

### Aufgabe 1.1:

Es liegt ein Messgerät der Klasse 1,5 vor. Zeichnen Sie den absoluten sowie den relativen Fehler über eine Skalenlänge von 100 Skt auf.

### Aufgabe 1.2:

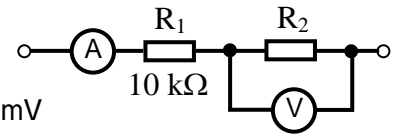
Das gesuchte Messergebnis ergibt sich aus der Differenz zweier Messwerte, wovon der eine 100 Einheiten und der andere 90 Einheiten beträgt. Beide Messwerte sind mit einem relativen Fehler von  $\pm 1\%$  behaftet. Bestimmen Sie die maximale relative Fehlergrenze des Messergebnisses.

### Aufgabe 1.3:

In nebenstehender Schaltung wird der Wert des Widerstandes  $R_2$  durch Messung ermittelt. Es gilt:

Spannungsmesser: 0 ... 250 mV, Kl. 1,5,  $R_{iV} = 10 \text{ k}\Omega$ , Anzeige 160 mV

Strommesser: 0 ... 1,5 mA, Kl. 1,0,  $R_{iA} = 40 \Omega$ , Anzeige 0,5 mA



a) Wie groß ist  $R_2$ ?

b) Welchen maximal möglichen absoluten und relativen Fehler besitzt der Messwert von  $R_2$ ?

#### Aufgabe 1.4:

Die Kupplungsleistung einer Strömungsarbeitsmaschine wird durch Auswertung einer Drehmomentmessung  $M$  und einer Drehzahlmessung  $n$  ermittelt. Bestimmen Sie die Kupplungsleistung  $P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$  und die absolute und relative maximale Fehlergrenze durch Fehlerfortpflanzung, wenn für die Messwerte gilt:  $M = 45 \text{ Nm} \pm 0,52 \text{ Nm}$  und  $n = 1445 \text{ min}^{-1} \pm 20 \text{ min}^{-1}$ .

### Aufgabe 1.5:

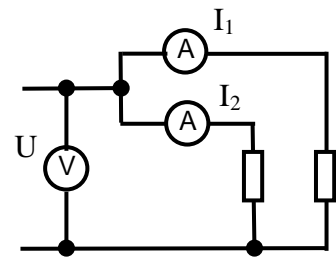
Angezeigt werden an der Verzweigungsstelle eines Gleichstromnetzes:  $U = 100 \text{ V}$ ,  $I_1 = 3 \text{ A}$ ,  $I_2 = 4 \text{ A}$ .

Folgende Geräte sind eingesetzt:

Voltmeter: 300 V Endausschlag, Kl. 2,5

Amperemeter: 5 A Endausschlag, Kl. 2,5

Ermitteln Sie die Gesamtleistung und den gesamt Belastungswiderstand des Netztes mit ihren maximalen absoluten und relativen Fehlern. Dabei sind die Innenwiderstände der Instrumente als ideal anzusehen.



**Aufgabe 1.6:**

Bestimmen Sie mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse aus den Messwerten für die Spannung  $U_{VCO}$  und die Frequenz  $f_A$  den funktionalen Zusammenhang zwischen Spannung und Frequenz an einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO: voltage controlled oscillator).

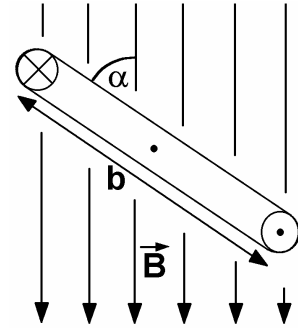
Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U_{VCO}$ in V	1,2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$f_A$ in KHz	0,088	4,4	10,0	15,6	21,1	26,0	31,1	35,6	40,5	45,2	50,0	54,1	58,6

### Aufgabe 2.1:

Eine Rechteckspule (150 Windungen, Breite  $b = 3\text{ cm}$ , Länge  $l = 4\text{ cm}$ ) befindet sich in einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte  $0,6\text{ T}$ . Sie ist drehbar um eine zum Feld senkrecht stehende Achse gelagert. Die Spule wird von einem Strom  $I = 40\text{ mA}$  durchflossen.

