

GEL Laborbericht

Versuch: Reihenschwingkreis

Andreas Hofmeier Axel Schmidt

12. Januar 2004

Zusammenfassung

Die Schaltung vierhielt sich bis auf kleinere Bauteil- und Messtoleranzen wie berechnet. Ziemlich genau bei der errechneten Resonanzfrequenz ($f_0 = 503Hz$) erhielten wir in beiden Messungen ein Maximum der Ausgangsspannung (U_{R_a}). Daraus folgt, dass die Eigenschaft der Resonanzfrequenz nahezu ausschließlich von L und C bestimmt wird. Im Resonanzfall heben sich die Blindanteile des Kondensators und der Spule auf, der Scheinwiderstand ist am kleinsten. Bei $R_a = 100\Omega$ erhielten wir eine erheblich größere maximale Ausgangsspannung verglichen mit der Messung $R_a = 400\Omega$. Bei $R_a = 100\Omega$ ist allerdings die Bandbreite (Δf) erheblich kleiner und f_c und f_L liegen näher zusammen, woraus folgt, dass die Güte größer/besser ist. Die Güte steigt mit kleinerwerdendem R_a . Dies ist durch das Verhältnis von pendelnden Blindleistungen zwischen Spule und Kondensator zur Wirkleistung in $R_{Cu} + R$ zu begründen.

Inhaltsverzeichnis

1 Fragen	3
1.1 Warum ist es zweckmäßig die Eingangsspannung konstant zu halten?	3
1.2 Was versteht man unter den Begriffen Resonanzfrequenz, Bandbreite und Güte?	3
2 Berechnung mit den gegebenen Werten	4
2.1 berechnete Frequenzen	4
3 Versuchsdurchführung	5
3.1 $R_a = 100\Omega$ (mit Multimetern gemessen)	5
3.1.1 Phasenverschiebung und Zeigerdiagramme	6
3.2 $R_a = 400\Omega$ (mit PC gemessen)	7
3.2.1 Güte	8

1 Fragen

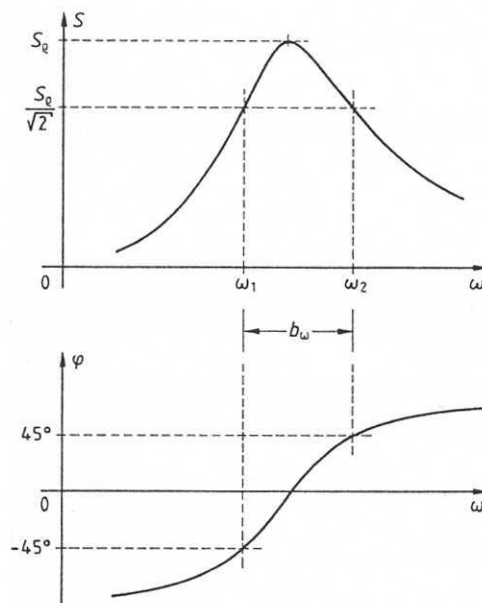
1.1 Warum ist es zweckmäßig die Eingangsspannung konstant zu halten?

Die Ausgangsspannung ist abhängig von der Frequenz, Eingangsspannung, Bauteileigenschaften (u.a. R , C , L) und Umweltbedingungen (Temperatur, etc). Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muss alles konstant gehalten werden, bis auf die Eingangsgröße, von welcher abhängig man die Ausgangsspannung messen möchte.

1.2 Was versteht man unter den Begriffen Resonanzfrequenz, Bandbreite und Güte?

Bei der Resonanzfrequenz heben sich die Blindanteile der Spule und des Kondensators auf, so dass nur noch der Widerstand (R und R_{Cu}) mit seinem realen Anteil übrig ist, also der imaginäre Anteil des Schwingkreises verschwindet. Im Resonanzfall ist der Scheinwiderstand am kleinsten.

Die Bandbreite (b_w) ist definiert als Frequenzbereich, in dem die Schwingungsgröße größer oder gleich dem $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 'tel des Maximums dieser Größe (S_0) ist. In diesem Bereich liegt die Phasenverschiebung (φ) zwischen der Schwingungsgröße und der Eingangsgröße betragsmäßig unter 45° .



