


Department Informations- und Elektrotechnik		Labor für Grundlagen der Elektrotechnik		 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>	
Studiengruppe:		ETP2		Protokollführer (Name, Vorname):	
Übungstag:				Weitere Übungsteilnehmer:	
Professor:		Testat:			
Resonanz					

Übersicht

In diesem Labor werden Sie Resonanzkurven, Bandbreiten und Gütefaktoren experimentell bestimmen.

Dazu führen Sie im ersten Teil der Übung Messungen an einem Serienresonanzkreis unter verschiedenen Betriebsbedingungen durch. Zusätzlich werden Sie erfahren, wie Sie die Güte des Kreises durch Impedanzkopplung des Generatorinnenwiderstands mit einem zwischengeschalteten Impedanzwandler nach Angabe des Betreuers optimieren können.

Im zweiten Teil werden Schaltvorgänge an diesem Schwingkreis dargestellt und Sie erfassen das Ein- und Ausschaltverhaltens des Schwingkreises bei periodischer Rechteck-Impulsanregung.

Theoretische Grundlagen

- RLC-Resonanzkreise:
Resonanzfrequenz, Bandbreite, Phasengang, Schwingungswiderstand, Güte
- Schaltvorgang eines Schwingkreises:
gedämpfte Schwingung, Kriechverhalten, aperiodischer Grenzfall

Vorbereitung

Wiederholen Sie die Themen RLC-Resonanzkreise und beachten Sie dazu auch den Anhang zum transienten Verhalten eines Schwingkreises.

Gegeben sei eine Reihenschaltung einer Spule mit einer Induktivität von $L = 100 \text{ mH}$ und einem Gleichstrom-Drahtwiderstand $R_L = 10 \Omega$. Der verwendete Sinus-Generator besitze einen Innenwiderstand von $R_i = 50 \Omega$.

a) Berechnen Sie die erforderlichen Kapazitäten C für einen Serienresonanzkreis bei folgenden Resonanzfrequenzen: $f = 100 \text{ Hz}$, $f = 500 \text{ Hz}$, $f = 1 \text{ kHz}$ und zusätzlich auch für die beiden höheren Frequenzen $f = 5 \text{ kHz}$ und $f = 10 \text{ kHz}$.

Anmerkung: Die gegebenen Spulendaten sind nur gültig für Frequenzen $f < 1 \text{ kHz}$.

b) Berechnen Sie die zugehörigen Gütefaktoren Q und Bandbreiten Δf , jeweils für einen Gesamtverlustwiderstand $R_i + R_L$ und den Spulen-Drahtwiderstand R_L allein.

Laborversuche

1. Resonanz - Eingeschwungener Zustand

Bauen Sie unter Verwendung eines Generators, einer Präzisions-C-Dekade, einer Spule und eines Oszilloskops die in Abbildung 1 dargestellte Serien-Resonanzschaltung auf. Geben Sie dabei Generator, C-Dekade und Oszilloskop einen gemeinsamen Massepunkt.

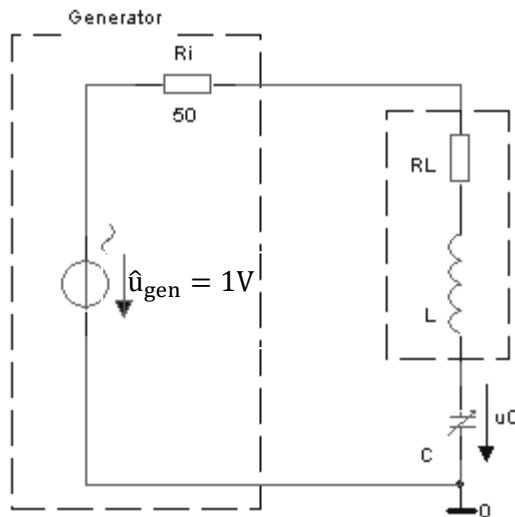


Abbildung 1: Reihenschwingkreis

Stellen Sie am Funktionsgenerator eine Sinus-Amplitude $\hat{u}_{gen} = 1\text{V}$ (entsprechend 2Vpp) ein.

Beachten Sie: Der Generator verfügt über einen Innenwiderstand von $R_i = 50\Omega$, der in den Teilversuchen 1.1 bis 1.3 zum wirksamen Gesamtwiderstand $R = R_i + R_L$ beiträgt.

1.1 Bestimmen Sie durch Messung von \hat{u}_C/\hat{u}_{gen} punktweise den Amplitudengang für die Resonanzfrequenzen 500Hz und 1kHz. Die Frequenzen sind dabei im Bereich der Resonanzfrequenz um plus / minus die vorausberechnete Bandbreite zu variieren. Um die Resonanz herum sind die Messpunkte hinreichend eng zu setzen. Beachten Sie, dass \hat{u}_{gen} die interne Spannung des Signalgenerators vor dem Innenwiderstand ist.

1.2 Stellen Sie die Ergebnisse als Funktion der Frequenz dar.

1.3 Bestimmen Sie die Bandbreiten Δf und die Gütefaktoren Q (bei Resonanz: $Q = \hat{u}_C/\hat{u}_{gen}$).

1.4 Wiederholen Sie 1.1 bis 1.3 mit weitgehend abgekoppeltem Generatorinnenwiderstand, indem nach Einweisung ein Operationsverstärker-Impedanzwandler zwischen Generator und Spule/C-Dekade geschaltet wird. Dazu reduzieren Sie die Generatorspannung so weit, bis keine Verzerrungen des Signals bei Resonanz erkennbar sind (typisch: ca. 300mVpp).

