

Widerstandsnetzwerke

Grundlegende Schaltungen mit Widerständen

Versuchsvorbereitung

... bedeutet, sich vor dem Labortermin mit Begriffen und Funktionsprinzipien vertraut zu machen. Gute Vorbereitung heißt, diese jemand anderem erklären zu können !

1.) Informieren Sie sich über folgende Begriffe :

Strom, Spannung, Widerstand, Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln

2.) Erarbeiten Sie für sich die Wirkungsweise folgender Anordnungen :

Parallel- und Serienschaltung mehrerer (> 2 !) Widerstände, Spannungsteiler, Brückenschaltung nach Wheatstone

3.) Leiten Sie für sich die nachstehend verwendete Beziehung (6) her

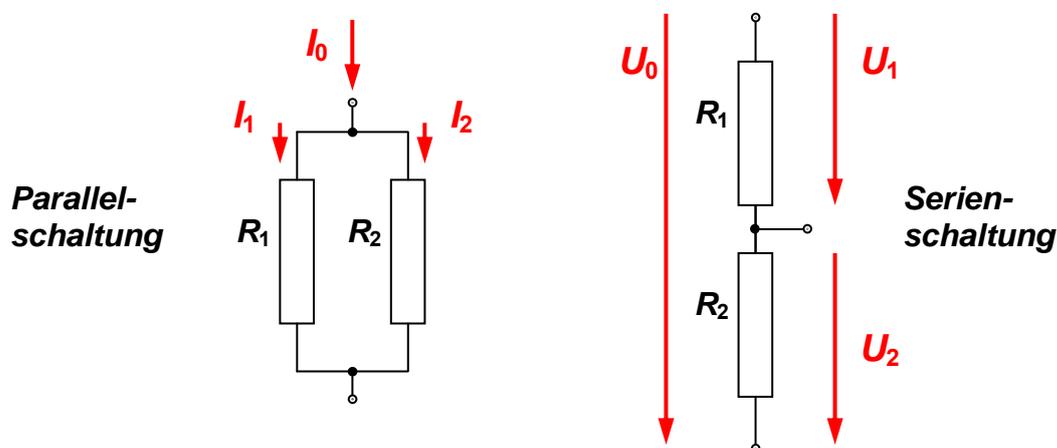
Literatur :

Hering, Gutekunst, Martin: Elektrotechnik für Maschinenbauer (1999), Springer

Nerretter: Grundlagen der Elektrotechnik, (2006), fv Leipzig - Hanser

Einführung

Die beiden grundlegenden Kombinationen zweier Widerstände sind die Parallel- und die Hintereinanderschaltung (die auch oft als Serienschaltung bezeichnet wird).



Im Fall der Parallelschaltung teilt sich ein durch die Anordnung fließender Strom I_0 in die beiden durch die einzelnen Widerstände R_1 und R_2 fließenden Anteile I_1 und I_2 auf, wobei der Gesamtstrom $I_0 = I_1 + I_2$ konstant bleibt. Der Ersatzwiderstand R_{ges} der Parallelschaltung beträgt

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1)$$

Im Fall der Hintereinanderschaltung setzt sich der gesamte Spannungsabfall U_0 aus den beiden an den einzelnen Widerständen abfallenden Anteilen U_1 und U_2 zusammen, die Summe $U_0 = U_1 + U_2$ bleibt konstant. Der Ersatzwiderstand R_{ges} der Serienschaltung beträgt

$$R_{ges} = R_1 + R_2 \quad (2)$$

Diese Schaltung wird oft als Spannungsteiler bezeichnet, da die angelegte Spannung U_0 im Verhältnis der Widerstände R_1/R_2 geteilt wird :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

Werden mehrere Widerstände R_1, R_2, \dots, R_n kombiniert, sind die Beziehungen (1) und (2) entsprechend zu erweitern, also