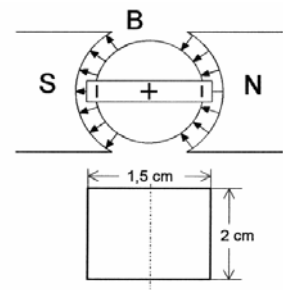
Wie groß ist das auf die Spule ausgeübte Drehmoment, wenn die Spulenebene einen Winkel von  $50^\circ$  mit dem Feld schließt?

- In welcher Lage erfährt die Spule das größte Moment?
- Wann befindet sich die Spule im Gleichgewicht? In welchem Fall handelt es sich um stabiles bzw. instabiles Gleichgewicht?



### Aufgabe 2.2:

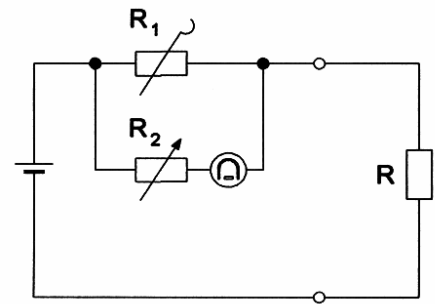
Wie groß ist die Windungszahl  $N$  der Drehspule eines Drehspulmesswerkes für  $10 \text{ mA}$ , das eine magnetische Induktion von  $0,4 \text{ T}$  hat, wenn die Abmessungen der Spule  $2 \text{ cm} \cdot 1,5 \text{ cm}$  betragen und die Feder bei Endausschlag ein Richtmoment von  $20 \text{ mN cm}$  erzeugt?





### Aufgabe 2.3:

Die nebenstehende Schaltung soll als direkt anzeigender Widerstandsmesser verwendet werden. Spannungsquelle ist eine Monozelle mit 1,3 bis 1,5 V. Das Drehspulmesswerk hat einen Innenwiderstand von  $5\text{ k}\Omega$  und zeigt Vollausschlag bei einem Strom von  $20\text{ }\mu\text{A}$ .

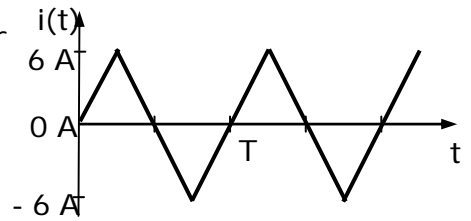


- Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$  für die Spannungstoleranz der Batterie.
- Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$  so, daß für  $R = 100\text{ }\Omega$ ,  $1\text{ k}\Omega$ ,  $10\text{ k}\Omega$  das Instrument halben Vollausschlag anzeigt. Dabei ist die maximale Spannung der Batterie zugrunde zu legen.
- Skizzieren Sie den in Ohm-Werten von  $R$  kalibrierten Skalenverlauf des Messwerkes für  $R_1 = 100\text{ }\Omega$  und eine Batteriespannung von  $1,5\text{ V}$ . (Der Zeigerausschlag des Messwerkes ist proportional zu dem hindurchfließenden Strom)

### Aufgabe 2.4:

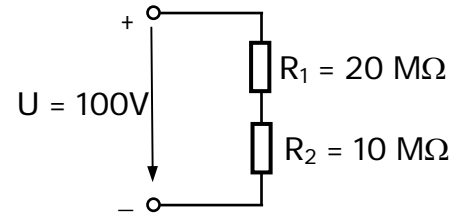
Durch ein Drehspulmessinstrument mit Zweiweggleichrichter für Wechselstrommessung fließt nebenstehender Strom.

- Welcher Wert wird angezeigt?
- Wie groß ist der relative Fehler der Anzeige?
- Welcher Fehler liegt vermutlich im Gerät vor, wenn das Instrument nur 1,665 A anzeigt?



