

Messtechnik Vorbereitungsklausur 2

1. Aufgabe:

Was ist der Scheitelfaktor bei der Messung eines Wechselspannungssignals?

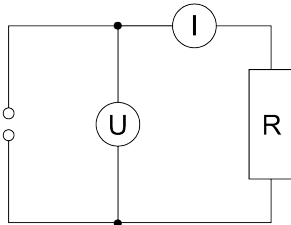
- Das Verhältnis aus dem Spitzenwert zu dem Effektivwert,
- Das Verhältnis aus Gleichrichtwert zu dem Effektivwert,
- Das Verhältnis aus Spitze-Spitze-Wert zu dem Effektivwert.

(Fragetyp Einfachwahl)

2 Punkte

2. Aufgabe:

Geben Sie an, welche Aussagen richtig sind.



- Bei der Schaltung handelt es sich um eine Stromfehlerschaltung zur indirekten Widerstandsmessung.
- Die indirekte Widerstandsmessung basiert auf der Anwendung des Ohmschen Gesetzes.
- Die Schaltung ist für die Messung großer Widerstände besser geeignet als für die Messung kleiner Widerstände.
- Die systematische Messabweichung der Schaltung würde zu Null werden, wenn das verwendete Spannungsmessgerät einen unendlich hohen Innenwiderstand aufweisen würde.
- Bei bekannten Innenwiderständen von Strom- und Spannungsmessgerät kann der korrekte Widerstandswert von R mittels einer Korrekturformel ermittelt werden.

(Fragetyp Mehrfachwahl)

6 Punkte

3. Aufgabe:

Ein analoges Spannungssignal im Bereich von -10 V bis 10 V soll so digitalisiert werden, dass der maximale Quantisierungsfehler $1\ \mu\text{V}$ beträgt. Geben Sie an, mit wie viel Bit der AD-Umsetzer mindestens arbeiten muss!

- 14 Bit
- 20 Bit
- 24 Bit
- 25 Bit

(Fragetyp Einfachwahl)

2 Punkte

4. Aufgabe:

Was gilt für frequenzanaloge Messsignale?

- Die Information steckt in der Frequenz des Sensorsignals,
- Die Amplitude kann innerhalb eines Wertebereichs jeden Wert annehmen,
- Digitalisierung ist aufwendig.

(Fragetyp Einfachwahl)

2 Punkte

5. Aufgabe:

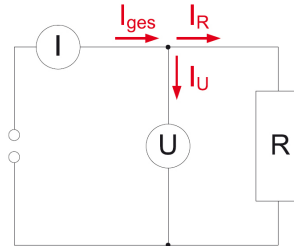
Ein ohmscher Widerstand mit einem Nennwert von $1\ \Omega$ soll unter Verwendung eines Strommessgeräts (Innenwiderstand $1\ \Omega$) und eines Spannungsmessgeräts (Innenwiderstand $1\ \text{M}\Omega$) indirekt gemessen werden.

Erläutern Sie, ob die geringere Messabweichung bei Einsatz einer Spannungsfehlerschaltung oder bei Einsatz einer Stromfehlerschaltung zu erwarten ist und skizzieren Sie die von Ihnen ausgewählte Schaltung.

6 Punkte

Lösung:

Für kleine Widerstände ist die Stromfehlerschaltung geeigneter.



Da der Innenwiderstand eines Spannungsmessers möglichst groß sein soll, verfälscht dieser große Widerstand das Ergebnis nicht viel, denn der meiste Strom fließt bedingt des Innenwiderstandes durch den zu messenden Widerstand.

Misst man z.B. einen sehr hochohmigen Widerstand, könnte sich der Strom sogar gleichmäßig aufteilen, wodurch das Messergebnis extrem verzerrt werden würde.

Bei einem hochohmigen zu messenden Widerstand ist es genau entgegengesetzt. Hier sollte man die Spannungsfehlerschaltung verwenden. Dadurch, dass der Innenwiderstand eines Strommessers möglichst gering ist, fällt der Spannungsteiler bei einem hochohmigen Widerstand nicht weiter ins Gewicht.

Wird nun aber einen Widerstand mit nur 1 oder 2 Ohm gemessen, wäre diese Messung unvorteilhaft, da das Strommessgerät das Ergebnis verzerren würde.

