

Aufgaben

Aufgaben zu Kapazität

Ermitteln Sie die relative Permittivität von Luft.

$$\epsilon_r \text{ Luft} = 1$$

Wie können Sie die Kapazität eines Kondensators und damit die Empfindlichkeit eines kapazitiven Sensors praktisch vergrößern?

Entsprechend der Formel 16.1:

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{A}{d}$$

Kann die Kapazität vergrößert werden, indem ein Dielektrikum mit einem größeren ϵ_r verwendet wird, die Fläche A der Kondensatorplatten vergrößert oder der Abstand d verkleinert wird.

Aufgabe zu Feder-Masse-Dämpfer System (kapazitive Beschleunigungssensoren):

Suchen Sie sich einen elastischen, nicht zu kurzen Stab oder ähnliches, fassen ihn an einem Ende an und regen ihn zum Schwingen an. Befestigen Sie für den zweiten Versuch eine Masse am freien Stabende und regen beides wieder zum Schwingen an. Was beobachten Sie?

Der Stab mit Masse schwingt stärker (d. h. mit einer größeren Auslenkung) aber mit einer geringeren Frequenz.

Aufgaben thermomechanischer Effekt

Beschreiben Sie, was ein thermomechanischer Sensor in einem Toaster bewirkt.

Der Sensor (Bimetallstreifen, siehe Abb. 16.22) erwärmt sich zusammen mit dem Toast. Nach einer bestimmten Zeit hat er sich auf Grund der Erwärmung so stark verformt (durchgebogen), dass er einen elektrischen Kontakt schließt. Dies bewirkt, dass sich der Toaster ausschaltet und die fertigen Toastscheiben herausspringen.

Die Frage ist, wie man die unterschiedlichen Toaststufen einstellen kann. Eine mögliche Lösung ist, dass man den Kontakt durch das Einstellen der Toaststufe näher an den Bimetallstreifen heranrückt (niedrigere Stufe) oder ihn weiter weg rückt (höhere Stufe = der Toast wird stärker getoastet). Dieser Stellmechanismus kann z. B. rein mechanisch realisiert werden. Diskutieren Sie weitere Lösungen!

Finden Sie eine weitere Anwendung für einen thermomechanischen Sensor.

Überlastsicherung im Fön, Temperaturregelung im Backofen, Regelung der Heizung im Auto, Temperatursensor für das Ein- und Ausschalten des Lüfters im PC, etc. etc.

Aufgaben thermoelektrischer Effekt

Wie begrenzt ein Heißleiter den Einschaltstrom?

Wird ein elektrisches Gerät eingeschaltet, ist der Heißleiter noch kalt und hat dementsprechend einen hohen Widerstand. Er verringert damit den Einschaltstrom und bewirkt ein sanftes Anlaufen. Wird der Heißleiter warm, verliert er seinen hohen Widerstand und gibt den gesamten Strom frei.

Finden Sie Beispiele aus dem Alltag für Sensoren auf der Basis des thermoelektrischen Effektes

Im Auto für die Abgas-Temperaturmessung, Temperaturmessung in Containern, Tanks oder anderen temperaturgeregelten Behältern, als thermoelektrische Strömungssensoren im Verbrennungsmotor oder in der Medizintechnik zur Einstellung von minimalen Medikamentenmengen, etc., etc.

Aufgabe piezoresistive Sensoren:

Stellen Sie den Unterschied zwischen dem piezoresistiven und dem piezoelektrischen Effekt dar.

Bei dem *piezoresistiven* Effekt verursacht die Einwirkung von mechanischen Spannungen eine Änderung des elektrischen Widerstandes.

Der *piezoelektrische* Effekt beschreibt den Zusammenhang von mechanischer Spannung und Ladungserzeugung. (Wird ein piezoelektrisches Material mit einer mechanischen Spannung belastet, so entstehen elektrische Ladungen, die als elektrische Spannung gemessen werden können.)

Ermitteln Sie, wo ein einseitig eingespannter Balken am meisten verformt wird, wenn er nach unten oder oben ausgelenkt wird. Überlegen Sie sich auch die Stellen, die bei einer Vollmembran ohne Boss am meisten verformt werden, wenn die Membran sich wölbt. Wie sieht es bei einer Bossmembran aus?

Ein Balken wird in unmittelbarer Nähe seiner Einspannung am stärksten verformt – unabhängig davon, ob er nach oben oder unten ausgelenkt wird. Wird er nach unten ausgelenkt, entstehen auf seiner Oberseite Zugspannungen und auf der Unterseite Druckspannungen. Wird er nach oben ausgelenkt, ist es umgekehrt.

Eine Vollmembran ohne Boss wird in den Randbereichen und in der Mitte am stärksten verformt.

Eine Membran mit Boss verformt sich am äußeren Rand und am Rand des Bosses am stärksten. Der Bereich über dem Boss verformt sich nicht.