### Aufgabe 3.1:

In nebenstehender Schaltung wird der Gleichspannungsabfall am Widerstand  $R_2$  mit einem Präzisions-Digital-Multimeter "METRA HIT<sup>®</sup> 29S" der Fa. GOSSEN-METRAWATT gemessen. Wie groß ist der absolute bzw. der relative systematische Fehler der Messung?



### Aufgabe 3.2:

Ermitteln Sie das Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle aus folgenden Messdaten:

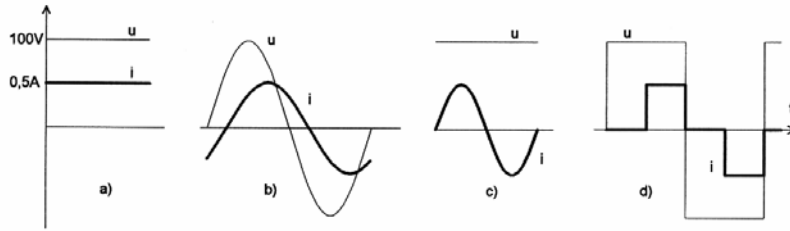
Leerlaufversuch:  $U_{L-} = 12 \text{ V}$

Kurzschlussversuch:  $I_{K-} = 117 \text{ mA}$

Gemessen wurde mit dem Präzisions-Digital-Multimeter "METRA HI 7<sup>®</sup> 29S" der Fa. GOSSEN-METRAWATT.

### Aufgabe 3.3:

In einem Stromkreis wird mit einem elektrodynamischen Messwerk (Wattmeter) die Leistung gemessen. Welche Anzeigen erhalten Sie für untenstehende zeitliche Verläufe von Spannung und Strom?



### Aufgabe 3.4:

Ein Leistungsmesser (Endausschlag 200 Skt. bei 100 V, 5 A,  $\cos\varphi = 1$ ) wird in indirekter Schaltung über Messwandler in einem 10 kV-Netz eingesetzt.

Die verwendeten Wandler sind: Stromwandler 400/5 A, Spannungswandler 10 000/100 V. Die Anzeige des Leistungsmessers beträgt 150 Skt. Wie groß ist die Wirkleistung im 10 kV-Netz.

Stromwandler und Strompfad des Leistungsmessers sind 1,2-fach überlastbar. Wie groß darf die Scheinleistung des Netzes maximal werden?

Wie groß ist der Zeigerausschlag des Leistungsmessers wenn im Fall b) ein Leistungsfaktor von 0,75 vorliegt?

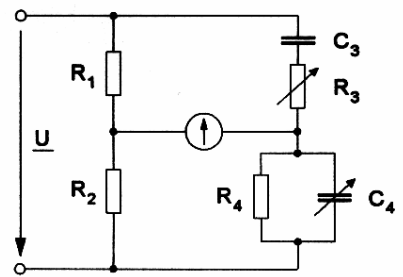
### Aufgabe 3.5:

In einer unter Spannung stehenden Schaltanlage ist der Strommesser, der über einen Stromwandler angeschlossen ist, defekt. Worauf müssen Sie achten?

### Aufgabe 4.1:

Gegeben ist nebenstehende Brückenschaltung.

- Wie lauten die Abgleichbedingungen?
- Wie groß ist  $C_3$ , wenn  $R_3 \ll R_4$  ist?
- Wie groß ist die Frequenz, wenn  $R_1 = 2 R_2$  und  $C_3 = C_4$  ist?
- Skizzieren Sie das Zeigerbild der abgeglichenen Brücke.

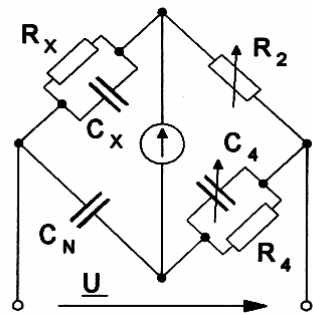




### Aufgabe 4.2:

Gegeben ist nebenstehende Schaltung (Schering-Brücke).