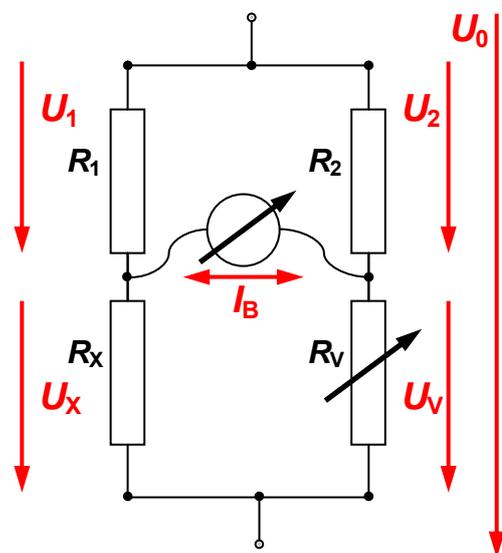
Parallelschaltung
$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1, \dots, n} \frac{1}{R_i} \quad (4)$$

Serienschaltung
$$R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1, \dots, n} R_i \quad (5)$$

Brückenschaltung nach Wheatstone

Ein unbekannter Widerstand R_x kann sehr einfach mit Hilfe der Brückenschaltung nach Wheatstone bestimmt werden. Sie besteht aus zwei Paaren von in Serie geschalteten Widerständen. Das eine Paar besteht aus dem festen Widerstand R_1 und dem zu bestimmenden Widerstand R_x . Das zweite Paar besteht aus einem zweiten festen Widerstand R_2 und einem gezielt veränderbaren Widerstand R_V , wie zum Beispiel einer Widerstandsdekade.

Der über die „Brücke“ zwischen diesen beiden Spannungsteilern fließende Strom I_B wird mit dem Anzeigeinstrument nachgewiesen. Für $I_B = 0$ ist die Brückenschaltung „auf Null“ abgeglichen. Dies kann man durch geeignete Veränderung des variablen Widerstands R_V erreichen. Der unbekannte Widerstand R_x folgt dann aus:



$$R_x = R_V \frac{R_1}{R_2} \quad (6)$$

Geräte

- Multimeter „Voltcraft“, zur Messung von Spannung, Strom und Widerstand
- Netzteil „Voltcraft“, 0 – 30 V / 0 – 1,5 A
- Steckplatte (Leybold) mit Widerstandsdekade 0 – 11,1 kΩ und Kleinteilen
- Kombinationswiderstand 5 – 150 Ω auf grauer Kunststoffplatte
- ein **unbekannter Widerstand** im Leybold-Steckgehäuse

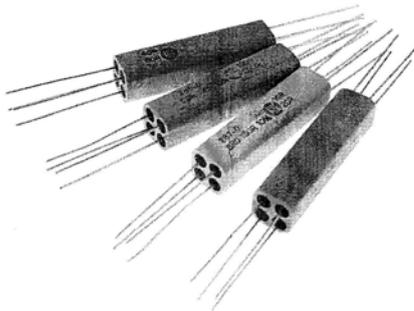
Der Kombinationswiderstand „Vitrohm Type 287-0 (MR2)“ im Keramikkörper enthält vier einzelne, elektrisch voneinander unabhängige Widerstände von 10, 20, 40 und 80 Ω. Diese können mittels Parallel- und Serienschaltung kombiniert werden. Dabei ergeben sich Widerstandswerte zwischen 5 und 150 Ω. Verschaltungsvarianten und die sich daraus ergebenden Widerstandswerte sind nachstehend zusammengefasst.

Die Nomenklatur der Tabelle ist sehr abgekürzt. „R“ bedeutet „Ohm“ und markiert gleichzeitig die Position des Kommas.

Als Beispiele seien angeführt: „10R“ = 10 Ω und „9R1“ = 9,1 Ω.

