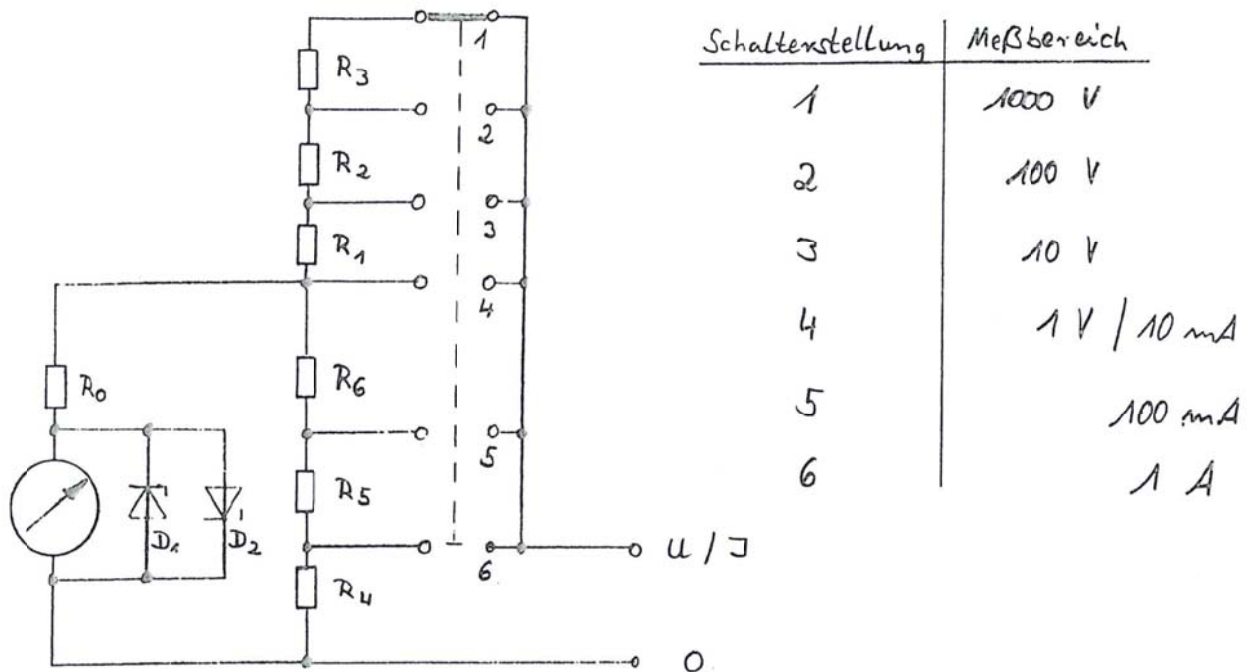


Aufgaben für 26.10.2015: Elektromechanisches Messinstrument, Vielfachinstrument, Messen von Gleichstrom und Gleichspannung

1. Vielfachinstrument

Mit einem Drehspulmeßwerk (Vollausschlag 500 mV, Innenwiderstand 500 Ω) soll ein Vielfachinstrument aufgebaut werden. Die Zenerdioden D_1 und D_2 seien ideal.



- 1.1 Wie groß muß R_0 gewählt werden (Begründung)?
- 1.2 Dimensionieren Sie R_1 , R_2 , R_3 .
- 1.3 Dimensionieren Sie R_4 , R_5 , R_6 .
- 1.4 Welche Zenerdioden müssen D_1 und D_2 aufweisen, wenn das Drehspulinstrument leistungsmäßig maximal 10-fach überlastbar ist?

Sowie Aufgaben 1.5-1.14 aus:

Aufgabensammlung Elektrische Messtechnik: 337 Übungsaufgaben mit Lösungen

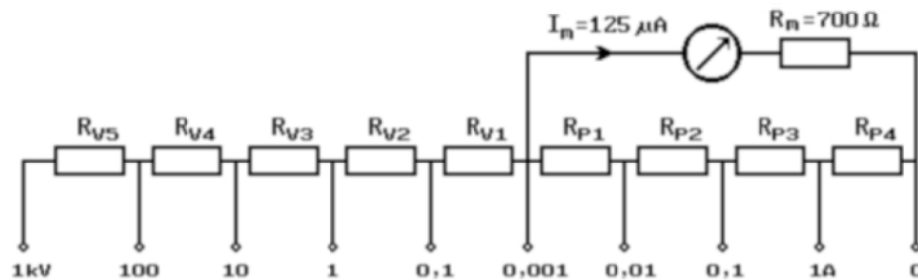
Verlag: Vieweg+Teubner Verlag, 2014

ISBN: 978-3-658-05155-6 (Print)

