

## EL2-Praktikum #12: Bandsperre

In diesem Praktikum wird das Frequenzverhalten einer Bandsperre zweiter Ordnung untersucht.

Die Bandsperre soll mit einem Widerstand  $R = 42.7 \, \Omega$ , einem Kondensator  $C = 2.2 \, \mu\text{F}$  und der realen Spule mit Induktivität  $L = 2.2 \, \text{mH}$ , ohmschem Widerstand  $R_s = 2 \, \Omega$  nach Abbildung 1 gebildet werden.

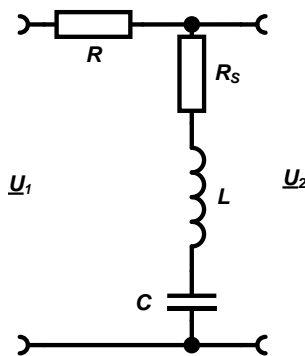


Abbildung 1. RLC-Bandsperre

### Vorbereitende Berechnungen

Berechnen Sie für das Filter nach Abbildung 1 formal und numerisch:

- Die Frequenzgangfunktion. Sie kann in die normierte Form  $H(\Omega) = \frac{1 + j\frac{\Omega}{Q_Z} + (j\Omega)^2}{1 + j\frac{\Omega}{Q_N} + (j\Omega)^2}$  überführt werden.
- Die Mittenkreisfrequenz  $\omega_0$  und die Mittenfrequenz  $f_0$
- Den Gütefaktor  $Q_Z$  des Zählers und  $Q_N$  des Nenners
- Die Bandbreite mittels der exakten Formel  $B = f_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{Q_N^2} - \frac{2}{Q_Z^2}}$ , welche gültig ist für  $Q_Z \geq \sqrt{2} \cdot Q_N$  und  $Q_Z \leq \frac{1}{2}$  sowie  $Q_N \leq \frac{1}{2}$  (ohne Beweis und Herleitung)

### 1. Bode-Diagramm

Verwenden Sie Matlab, um ein theoretisches Bode-Diagramm mit Amplitude und Phase des Filters darzustellen, beginnend mit  $1/100$  der Mittenfrequenz  $f_0$  bis zu  $100 \cdot f_0$ .

Kontrollieren Sie im Bode-Diagramm, ob Ihre berechnete Mittenfrequenz stimmt.

Wie gross ist die Dämpfung bei der Mittenfrequenz?

### 1. Simulation

«Bauen» Sie das Filter mit LTspice auf. Schliessen Sie eine Wechselspannungsquelle an und stellen Sie die Amplitudengänge und Phasengänge für den gleichen Frequenzbereich wie im Matlab-Plot mit LTspice dar. Da die Resultate von Matlab und LTspice identisch sein müssen, können Sie die Korrektheit Ihrer Berechnungen und Simulationen durch Vergleich überprüfen.

## Abhängigkeit des Frequenzgangs von Bauteiltoleranzen

Eine Bandsperre wird benutzt, um eine unerwünschte Störung aus einem Nutzsignal herauszufiltern. Meist wählt man eine kleine Bandbreite, um nicht zu viel vom Nutzsignal zu verlieren. Nun haben aber alle verwendeten Bauteile Toleranzen.

Durch die Toleranzen ergeben sich für die Bauteile Extremwerte. Da es sich beim Filter um ein lineares System handelt, werden die grössten Abweichungen vom Sollzustand durch eine Kombination passender Extremwerte erreicht. Bearbeiten Sie folgende Aufgaben:

- Bestimmen Sie die Formel für die exakte Bandbreite in Abhängigkeit von  $R$ ,  $R_s$ ,  $L$  und  $C$ . Was fällt auf?
- Welche Kombination von Extremwerten der Komponenten müssen Sie wählen, um die maximale Bandbreite zu erhalten?

Für die weitere Bearbeitung soll eine Toleranz von  $\pm 1\%$  auf die Werte von  $R$  und  $R_s$ , eine Toleranz von  $\pm 5\%$  auf den Kapazitätswert und eine Toleranz von  $\pm 20\%$  auf den Induktivitätswert angenommen werden.

- Bestimmen Sie die Bandbreiten bei den nominellen Werten für  $R$ ,  $R_s$  und  $L$ , wenn Sie für die Kapazität die beiden Extremwerte einsetzen.
- Berechnen Sie die maximale Bandbreite aufgrund der Bauteiltoleranzen
- Überprüfen Sie die Berechnungen durch Nachmessungen in LTspice