Auszug aus dem Datenblatt des Experimentierwiderstands „Vitrohm“

Mehrfach-Hochlastwiderstände



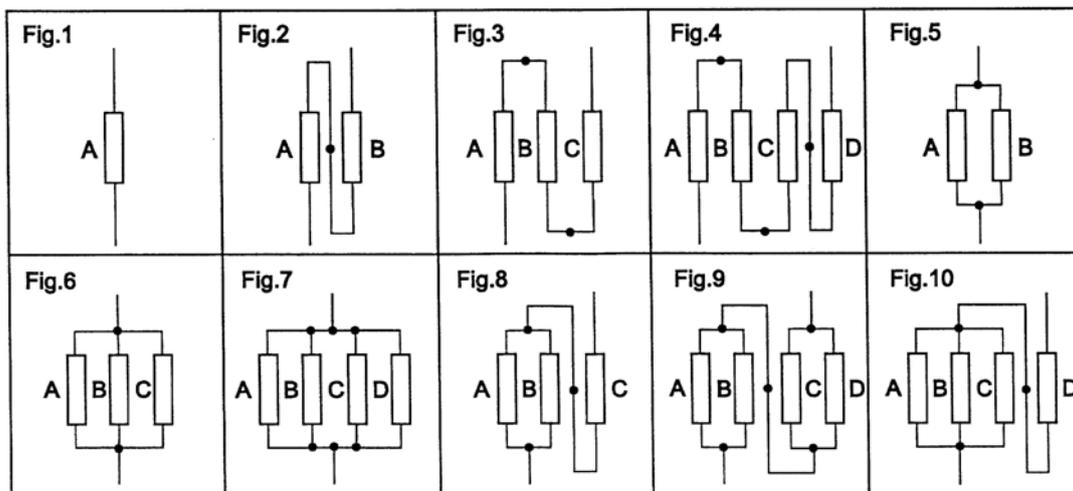
| | | | |
|-------|-------|-------|-------------|
| Typen | 286-0 | 288-0 | Serie MR |
| | 287-0 | 289-0 | |

MEHRFACH-HOCHLASTWIDERSTÄNDE SERIE MR

| Technische Daten: | | | | |
|-------------------|------------------|------|------|------|
| Typ | Widerstandswerte | | | |
| 286-0 | 1R | 2R | 4R | 8R |
| 287-0 | 10R | 20R | 40R | 80R |
| 288-0 | 100R | 200R | 400R | 800R |
| 289-0 | 1K | 2K | 4K | 8K |

Nennbelastbarkeit: Insgesamt 10 W bei $\theta_a = 70^\circ \text{C}$
 Es ist gleichgültig, wie sich diese Last auf die vier Elemente eines Typs verteilt.

Temperaturkoeffizient: $-70 \frac{10^{-6}}{\text{K}} \dots + 260 \frac{10^{-6}}{\text{K}}$ (wertabhängig)



