234

Jetzt erst folgt die Einführung und die anschließende Auswertung der Messergebnisse!

Der letzte Versuchssteil behandelt den elektrischen Schwingkreis. Dieser Schwingkreis ist analog zu einem mechanischen Schwingkörper, in diesem Fall das Drehpendel. (siehe 234. D + E)

Bei dem elektrischen Schwingkreis gilt:  $U_L(t) + U_R(t) + U_C(t) = U_E$  was sich zu folgender Differentialgleichung umformen lässt:

$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{1}{C}q = \frac{U_E}{L} \cos(\omega t)$ . Die Lösung dieser DGL lautet

$$q(t, \omega) = \frac{U_E}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega_0^2 \omega^2 / Q^2}} \cdot \cos(\omega t - \alpha)$$

$$\text{Zudem: } \omega_0^2 = \frac{1}{LC}, \quad Q = \omega_0 \frac{L}{R} = \frac{1}{\omega_0 LC}, \quad \omega_{\max} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$$

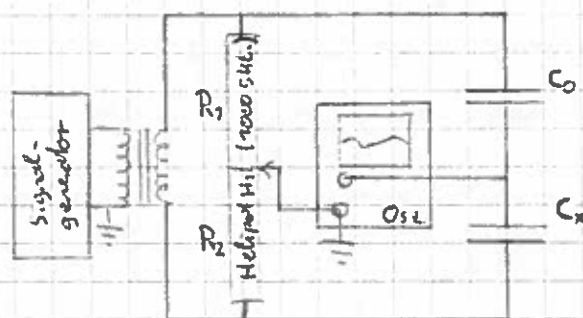
Gemessen wird die Spannung über dem Kondensator, dessen Resonanzkurve als Diagramm dargestellt wird und daraus die Güte  $Q$  der Schwingung bestimmt.

## Auswertung

### Messung von Wechselstromwiderständen

#### 234. u) Kapazität

##### Skizze:



Aus der komplexen Abgleich

Bedingung der Wheatstones

Brücke für Wechselstrom

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{Z_0}{Z_x}$$

folgt für diesen Fall:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C_0}$$

$$f = 5 \text{ kHz}$$

$$C_0 = 1,5 \mu\text{F}$$

$$R_1 = \frac{96}{1000} \cdot 200 \Omega = (19,2 \pm 0,2) \Omega$$

$$R_2 = \frac{904}{1000} \cdot 200 \Omega = (180,8 \pm 0,2) \Omega$$

$$\text{Ablesefehler führt zu } \Delta R = \frac{1}{1000} \cdot 200 \Omega = 0,2 \Omega$$



## 234.b Induktivität mit $L_x = C$ (Karten C)

Skizze:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C_0} \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} \cdot C_0 = C_x$$

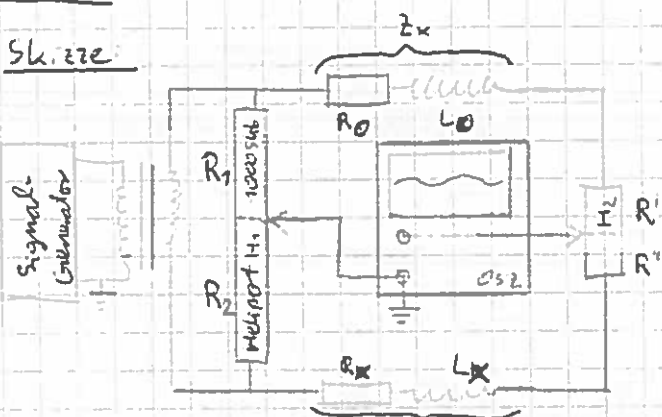
$$\text{Fehler nach Gauß: } \Delta C_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_2} \cdot C_0\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_2^2} \cdot C_0 \cdot \Delta R_2\right)^2}$$

Daraus folgt für die unbekannte Kapazität:

$$C_x = (0,1592 \pm 0,0017) \mu F$$

## 234.b Induktivität mit $L_x = C$ (Karten C)

Skizze:



Bei Spulen lässt sich der ohmsche Widerstand meist nicht vernachlässigen.

