

Schülerlabor

Versuch WS5: Spannungsüberhöhung im Reihenschwingkreis

Aufgaben:

1. Untersuchen Sie in einer Reihenschaltung von Spule und Kondensator, wie sich die Teilspannungen U_C und U_L bei Veränderung der Erregerfrequenz verhalten. Stellen Sie die Frequenzabhängigkeit der Teilspannungen U_C , U_L und der Erregerspannung U_g grafisch dar.
2. Untersuchen Sie, wie sich die Stromstärke in einem Reihenschwingkreis bei konstanter Erregerspannung in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz ändert. Messen Sie dazu den Spannungsabfall U_R am Widerstand P_1 . Die Stromstärke erhält man mit Hilfe des ohmschen Gesetzes $I = U_R/P_1$.
3. (Zusatzversuch) Untersuchen Sie, wie sich die Phase der Teilspannung gegenüber der Erregerspannung mit der Frequenz verändert. Stellen Sie auch diese Frequenzabhängigkeit grafisch dar.

Versuchszubehör:

Experimentierplatte mit Spule und Kondensator;
Wechselspannungsgenerator,
Zweikanaloszilloskop;
Wechselspannungsmessgerät;
Dämpfungswiderstand

Meßschaltung zum Reihenschwingkreis

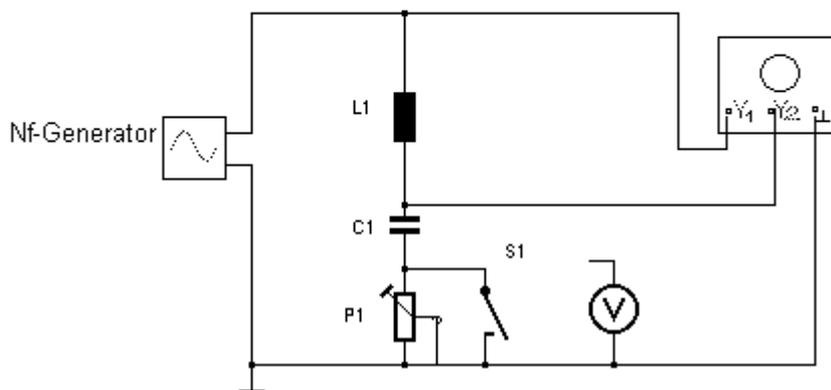


Abbildung 1

Hinweise:

Für die Messung der Spannungen ist das Oszilloskop zunächst nicht erforderlich.

Messen Sie mit dem Spannungsmessgerät abwechselnd die Generatorspannung und die Teilspannung U_c .

Überbrücken Sie für diese Messung zunächst den zusätzlichen Dämpfungswiderstand P_1 . Stellen Sie die Generatorfrequenz so ein, dass die Teilspannung am Kondensator einen Maximalwert annimmt.

Verändern Sie nun die Generatorfrequenz im möglichst kleinen Schritten nach tieferen und höheren Werten hin.

Tauschen Sie auf der Experimentierplatte Spule und Kondensator aus und wiederholen Sie die Messreihe zur Messung von U_L .

Wiederholen Sie beide Messreihen, nachdem die Überbrückung des Dämpfungswiderstandes entfernt wurde.

Zur Messung der Stromstärke wird der Widerstand P_1 auf den Wert von $R_m = 10 \text{ Ohm}$ eingestellt und die Spannung am Widerstand gemessen.

Messtabelle 1 : Frequenzabhängigkeit der Teilspannungen ohne Dämpfungswiderstand

f/Hz														
U_g														
U_c														
U_L														

Frequenzabhängigkeit der Teilspannungen mit Dämpfungswiderstand

$P_1 = \dots\dots\text{Ohm}$

f/Hz														
U_g														
U_c														
U_L														

Messtabelle 2: Frequenzabhängigkeit der Stromstärke

f/Hz														
U_R/V														
I/mA														

Messtabelle 3: Frequenzabhängigkeit der Phasen von Teil- und Erregerspannung

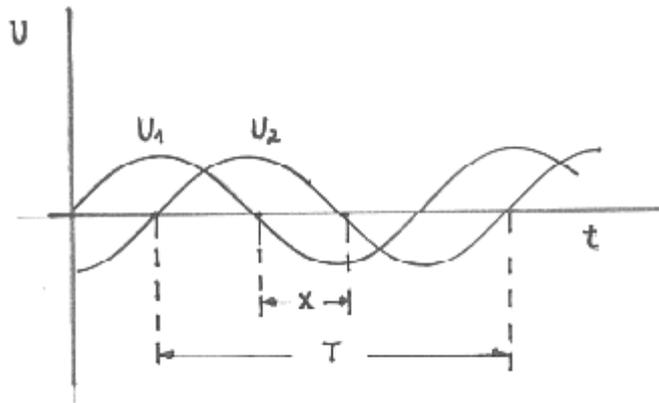
f/Hz														
φ/U_c														
φ/U_L														

Hinweis zur Bestimmung der Phasenverschiebung φ :

Der Phasenwinkel φ wird bestimmt, indem der Abstand der Nulldurchgänge beider Spannungen x/Skt verglichen wird mit der Länge einer Periode $T = X/Skt$.