Die Güte, welche das Verhältnis von pendelnden Blindleistungen zwischen Spule und Kondensator zur Wirkleistung darstellt, kann durch das Verhältnis von Kennleitwert zu Wirkleitwert errechnet werden. Der Kennleitwert ist $\sqrt{L/C}$. Der Wirkleitwert ist der Kehrwert des bei der gefragten Frequenz gemessenen Widerstandes. Also $Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R} = \frac{f_0}{\Delta f}$

2 Berechnung mit den gegebenen Werten

Gegebenen Werte: $U_E = 1V$, $L = 200mH$, $C = 500nF$, $R_a = 100\Omega$, $R'_a = 400\Omega$

2.1 berechnete Frequenzen

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = 503,29 \text{ Hz}$$

$$f_{0L} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{R^2C}{2L}}}$$

$$f_{0L_{100\Omega}} = 506,46 \text{ Hz}$$

$$f_{0L_{400\Omega}} = 562,69 \text{ Hz}$$

$$f_{0C} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2C}{2L}}$$

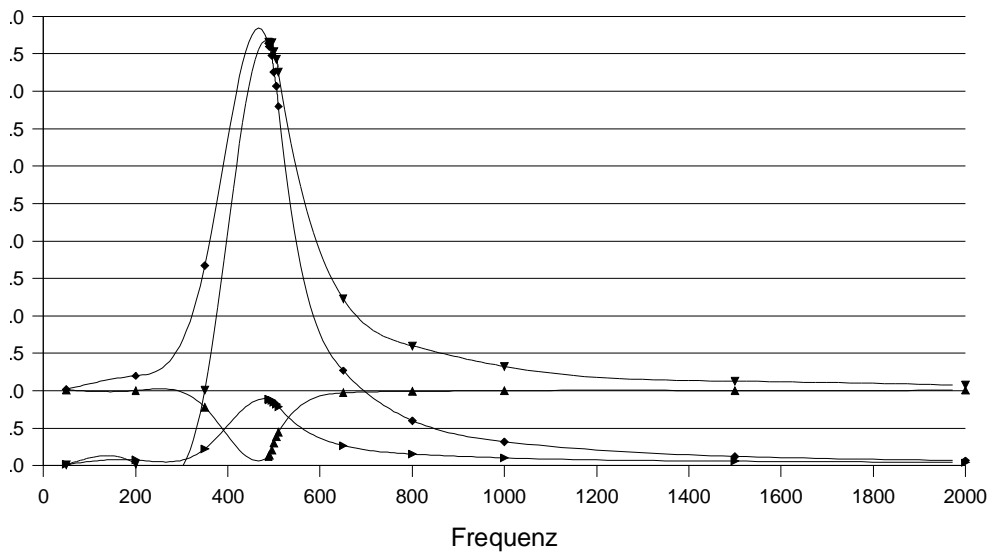
$$f_{0C_{100\Omega}} = 500,13 \text{ Hz}$$

$$f_{0C_{400\Omega}} = 450,15 \text{ Hz}$$

3 Versuchsdurchführung

3.1 $R_a = 100\Omega$ (mit Multimetern gemessen)

Frequenz	U_C	U_L	U_{KR}	U_R
50	1.020	0.011	1.010	0.017
200	1.200	0.023	1.001	0.077
350	2.670	1.010	0.780	0.224
488	5.640	5.660	0.123	0.887
490	5.600	5.650	0.136	0.884
495	5.480	5.650	0.210	0.874
500	5.260	5.530	0.300	0.848
505	5.070	5.430	0.389	0.824
510	4.800	5.260	0.448	0.790
650	1.270	2.230	0.972	0.266
800	0.603	1.600	0.992	0.155
1000	0.321	1.323	1.001	0.103
1500	0.123	1.128	1.003	0.059
2000	0.067	1.074	1.005	0.042



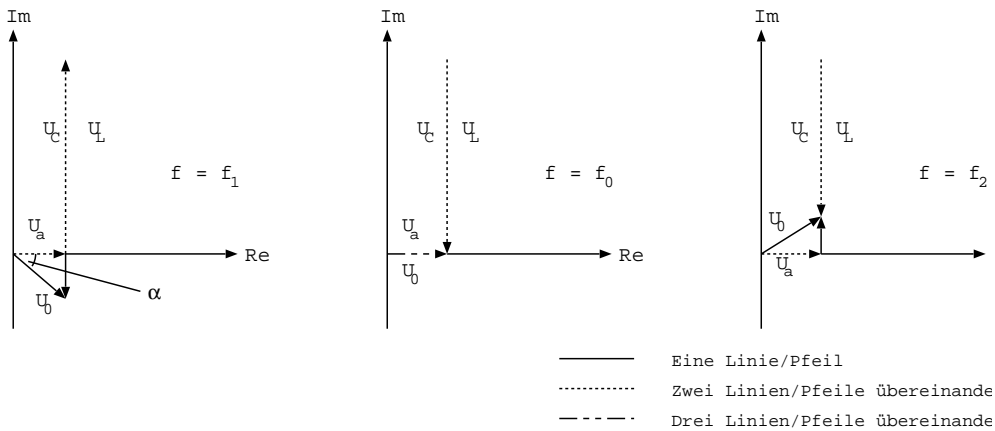
3.1.1 Phasenverschiebung und Zeigerdiagramme