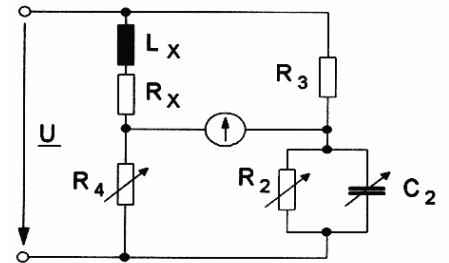
- Wie lauten die Abgleichbedingungen?
- Wie groß ist  $\tan \delta_x$ , des verlustbehafteten Kondensators  $C_x$ ?
- Wie groß ist  $C_x$ ?
- Skizzieren Sie das Zeigerbild der abgeglichenen Brücke.



### Aufgabe 4.3:

Gegeben ist nebenstehende Brückenschaltung.

- Wie lauten die Abgleichbedingungen?
- Wie groß ist  $\tan \delta_x$ ?
- Skizzieren Sie das Zeigerbild der abgeglichenen Brücke.
- Die Schaltung soll für den Messbereich  $L_x = 0 \dots 0,1 \text{ H}$  bei einem Fehlerwinkel  $\delta_x = 0,06^\circ \dots 45^\circ$  ausgelegt werden.  
Es gilt:  $f = 1,5 \text{ kHz}$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $C_2 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ .  
In welchen Bereichen müssen  $R_4$  und  $G_2$  einstellbar sein?



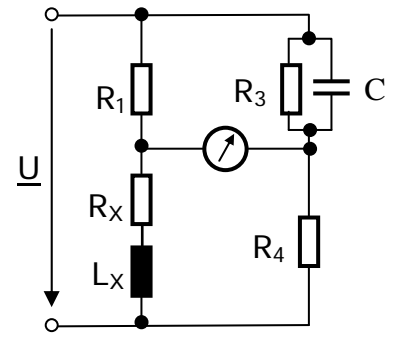
#### Aufgabe 4.4:

Gegeben ist die nebenstehende Brückenschaltung mit  $R_1 = R_4 = 5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$  und  $C = 8 \text{ nF}$ .

Wie lauten die Abgleichbedingungen für den Real- und Imaginärteil?

Berechnen Sie  $R_x$  und  $L_x$ .

Skizzieren Sie das vollständige Zeigerdiagramm der abgeglichenen Brücke.

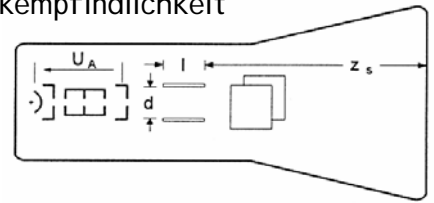


### Aufgabe 5.1:

Eine Elektronenstrahlröhre habe die Abmessungen:  $d = 12 \text{ mm}$ ,  $l = 5 \text{ cm}$ ,  $z_s = 20 \text{ cm}$ .

a) Wie groß muss die Anodenspannung  $U_A$  sein, damit eine Ablenkempfindlichkeit in  $y$ -Richtung von  $0,5 \text{ mm/V}$  erreicht wird?

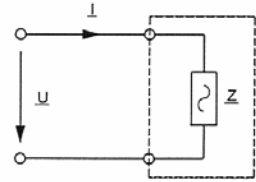
b) Wie groß ist die Horizontalgeschwindigkeit der Elektronen?



### Aufgabe 5.2:

Es soll mit Hilfe eines Oszilloskopes der Phasenwinkel zwischen  $\underline{U}$  und  $\underline{I}$  bestimmt werden.

- Geben Sie die Messschaltung an.
- Skizzieren Sie das Schirmbild des Oszilloskopes.
- Ermitteln Sie aus dem Schirmbild den Phasenwinkel.



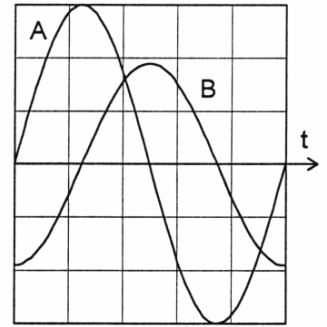
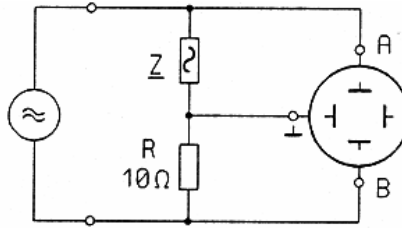
### Aufgabe 5.3:

Gegeben sind folgende Schaltung mit einem Oszilloskop, das zugehörige Schirmbild der Messung und die Einstellparameter:

Eingang A : 1 V / Div.