6. Aufgabe:

Auf einer zukünftigen Marsmission soll den Astronauten eine Waage mitgegeben werden, um vor Ort die Masse von für den Transport zur Erde bestimmten Gesteinsproben ermitteln zu können.

Im Auftrag der ESA sollen Sie analysieren, welche Grundprinzipien von Waagen für diesen Zweck einsetzbar sind. Ihre Großmutter schlägt vor, hierfür eine Balkenwaage und einen Satz kalibrierter Massestücke einzusetzen, wie sie dies noch aus ihrer Jugend vom Wochenmarkt kennt.

Geben Sie an, ob eine derartige Wägaanordnung auf dem Mars bei sachgemäßer Verwendung eine präzise Massebestimmung erwarten lässt. Begründen Sie Ihre Antwort.

4 Punkte

Lösung:

Eine Balkenwaage und ein Satz kalibrierter Massestücke sind auch für die Messung auf dem Mars geeignet, da es sich um ein Kompensationsmessverfahren handelt und sowohl das Wägegut als auch die Massestücke von der herrschenden Schwerkraft (die sich von der auf der Erde unterscheidet) betroffen sind.

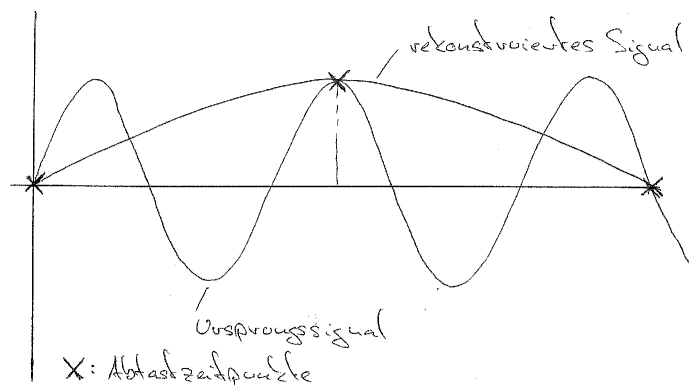
7. Aufgabe:

Formulieren Sie das Abtasttheorem nach Shannon. Skizzieren Sie anhand eines Sinussignals exemplarisch, wie es durch Verletzung des Abtasttheorems zu einer fehlerhaften Rekonstruktion des Ursprungssignals kommen kann!

6 Punkte

Lösung:

Wird ein bandbegrenzttes Signal mit einer Folge von Stützstellen abgetastet, so ist die Rekonstruktion des Signals ohne Informationsverlust möglich, wenn die Abtastfrequenz größer als das Doppelte der maximalen Signalfrequenz ist.



8. Aufgabe:

Eine elektrische Spannung im Bereich zwischen -5 V und $+5\text{ V}$ mit einer maximalen Signalfrequenz von $f_{max} = 20\text{ kHz}$ soll so digitalisiert werden, dass

- das Abtasttheorem nach Shannon eingehalten wird und
- die maximale Quantisierungsabweichung weniger als 0.1 mV beträgt ($\pm 0.1\text{ mV}$).

Geben Sie an,

- welche Abtastfrequenz mindestens erforderlich ist.
- welche Auflösung in Bit mindestens erforderlich ist.

2 + 4 Punkte

Lösung:

- Die Abtastfrequenz muss mindestens $f_{Abtast} = 2 \cdot f_{max} = 40\text{ kHz}$ betragen.
- Die Spannungsaufösung muss mindestens 0.2 mV betragen, damit die maximale Quantisierungsabweichung 0.1 mV beträgt.

Bei einem Spannungsbereich von 10 V sind dies 50.000 Stufen. Daher ist eine Digitalauflösung von mindestens 16 Bit ($2^{16} = 65.536$) erforderlich.

9. Aufgabe:

Ein Zweipol wurde bei $f=10\text{ kHz}$ vermessen. Dabei ergaben sich die Messwerte $|Z| = 100\ \Omega$ und $\varphi = 30^\circ$.