Ablezen der Werte aus den gemessenen Werten erfolgte über lineare Interpolation.

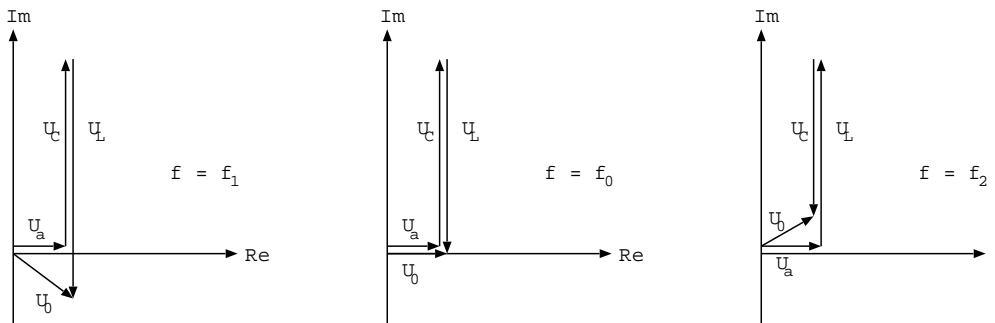
$$\begin{aligned}
 U_A = U_R &\approx \frac{1}{\sqrt{2}} 0,874V \approx 0.618V \\
 f_1 &\approx \frac{(488-350)Hz}{(0.887-0.224)V} * (0.618 - 0.244)V + 350Hz \approx 428Hz \\
 U_{f1C} &\approx 4,35V \\
 U_{f1L} &\approx 3,64V \\
 \alpha_1 &\approx \text{ArcCos} \frac{U_a}{U_0} = \text{ArcCos} \frac{0,874V}{1V} = -39^\circ \\
 \alpha'_1 &\approx \alpha_1 \approx \text{ArcTan} \frac{U_{f1L} - U_{f1C}}{U_A} = \text{ArcTan} \frac{-0.89V}{0.874V} = -46^\circ \\
 \\
 f_2 &\approx \frac{(510-650)Hz}{(0.790-0.266)V} * (0.618 - 0.266)V + 650Hz \approx 556Hz \\
 U_{f2C} &\approx 3,64V \\
 U_{f2L} &\approx 4,26V \\
 \alpha'_2 &\approx -\alpha_1 \approx \text{ArcTan} \frac{U_{f1L} - U_{f1C}}{U_A} = \text{ArcTan} \frac{0.62V}{0.874V} = 35^\circ \\
 f_B = \Delta f &\approx f_2 - f_1 = 556Hz - 428Hz = 128Hz
 \end{aligned}$$

Die relativ große Abweichung der Winkel voneinander ist durch Messungenauigkeiten und Approximation der Werte auf Basis der Meßwerte zu erklären.

