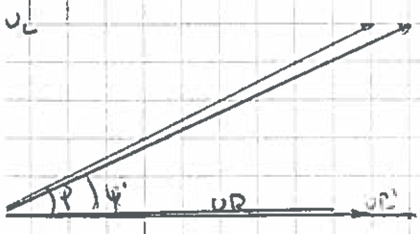
Versuch 234 Wechselstromwiderstände, Phasenschieber, RC-Glieder & Schwingungen 2. Nov.

Einleitung

In diesem Versuch sollen wir mit hilfe einer Wechselstrombrücke Kapazitäten und Induktivitäten gemessen werden. Dazu muss man eine Phasenschieberschaltung aufbauen, auch um die komplexe Schreibweise von Wechselstromgrößen zu üben.

234 A.



Mit einem zusätzlichen R' werden die Widerstände R_x und R_0 so verlängert dass L_x & L_0 das gleiche Verhältnis wie die Widerstände habe. Die Phase φ wird verkleinert.

Aufgabe 234 B

Die beiden parallelen "Pfade" werden über die Spannung gleichgesetzt, somit müssen die Gesamtspannungen beider Teilen entlang U_E liegen. Zwischen A & B liegt die Ausgangsspannung U_{AB}.

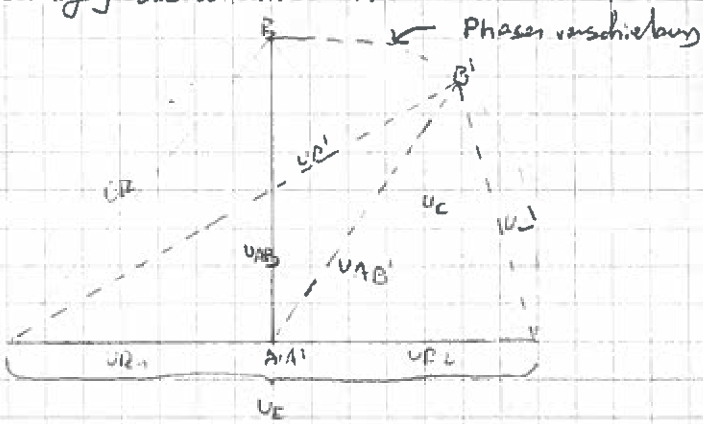
Für $R_1 \neq R_1$ geht das auch aber $|U_{AB}|$ ist dann abhängig vom Winkel φ

Mit zwei Spulen oder Kondensatoren funktioniert das nicht, weil die zueinander ebenfalls eine Phasenverschiebung haben.

Für $\varphi \approx 0$ rad muss $R \gg \frac{1}{\omega C}$
Für $\varphi \approx \pi$ rad muss $R \ll \frac{1}{\omega C}$

Somit R zwischen $0{,}1 \frac{1}{\omega C}$ und $1{,}0 \frac{1}{\omega C}$ verstellbar sein

Ein einzelner Kondensator oder Spule in Reihe können die Phase auch verschieben. Dabei ist die Amplitude jedoch von C oder L abhängig und man kann nur bis $\varphi \approx \frac{\pi}{2}$ rad verschieben.



Zeigerdiagramm

234 C

$I_Z = \frac{U_E}{R} \tan(\vartheta)$, $\tan(\vartheta) = \frac{|Z_C|}{|Z_R|} = \frac{1}{\omega C R}$

234 D

$I\ddot{\varphi} + r\dot{\varphi} + D\varphi = U_0 \cos(\omega t)$

234 E:

$L \hat{=} I$ $\quad R \hat{=} r$ $\quad \frac{1}{C} \hat{=} D$ $\quad U_E \hat{=} U_0$

Aufgabe 234 a)

$f = 500\,Hz$ $\quad C_0 = 486\,nF$ $\quad C_x = (573 \pm 10)$ Skt

[$R_{max} = 200\Omega$] $\quad C_x = (114{,}6 \pm 10)\,nF$

Bei 573/1000 Skt zeigt der Osz. 0 an. (1000 Skt = 200Ω)

Aufgabe 234 b)

Bei 980/1000 Skt ±10 zeigt der Osz. 0 an. $f = 500\,Hz$ $\quad R_x (980 \pm 5)$ Skt $\quad R_x (196 \pm 1)\,\Omega$