Deshalb wurde ein zweites Helipot zum Phasengleich

benutzt. Die Abgleichbedingung in diesem Fall lautet:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x + R'}{R_0 + R''} \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} \cdot L_0 = L_x$$

$$f = 5 \text{ kHz}$$

$$R_1 = \frac{636}{1000} \cdot 200 \Omega = 127,2 \Omega$$

$$L_0 = 4,74 \text{ mH}$$

$$R_2 = \frac{364}{1000} \cdot 200 \Omega = 72,8 \Omega$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{636}{364}$$

$$\Delta R = \frac{1}{1000} \cdot 200 \Omega = 0,2 \Omega$$

$$\Delta L_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_2} \cdot L_0\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_2^2} \cdot L_0 \cdot \Delta R_2\right)^2}$$

Daraus folgt für die unbekannte Induktivität:

$$L_x = (2,71 \pm 0,0086) \text{ mH}$$



234.c |  $L_x = C$

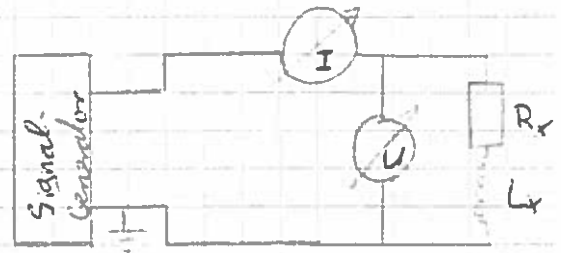
Skizze:

$f = 5 \text{ kHz}$

$I = 330 \mu\text{A}$       $\Delta I = 1 \mu\text{A}$

$U = 0,69 \text{ V}$       $\Delta U = 0,01 \text{ V}$

$R_L = 1,6 \Omega$       $\Delta R = 0,1 \Omega$



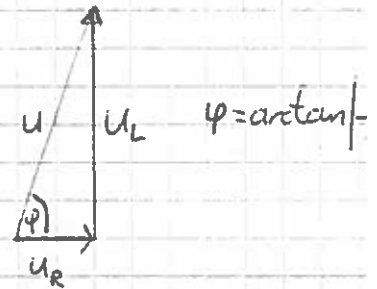
$U_R = R_L \cdot I$

$= 528 \mu\text{V} = 0,528 \text{ mV}$

$U_R^2 + U_L^2 = U^2$

$\Rightarrow U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2} = 0,69 \text{ V}$

Zeigendiagramm:



Man sieht bereits jetzt schon, dass irgend etwas nicht stimmt. Der innere Widerstand müsste nach meinen Messwerten lächerlich klein gegenüber dem induktiven Widerstand sein.

$\Delta U_R = \sqrt{(R_L \cdot \Delta I)^2 + (\Delta R_L \cdot I)^2} = 0,000033 \text{ V} = 3,3 \mu\text{V}$

$U_L = \omega L \cdot I \Leftrightarrow L = \frac{U_L}{\omega I} = \frac{U_L}{2\pi f I} = 66,56 \text{ mH}$

Man sieht schnell, dass in dieser Messung etwas schiefgelaufen ist. Das Spannungs-Strom Verhältnis wurde entweder falsch abgelesen oder falsch ausgelesen. Letzteres könnte aufgrund von sehr verschlissenen DMM (Bucken) der Fall sein. Eventuell liegt der Fehler aber auch in 234.b, wo ein Fehler das falsche Ablesen der Skalentile des Helipot oder das falsche Einstellen am Oszilloskop ist. Der Einfluss der Messgeräte in Form von Innenwiderständen bei einem so geringen Strom so groß, dass das Ergebnis verfälscht wird. Diese Fehlmessung wirkt sich auch auf den Winkel  $\varphi$  aus:  $\varphi = \arctan\left|\frac{U_L}{U_R}\right| = 89,96^\circ$ .

$$\Delta U_L = \sqrt{\left(\frac{2 U_L \cdot \Delta U}{\sqrt{U^2 - U_R^2}}\right)^2 + \left(\frac{2 U_R \cdot \Delta U_R}{\sqrt{U^2 - U_R^2}}\right)^2} \quad (\text{Gruß})$$

$$= 0,74 \text{ V}$$

$$\Delta L = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_L}{2\pi \nu I}\right)^2 + \left(\frac{U_L \cdot \Delta I}{2\pi \nu I^2}\right)^2} = ~~ca. 13,64~~ 13,64 \text{ mH}$$

$$\Rightarrow L = (66,56 \pm 13,64) \text{ mH}$$

Anhand der letzten Rechnung sieht man, dass auch eine Fehlrechnung in diesem Fall nicht weiterhelft da die Induktivität sich um einen Faktor 24 von der aus 234.b unterscheidet.