"normale/richtige" Darstellung

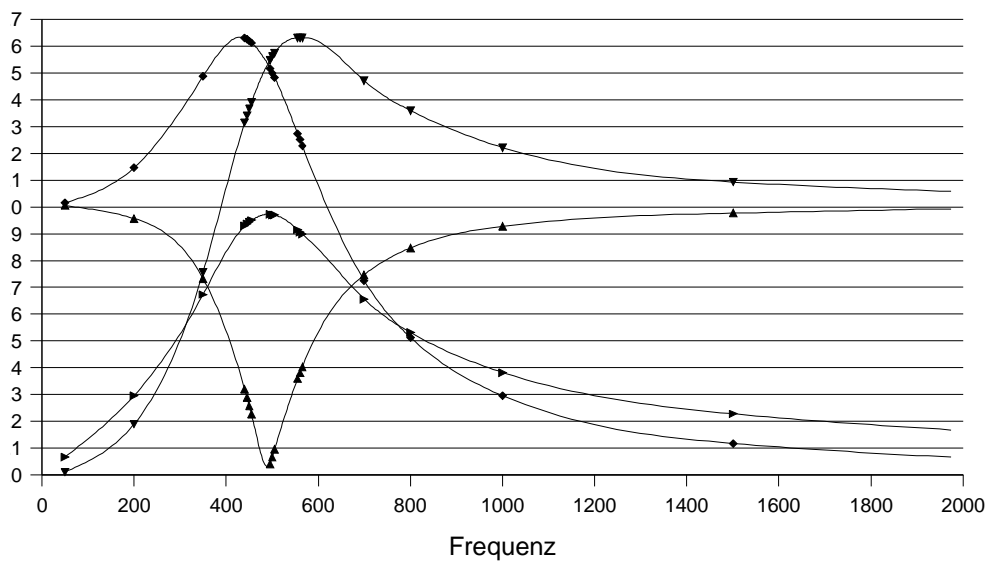


"useinandergezogene" Darstellung



3.2 $R_a = 400\Omega$ (mit PC gemessen)

Frequenz	U_C	U_L	U_{KR}	U_R
49.986	1.016	0.011	1.005	0.066
200.040	1.146	0.190	0.957	0.296
350.052	1.487	0.757	0.733	0.673
440.113	1.631	1.315	0.320	0.929
445.037	1.627	1.341	0.289	0.937
450.077	1.621	1.367	0.258	0.944
455.054	1.613	1.391	0.226	0.950
495.102	1.518	1.548	0.041	0.973
500.101	1.501	1.562	0.067	0.972
505.061	1.484	1.575	0.095	0.970
555.103	1.273	1.631	0.359	0.915
559.843	1.252	1.631	0.380	0.907
565.205	1.228	1.632	0.404	0.899
699.702	0.725	1.471	0.747	0.656
799.936	0.513	1.360	0.847	0.531
999.998	0.295	1.222	0.928	0.382
1500.536	0.117	1.093	0.977	0.228
2000.298	0.063	1.057	0.994	0.165



3.2.1 Güte

$$\frac{1}{\sqrt{2}}0,973V = 0.688V$$

$$f_1 \approx \frac{(440-350)Hz}{(0.929-0.673)V} * (0.688 - 0.673)V + 350Hz \approx 355Hz$$

$$f_2 \approx \frac{(565-699)Hz}{(0.899-0.656)V} * (0.688 - 0.656)V + 699Hz \approx 681Hz$$

$$f_B = \Delta f \approx f_2 - f_1 = 681Hz - 355Hz = 326Hz$$

$$Q_{L100} = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \approx \frac{503Hz}{556Hz - 428Hz} \approx 3.93$$

$$Q_{L400} = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \approx \frac{503Hz}{681Hz - 355Hz} \approx 1.54$$

Errechnete Güte aus gegebenen Bauteilwerten

$$Q_0 = \frac{1}{R_{Cu}} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{5.7\Omega} \sqrt{\frac{200mH}{500nF}} = 110.96$$

$$Q_{L100\Omega} = \frac{1}{R_{Cu}+R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{(5.7+100)\Omega} \sqrt{\frac{200mH}{500nF}} = 5.98$$

$$Q_{L400\Omega} = \frac{1}{R_{Cu}+R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{(5.7+400)\Omega} \sqrt{\frac{200mH}{500nF}} = 1.56$$

Die gemessenen Werte der Lastgüte stimmen bei der PC-Messung sehr gut mit den berechneten Werten überein. Bei der Messung mit Hilfe der Multimeter ist eine erhebliche Abweichung erkennbar. Daraus ist zu folgern, dass die Messung mit Hilfe des PCs genauer ist, vor allem da die Frequenz ebenfalls gemessen wurde. Die Güte steigt mit sinkendem R_a und erreicht ihr Maximum bei $R_a = 0\Omega$, welches praktisch nicht erreicht werden kann. Dieses Verhalten ist durch die Definition der Güte zu erklären: Je kleiner R_a ist, umso kleiner die Wirkleistung. Güte = Verhältnis von pendelnder Blindleistung zu Wirkleistung.

Aus gemessenen Werten Abgelesene Frequenzen:

$$f_0 \approx 500Hz$$

$$f_C \approx 440Hz$$

$$f_L \approx 565Hz$$