$L_x = \frac{R_x}{R_y} L_0$ $\quad L_0 = 3{,}4 \cdot 10^{-3}\,mH \pm 0{,}1 \cdot 10^{-3}$ $\quad R_y (509 \pm 5)$ Skt $\quad R_y (101{,}8 \pm 1)$

$L_x = (6{,}53 \pm 0{,}19)\,mH$

Aufgabe 234 c)

$f = 500\,Hz$ $\quad R_L = 1{,}5\,\Omega \pm 0{,}1\,\Omega$

$U = 0{,}692 \pm 0{,}001\,V$ $\quad I = 33{,}7 \pm 0{,}1\,mA$

Aufgabe 234 d)

$\Delta U = 5\,mV$ $\quad \Delta R = 5$ [Skt] $= 1\Omega$

R [Skt]	U_C [V] (±5V)	U_R [V] (±5)
0	0,246	0,0061
100	0,0843	0,216
200	0,0443	0,234
300	0,0301	0,238
400	0,0226	0,240
500	0,0183	0,242
600	0,0152	0,242
700	0,0131	0,243
800	0,0116	0,243
900	0,0102	0,243
1000	0,0093	0,244

Aufgabe 234 e: $U_E = 0,2095$

f (Hz)	U_A (Tiefpass) [V]	U_A (Hochpass) [V]	U_A Sperrfilter [V]
200	0,206	0,035	0,205
275	0,203	0,048	0,200
380	0,198	0,066	0,186
525	0,189	0,087	0,138
724	0,176	0,111	0,023
1000	0,156	0,137	0,151
1379	0,132	0,161	0,189
1903	0,106	0,179	0,201
2626	0,0818	0,191	0,205
3623	0,061	0,199	0,207
5000	0,044	0,203	0,208

Aufgabe 234 i: $U_E = 0,2072 \pm 0,001$

$\Delta U_C = 0,005$

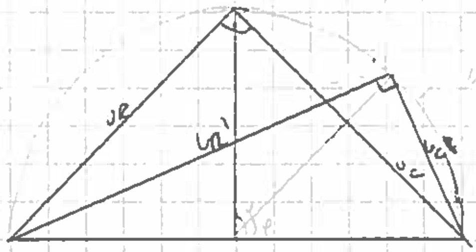
$$\Delta \frac{U_C}{U_E} = \sqrt{\left(\frac{1}{U_E}\Delta U_C\right)^2 + \left(-\frac{U_C}{U_E^2}\Delta E\right)^2}$$

$\Delta A \simeq 0,024$ (Für alle Werte)

F (Hz)	U_C [V]
100	0,210
200	0,220
400	0,266
600	0,323
800	0,250
1000	0,147
1200	0,092
1400	0,063
~~1600~~	
1800	0,034
2000	0,027
500	0,299
700	0,306

234 c)

$\Delta L = \sqrt{\left(\frac{1}{2\pi f I}\Delta L\omega\right)^2 + \left(\frac{L\omega}{2\pi f I}\Delta I\right)^2 + \left(-\frac{L\omega I}{2\pi f I}\Delta I\right)^2 + \left(-\frac{L\omega I}{2\pi f^2}\Delta I\right)^2}$



-> Digital multimeter : $R_L = (1{,}5 \pm 0{,}1)\ \Omega$

$R_L \cdot I = 337\,mA \cdot 1{,}5\ \Omega = 50{,}55\ mV$

$\cos(\varphi) = \frac{R_L \cdot I}{U} = 0{,}073 \quad \rightarrow \quad \varphi = 1{,}498\ rad$

$L\omega I = \tan(\varphi) R_L\, I = 0{,}693V$

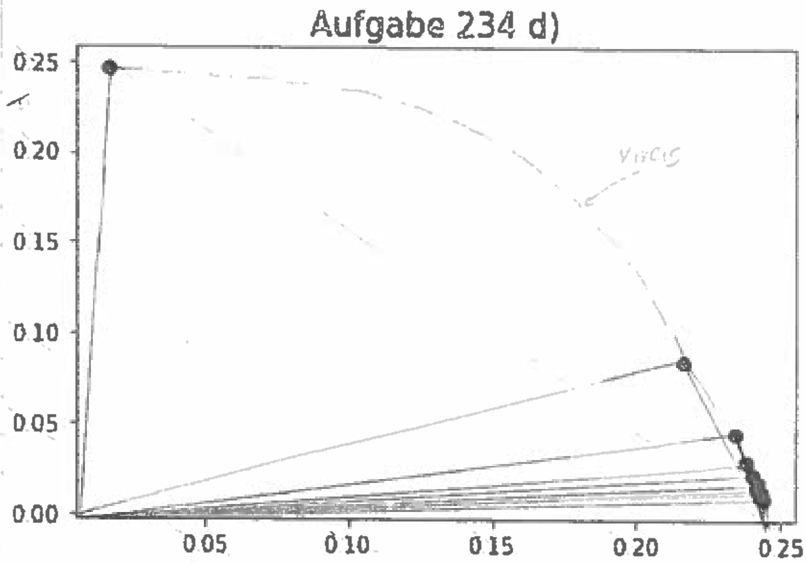
$\frac{L\omega I}{2\pi f I} = 6{,}6 \cdot 10^{-3}\ H = 6{,}6\ mH \pm 0{,}27$