978-3-658-05156-3 (Online)

Seiten: 4-16

Aufgabe 1.5: Vielfachinstrument. Ein Messgerät ($R_m = 700 \, \Omega$) zeigt bei einem Strom von $I_m = 125 \, \mu\text{A}$ Vollausschlag an. Es sollen vier Strommessbereiche I_i (0,001 A, 0,01 A, 0,1 A, 1 A) durch Wahl geeigneter Nebenwiderstände eingerichtet werden. Zusätzlich sollen durch geeignete Vorwiderstände fünf Spannungsmessbereiche U_i ermöglicht werden (1 kV, 100 V, 10 V, 1 V, 0,1 V). Die Messbereichserweiterung erfolgt durch die in Bild 1.4 dargestellte Schaltung. Berechnen Sie die nötigen Vor- bzw. Nebenwiderstände.



Aufgabe 1.6: Stromquelle. Eine Stromquelle soll mittels eines Messwiderstandes R (Klassengenauigkeit f_R) und eines Strommessgerätes (Amperemeter, Innenwiderstand R_m , Klassengenauigkeit f_m , bezogen auf den gegebenen Endwert I_{\max}) bestimmt werden. Da die Stromquelle zwei unbekannte Größen (Kurzschlussstrom I_k , Innenwiderstand R_q) besitzt, sind zwei unabhängige Messungen zu ihrer Bestimmung notwendig.

Messung 1: Direkte Messung des Stromes mit dem Strommessgerät. Die Anzeige ist I_1 .
 Messung 2: Der Messwiderstand R wird in Reihe mit dem Strommessgerät gelegt. Die Anzeige ist jetzt I_2 .

- Skizzieren Sie die Messschaltung. Zeichnen Sie alle relevanten Größen (Spannungen, Ströme, Widerstände) ein und verwenden Sie die Ersatzschaltbilder für Stromquelle und Messgerät. Zum Umschalten zwischen Messung 1 und 2 wird ein Schalter S verwendet.
- Geben Sie I_1 für Messung 1 an.
- Geben Sie I_2 für Messung 2 an.
- Wie groß ist R_q ?
- Wie groß ist I_k ?
- Wie groß ist der relative Messfehler f_{R_q} für den Innenwiderstand R_q ?
- Wie groß ist der relative Messfehler f_{I_k} für den Kurzschlußstrom I_k ?

Aufgabe 1.7: Lindeck-Rothe-Kompensator. Mit dem Lindeck-Rothe-Kompensator nach Bild 1.6 kann in der sogenannten Saugschaltung eine Strommessung ohne Spannungsabfall (d.h. leistungslos) durchgeführt werden. Darin sind R_N und R_V bekannte Normalwiderstände.

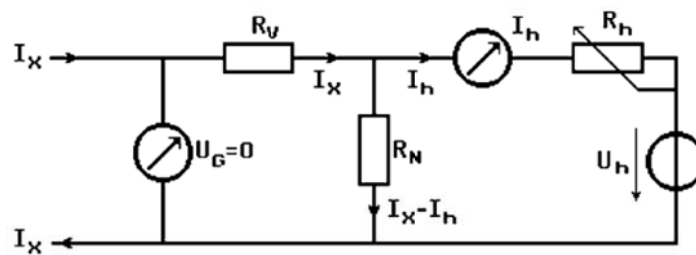


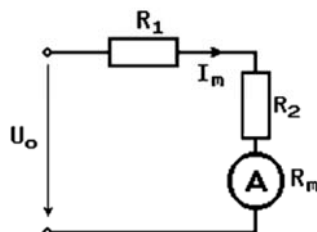
Bild 1.6

- Der Messvorgang ist zu beschreiben und die Abgleichbedingung herzuleiten.
- Wie ergibt sich im abgeglichenen Zustand I_x aus I_h , R_N , R_V ?
- Die Normalwiderstände R_N und R_V sollen Toleranzen von 0,01 % haben, der Strommesser für I_h gehöre zur Klasse 0,2. Mit welcher maximalen relativen Abweichung bei der Bestimmung von I_x muss man rechnen?
- Folgende Werte seien gegeben: $R_V = 1 \text{ k}\Omega$; $R_N = 10 \text{ k}\Omega$; $R_h = 17273 \Omega$; $I_h = 55 \mu\text{A}$. Der Endausschlag des Messinstruments liegt bei $I_{h, \max} = 100 \mu\text{A}$.

