

Auslegung von Sensoren

Aufgabe 1: Auslegung eines Ultraschallsensors

Aktive Fahrerassistenz beim Einparken basiert häufig auf Ultraschallsensoren, die in den Stoßfängern eines Fahrzeugs angebracht sind und den Abstand des Fahrzeugs zu umgebenden Objekten messen. Diese Sensoren können Objekte detektieren, die eine hinreichend große Oberfläche zur Reflexion der Ultraschallwellen besitzen. Dazu zählen Autos, Mauern und Personen. Dünne Konturen wie z.B. Fahrräder, Laternenpfähle, Ketten und Maschendraht lassen sich nicht robust erkennen. Die Schallgeschwindigkeit in Luft ist abhängig von der absoluten Temperatur, daher muss die vom Fahrzeug gemessene Außentemperatur in die Abstandsberechnung eingehen.



Abbildung 1: Anwendung und Aufbau von Ultraschallsensoren

Im Folgenden soll ein Messsystem aus vier gleichmäßig verteilten Sensoren zur Überwachung der Umgebung hinter dem Fahrzeug ausgelegt werden. Dabei kann der hintere Stoßfänger vereinfacht als rechteckige Kontur mit einer Breite von 1,6m betrachtet werden.

Anforderungen an den Ultraschallsensor

- Vollständige Abdeckung der Umgebung ab einem Abstand von $x_{\text{Min}} = 30\text{cm}$
- Mindestreichweite der Sensoren 3m bei einer Mindesttemperatur t_{Min} von -40°C

Fahrzeug- und Sensorparameter

- Durchmesser eines Sensors: $d_s = 12\text{mm}$
- Abstand zwischen jeweils zwei Sensoren: $x_s = 40\text{cm}$
- Anzahl der Sensoren im Stoßfänger: 4

Umgebungsdaten

- Molare Masse von Luft $M = 0,02896 \text{ kg/mol}$
- Allgemeine Gaskonstante $R = 8,3145 \text{ J/(mol K)}$
- Adiabatenexponent $\kappa = c_p/c_v = 1,402$
- Vom Fahrzeug gemessene Umgebungstemperatur: 42°C
- Reale Umgebungstemperatur: 22°C
- Schallgeschwindigkeit c in Luft bei Normaldruck:

$$c = \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$$

Teilaufgaben

- Skizzieren Sie die Anordnung der Sensoren im Stoßfänger. Kennzeichnen Sie die gegebenen Parameter und Anforderungen.
- Berechnen Sie den notwendigen Öffnungswinkel, um die geforderte Abdeckung zu gewährleisten. Ermitteln Sie anschließend die entsprechende Ultraschallfrequenz für die gegebene Geometrie.
- Wie ändert sich der Öffnungswinkel der Ultraschallkeule mit steigender Ultraschallfrequenz f ?
- Berechnen Sie die Zeit, die bei Mindesttemperatur zur Erkennung eines 3m entfernten Objekts benötigt wird und schlagen Sie darauf basierend eine sinnvolle Triggerfrequenz für die Freigabe der Sendeimpulse des Sensors vor.
- Wie groß ist die prozentuale Abweichung zwischen der realen Schallgeschwindigkeit und derjenigen Schallgeschwindigkeit, die vom Fahrerassistenzsystem berechnet wird?
- Was bedeutet diese Abweichung hinsichtlich der Systemsicht des Fahrzeugs auf seine Umwelt? Ist der resultierende Messfehler akzeptabel, wenn der Messwert zur Bahnplanung eines autonom lenkenden Systems benutzt wird, z.B. bei der Parklückenvermessung.

Aufgabe 2: Potentiometrischer Wegaufnehmer

Zur Steuerung der Lüftung und Innenraumtemperatur in einem Fahrzeug werden u.a. Linear-Potentiometer eingesetzt. Ein Linear-Potentiometer wird aus dem Draht „Konstantan“ gefertigt. Er ist auf einem nichtleitenden Keramikzylinder aufgewickelt. Auf dem Draht gleitet ein Schleifer, der zwischen den beiden Enden des Zylinders bewegt werden kann. Durch das Anlegen einer Spannung und das Messen des jeweiligen Widerstands lässt sich die Position des Schleifers bestimmen.



Abbildung 2: Linear-Potenzimeter

Daten des Wegaufnehmers:

Elektrische Leitfähigkeit bei 20°C: $\kappa = 2 \text{ m} / (\Omega \text{ mm}^2)$

Anzahl der Wicklungen: $n = 2000$

Durchmesser des Keramikkörpers: $d_K = 2 \text{ cm}$

Länge des Keramikkörpers: $l_K = 45 \text{ cm}$

Durchmesser des Drahts: $d_d = 0,2 \text{ mm}$

Breite des Schleifers: $b_S = 0,6 \text{ mm}$

Temperaturkoeffizient $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

- Zeichnen Sie eine Prinzipdarstellung des mechanischen Messaufbaus.
- Berechnen Sie den Gesamtwiderstand des Wegaufnehmers.
- Bestimmen Sie die mechanische Auflösung des Wegaufnehmers, sowie die entsprechende Änderung des ohmschen Widerstands des Wegaufnehmers.
- Berechnen Sie, bei welcher Erwärmung des Sensors die Widerstandsänderung der Auflösung entspricht. Definieren Sie auf Basis des Ergebnisses ein Temperaturintervall für den Wegaufnehmer. Hinweis: $\alpha = \Delta R / (R_{20} \Delta \theta)$ [1/K]
- Vergleichen Sie den Temperaturkoeffizienten von Konstantan mit anderen leitenden Werkstoffen. Ist der deutliche Unterschied des Temperaturkoeffizienten gegenüber anderen Werkstoffen ein Vor- oder ein Nachteil?