Typ 287-0

Bereich 5R0 bis 150R
 Elemente: 10R, 20R, 40R, 80R
 10 Watt - 47 Werte

| Wert | Fig. | A | B | C | D | Wert | Fig. | A | B | C | D |
|------|------|----|----|----|----|------|------|----|----|----|----|
| 5R0 | 7 | 10 | 20 | 40 | 80 | 30R | 2 | 10 | 20 | - | - |
| 5R6 | 6 | 10 | 20 | 40 | - | 33R | 9 | 10 | 20 | 40 | 80 |
| 6R2 | 6 | 10 | 20 | 80 | - | 36R | 8 | 40 | 80 | 10 | - |
| 6R8 | 5 | 10 | 20 | - | - | 39R | 1 | 40 | - | - | - |
| 7R5 | 6 | 10 | 40 | 80 | - | 40R | 1 | 40 | - | - | - |
| 8R0 | 5 | 10 | 40 | - | - | 45R | 10 | 10 | 20 | 80 | - |
| 8R2 | 5 | 10 | 40 | - | - | 46R | 8 | 40 | 80 | 20 | - |
| 9R0 | 5 | 10 | 80 | - | - | 47R | 8 | 10 | 20 | 40 | - |
| 9R1 | 5 | 10 | 80 | - | - | 48R | 8 | 10 | 20 | 40 | - |
| 10R | 1 | 10 | - | - | - | 50R | 2 | 10 | 40 | - | - |
| 11R | 6 | 20 | 40 | 80 | - | 56R | 8 | 20 | 80 | 40 | - |
| 12R | 6 | 20 | 40 | 80 | - | 60R | 2 | 20 | 40 | - | - |
| 13R | 5 | 20 | 40 | - | - | 70R | 3 | 10 | 20 | 40 | - |
| 15R | 5 | 20 | 80 | - | - | 80R | 1 | 80 | - | - | - |
| 16R | 5 | 20 | 80 | - | - | 82R | 1 | 80 | - | - | - |
| 20R | 1 | 20 | - | - | - | 90R | 2 | 10 | 80 | - | - |
| 22R | 9 | 10 | 80 | 20 | 40 | 91R | 8 | 20 | 40 | 80 | - |
| 24R | 9 | 10 | 40 | 20 | 80 | 100R | 2 | 20 | 80 | - | - |
| 25R | 8 | 20 | 80 | 10 | - | 110R | 3 | 10 | 20 | 80 | - |
| 26R | 8 | 20 | 80 | 10 | - | 120R | 2 | 40 | 80 | - | - |
| 27R | 5 | 40 | 80 | - | - | 130R | 3 | 10 | 40 | 80 | - |
| 27R5 | 10 | 10 | 40 | 80 | 20 | 140R | 3 | 20 | 40 | 80 | - |
| 28R | 8 | 10 | 40 | 20 | - | 150R | 4 | 10 | 20 | 40 | 80 |
| 29R | 8 | 10 | 80 | 20 | - | - | - | - | - | - | - |

??

Aufgaben

Antworten auf nachfolgendem Formblatt eintragen und nach dem Versuch abgeben.

Im ersten Versuchsteil wird ein vom Assistenten ausgegebener **unbekannter Widerstand R_X** nach verschiedenen Methoden ermittelt

- Bestimmung von R_X mit Hilfe einer einfachen Spannungsteilerschaltung. Bauen Sie die Schaltung entsprechend dem Schaltplan auf Seite 1 dieser Anleitung unter Verwendung eines Widerstands R_1 von 5,6 k Ω auf. Schließen Sie die Schaltung bei auf Null geregelter Spannung an das Netzteil an. Erhöhen Sie langsam unter ständiger Kontrolle mit dem Multimeter die angelegte Spannung auf 10 V (Strombegrenzung etwa auf 1/3 der Endstellung). Messen Sie den Spannungsabfall an R_X . Berechnen Sie R_X unter Verwendung der mit dem Multimeter gemessenen Spannungswerte.
- Bestimmen Sie R_X mit der Brückenschaltung nach Wheatstone entsprechend dem Schaltplan auf Seite 2 dieser Anleitung. Benutzen Sie als feste Widerstände $R_1 = R_2 = 5,6$ k Ω und als variablen Widerstand R_V die Widerstandsdekade. Verwenden Sie das Multimeter als Anzeigeelement für den Brückenstrom I_B . Betreiben Sie die Brückenschaltung bei einer Spannung von etwa 10 V. Führen Sie durch Variation von R_V einen Nullabgleich durch und ermitteln Sie darüber R_X .
- Messen Sie zur Kontrolle den Widerstand R_X direkt mit dem Multimeter.