Es liegen offensichtlich Messfehler vor, wie eben beschrieben, da nicht einmal die Größenordnung übereinstimmt.

### Phasenschieber

Skizze: siehe Voraufgabe 234.B

Um zu überprüfen, ob der Phasenschieber wirklich nur die Phase der Ausgangsspannung relativ zur Eingangsspannung variiert ohne die Ausgangsspannung zu verändern, werden die gemessenen  $U_R - U_C$ -Paare in ein Zeigediagramm eingetragen und überprüft, ob der Punkt B (siehe Skizze) immer auf dem Halbkreis mit Durchmesser  $U_E$  liegt:

Auch wenn sich die meisten Datenpunkte ganz ~~da~~ recht hufen und nur wenige Datenpunkte weiter verteilt liegen, so kann man doch sehr gut erkennen, dass die Messwerte auf einem Halbkreis liegen, beziehungsweise ist der Halbkreis sehr Ellipsenformig, da die Eingangsspannung nicht konstant geblieben ist.

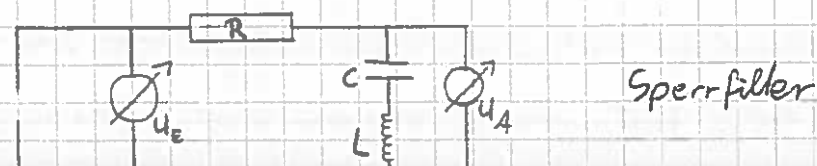
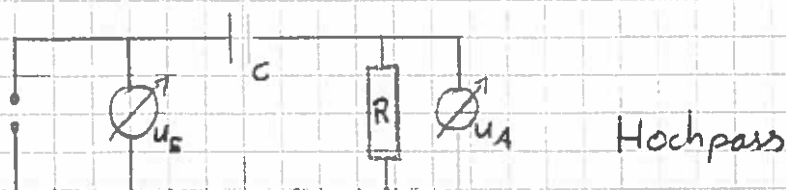
Selbst der Wert, bei meiner ersten Messpaar-Aufnahme stimmt schon nicht:  $\sqrt{(0,09)^2 + (0,319)^2} = 0,337$ , jedoch betrug die Eingangsspannung, die zu diesem Zeitpunkt gemessen wurde, schon  $0,3324 \text{ V}$ !

Lissajous-Figuren sind Kurvengraphen, die durch Uberlager zweier harmonischer, rechtwunklig zueinander stehender Schwingungen verschiedener Frequenzen entstehen. Um Lissajous-Figuren auf einem Oszilloskop sichtbar zu machen, muss man die eine Schwingung fur die y-Werte und die andere Schwingung fur die x-Werte benutzen.

### Frequenzabhangige Spannungsteiler

234. e)

Skizze: ~~Skizze~~



234. f)

Für Tief- und Hochpass sind die Grenzfrequenzen  $\nu_{gr}$ , bei denen  $U_A = U_E \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$  ist, zu bestimmen und mit dem theoretischen Wert  $2\pi \nu_{gr} = \frac{1}{RC}$ .

In den Diagrammen wurde  $A$  gegen  $\Omega$  aufgetragen, wobei:

$$A = \frac{U_A}{U_E} \quad \text{mit} \quad \Delta A = \sqrt{\left(\frac{U_A}{U_E^2} \cdot \Delta U_E\right)^2}$$

$$\Delta R = 0,15 \Omega$$

$$\Omega = \frac{\nu}{\nu_{gr}} \quad \text{mit} \quad \nu_{gr} = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{mit} \quad \Delta \Omega = \left| \frac{\nu}{\nu_{gr}^2} \cdot \Delta \nu_{gr} \right|, \quad \Delta \nu_{gr} = \left| \frac{\Delta R}{2\pi R^2 C} \right|$$

Mit den Fehlern:  $\Delta R = 0,12$

$\Delta U_E = 0,004 \text{ V}$  (Sperrfilter)

$\Delta U_E = 0,001 \text{ V}$  (Hoch-/Tiefpass)

Für die Ordinate wurde dB-Skala aufgetragen, also  $10 \log(A)$

Die einzelnen Werte entnehme man den Tabellen im Anhang zum Protokoll.

