

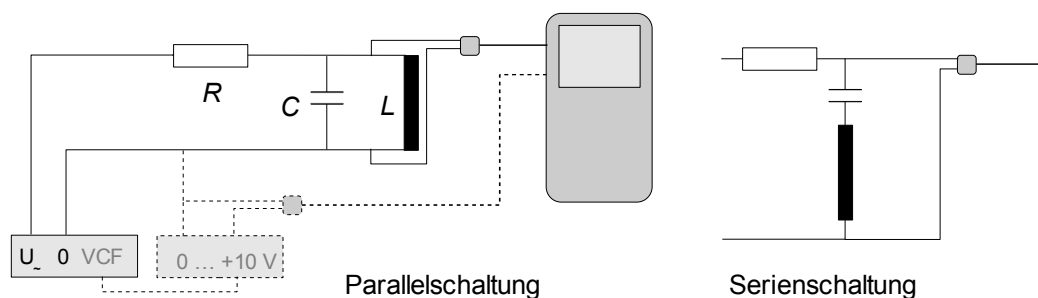
14. Schwingkreis und Resonanzfrequenz

Wird einem schwingfähigen System im Rhythmus der Eigenfrequenz Energie übertragen, so sind Erreger und Schwinger in Resonanz. Die zugeführte Energie gleicht dabei die Energieverluste aus, sodass sich Schwingungen hoher Amplitude ausbilden können, die in besonderen Fällen zur Zerstörung des schwingfähigen Systems führen. In der Regel bildet sich aber eine Amplitude heraus, die auf dem Gleichgewicht zwischen zu- und abgeführter Energie beruht.

Beim elektromagnetischen Schwingkreis sind es die ohmschen Verluste, die ausgeglichen werden müssen. Bei nicht zu großer Dämpfung muss aber nur wenig Energie zugeführt werden verglichen mit den Zuständen, in denen keine Resonanz besteht. Obwohl im Schwingkreis größere Ströme fließen, wird im Resonanzfall Energie nur über einen kleinen Strom zugeführt. Der Schwingkreis stellt also einen frequenzabhängigen Widerstand dar.

Beim Parallelschwingkreis wird der Widerstand im Resonanzfall groß, beim Serienschwingkreis hingegen klein. Beide Schwingkreise sollen aufgebaut und ihre Resonanzfrequenz bestimmt und mit dem theoretisch zu erwartenden Wert verglichen werden.

Aufbau:



Tonfrequenzgenerator

Kapazität z. B. $C = 4,7 \mu\text{F}$

Luftspule z. B. $L = 12 \text{ mH}$ ($n = 800$ $R_i = 8 \Omega$)

Vorwiderstand z. B. $R = 100 \Omega$

Spannungssensor (Eingang 1)

optional: im Falle eines spannungsgesteuerten Tongenerators (VCF)

Gleichspannungsquelle 0 ... +10V (gestrichelt gezeichnet)

Spannungssensor (Eingang 2)

Durchführung:

Einstellungen:

Messrate: 50 Messungen pro Sekunde

Messdauer: 10 s

optional bei Verwendung des VCF:

Triggerung: Spannung (Eingang 2)
Zunahme über Schwellenwert
Schwellenwert: 0,2 V
keine Vorspeicherung

Durchführung:

Resonanzfrequenz grob abschätzen (im Beispiel 670 Hz) und Tongenerator auf eine Frequenz deutlich unterhalb der Resonanzfrequenz einstellen.

Tongenerator bis über die Resonanzfrequenz hochregeln.

Optional: Gleichspannung langsam (in 10 s) von 0 V auf 10 V hochregeln.

Bei zufriedenstellender Darstellung zum Serienschwingkreis umbauen und den Versuch wiederholen.

Man erhält die Bilder ähnlich 14.1 und 14.2. Die Frequenz ist auf der Rechtsachse abgetragen; wegen der geringen Abtastrate werden die einzelnen Schwingungen natürlich nicht komplett dargestellt.

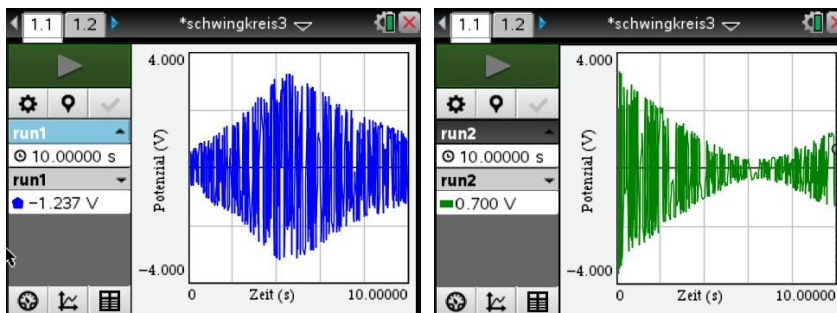


Bild 14.1

Bild 14.2

Auswertung

1. Auf den Bildern 14.1 und 14.2 ist die Resonanz anhand der Hüllkurve gut zu erkennen. Einzelne Schwingungen werden natürlich nicht dargestellt; man muss sich den Bereich ganz ausgefüllt denken.
2. Um die Resonanzfrequenz zu bestimmen, muss man den Versuch u. U. mehrfach wiederholen, bis man mit Sicherheit die Resonanzfrequenz durch Ablesen am Tongenerator bestimmen kann.