-> Der hier berechnete Wert passt gut zu dem in b gemessenen Wert.

234 d)

Auf dem Oszillographen haben sich folgende Formen gezeigt / -> 0 -> O

Diese Lissajous-Figuren entstehen wenn die x- & y-Achse phasenverschobene Sinusschwingungen bekommen. zB bei $\varphi = 0$ & $\varphi = \pi$ entsteht soetwas wie eine Gerade (Periodisch). Bei $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ergibt sich ein Kreis



-> Die Skala kann ignoriert werden, sie diente mir nur zur Hilfe um die Punkte (Werte) zu Platzieren.

-> siehe Fazit

234 g

Unterdrückungsgüte von Sperrfilter $Q_{exp} = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} = \frac{724}{(1000-525)} = 1{,}52 \pm 0{,}05$

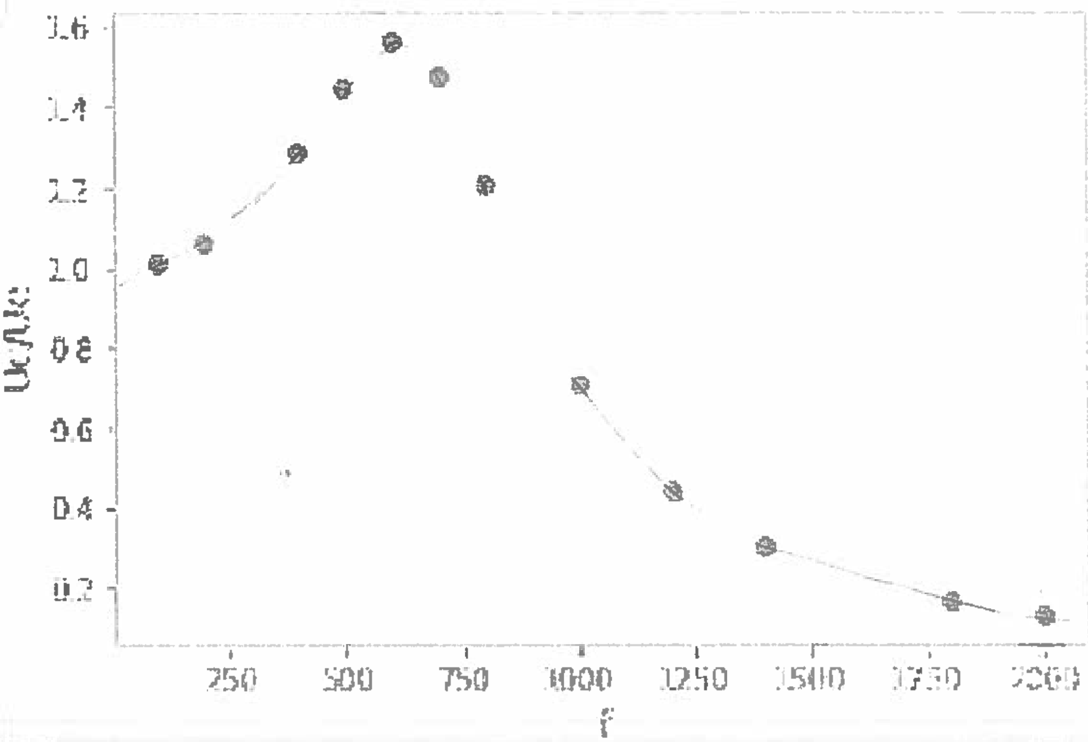
Dann nach $Q'_{the} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{1}{(2\pi \cdot 724) \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5} \approx 1{,}47 \pm 0{,}03$