Hochpass:

$$U_E \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{0,3976 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 0,2811 \text{ V}$$

$\Rightarrow$  in der Tabelle stimmt dieser Wert ziemlich gut mit dem Wert bei 1 kHz überein (0,2807 V). Auch in dem Diagramm lässt sich erkennen, dass dieser Wert bei  $A = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,71$  liegt.

Tiefpass:

$$U_E \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{0,4144 \text{ V}}{\sqrt{2}} \approx 0,293 \text{ V}$$

$\Rightarrow$  Auch hier stimmt der Wert ziemlich gut mit dem Wert bei 1 kHz überein (0,2912). Auch in diesem Diagramm liegt der Wert bei ca.  $A = 0,7$ .

Der theoretische Wert für  $\nu_{gr}$  berechnet sich nach

$$2\pi \nu_{gr} = \frac{1}{RC} \quad \Leftrightarrow \quad \nu_{gr} = \frac{1}{2\pi RC} = 1067 \text{ Hz}$$

In beiden Fällen liegt die Grenzfrequenz weniger als 100 Hz neben dem theoretischen Wert. Trotz Schwankungen beim Ablesen der doppeltlogarithmischen Skala bzw. dem Abschätzen aus der Messstabelle ist diese geringe Abweichung ein ziemlich gutes Ergebnis.

### 234.9] Sperrfilter

Für den Sperrfilter ist die Unterdrückungsgüte

$$Q'_{Exp} = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$$

zu bestimmen. Dabei ist  $\Delta\nu$  der Frequenzbereich, innerhalb des  $U_A < U_E/\sqrt{2}$  ist.

Dieser gefundene Wert soll mit dem theoretischen Wert

$$Q'_{theo} \equiv \omega_0 \frac{L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{1}{2\pi \nu_0 RC}$$

verglichen werden.

Aus dem Diagramm für den Sperrfilter lassen sich die Grenzfrequenzen, sowie  $\nu_0$ , bei der die Amplitude minimal wird ablesen:

$$\nu_0 \approx 600 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$$

$$\nu_1 \approx 450 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$$

$$\nu_2 \approx 1000 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$$

Damit bestimmt man die Breite des Frequenzbereiches  $\Delta\nu$ :

$$\Delta\nu = \nu_2 - \nu_1 = 550 \text{ Hz}$$

Der Fehler auf  $\Delta\nu$  ergibt sich durch Addition der Fehler

von  $\nu_1$  und  $\nu_2$  zu 100 Hz.  $\Delta(\Delta\nu) = 100 \text{ Hz}$

Folglich ist die Unterdrückungsgüte  $Q'_{\text{exp}} = \frac{\nu_0}{\Delta\nu}$

mit  $\Delta Q'_{\text{exp}} = \sqrt{\left(\frac{1}{\Delta\nu} \Delta\nu_0\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta\nu)}{(\Delta\nu)^2} \cdot \nu_0\right)^2}$

~~\_\_\_\_\_~~

$$\Rightarrow Q'_{\text{exp}} = (1,091 \pm 0,218)$$

Der theoretische Wert berechnet sich folgendermaßen:

$$Q'_{\text{theo}} = \frac{1}{2\pi\nu_0 RC} \quad \text{mit Fehler: } \Delta Q'_{\text{theo}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta\nu}{2\pi\nu^2 RC}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{2\pi\nu_0 R^2 C}\right)^2}$$

$$\Rightarrow Q'_{\text{theo}} = (1,768 \pm 0,147)$$

Leider überschneiden sich nicht einmal die Fehlintervalle der ermittelten Unterdrückungsgüte und der theoretischen Unterdrückungsgüte. Dies lässt auf Ablesefehler oder Messfehler schließen.

Besonders die Ablesefehler werden hier ins Gewicht fallen.

$\nu_1$  und  $\nu_2$  wurden aus einem logarithmierten Diagramm abgelesen und obwohl der Fehlerbereich von 50 Hz bereits sehr groß ist, wurde er vielleicht doch noch zu klein geschätzt. Auch  $\nu_0$  wurde nur geschätzt, was Folgen auf das ganze Diagramm hatte.