Wie groß ist I_x , $|\Delta I_x|$, $|\frac{\Delta I_x}{I_x}|$ in Zahlen? Wie groß ist U_h ?

Aufgabe 1.8: Messfehler bei Strommessung. Gegeben ist die in Bild 1.7 dargestellte Messschaltung. Das Strommessgerät (Innenwiderstand $R_m = 4 \Omega$) zeigt einen Strom $I_m = 50 \text{ mA}$ an, wenn $U_0 = 10 \text{ V}$ und $R_1 = 100 \Omega$ sind.

- Wie groß ist R_2 und welche Leistung P wird in ihm umgesetzt?
- Wie groß ist der absolute systematische Messfehler F_1 , der durch den endlichen Widerstand R_m des Messwerkes entsteht, und für welche Größenordnung der Widerstände R_1 und R_2 ist diese Messschaltung geeignet?
- Geben Sie einen Ausdruck für den relativen systematischen Messfehler f_1 in Abhängigkeit von R_1 , R_2 und R_m an.
- Zeichnen Sie den Graphen von $f_1(N)$ mit $N = (R_1 + R_2)/R_m$. Tragen Sie die Funktionswerte für $N = 1$ und 9 ein.
- Wie groß darf R_m sein, damit der relative Fehler $|f_1| \leq \delta = 0,5\%$ ist?



Aufgabe 1.9: Spannungsquelle. Mittels eines Spannungsmessgerätes (Voltmeter, Innenwiderstand R_m , Messfehler f_m bezogen auf den Sollwert) und eines Messwiderstandes R (Klassengenauigkeit f_R) soll eine Spannungsquelle bestimmt werden. Die Spannungsquelle besitzt 2 unbekannte Größen (Leerlaufspannung U_q , Innenwiderstand R_q). Es sind 2 unabhängige Messungen zu ihrer Bestimmung notwendig.

Messung 1: Direkte Messung der Spannung mit dem Spannungsmessgerät. Die Anzeige ist U_1 .

Messung 2: Der Messwiderstand R wird parallel zum Spannungsmessgerät gelegt. Die Anzeige ist jetzt U_2 .

- Skizzieren Sie die Messschaltung. Zeichnen Sie alle relevanten Größen (Spannungen, Ströme, Widerstände) ein. Zum Umschalten zwischen Messung 1 und 2 wird ein Schalter verwendet.
- Berechnen Sie U_1 für Messung 1.
- Berechnen Sie U_2 für Messung 2.
- Wie groß ist R_q ?
- Wie groß ist U_q ?
- Wie groß ist der gesamte Messfehler f_U für die Leerlaufspannung U_q ?
- Wie groß ist der gesamte Messfehler f_{R_q} für den Innenwiderstand R_q ?

Aufgabe 1.10: Stromquelle. Mittels eines Strommessgerätes (Amperemeter, Innenwiderstand R_m , Messfehler f_e bezogen auf den Sollwert) und eines Messwiderstandes R (Klassengenauigkeit f_R) soll eine Stromquelle (Kurzschlussstrom I_k , Innenwiderstand R_i) bestimmt werden. Die Stromquelle hat 2 unbekannte Größen (I_k , R_i), deshalb müssen 2 unabhängige Messungen zu ihrer Bestimmung durchgeführt werden.

Messung 1: Direkte Messung des Stromes an der Stromquelle mit dem Strommessgerät. Die Anzeige des Strommessgerätes ist I_1 .

Messung 2: Der Messwiderstand R wird parallel zum Strommessgerät geschaltet (Parallelwiderstand). Jetzt hat das Strommessgerät die Anzeige I_2 .

- Skizzieren Sie die Messschaltung. Zeichnen Sie alle relevanten Größen (Ströme, Widerstände) ein. Zum Umschalten zwischen den beiden Messungen verwenden sie einen Umschalter.
- Berechnen Sie I_1 für Messung 1.
- Berechnen Sie I_2 für Messung 2.
- Wie groß ist der Kurzschlussstrom I_k ?
- Wie groß ist der Innenwiderstand R_i ?
- Wie groß ist der relative Gesamtfehler f_I für den Kurzschlussstrom I_k ?
- Wie groß ist der maximal mögliche, relative Gesamtfehler $f_{I,\max}$ für den Kurzschlussstrom I_k ?
- Berechnen Sie I_k , R_i , f_I und $f_{I,\max}$ für $I_1 = 10 \text{ mA}$, $I_2 = 6 \text{ mA}$, $R_m = 400 \text{ } \Omega$, $R = 600 \text{ } \Omega$, $f_R = +1\%$, $f_e = -1\%$.