- Ist der Blindanteil $X = \text{Im}\{Z\}$ kapazitiv oder induktiv?
- Betrachten Sie den Zweipol als Serienschaltung aus 2 Komponenten. Geben Sie den Realteil $R = \text{Re}\{Z\}$ an.
- Geben Sie den Imaginärteil $X = \text{Im}\{Z\}$ an.
- Geben Sie den Wert des Blindelements an (also $L = \dots$ oder $C = \dots$ je nach Ergebnis von a)

2 + 2 + 2 + 2 Punkte

Lösung:

a) $\varphi = +30^\circ \Rightarrow$ induktiv

$$\underline{Z} = \text{Re}\{\underline{Z}\} + j \text{Im}\{\underline{Z}\} = 100\ \Omega \cdot e^{j30^\circ}$$

$$\underline{Z} = 100\ \Omega \cdot \cos 30^\circ + j 100\ \Omega \cdot \sin 30^\circ = 86,60\ \Omega + j 50\ \Omega \Rightarrow$$

b) $\text{Re}\{\underline{Z}\} =$ $86,60\ \Omega$

c) $\text{Im}\{\underline{Z}\} =$ $50\ \Omega$

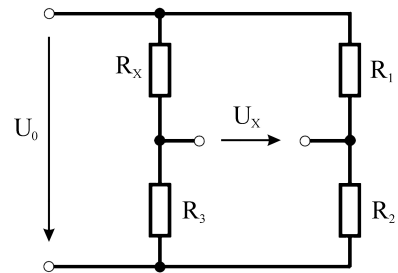
d) $\omega L = 50\ \Omega \Rightarrow L = \frac{50\ \text{Vs}}{A \cdot 2\pi \cdot 10^4} =$ $796\ \mu\text{H}$

10. Aufgabe:

Zur Messung von Widerständen wird eine sogenannte Messbrücke verwendet, deren Schaltung rechts abgebildet ist.

Folgende Werte sind gegeben:

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, R_2 = R_3 = R = 1 \text{ k}\Omega.$$



- a) Bestimmen Sie die Spannung U_X im Brückenweig als Funktion des Widerstandes R_X .
(Hinweis: Maschenregel über R_3 und R_2 sowie Spannungsteiler links und rechts).

6 Punkte

Lösung:

$$U_X = U_{R_3} - U_{R_2} = U_0 \cdot \left(\frac{R_3}{R_3 + R_X} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = U_0 \cdot \frac{R_3(R_1 + R_2) - R_2(R_3 + R_X)}{(R_3 + R_X)(R_1 + R_2)}$$

$$U_X = U_0 \cdot \frac{101R^2 - R^2 - RR_X}{101R^2 + 101R_X R} = U_0 \cdot \frac{100R - R_X}{101(R + R_X)}$$

- b) Die kleinste messbare Spannung U_X ist 1 mV und die Betriebsspannung U_0 beträgt 1.5 V. Wie groß können die Widerstände R_X höchstens sein, die mit dieser Messbrücke bestimmt werden können?

4 Punkte

Lösung:

$$R_X = R \frac{100U_0 - 101U_X}{U_0 + 101U_X} \quad \text{mit } R = 1 \text{ k}\Omega, U_X \geq 1 \text{ mV}, U_0 = 1.5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R_{X,max} = 93.6 \text{ k}\Omega$$

- c) Wie groß ist die relative Messunsicherheit bei diesem maximalen Widerstand, wenn die absolute Messunsicherheit lt. Datenblatt des Instrumentes $\Delta U = 1 \text{ mV}$ beträgt?

8 Punkte

Lösung:

Lineare Fehlerfortpflanzung + Quotientenregel:

$$f_a = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x \Rightarrow \left| \frac{\partial R_X}{\partial U_X} \right| \Delta U_X \quad \text{und} \quad \left(\frac{u}{v} \right)' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$$

$$\left| \frac{\partial R_X}{\partial U_X} \right| \Delta U_X = \left| R \frac{-101(U_0 + 101U_X) - 101(100U_0 - 101U_X)}{(U_0 + 101U_X)^2} \right| \Delta U_X = \left| -101R \frac{101U_0}{(U_0 + 101U_X)^2} \right| \Delta U_X$$

$$\Rightarrow f_r = \frac{1}{R_X} \left| \frac{\partial R_X}{\partial U_X} \right| \Delta U_X = |-0,064| \hat{=} 6,4\% \quad \text{für } R_X = R_{X,max}$$

Summe

60 Punkte