=> Die Werte liegen innerhalb des Fehlerbereichs

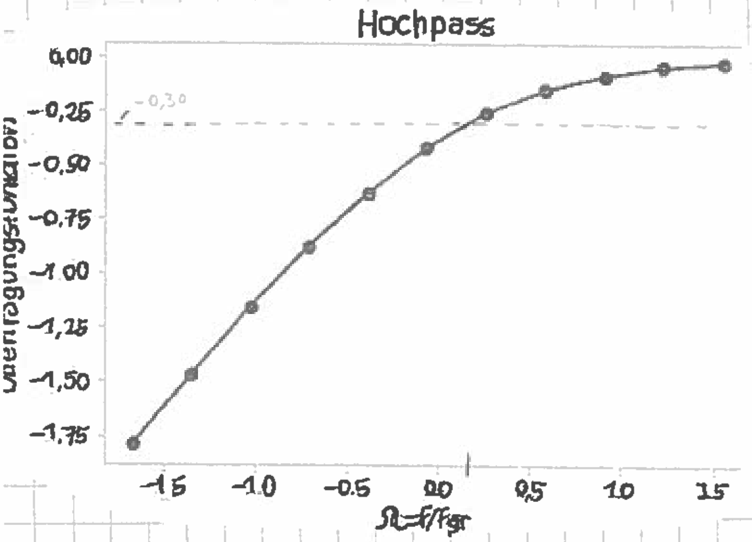
234h

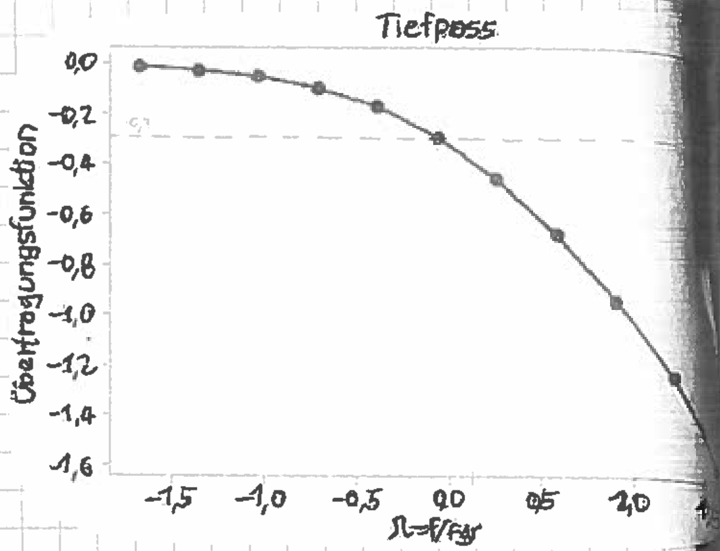
Das größte Abschwächungsverhältnis wird unter anderem durch den Spulenwiderstand bestimmt. Die Kreisgüte Q ist ähnlich wie sein Schwerpunkt für die Höhe des "Peaks" verantwortlich

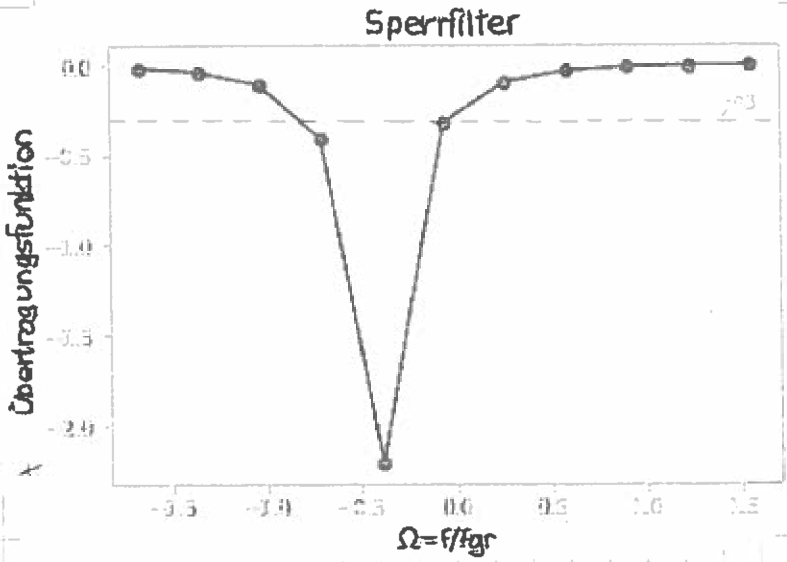
234i



2.3 4.e.