Eingang B : 10 mV / Div.

Zeitablenkung : 0,2 ms / Div.  
Div.



Welche Größen sind auf dem Bildschirm dargestellt?

(Die Eingänge des Oszilloskopes sind nicht invertierbar!)

Um welches Bauelement handelt es sich bei der Impedanz  $Z$  und welchen Wert hat es?

#### Aufgabe 5.4:

Gegeben ist ein 4 1/2 stelliges Digitalmultimeter, eingestellt auf den Messbereich 100 mV AC. Die Fehlerangaben für diesen Messbereich sind: 0,5% vom Anzeigewert + 15d.

Geben Sie den möglichen absoluten sowie den relativen Fehler bei den Anzeigen 100,00 mV, 50,00 mV und 0,00 mV an.

**Aufgabe 5.5:**

Bestimmen Sie die maximalen relativen und absoluten Fehlergrenzen für die unten angegebenen Messungen mit einem Präzisions-Digital-Multimeter "METRA HI 7<sup>®</sup> 29S" der Fa. GOSSEN-METRAWATT bei automatischer Messbereichswahl.

Messwert	Messbereich	Genauigkeit	Absoluter Fehler	Relativer Fehler
2 V ~				
300 mA –				
25 $\Omega$				
150 $\mu$ F				
1,5 V –				



### Aufgabe 6.1:

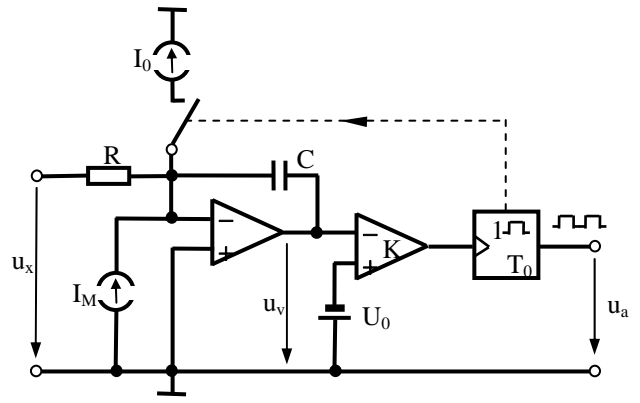
Gegeben ist ein Sägezahnumstzer. Die Vergleichsspannung steigt von  $-100\text{ mV}$  in  $1,2\text{ ms}$  auf  $+1,1\text{ V}$  an. Die Oszillatorfrequenz beträgt  $1\text{ MHz}$ .

- a) Berechnen Sie den Zusammenhang zwischen der vom Zähler ausgezählten Impulszahl und der Messspannung.
- b) Wie groß ist der mögliche Quantisierungsfehler bezogen auf den Messbereich  $1\text{ V}$ ?

### Aufgabe 6.2:

Gegeben ist folgender Spannungs-Frequenz-Umsetzer nach dem Ladungsbilanzverfahren mit der Messspanne  $u_x = -10 \dots +10 \text{ V}$ ,  $C = 500 \text{ pF}$ ,  $I_M = 100 \text{ }\mu\text{A}$ ,  $I_0 = 250 \text{ }\mu\text{A}$ ,  $R = 125 \text{ k}\Omega$  und  $T_0 = 8 \text{ }\mu\text{s}$ .

- Welchen Wert hat die Frequenz der Ausgangsspannung für  $u_x = 0 \text{ V}$ ?
- Um welchen Wert ändert sich dabei während einer Periodendauer die Ausgangsspannung des Integrators?
- Wie groß ist der Frequenzhub?
- Skizzieren Sie maßstabgerecht die Signalbilder  $u_a = f(t)$  für  $u_x = -10 \text{ V}$ ,  $0 \text{ V}$ ,  $+10 \text{ V}$  ( $10 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ }\mu\text{s}$ ).