Es gilt dann

$$\varphi / 360^\circ = x/X.$$



Ergebnisse:

Bei einer bestimmten Erregerfrequenz f_0 , der Resonanzfrequenz des Reihenschwingkreises, nehmen die Teilspannungen U_C und U_L maximale Werte an.

Die **Teilspannungen** werden in diesem Resonanzfall **viel größer als** die von der Spannungsquelle abgegebene **Gesamtspannung** U_g ! Es tritt eine **Spannungsüberhöhung** ein.

Je geringer die Verlustwiderstände im Schwingkreis sind, um so größer ist die Spannungsüberhöhung.

Der Wert der Spannungsüberhöhung $\dot{U} = U_C / U_g$ bzw. U_L / U_g wird auch als Güte des Schwingkreises bezeichnet.

Aufgabe: Bestimmen Sie die Güte des Schwingkreises ohne zusätzlichen Dämpfungswiderstand.

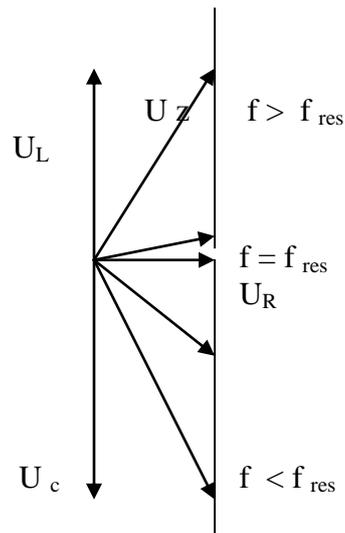
Ergebnis: $Q = \dots\dots\dots$

Zwischen einer Teilspannung und der Erregerspannung besteht i. allg. eine Phasenverschiebung. Bei der Resonanzfrequenz hat die Spannung am Kondensator die entgegengesetzte Phasenlage zur Spannung an der Spule. Deswegen heben sich die Teilspannungen auf und ergeben als Summe nur den geringen Wert der Erregerspannung. Im Resonanzfall haben der induktive und der kapazitive Widerstand gleiche Werte, jedoch entgegengesetzte Phasenlage. Der Gesamtwiderstand nimmt daher im Resonanzfall nur einen sehr geringen, vom Verlustwiderstand bestimmten Wert an und der Strom erreicht ein Maximum.

Im Resonanzfall verhält sich ein Reihenschwingkreis wie ein ohmscher Widerstand. Da sich die Wirkung der beiden Blindwiderstände X_L und X_C aufheben, tritt auch keine Phasenverschiebung auf. Der Strom wird im Resonanzfall nur durch den Wert des ohmschen Verlustwiderstandes des Reihenschwingkreises bestimmt und erreicht daher einen maximalen Wert.

Spannungsüberhöhungen sind in der Technik sehr gefürchtet, weil die auftretenden hohen Spannungen zur Zerstörungen von Geräten und Spannungsüberschlägen führen können.

Frequenzabhängigkeit der Teilspannungen in einem Reihenschwingkreis



Aus dem Zeigerdiagramm ist erkennbar, dass bei hohen Frequenzen $f > f_{res}$ der induktive Widerstand $X_L = \omega L$ und damit die Teilspannung U_L große Werte annehmen. Der Wert des Scheinwiderstandes

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

wird daher durch den induktiven Anteil bestimmt.

Bei sehr geringen Frequenzen $f < f_{res}$ ist der kapazitive Widerstand $X_C = 1 / \omega C$ für den Scheinwiderstand bestimmend.

Bei der Resonanzfrequenz $f = f_{res}$ nimmt der Wert des Scheinwiderstandes ein Minimum an, weil die Beträge des induktiven und kapazitiven Widerstandes gleich groß werden und sich die Teilspannungen U_L und U_C wegen ihrer entgegengesetzten Vorzeichen in ihren Wirkungen aufheben.