234f.

Theoretischer Wert von Hoch- u. Tiefpass ⊙: $\nu_{gr} = \frac{1}{2\pi RC} = 1061\,Hz$ | $C = 1{,}5 \cdot 10^{-6}\,F$, $R = 100\,\Omega$

$\pm 50\,Hz$

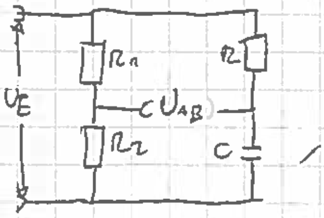
$U_r = U_E \cdot \hat{T}_2 = 0{,}148\,V$

-> $\nu_{gr} \approx 1100\,Hz \pm 50\,Hz$

Der gemessene Wert liegt mit ihrem Fehler Wert in theoretischen Wert.

↳ Das gleiche gilt für den Tiefpass

Zudem wurde ein RC- Phasen schieber verwendet



Zuletzt wird der Schwingkreis behandelt (vgl. Drehpendel Mechanik)

Hier ist die Gleichung $L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{1}{C} q = U_E \cos(\omega t)$ wichtig, denn aus dem erhalten wir $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$, $Q = \omega_0 \frac{L}{R}$ $\omega_{max} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$

Ok [redacted]

$\rightarrow \omega = 2\pi f \qquad \omega_{max} = 3761{,}9\ ^1/_s$

$\omega_{max} = \omega_0$, da der Peak erscheint, wenn das System mit der Eigenfrequenz angeregt wird.

- $U_A(\omega_{max}) = Q \cdot U_a(\omega = 0) \Rightarrow Q = \frac{U_A(\omega_{max})}{U_A(\omega=0)} = 1{,}53 \pm 0{,}09$
- $\omega_0 = Q\,\Delta\omega \Rightarrow Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{3761{,}9}{(820 \cdot 250)2\pi} = 1{,}05 \pm 0{,}2$

$\omega_{max} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{(2Q^2)}} = 3315{,}03 \pm 5\ ^1/_s$

$\omega_0 = \omega_{max} / \sqrt{1 - 1/(2Q^2)} = 4287{,}18 \pm 5\ ^1/_s$

$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = 0{,}047\,H$

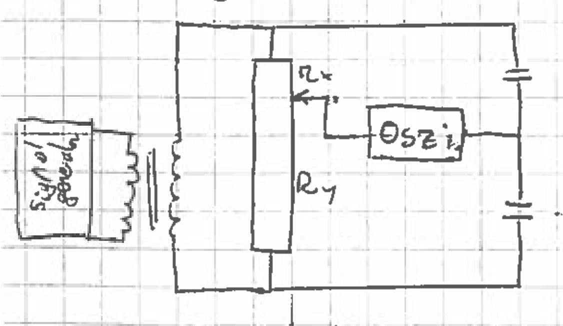
$Q = \omega_0 \cdot \frac{L}{R} = 17{,}71 \pm 0{,}10$

Fazit

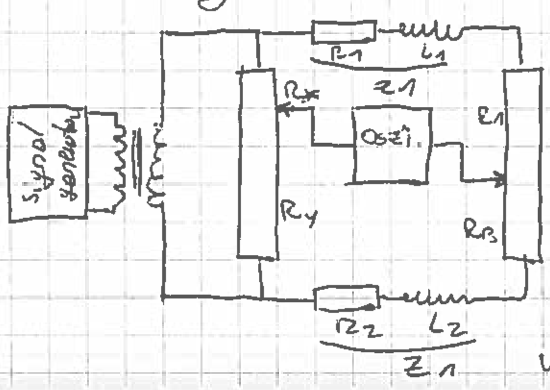
Bei der d) waren unsere Werte beim Messen leider nicht sehr gut gewählt (siehe Zeigerdiagramm) man erkennt jedoch dass ein Kreis entsteht. Im gesammten Versuch haben wir die Messungen nicht genau genug gemessen, bei der b und a gab es ja Probleme beim Aufbau

Verwendete Formeln, Schaltungen

Die Abgleichbedingung $\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{R_x + R_A}{R_y + R_B}$ wurde für die b benutzt und $\frac{R_x}{R_y} = \frac{C_x}{C_1}$ für die a. Folgende Schaltungen wurde dafür aufgebaut



Für a: Wheatstonsche Brücke



Für b) Wheatstonsche Brücke