### Aufgabe 6.3:

Gegeben ist ein 4-Bit A/D-Wandler nach dem Wägeverfahren. Der Messbereich beträgt  $U_R = 1,6 \text{ V}$ . Die Ausgangsspannung für das höchstwertige Bit beträgt  $1,6 \text{ V} / 2$ , für das nächste  $1,6 \text{ V} / 4$  usw. Zeichnen Sie den Ausgangsspannungsverlauf der sukzessiven Approximation für eine Eingangsspannung von  $U_i = 1,1 \text{ V}$  und geben Sie den binären Ausgangswert an.

### Aufgabe 7.1:

Drei gleiche Luftspulen werden in Sternschaltung an ein symmetrisches Dreileiter-Drehstromnetz  $3 \times 400 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$  angeschlossen. Eine Leistungsmessung in Aronschaltung in den Phasen  $L_1$  und  $L_3$  ergibt die beiden Einzelmessungen  $P_1 = 0,905 \text{ kW}$  und  $P_3 = 1,81 \text{ kW}$ . Zusätzlich wird der Strom in der Phase  $L_2$  gemessen:  $I_2 = 4,52 \text{ A}$ .

- a) Zeichnen Sie das entsprechende Schaltbild.
- b) Wie groß ist die von der Schaltung aufgenommene Wirk-, Blind- und Scheinleistung?
- c) Berechnen Sie Betrag und Phase der Impedanz und das Ersatzschaltbild der Spule.
- d) Zeichnen Sie das vollständige Zeigerbild der Schaltung maßstabsgerecht.

### Aufgabe 7.2:

Drei gleiche Spulen (jeweils  $R = 20 \Omega$  und  $L = 110 \text{ mH}$ ) werden in Sternschaltung an ein Dreileiter-Drehstromnetz  $3 \times 400 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$  angeschlossen. Die aufgenommene Wirk- und Blindleistung soll mit der Aronschaltung gemessen werden.

Zeichnen Sie das entsprechende Schaltbild.

Berechnen Sie die Ströme  $\underline{I}_1$ ,  $\underline{I}_2$ ,  $\underline{I}_3$  und zeichnen Sie das Zeigerbild maßstabgerecht.

- e) Welche Einzelanzeigen haben die Leistungsmesser?
- f) Bestimmen Sie die Wirkleistung.
- g) Bestimmen Sie die Blindleistung.

### Aufgabe 7.3:

Ein 4-Leiter-Drehstromnetz 400 V, 50 Hz ist mit drei gleichen Impedanzen (Reihenschaltung  $R = 50 \Omega$  und  $L = 159 \text{ mH}$ ) in Sternschaltung belastet. Der Sternpunkt ist angeschlossen. Es sollen die Gesamtwirkleistung und die Gesamtblindleistung mit zwei Wirkleistungsmessgeräten gemessen werden.

- a) Geben Sie das Schaltbild an.
- b) Skizzieren Sie das zugehörigen Zeigerbilder.
- c) Welche Anzeigen haben die Instrumente?
- d) Wie groß sind die Gesamtwirkleistung und die Gesamtblindleistung?

### Aufgabe 7.4:

Gegeben ist nebenstehende Leistungsmessung mit

$$U_{12} = U_{23} = U_{31} = 400 \text{ V}, X_L = 100 \Omega.$$

- Zeichnen Sie das komplette Zeigerbild für  $R = 0 \Omega$ .
- Welche Spannungen sind für die Messung maßgebend?
- Geben Sie die Anzeigewerte der Wattmeter an?
- Wie groß ist die Blindleistung?
- Bauen Sie die Aronschaltung so auf, dass sich das zweite Wattmeter anstelle im Leiter L3 im Leiter L2 befindet. Geben Sie das Schaltbild an, zeichnen Sie das Zeigerbild und berechnen Sie die Anzeigen der Wattmeter.