Leiterwerkstoff	$\alpha \text{ [K}^{-1}\text{]}$
Aluminium (Al)	$3,77 \cdot 10^{-3}$
Silber (Ag)	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Kupfer (Cu)	$3,93 \cdot 10^{-3}$
Gold (Au)	$4 \cdot 10^{-3}$
Eisen	$4,5 \dots 6,2 \cdot 10^{-3}$
Kohlenstoff (C)	$0,8 \cdot 10^{-3}$

Aufgabe 3: Dehnungsmessstreifen (DMS)

DMS wird eingesetzt, um z.B. Kräfte oder Spannungen zu ermitteln. Bei einer Dehnung des DMS ändern sich dessen Widerstandswerte, woraus sich z.B. eine Kraft bestimmen lässt. Im Automotive Bereich kommt dieses Messprinzip z.B. bei Radkraft-Dynamometer zum Einsatz.



Abbildung 3: Radkraft-Dynamometer

Im Folgenden wird die in Abbildung 4 dargestellte Anordnung betrachtet. Eine Kraftmessdose besteht aus einem Vierkantstahl ($a=5\text{mm}$, $b=5\text{mm}$) der mit 4 Dehnungsmessstreifen in Vollbrückenschaltung für die Zugmessung beklebt ist. Sie wird eingesetzt, um das Gewicht einer Masse m zu ermitteln.

- a) Stellen Sie die Gleichung für die Vollbrücke mithilfe der Maschengleichungen auf.
- b) Leiten Sie folgende vereinfachte Beziehung für die Vollbrücke her:

$$\frac{U_A}{U_E} = - \frac{\varepsilon(1 + \nu)k}{2}$$

- c) Ohne angehängte Masse m wird $U_A=8\text{mV}$ gemessen, anschließend wird die Masse angehängt und die Spannung U_A steigt auf 8.63mV . Wieviel wiegt die Masse?
- d) Wird die Kraftmessdose erwärmt, so erwärmen sich die Dehnungsmessstreifen und ändern ihren Widerstandswert entsprechend der Formel:

$$R_0 = R_{20}(1 + \alpha\Delta T)$$

Bei α handelt es sich um den Temperaturkoeffizienten der Dehnungsmessstreifen, bei ΔT um die Temperaturänderung verursacht durch die Erwärmung und R_{20} repräsentiert den Widerstandswert bei Raumtemperatur. Zeigen Sie anhand einer Gleichung, welchen Einfluss die Erwärmung auf die Ausgangsspannung U_A hat.

- e) Wie groß ist der relative Massenfehler zwischen genauer und vereinfachter Rechnung zur Bestimmung der Masse m ?

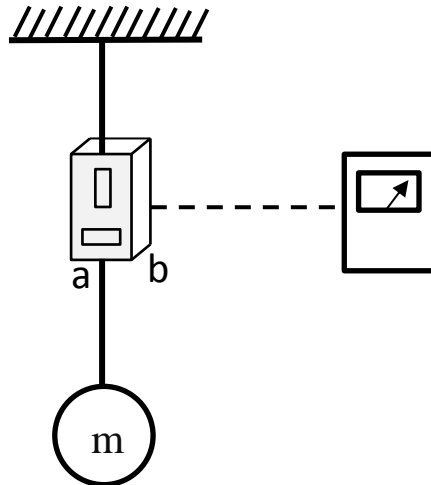


Abbildung 4: Gewichtsmessung mit DMS

Stahl:

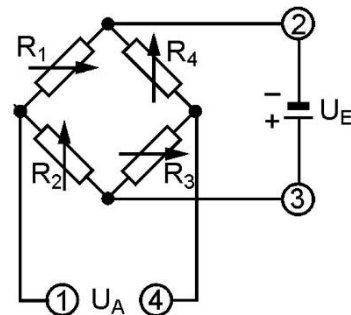
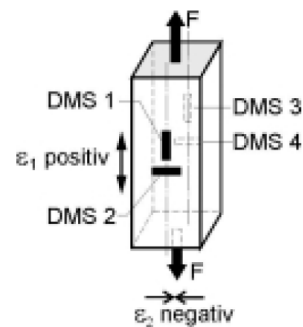
Elastizitätsmodul	E	= 2.1E5
	[N/mm ²]	
Zugfestigkeit	R _m	= 235 [N/mm ²]
Querkontraktionszahl	ν	= 0.3 [-]

Elektrik:

Speisespannung	U _E	= 5 [V]
k-Faktor DMS	K	= 2.05 []

Formeln:

Dehnung
 $\epsilon = \Delta L / L = \Delta R / (R_0 \cdot k)$
 Materialspannung
 $\sigma = F / A = \epsilon \cdot E$ [N/mm²]



$$R = R_0 + \epsilon k R_0 = R_0(1 + \epsilon k) \quad \text{Längsdehnung}$$

$$R = R_0 - \nu \epsilon k R_0 = R_0(1 - \nu \epsilon k) \quad \text{Querdehnung}$$



Alle Arbeitsschritte (Rechenwege) und Ergebnisse sind zu dokumentieren. Ihre Ausarbeitung ist in Papierform abzugeben und auf der ISIS2-Plattform als PDF-Dokument hochzuladen.