

1 Zielsetzung

Ziel dieses Versuchs ist die Bestimmung unbekannter Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten. Dies geschieht mit Hilfe von elektrischen Brückenschaltungen.

2 Theorie

Eine allgemeine Brückenschaltung ist in Abbildung (1) zu sehen.

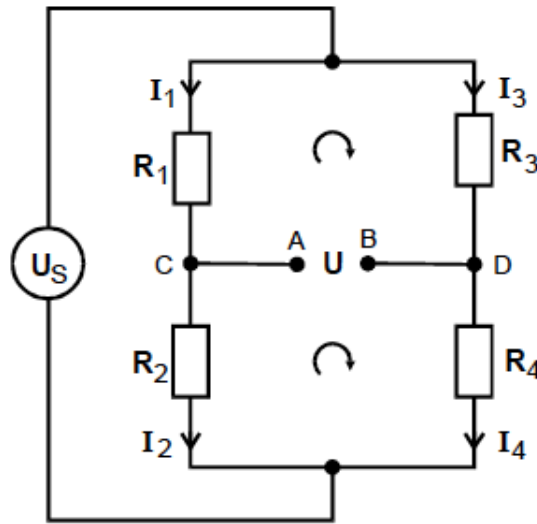


Abbildung 1: Prinzipielle Brückenschaltung

Mit solch einer Brückenschaltung wird eine Potentialdifferenz untersucht. Zwischen den Punkten A und B tritt eine Brückenspannung auf. Zur Berechnung dieser Spannung werden die beiden Kirchhoffschen Gesetze verwendet

$$\sum_k I_k = 0 \quad (1)$$

$$\sum_k U_k = 0 \quad (2)$$

Diese sagen aus, dass die in einen Knoten hineinlaufenden Ströme gleich der hinauslaufenden Ströme sein muss und, dass in einer Masche die Summe über alle Spannungen gleich Null sein muss. Aus den Kirchhoffschen Regeln und der Formel für die Speisespannung,

$$U_s = I_1(R_1 + R_2) \quad (3)$$

ergibt sich nun ein Zusammenhang für die Brückenspannung in Abhängigkeit von den Schaltungsparametern.

$$U = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)} \cdot U_s \quad (4)$$

die Brückenschaltung gilt als abgeglichen, wenn

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad (5)$$

gilt.

2.1 Wheatstone'sche Brückenschaltung

Die Wheatstone'sche Brückenschaltung dient zur Bestimmung eines unbekannten Widerstandes R_x . Der Aufbau einer solchen Brückenschaltung ist in Abbildung (2) zu sehen. Da die Schaltung nur von Widerständen abhängt, kann sie sowohl im Wechselstrom als

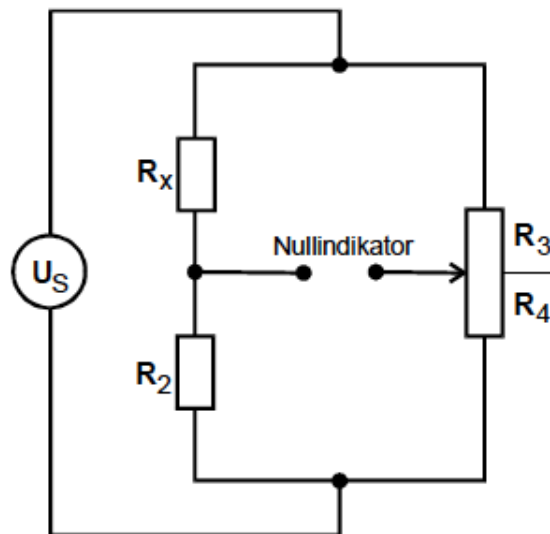


Abbildung 2: Wheatstone Brückenschaltung

auch im Gleichstrom betrieben werden. Es ist nur wichtig den Nullindikator passend zu wählen. Der unbekannte Widerstand kann wegen (5) durch

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} . \quad (6)$$

bestimmt werden.