Im zweiten Versuchsteil wird der **Kombinationswiderstand „Vitrohm“** untersucht

- Verschalten Sie die vier Einzelwiderstände des Kombinationswiderstands „Vitrohm“ so, dass sich ein Wert von **nominell 46 Ω** ergibt (entnehmen Sie die Schaltung der Tabelle / Datenblatt).
- Führen Sie für den so verschalteten Kombinationswiderstand unter Verwendung der Beziehungen für Parallel- und Serienschaltung eine detaillierte und nachvollziehbare Berechnung des resultierenden Ersatzwiderstandes durch.
- Bestimmen Sie den tatsächlichen Widerstand des verschalteten Kombinationswiderstands unter Verwendung der Brückenschaltung.
- Messen Sie den Ersatzwiderstand des verschalteten Kombinationswiderstands mit dem Multimeter.

Diskussion der Ergebnisse anhand folgender Fragen :

- Welche Genauigkeit besitzt die Widerstandsbestimmung mit der Brückenschaltung (das heißt, wie groß ist die kleinste nachweisbare Widerstandsänderung) ?
- Welche Genauigkeit hat die Widerstandsmessung mit dem Multimeter ?
- Ist im Experiment mit dem Kombinationswiderstand die Übereinstimmung der Messwerte mit dem Nominalwert von 46 Ω zufriedenstellend (Begründung !!)?
- Leiten Sie die Formel (6) auf nachvollziehbare Weise her.
- Die dem Datenblatt entnommene Tabelle enthält einen Fehler (siehe Markierung !). Welchen Gesamtwiderstand ergibt diese Kombination tatsächlich ?

| Widerstandsnetzwerke | | |
|---|-------------------|----------------------------------|
| Gruppe | | Datum |
| Name, Vorname | | |
| | | |
| Bestimmung eines unbekanntes Widerstands R_x | | |
| a) Verwendung einer einfachen Spannungsteilerschaltung | | |
| Vollständiges Schaltbild des Aufbaus (<i>mit allen Spannungen und Widerständen!</i>): | | |
| | <i>Ablesewert</i> | <i>Messwert mit Fehlerangabe</i> |
| Angelegte Spannung U_0 : | | |
| Spannungsabfall an R_x : | | |
| Berechnung von R_x : | | |
| b) Verwendung einer Brückenschaltung nach Wheatstone | | |
| Vollständiges Schaltbild des Aufbaus (<i>mit allen Spannungen und Widerständen!</i>): | | |
| | <i>Ablesewert</i> | <i>Messwert mit Fehlerangabe</i> |
| Variabler Widerstand R_V bei Nullabgleich | | |
| Berechnung von R_x : | | |
| | <i>Ablesewert</i> | <i>Messwert mit Fehlerangabe</i> |
| c) Direkte Multimetermessung : | | |

| | | |
|--|-------------------|----------------------------------|
| Kombinationswiderstand „Vitrohm“, auf Nominalwert 46 Ω verschaltet | | |
| Detaillierte Berechnung des Ersatzwiderstandes in der verwendeten Verschaltung : | | |
| Widerstandsbestimmung mit der Brückenschaltung nach Wheatstone | | |
| | <i>Ablesewert</i> | <i>Messwert mit Fehlerangabe</i> |
| Variabler Widerstand R_V bei Nullabgleich | | |
| Berechnung von R_X : | | |
| | <i>Ablesewert</i> | <i>Messwert mit Fehlerangabe</i> |
| Messung mit dem Multimeter | | |
| Diskussion | | |
| Wie genau ist die Widerstandsbestimmung mit der Brückenschaltung ? (<i>Zahlenwerte angeben</i>) | | |
| Wie genau ist die Widerstandsmessung mit dem Multimeter ? (<i>Zahlenwerte !</i>) | | |
| Ist die Übereinstimmung der für den Kombinationswiderstand ermittelten Werte mit dem Nominalwert von 46 Ω zufriedenstellend ? | | |
| (Nachvollziehbare) Herleitung von (6) : | | |
| Welchen Ersatzwiderstand hat die als „45R“ in der Tabelle angegebene Schaltung ? | | |