Handelt es sich um ein einfacheres Modell ohne Frequenzanzeige, so muss man die Schwingung einmal aufzeichnen (Bild 14.5), um die Periodendauer und damit die Frequenz bestimmen zu können.

3. *optional:* Nutzt man VCF, so muss man zusätzlich den Verlauf der Steuerspannung für den Tongenerator mit einblenden (Bild 14.3 und 14.4). Jetzt kann man mit dem Cursor den Graphen abtasten und das jeweilige Extremum der Hüllkurve bestimmen. Im Beispiel ist es beim Parallelschwingkreis bei 5,797 V und beim Serienschwingkreis bei 5,521 V. Verfügt der Tongenerator über eine Frequenzanzeige, so muss man lediglich die Gleichspannung auf die ermittelten Werte einstellen und die Frequenz ablesen.

Handelt es sich um ein einfacheres Modell ohne Frequenzanzeige, so stellt man ebenfalls zuerst die Gleichspannung ein. Anschließend muss man die Schwingung einmal aufzeichnen (Bild 14.5), um die Periodendauer und damit die Frequenz bestimmen zu können.

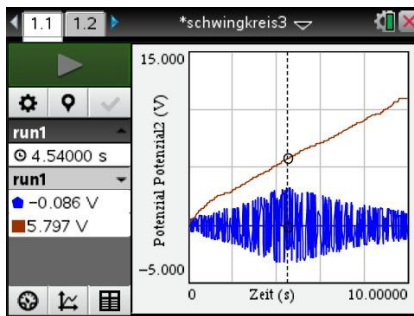


Bild 14.3

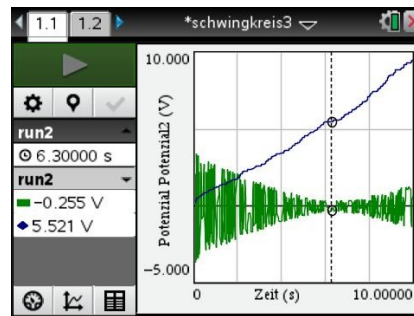


Bild 14.4

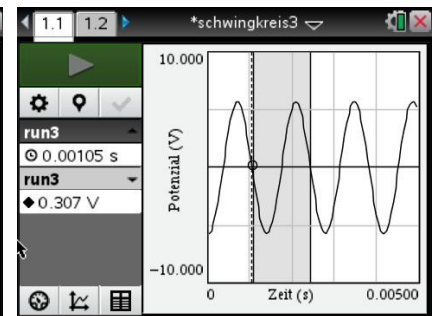


Bild 14.5

4. Durchführung dieser Messung:

Einstellungen:

Messrate: 20000 Messungen pro Sekunde

Messdauer: 0,005 s

keine Triggerung

Durchführung:

Spannungssensor (Eingang 1) an Ausgang des Tongenerators anschließen und Messung starten.

5. Mit dem Cursor lassen sich dann die Zeiten der Nulldurchgänge (Bild 14.5) bestimmen. Bei der Beispielmessung ergaben sich bei der Parallelschaltung $T = 1,4$ ms und bei der Serienschaltung $T = 1,43$ ms.

6. Für den ungedämpften Schwingkreis gilt die Thomson'sche Schwingungsgleichung

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{bzw.} \quad T = 2\pi\sqrt{LC} \quad .$$

Berücksichtigt man die Dämpfung, so erhält man für die Frequenz

$$f_D = f_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{R_L^2 \cdot C}{L}} \quad .$$

Dieser Wurzelterm hat im Versuch einen Wert von ca. 0,98, sorgt also für eine ca. 2%-ige Abweichung nach unten vom Idealwert.

7. In der Tabelle sind die theoretisch zu erwartenden Werte den gemessenen Werten gegenübergestellt.

Offenbar liefert der Serienschwingkreis zur Bestimmung der Resonanzfrequenz hier einen deutlich genaueren Wert als der Parallelschwingkreis.

	f in Hz	T in ms
ungedämpft	711,76	1,405
gedämpft	697,2	1,434
Parallel-S.	714,3	1,40
Serien-S.	699,3	1,43