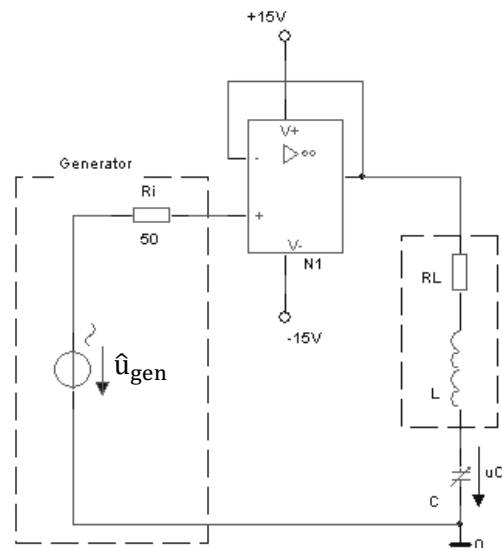


Abbildung 2: Reihenschwingkreis mit OP

Beachten Sie: Der 0V-Anschluss der $\pm 15\text{V}$ -Versorgungsspannung des Operationsverstärkers ist mit Masse zu verbinden.

1.5 Vergleichen Sie die so optimierten Bandbreiten und Gütefaktoren mit den vorherigen Ergebnissen.

1.6 Erhöhen Sie in der Schaltung mit Operationsverstärker durch Anpassung von C nun die Resonanzfrequenzen auf 5kHz bzw. 10kHz und berechnen Sie aus den Gütefaktoren die bei diesen Frequenzen wirksamen (durch Wirbelströme deutlich höheren) Spulenverlustwiderstände. Beachten Sie dazu auch den geometrischen Wicklungsaufbau der Spule.

2. Resonanz - Schaltverhalten

Für diese Messungen wird der Impedanzwandler zwischen Generator und Spule/C-Dekade wieder entfernt und durch eine Präzisions-Widerstandsdekade ersetzt, mit der die Gesamtdämpfung des Kreises aus Abbildung 1 stark erhöht werden kann.

Stellen Sie die Kreisresonanz mit der C-Dekade auf $f = 1 \text{ kHz}$ fest ein.

Zur Schaltanregung wählen Sie am Generator ein symmetrisches Rechteckimpulssignal mit $f = 50 \text{ Hz}$, Tastverhältnis $a = 0,5$ und Scheitelwert $\hat{u}_{gen} = 1,0 \text{ V}$. Auf dem Oszilloskop sollen der zeitliche Verlauf der Kondensatorspannung nach den beiden Schaltflanken dargestellt werden.

- 2.1 Stellen Sie die Dämpfung so ein, dass 5-10 Schwingungsperioden erkennbar sind und ermitteln Sie daraus das Dämpfungsmaß (s. Anhang). Bestimmen Sie – grafisch mittels der Cursor-Funktion) – die Kreisfrequenz ω_0 der gedämpften Schwingung und vergleichen Sie diese mit dem vorausbestimmten Wert ω_r (ungedämpfter Fall).
- 2.2 Erhöhen Sie nun schrittweise die Dämpfung bis zum Erreichen der Aperiodizität. Speziell soll genau der aperiodische Grenzfall eingestellt werden.

Anhang: Transientes Verhalten eines Schwingkreises

Aus dem Verhältnis der Werte aufeinanderfolgender Maxima und der Periodendauer T_d lässt sich das Dämpfungsmaß $\delta = \frac{R}{2L}$ einer gedämpften Schwingung wie folgt ermitteln:

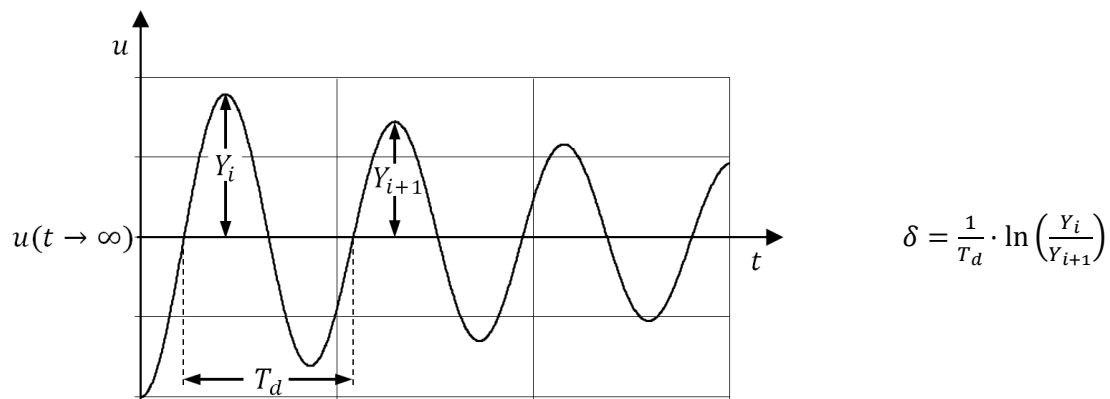


Abbildung 3: Bestimmung des Dämpfungsmaßes

Das Produkt $\Lambda = \delta \cdot T_d$ wird auch als „logarithmisches Dekrement“ bezeichnet.