2.2 Kapazitätsmessbrücke

Zur Bestimmung eines unbekannten Kondensators, eignet sich ein Aufbau wie er in Abbildung (3) zu sehen ist. Ein realer Kondensator wandelt hindurchfließende elektrische

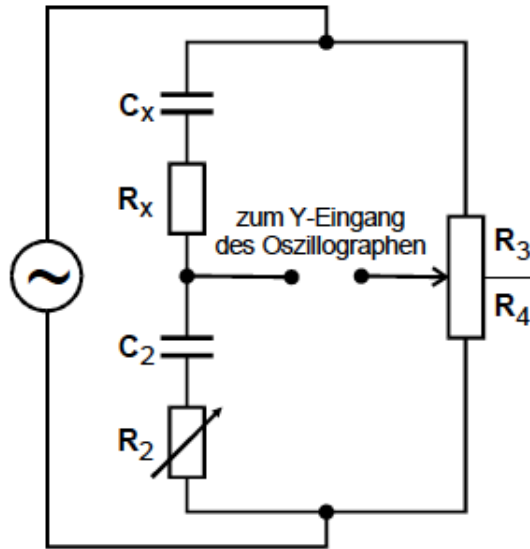


Abbildung 3: Kapazitätsmessbrücke

energie zum Teil in Wärme um. Der komplexe Widerstand eines solchen Kondensators lautet somit:

$$Z = R - \frac{i}{\omega C}$$

Hinter dem unbekannten Kondensator ist ein unbekannter Widerstand geschaltet, der eine Phasenverschiebung verursachen würde, weshalb zueinander unabhängige veränderliche Widerstände eingebaut werden müssen. Die Formeln für den Unbekannten Widerstand und Kondensator lauten:

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (7)$$

$$C_x = \frac{C_2 R_4}{R_3} \quad (8)$$

2.3 Induktivitätsmessbrücke

Im der folgenden Abbildung (4) ist eine Schaltung gezeigt, mit der eine unbekannte Spule bestimmt werden kann. Eine reale Induktivität wandelt einen Teil der magnetischen Feldenergie in Wärme um. Hier lautet der komplexe Widerstand:

$$Z = R + i\omega L$$

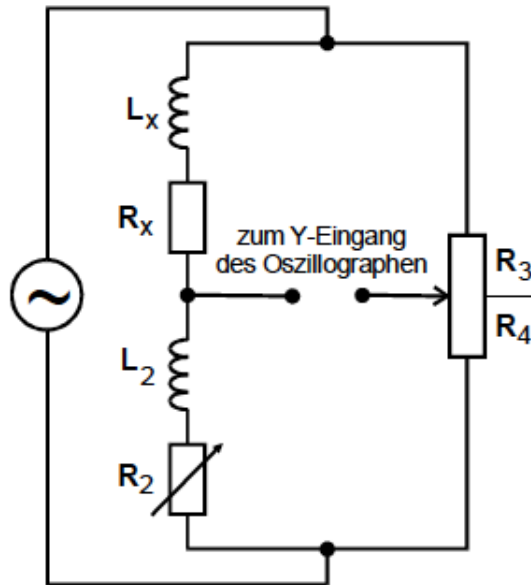


Abbildung 4: Induktivitätsmessbrücke

Somit ergeben sich nun die Formeln

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (9)$$

$$L_x = \frac{L_2 R_3}{R_4} \quad (10)$$

für den Unbekannten Widerstand und die Spule.

2.4 Maxwell-Brücke

Mit der Maxwellbrücke ist es ebenfalls möglich eine unbekannte Induktivität zu bestimmen. Sie hat den Vorteil, dass auf eine bekannte Induktivität verzichtet werden kann. Dafür wird eine Kapazität eingebaut, die einen deutlich geringeren Wirkwiderstand hat. Für die unbekannte Induktivität gilt:

$$Z_x = R_x + i\omega L_x \cdot \frac{1}{Z_4}$$

Für den Kondensator gilt

$$\frac{1}{Z_4} = \frac{1}{R_4} + i\omega \cdot C_4.$$

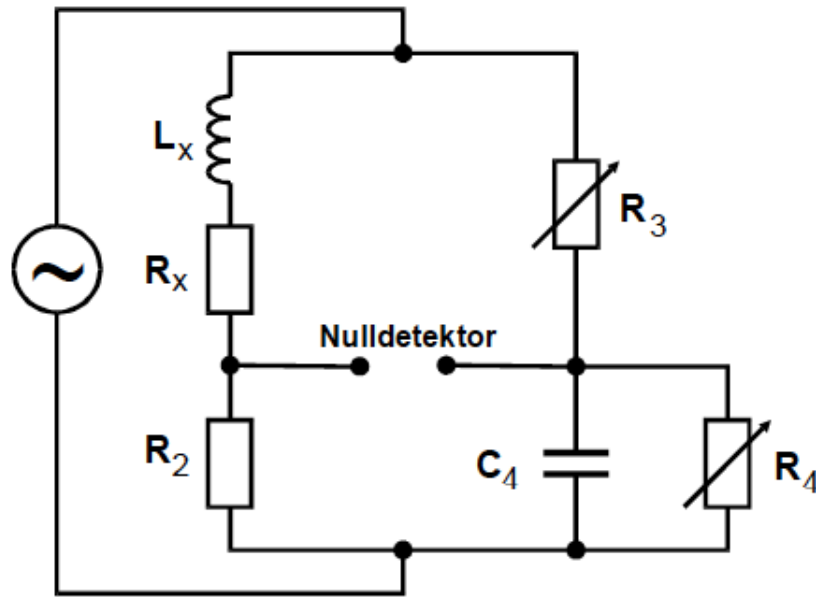


Abbildung 5: Induktivitätsmessbrücke

Mit dieser Überlegung ergeben sich die Formeln:

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (11)$$

$$L_x = R_2 R_3 C_4 \quad (12)$$

2.5 Wien-Robinson-Brücke

In dieser Brücke sind keine Unbekannten Bauteile. Sie ist im Gegensatz zu den anderen Brücken Frequenzabhängig. Eine beispielhafte Abbildung ist in (6) zu sehen.

Es wird das Verhältnis der Brückenspannung zur Speisespannung betrachtet:

$$\left| \frac{U_{Br}}{U_s} \right|^2 = \frac{1}{9} \cdot \frac{(\Omega - 1)^2}{(1 - \Omega)^2 + 9\Omega^2} \quad (13)$$

Dabei ist

$$\Omega = \frac{\omega}{\omega_0}$$

und

$$\omega = \frac{1}{RC} \quad (14)$$

Bei dem Verhältnis in (??) verschwindet die Brückenspannung und die Brücke ist ausgeglichen. Die Wien-Robinson-Brücke dient als Frequenzfilter.

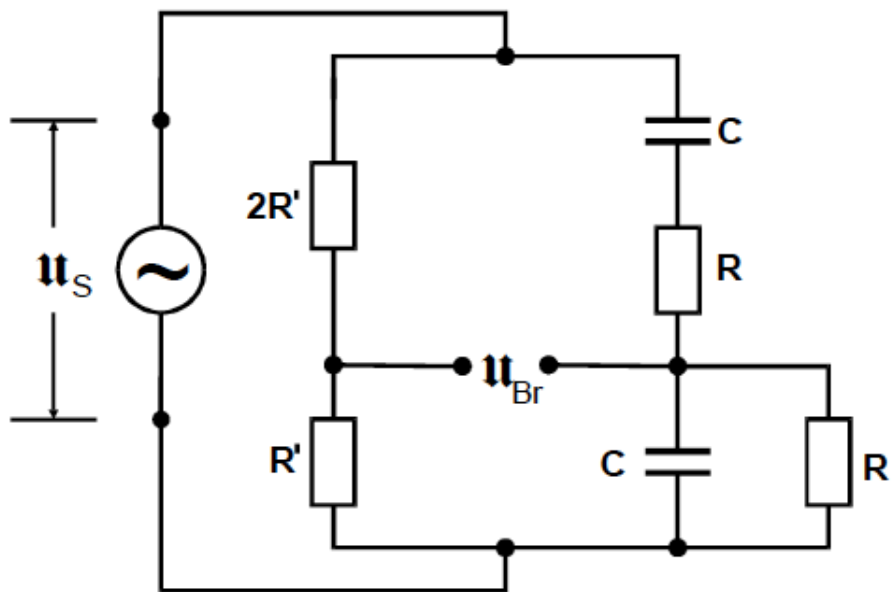


Abbildung 6: Wien-Robinson-Brücke