Aufgabe 1.11: Stromquelle. Mit Hilfe eines Spannungsmessgerätes soll eine Stromquelle (Kurzschlussstrom I_k und Innenwiderstand R_q) bestimmt werden (Bild 1.11).

Gegeben sind

- Voltmeter mit der Klassengenauigkeit 0,2 ($f = 0,2\%$), bezogen auf den Messbereichsendwert $U_e = 200 \text{ V}$) und dem Innenwiderstand $R_m = 2 \text{ k}\Omega$,
- Messwiderstand $R = 1 \text{ k}\Omega$, $f_R = \pm 1 \%$.

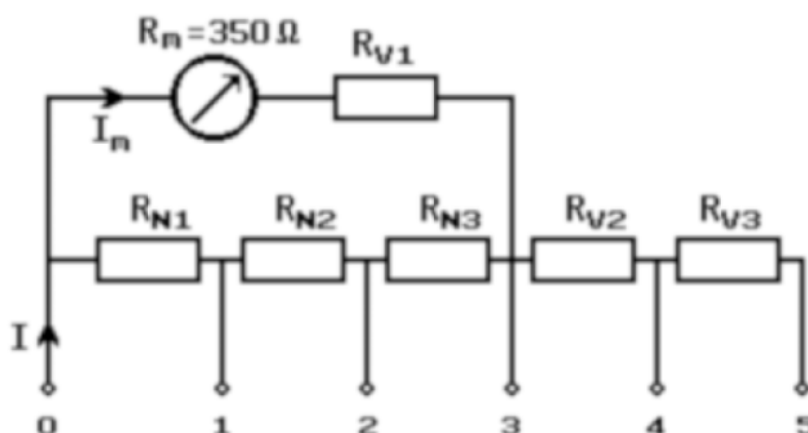
Der absolute Fehler ist über die Gesamtanzeige des Voltmeters konstant. Das Voltmeter zeigt

- in der Schalterstellung 1: $U_1 = 100 \text{ V}$ und
- in der Schalterstellung 2: $U_2 = 50 \text{ V}$ an.

- Wie groß ist der Innenwiderstand R_q ?
 - Wie groß ist der Kurzschlussstrom I_k ?
 - Geben Sie die Zahlenwerte für R_q und I_k an.
 - Wie groß ist der maximal mögliche, relative Gesamtfehler f_{Rq} von R_q ?
 - Wie groß ist der maximal mögliche, relative Gesamtfehler f_{Ik} von I_k ?
- f) Geben Sie die Zahlenwerte für die Gesamtfehler f_{Rq} und f_{Ik} an.

Aufgabe 1.12: Vielfachinstrument. Bei dem in Bild 1.12 dargestellten Vielfachmessinstrument beträgt der Widerstand des Netzwerks zwischen den Buchsen 0 und 3 $R_{ges} = 120 \Omega$. Der Messwerksstrom beträgt bei Vollausschlag $I_m = 10 \mu\text{A}$. Der kleinste Spannungsmessbereich (Buchse 3) hat einen Wert von $U_3 = 6 \text{ mV}$.

- Wie groß ist der Strommessbereich I_3 an Buchse 3?
- Man berechne den Vorwiderstand R_{V1} .
- Wie groß ist der Widerstand R_s , der das Messwerk dämpft. Eine ideale Stromquelle ist an der Strombuchse 0 und 3 angebracht; der Innenwiderstand der Stromquelle ist unendlich? Wie groß wird R_s bei Einspeisung in einem anderen Strombuchsenpaar?
- Wie groß sind die Widerstände R_{N1} , R_{N2} und R_{N3} ?
- Wie groß müssen die Widerstände R_{V2} und R_{V3} bemessen werden?



Aufgabe 1.13: Gegeben ist das in Bild 1.13 dargestellte Ersatzschaltbild für die Kompensationsmessung einer Spannung U_x .

- Geben Sie die Kompensationsbedingung an: $U_x = f(R_k, I_H)$.
- Berechnen Sie die Empfindlichkeit S für die Schaltung.

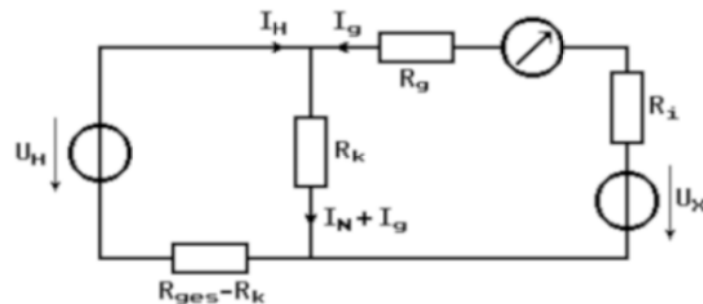
$$S = \frac{d\alpha}{dU_x} = f(R_i, R_g, R_k, R_{ges}, c_i)$$

Für das Strommessgerät gilt $\alpha = c_i I_g$ mit der Geräte-Konstanten c_i .

