

# WB Wechselstrombrücke

## 1. Vorbereitung

**Stichworte:** Wechselstromwiderstand, Blindwiderstand, Wirkwiderstand, Gegeninduktivität, Kopplungsfaktor, Hintereinanderschaltung von Induktivitäten, Wechselstrombrücke, Zeigerdiagramm

**Literatur:** Bergmann-Schaefer II (Wechselströme, Wechselstromkreis).

### Fragen:

- Erläutern Sie, unter welchen Bedingungen das Ohmsche Gesetz gültig ist.
- Wie funktioniert die Wheatstone-Brücke im Gleichstromfall?
- Was ist ein komplexer (oder Wechselstrom-) Widerstand? Erläutern Sie das Prinzip mit Hilfe von Zeigerdiagrammen oder formaler komplexer Rechnung.
- Was sind Selbst- und Gegeninduktivität von Spulen?

## 2. Versuchsaufbau

Die Messung von Induktivitäten und Kapazitäten mit der Wheatstoneschen Brücke geschieht prinzipiell genau so wie die Messung Ohmscher Widerstände. Man verwendet bei diesem Versuchsaufbau Wechselstrom im Bereich der Tonfrequenz. Der Nullabgleich erfolgt über einen Kopfhörer.

Bei vollständigem Abgleich gilt (unter der Voraussetzung, dass  $R_a$  und  $R_b$  rein Ohmsche Widerstände sind):

Größenabgleich:

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{Z_x}{Z_n} \quad (\text{WB.1})$$

und für den Phasenabgleich:

$$\tan \varphi_x = \tan \varphi_n \quad (\text{WB.2})$$

Dabei sind:

$Z_x$  = Scheinwiderstand des Zweiges ABC

$Z_n$  = Scheinwiderstand des Zweiges CDE

$\varphi_x$  = Phasenverschiebung im Zweig ABC

$\varphi_n$  = Phasenverschiebung im Zweig CDE

Der Tonfrequenzgenerator und die Potentiometer sind in einem gemeinsamen Gehäuse eingebaut und sollen vom Praktikanten jeweils selbst verschaltet werden (Kontrolle durch den Assistenten). Als Abgleichpotentiometer werden Wendepotentiometer verwendet. Das

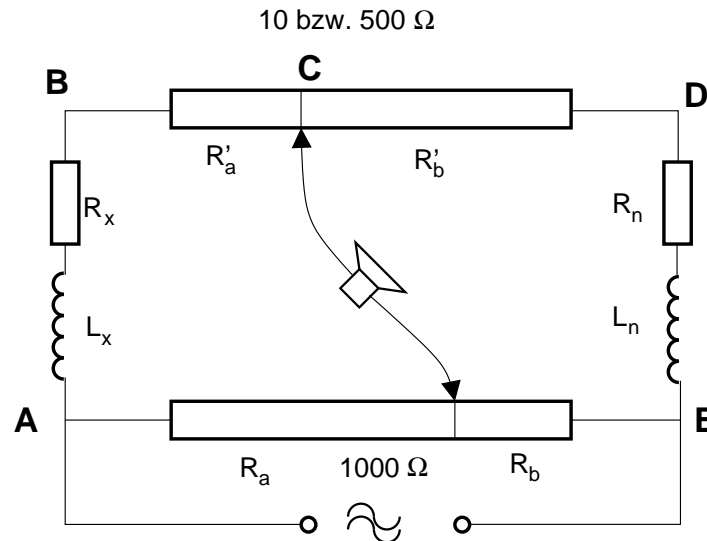


Abbildung WB.1: **Schaltbild:**  $R_n$ : Verlustwiderstand d. Vergleichsnormales,  $R_x$ : Verlustwiderstand des Messobjektes,  $L_n$ : Blindwiderstand des Vergleichsnormales,  $L_x$ : Blindwiderstand des Messobjektes

1000  $\Omega$ -Potentiometer dient zum Größenabgleich ( $R_a$ ,  $R_b$ ) während zum Phasenabgleich ( $R'_a$ ,  $R'_b$ ) bei den Induktivitäten das 500  $\Omega$ -Potentiometer und bei den Kapazitäten das 10  $\Omega$ -Potentiometer verwendet wird. Die Potentiometer sind so eingebaut, dass bei Skalenwert Null der Schleifer links und beim Skalenwert 10 der Schleifer rechts steht.

Die Vergleichsnormale und die Messobjekte sind in getrennten Gehäusen eingebaut. Es ist darauf zu achten, dass Vergleichsnormal und Messobjekt mit demselben Buchstaben gekennzeichnet sind.

### 3. Aufgaben

1. **a)** Messung der Einzelkapazitäten zweier Kondensatoren  
**b)** Messung der Kapazität bei Parallelschaltung der beiden Kondensatoren  
**c)** Messung der Kapazität bei Reihenschaltung der beiden Kondensatoren  
**d)** Vergleichen Sie die Ergebnisse von b) und c) mit denen, die Sie durch Rechnung aus den Einzelmessungen von a) erhalten.  
 Die Messungen sollen mit jedem der beiden Vergleichsnormale durchgeführt werden.
2. Messung der Induktivitäten der beiden Wicklungen der Spule und deren Verlustwiderstände.
3. Messung der Gegeninduktivität der beiden Wicklungen von 2) aus den beiden möglichen Reihenschaltungen (gleich und gegensinnig).

Schaltet man zwei Induktivitäten hintereinander, so erhält man die folgenden Gesamtinduktivitäten:

$$\text{Bei gleichem Windungssinn : } L_{gl} = L_1 + L_2 + 2M \quad (\text{WB.3})$$

$$\text{Bei ungleichem Windungssinn : } L_{un} = L_1 + L_2 - 2M \quad (\text{WB.4})$$

$M$  ist die Gegeninduktivität.

#### 4. Fragen zur Auswertung

1. Wie lauten die Ausdrücke für die Impedanzen und die Phasenverschiebung für Hintereinanderschaltung von
  - a) Induktivität und Ohmschem Widerstand
  - b) Kapazität und Ohmschem Widerstand
  - c) allen drei Widerständen?
2. Veranschaulichung der drei Fälle im Zeigerdiagramm.
3. Ableitung der Abgleichbedingungen (WB.1) und (WB.2)
4. Was kann man bei abgeglicherer Brücke über die Blind- und Verlustwiderstände einzeln aussagen? (Folgt aus (WB.1) und (WB.2) mit den Ausdrücken für die Impedanzen).
5. Aufstellung des vollständigen Zeigerdiagrammes für die Wechselstrombrücke (zwei Diagramme: ein Diagramm für die Spannungen und die Ströme und ein weiteres für die vier Widerstände).

**Zubehör:**           Versuchsanordnung  
                          Gehäuse mit Vergleichsnormalen  
                          Gehäuse mit Messobjekten  
                          Kopfhörer