Für einen besseren Graphen und eine genauere Messung müsste man mehr Messwerte aufnehmen.

## Elektrischer Schwingkreis

234.1

In diesem Versuchsprotokoll soll die ~~eigentliche~~ Resonanzkurve (Spannung über dem Kondensator) eines angelegten elektrischen Schwingkreises gemessen werden.

Aus dieser Messung bzw. aus dem Graphen sollen die Eigenkreisfrequenz  $\omega_0$ , die (Resonanz-) Frequenz  $\omega_{\max}$ , bei der die Spannung amplitudinal maximal wird,  $L$  und  $Q$  bestimmt werden wobei  $Q$  auf 3 verschiedenen Arten bestimmt wird: einmal aus der Resonanzbreite, einmal aus der Resonanzhöhe, sowie aus  $\omega_0$ ,  $L$  und  $R_L$ .

Aus dem Graphen lässt sich ablesen, dass  $\omega_{\max}$  bei 660 Hz liegt, also  $\omega_{\max} = 2\pi \cdot 660 \text{ Hz} = 4146,9 \text{ s}^{-1}$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{1}{36 \text{ mH} \cdot 15 \mu\text{F}}} = 4303,31 \text{ s}^{-1}$$

$$\Rightarrow \nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 684,89 \text{ Hz}$$

Güte  $Q$ :

Bestimmung aus der Resonanzbreite:

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} \quad \nu_1 = 640 \text{ Hz} ; \nu_2 = 690 \text{ Hz}$$

$$\Delta\nu = \nu_2 - \nu_1 \quad \Delta(\Delta\nu) = \Delta\nu_1 + \Delta\nu_2 = 10 \text{ Hz} + 10 \text{ Hz} = 20 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \Delta\nu = (50 \pm 20) \text{ Hz}$$

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{\nu_0}{(\Delta\nu)^2} \cdot \Delta(\Delta\nu)\right)^2}$$

$$\Rightarrow Q = 13,7 \pm 2,34$$



Bestimmung aus der Resonanzüberhöhung:

$$Q = \frac{U_A(\omega_{\max})}{U_A(\omega=0)}$$

$$U_A(\omega_{\max}) = (2,2030 \pm 0,001) \text{ V}$$

$$U_A(\omega=0) = (0,14 \pm 0,02) \text{ V (abgelesen)}$$

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_A(\omega_{\max})}{U_A(\omega=0)}\right)^2 + \left(\frac{U_A(\omega_{\max}) \cdot \Delta U_A(\omega=0)}{(U_A(\omega=0))^2}\right)^2}$$

$$\Rightarrow Q = 15,74 \pm 2,25$$

Bestimmung aus  $Q = \omega_0 \frac{L}{R_L}$

$$Q = \omega_0 \frac{L}{R_L} = 4303,315^{-1} \cdot \frac{36 \text{ mH}}{0,5 \Omega} = 16,31$$

Die drei verschiedene Werte für die Güte  $Q$ , die auf verschiedene Weisen berechnet wurde stimmen gut überein!

Die Werte liegen (nahezu) im Fehlerintervall des anderen.

Fazit:

Dieser Versuch hatte mehrere größere Probleme, wie an den jeweiligen Stellen in diesem Protokoll bereits erwähnt.

Zum einen weichen die Werte für die Induktivität in b und c enorm voneinander ab. In c wurde wahrscheinlich die

Spannung oder die Stromstärke falsch ermittelt, da der direkte Widerstand so gut wie zu vernachlässigen war, das sollte

nicht so sein. Dann traten Probleme beim Phasenschieben

auf. Die Eingangsspannung blieb nicht konstant, bei niemandem.

Dadurch bedingt, dass man alleine arbeiten musste und es

nur 2 DMM zur Verfügung standen, konnte man die Eingangs-

spannung auch nicht nachjustieren, da mit den DMM  $U_R$  und

$U_L$  gemessen werden mussten. Das kuriose ist, dass bereits der

Stattwert nicht die Bedingung  $U_E^2 = U_R^2 + U_C^2$  erfüllt.

Hier lag definitiv ein systematischer Fehler vor!

Dahingegen lief Messung sowie Auswertung der frequenzabhängigen Spannungsteiler, sowie die des elektr. Schwingkreises sehr gut.

