

Versuch E18

Kirchhoff-Regeln

Knotenregel

Bei einer Parallelschaltung von Einzelwiderständen müssen nach dem Gesetz der Ladungserhaltung alle zu einem Stromknoten fließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme sein.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Für eine Parallelschaltung von Widerständen ergibt sich:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Maschenregel

In einem geschlossenen Stromkreis (Masche) ist die Summe aller Quellenspannungen gleich der Summe aller Spannungsabfälle an den Elementen des Netzwerks. Kurz: Die Summe aller Spannungen eines Stromkreises ist Null.

$$\sum_{i=1}^n U_i = 0$$

Für eine Reihenschaltung von Widerständen ergibt sich:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + \dots + I \cdot R_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Strom- und Spannungsmessung

Sollen Stromstärke und Spannung gemessen werden, führt dies bei gleichzeitiger Messung wegen den Einflüssen der Messgeräte zu einer Beeinflussung des Ergebnisses. Daher sollte immer nur eine Größe zu einem Zeitpunkt gemessen werden.

Spannungsrichtige Messung

→ Abbildung spannungsrichtige Messung (siehe Seite 162)

Stromrichtige Messung

→ Abbildung stromrichtige Messung (siehe Seite 162)

Ohmsches Gesetz

Das ohmsche Gesetz formuliert einen proportionalen Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke. Je höher die Spannung bei gleichbleibender Stromstärke oder je niedriger der Strom bei gleichbleibender Spannung, desto höher ist der Widerstand.

$$R = \frac{U}{I}$$

Die Größe R wird als ohmscher Widerstand bezeichnet.

Widerstandsmessung

Die Widerstandsmessung erfolgt mit Hilfe eines Ohmmeters. Ein Ohmmeter erfasst Spannung und Stromstärke eines Elementes und berechnet über das ohmsche Gesetz den Widerstand.

Kennlinien

Je für (1) Temperaturunabhängig (linear), (2) PTC, (3) NTC, (4) Varistor

→ Abbildung Strom-Spannung (siehe Seite 163)

→ Abbildung Widerstand-Strom

→ Abbildung Widerstand-Temperatur

Wheatstone-Brückenschaltung

Die Wheatstone-Brückenschaltung eignet sich zur Messung von ohmschen Widerständen. Sie besteht aus 4 Widerständen, welche zu einem Ring zusammengeschlossen sind. 2 Widerstände bilden jeweils einen Spannungsteiler. Durch Messen von U_{Br} kann auf den Widerstand von $R(\vartheta)$ geschlossen werden, sofern die anderen Widerstände bekannt sind.

→ Abbildung Schaltungsaufbau (Abb. 1)

Dabei berechnet sich U_{Br} wie folgt:

$$U_{Br} = \frac{R_1 R(\vartheta) - R_1 R_2}{(R_1 + R(\vartheta))(R_1 + R_2)}$$

Der Widerstand $R(\vartheta)$ ist temperaturabhängig. Die Wheatstone-Brückenschaltung kann genutzt werden um den Widerstand bei einer bestimmten Temperatur zu erfassen. Dabei kann durch die Messung des Widerstandes auf die vorliegende Temperatur geschlossen werden. Es gilt:

$$R(\vartheta) = R_0(1 + A\vartheta + B\vartheta^2)$$

→ Abbildung: Graph 1

Entsprechend ist auch die Spannung U_{Br} temperaturabhängig.

→ Abbildung: Graph 2

Operationsverstärker

Operationsverstärker verstärken Spannungen. Sie besitzen einen sehr großen Eingangswiderstand und sowohl einen invertierenden und einen nicht-invertierenden Eingang.

Ein Operationsverstärker hat folgende Eigenschaften:

- Unendlich großer Eingangswiderstand
- Sehr kleiner Ausgangswiderstand
- Unendlich großer Verstärkungsfaktor (bei Abwesenheit einer Rückkopplung)

Nicht-invertierender Verstärker

Beim nicht-invertierenden Verstärker wird der nicht-invertierende Eingang (+) mit dem Eingangssignal beschaltet und der Ausgang auf den invertierenden Eingang (-) rückgekoppelt (Gegenkopplung). Bei der Gegenkopplung wirkt die Ausgangsspannungsänderung der Eingangsspannungsänderung entgegen.

→ Abbildung nicht-invertierender Verstärker (Abb. 3)

Der Impedanzwandler ist ein Sonderfall, bei dem $R_1 = 0$ und $R_2 = \infty$ ist. Daher gilt:

$$U_{a1} = U_{e+}$$

→ Abbildung nicht-invertierender Verstärker Sonderfall (Abb. 3)

Invertierender Verstärker

Beim invertierenden Verstärker wird ein Teil der Ausgangsspannung über den Widerstand R_2 auf den negativen Eingang (-) des OP zurückgeführt. Die Eingangsspannung U_{e+} liegt über den Widerstand R_1 am negativen Eingang des OP an. Der nichtinvertierende Eingang (+) wird direkt oder über einen Widerstand an Masse gelegt.

→ Abbildung invertierender Verstärker (Abb. 4)

Subtrahierverstärker

Der Subtrahierverstärker ist eine Kombination aus nicht-invertierendem Verstärker und invertierendem Verstärker. Die Eingangsspannung U_{e-} wird über den Widerstand R_1 an den invertierenden Eingang angelegt, die Ausgangsspannung U_a über den Widerstand R_2 gegengekoppelt. Für den Subtrahierverstärker gilt:

$$U_a = \frac{R_4}{R_3} (U_+ - U_-)$$

→ Abbildung Subtrahierverstärker (Abb. 5)

Da der Subtrahierverstärker an die Wheatstone-Brückenschaltung angeschlossen wird und U_- von U_{Br} abhängt, ist auch U_a temperaturabhängig, verstärkt das Signal von U_{Br} jedoch und ermöglicht eine feinere Messung.

$$U_a = -\frac{R_4}{R_3} U_{Br}$$

mit $U_+ = U_{e+}$ und $U_- = U_{e+} + U_{Br}$

→ Abbildung: Graph 3

→ Abbildung: Wertetabelle