

3.5 Resonanzkurve eines Schwingkreises

1 Einführung

Wird an einen Serienschwingkreis bestehend aus einer Spule L , einem Kondensator C und einem Widerstand R eine sinusförmige Wechselspannung gelegt, so fließt durch die Bauelemente ein Strom, der von der Frequenz der angelegten Spannung abhängig ist (siehe auch Versuch 2.9). Bei einer bestimmten Frequenz, der Resonanzfrequenz f_0 , nimmt dieser Strom ein Maximum an. Das Maximum ist um so stärker ausgeprägt, je kleiner der Widerstand R ist.

Als Maßzahl für die „Breite“ der Resonanzkurve werden die Bandbreite B oder die Güte Q angegeben. Dabei gelten die Zusammenhänge:

$$Q = \frac{f_0}{f_{vo} - f_{vu}} = \frac{f_0}{B}. \quad (1)$$

f_{vo} und f_{vu} sind die obere bzw. untere *Verstimmungsfrequenz*. Bei diesen Frequenzen ist die Amplitude jeweils auf den Faktor $1/\sqrt{2}$ des Maximums abgefallen.

Da jede reale Spule aus Draht gewickelt wird, besitzt sie neben der Induktivität L immer einen nicht zu vernachlässigenden ohmschen Widerstand R_L . Sie muss daher für die Berechnung der Schaltungseigenschaften durch ein Ersatzschaltbild (Serienschaltung von R_L und L – siehe Abb. 1) dargestellt werden.

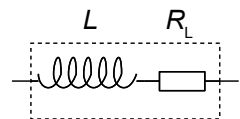


Abb. 1:
Ersatzschaltbild
einer realen Spule

Eine typische Anwendung für einen Schwingkreis ist das Herausfiltern von sinusförmigen Signalen aus einem Signalgemisch unterschiedlicher Frequenzen, z.B. zum Abstimmen eines Radioempfängers auf einen bestimmten Sender.

Ein solches „Frequenzgemisch“ liegt auch vor, wenn man ein nicht sinusförmiges periodisches Signal betrachtet. Dieses lässt sich nämlich durch die Fourierreihe (Summe von sinusförmigen Anteilen) beschreiben:

$$U(t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cdot \sin(n\omega_0 t + \varphi_n) \quad (2)$$

ω_0 ist dabei die Frequenz des periodischen Signals, die sog. Grundwelle. Daneben gibt es noch Oberwellen, das sind ganzzahlige Vielfach der Grundwelle. Ihre Amplituden nehmen in der Regel mit zunehmender Frequenz ab.

2 Versuchsaufbau

Als Wechselspannungsquelle wird ein programmierbarer Funktionsgenerator vom Typ FD4E verwendet. Er wird zwischen die serielle Schnittstelle des PC und das UniMess-Interface geschaltet. Auf der Rückseite des Funktionsgenerators muss dabei der Schnittstellenadapter aufgesteckt sein (**Hinweis:** Der Datentransfer zum und vom UniMess funktioniert nur bei eingeschaltetem Generator).

Der Wechselstromwiderstand des Schwingkreises ist verhältnismäßig klein, so dass eine sehr niederohmige Spannungsquelle benötigt wird. Da der normale Ausgang des Generators hierfür nicht geeignet ist, muss der eingebaute Leistungsverstärker nachgeschaltet werden.

Die Spannung U_R am Widerstand R ist ein Maß für den Strom durch den Schwingkreis. Für die Auswertung ist nur eine Bestimmung der Amplitude dieser Wechselspannung erforderlich. Dazu wird zwischen Widerstand und UniMess-Eingang ein Präzisionsgleichrichter eingefügt. Seine Ausgangsspannung ist ein Maß für Amplitude.

Die Betriebsspannung für den Gleichrichter ($\pm 12\text{ V}$) wird von den Hilfsspannungsbuchsen des UniMess abgenommen.