- Eine Spannungsquelle von $U_x = 1 \text{ V}$ soll kontrolliert werden. Das Strommessgerät hat eine Gerätekonstante von $c_i = 10^7 \text{ mm/A}$. Die Hilfsspannung U_H beträgt 4 V, der Hilfsstrom $I_H = 100 \mu\text{A}$. Berechnen Sie den Gesamtwiderstand R_{ges} . Geben Sie den Kompensationswiderstand R_k an. Berechnen Sie die Empfindlichkeit S mit $R_i \approx 0$ und $R_g = 500 \Omega$.
- Bestimmen Sie das Minimum der Empfindlichkeit aus b). Beachten Sie dabei, dass R_i und R_g konstant bleiben, d. h., berechnen Sie die Bedingung für die Variablen R_{ges} und R_k .
- Geben Sie den maximal möglichen, relativen Fehler für die Bestimmung von U_x an:

$$f = \left| \frac{\Delta U_x}{U_x} \right|$$

- Bei einer zweifachen Kompensation wird der Hilfsstrom I_H mit einem Spannungsnorm U_N und einem Präzisionswiderstand R_N eingestellt. Geben Sie den maximal möglichen, relativen Fehler für die Bestimmung von U_x an, wenn die Toleranz des Spannungsnorms 10^{-4} und die Toleranz der beiden Einstellwiderstände R_k und R_N $2 \cdot 10^{-4}$ beträgt.



Aufgabe 1.14: Spannungsquelle. Mit Hilfe eines Spannungsmessgerätes (Voltmeter) soll eine Spannungsquelle (Leerlaufspannung U_q und Innenwiderstand R_q) bestimmt werden.

Gegeben sind

- ein Voltmeter mit der Klassengenauigkeit f_e (bezogen auf den Messbereichsendwert U_e) und dem Innenwiderstand R_m , sowie
- ein Messwiderstand R mit dem relativen Fehler f_R (Klassengenauigkeit).

Die Ersatzschaltung eines Voltmeters besteht aus der Parallelschaltung des Innenwiderstandes R_m und eines Anzeigeinstrumentes ($U_m = 0 \dots U_e$) mit unendlich hohem Innenwiderstand. Der absolute Fehler ΔU_e des Voltmeters ist über den gesamten Messbereich konstant.

Die Spannungsquelle hat zwei unbekannte Größen (U_q , R_q), deshalb müssen zwei unabhängige Messungen zu ihrer Bestimmung durchgeführt werden.

Messung 1: Direkte Messung der Spannung an der Spannungsquelle mit dem Voltmeter. Die Anzeige des Voltmeters ist U_1 .

Messung 2: Indirekte Messung an der Spannungsquelle mit dem Messwiderstand R , der als Vorwiderstand von das Voltmeter geschaltet ist. Die Anzeige des Voltmeters ist jetzt U_2 .

- a) Skizzieren Sie die Messschaltung. Zeichnen Sie alle relevanten Größen (Spannungen, Widerstände) ein. Zum Umschalten zwischen den beiden Messungen verwenden Sie einen Umschalter.
- b) Berechnen Sie U_1 für die Messung 1 in Abhängigkeit von U_q , R_q und R_m .
- c) Berechnen Sie U_2 für die Messung 2 in Abhängigkeit von U_q , R_q , R_m und R .
- d) Wie groß ist der Innenwiderstand R_q ?
- e) Wie groß ist die Leerlaufspannung U_q ?
- f) Wie groß ist der maximal mögliche, relative Gesamtfehler f_{Rq} von R_q mit f_e und f_R ?
- g) Wie groß ist der maximal mögliche, relative Gesamtfehler f_{Uq} von U_q mit f_e und f_R ?
- h) Zahlenwerte: Berechnen Sie R_q , U_q , f_{Rq} und f_{Uq} mit $R = 100 \text{ k}\Omega$, $R_m = 50 \text{ k}\Omega$, $U_1 = 10 \text{ V}$, $U_2 = 5 \text{ V}$, $f_R = 1 \%$, $f_e = 0,5 \%$ und $U_e = 10 \text{ V}$.