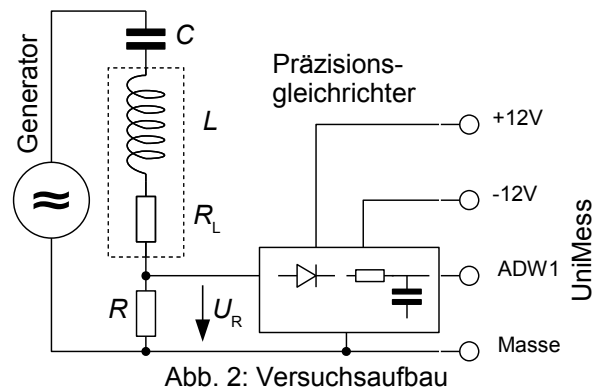


Abb. 2: Versuchsaufbau

3 LabView-Programm

Aufgabe des LabView-Programms ist es, die Abhängigkeit der Amplitude der Spannung U_R von der Frequenz f zu erfassen und als Diagramm darzustellen. Dazu wird während der Messung die Frequenz des Generators in einem einstellbaren Bereich schrittweise verändert und der jeweils zugehörige Amplitudenwert mit dem A/D-Wandler erfasst.

Für die Steuerung des Generators verwenden Sie die dazu bereitgestellte Bibliotheksfunktion, die Messwert-erfassung erfolgt ähnlich, wie in den vorangegangenen Versuchen.

Für das Programm sind folgende Komponenten erforderlich:

- **Im Frontplattenfenster:**
 - Eingaben (*Digitales Bedienungselement - U16*) für Anfangs- und Endfrequenz, sowie Schrittweite,
 - Anzeigen (*Digitales Anzeigeelement - U16*) für aktuelle Frequenz und A/D-Wert,
 - Anzeige (*Digitales Anzeigeelement - DBL*) für die Spannung in V,
 - Anzeige (*XY-Anzeige mit Cursor in Benutzerdef. Elemente*) für den Frequenzgang.
- **Im Diagrammfenster:**
 - Initialisierung des UniMess (*Init UniMess*),
 - Berechnung der Anzahl der Frequenzstufen aus Anfangs-, Endfrequenz und Schrittweite
 - Programmabfolge (*Sequenz*):
 - *Rahmen 0*: Auswahl des Kanals (*Set ADW Channel*)
 - *Rahmen 1*: Einstellen der Vorverstärkung (*Set ADW Gain*)
 - *Rahmen 2*:
 - Schleife (*For-Schleife*) für die Messwerteaufnahme
 - Berechnung und Anzeige der Messfrequenz
 - Programmabfolge (*Sequenz*):
 - *Rahmen 0*: Ausgabe der Messfrequenz an den Funktionsgenerator (*FD4E Frequenz*) und Zeitverzögerung von 200 ms (*Warten (ms)*),
 - *Rahmen 1*: Abfrage eines Einzelwertes vom ADW des UniMess-Interfaces (*Read ADW 1x*) und Umrechnung in Volt, Anzeige von A/D-Wert und Spannung,
 - Zusammenfassen der Werte für x (Frequenz) und y (Spannung) (*Elemente bündeln*)
 - Grafische Anzeige für die aufgenommenen Spannungswerte (*XY-Anzeige*).

Aufgabe:

- 3.1 Erstellen Sie nach den Vorgaben ein LabView-Programm zur Aufnahme der Resonanzkurve. Der Frequenzbereich und die Schrittweite (z.B. 5 Hz) sollten einstellbar sein.

4 Versuchsdurchführung

Zunächst muss am Funktionsgenerator die richtige Betriebsart (Sinus-Signal) und die Einstellung „Mittens-freq. wobbeln“ gewählt werden. Die Amplitude wird am Verstärker auf etwa 5 V eingestellt .

Aufgaben:

- 4.1 Bauen Sie die Schaltung nach Abb. 2 auf. Verwenden Sie dabei folgende Komponenten:
 $R = 2,7 \, \Omega$, $C = 0,22 \, \mu\text{F}$ und $L = 35 \, \text{mH}$.
- 4.2 Nehmen Sie mit dem LabView-Programm die Resonanzkurve im Bereich 1000 Hz bis 2500 Hz auf. Wählen Sie dabei eine geeignete Vorverstärkung.
- 4.3 Bestimmen Sie die Resonanzfrequenz, Bandbreite und Güte aus dem Diagramm.
- 4.4 Erweitern Sie den Frequenzbereich nach unten auf ca. 100 Hz, und stellen Sie den Generator auf ein rechteckförmiges Ausgangssignal um. Nehmen Sie erneut den Frequenzgang auf.
- 4.5 Welche Frequenzen und welche Amplituden haben lt. Gl. (2) die Oberwellen des Rechtecksignals?
- 4.6 Bei welchen Frequenzen sind die zusätzlichen Peaks zu beobachten? Wie hängen die Peak-Frequenzen mit der Resonanzfrequenz des Schwingkreises zusammen? Welcher Zusammenhang besteht zwischen ihrer Höhe und ihrer Frequenz?