Suchen Sie sich ein Material, das sich leicht verformen lässt und eins, das sich schwer verformen lässt. Machen Sie wenn möglich einen praktischen Versuch dazu. Recherchieren Sie, wie groß die jeweiligen E-Moduli der beiden Materialien sind.

Was bedeutet die „Empfindlichkeit“ eines Sensors? Was seine „Auflösung“?

Die Empfindlichkeit beschreibt den kleinsten messbaren Wert. Je kleiner dieser Wert ist, desto höher ist die Empfindlichkeit des Sensors. (Beispiel: Mit einem Lineal ist der kleinste messbare Wert ein Millimeter.)

Die Auflösung beschreibt den Abstand zwischen den einzelnen Werten, die gemessen werden können. Je kleiner dieser Abstand zwischen zwei Werten ist, desto größer ist die Auflösung. (Beispiel: Die Auflösung bei einem Lineal ist ein Millimeter, die bei einem Messschieber ist 0,1 mm.)

Ein Sensor mit einer hohen Auflösung muss nicht unbedingt auch eine hohe Empfindlichkeit haben.

Was bedeutet es einen Sensor zu „charakterisieren“?

Ein Sensor, der neu entwickelt wurde, muss zunächst charakterisiert werden. Das heißt, er muss hinsichtlich seines Messbereichs, seiner Auflösung, seiner Empfindlichkeit, seiner Übertragungsfunktion (welcher Eingangswert entspricht welchem Ausgangswert) und seiner Messfehler untersucht werden. Mit den Ergebnissen der Charakterisierung kann dann ein Datenblatt für den Sensor erstellt werden.

Aufgabe zu Aktoren allgemein:

Beschreiben Sie anhand des Hydraulik-Ventils ausführlich die Funktion eines Energiestellers.

Ein Hydraulik-Ventil verändert den Durchfluss einer Flüssigkeit durch einen Kanal. Wird das Ventil weiter geschlossen, fließt weniger Flüssigkeit durch den Kanal, wird es geöffnet, fließt mehr Flüssigkeit. Die Energie bleibt vor und hinter dem Ventil dieselbe: Flüssigkeit mit einem bestimmten Druck und dem Bestreben zu fließen. Das Ventil „stellt“ die Energie „ein“.

Welche Energieform fließt in einen Elektromagneten hinein, welche geht hinaus?

Hinein fließt elektrische Spannung (= elektrische Energie), heraus kommt eine Stellbewegung (= mechanische Energie)

Berechnen Sie das Volumen und die Oberfläche eines Würfels, der eine Kantenlänge von 50 cm hat. Berechnen Sie außerdem das Volumen und die Oberfläche eines Würfels, der nur eine Kantenlänge von 50 mm hat. Teilen Sie anschließend jeweils für den großen und für den kleinen Würfel die Oberfläche durch das Volumen. Was stellen Sie fest?

$$V_{50\text{ cm}} = (50\text{ cm})^3$$

$$V_{50\text{ cm}} = 125.000\text{ cm}^3$$

$$A_{50\text{ cm}} = 6 * (50\text{ cm})^2$$

$$A_{50\text{ cm}} = 15.000\text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{50\text{ cm}}}{V_{50\text{ cm}}} = \frac{0,12}{\text{cm}}$$

$$V_{50\text{ mm}} = (50\text{ mm})^3$$

$$V_{50\text{ mm}} = 125.000\text{ mm}^3$$

$$A_{50\text{ mm}} = 6 * (50\text{ mm})^2$$

$$A_{50\text{ mm}} = 15.000\text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{50\text{ mm}}}{V_{50\text{ mm}}} = \frac{0,12}{\text{mm}} = \frac{1,2}{\text{cm}}$$

Ergebnis: Der Quotient (= Das Verhältnis) von Oberfläche zu Volumen ist bei dem kleinen Würfel 10 Mal größer als bei dem großen Würfel.

Finden Sie ein praktisches Beispiel, wo sich Trägheitskräfte auf die Funktion eines Makroaktors auswirken.

Beispiel: Sie sind in einem Fitnessstudio und trainieren auf einem Crosstrainer. Dabei haben Sie sicher schon bemerkt, dass es erst einmal schwer ist, die Schwungmasse in Gang zu bringen. Hat man dann eine gewisse Geschwindigkeit erreicht (= Tretfrequenz) geht es viel leichter. Das hat mit der Trägheit der schweren Schwungmasse zu tun, die erst einmal beschleunigt werden muss. Genauso ist es auch bei großen Motoren, deren Läufer eine große Masse hat, die beschleunigt werden muss.

Wo kann dagegen in der „Mikro“-Welt Adhäsion auftreten und die Funktion eines Mikroaktors stören?

Der Läufer eines winzig kleinen rotatorischen Motors muss – wie auch beim großen – gelagert werden. Üblicherweise sitzt er dazu auf einer Achse. Wenn aber die Adhäsion zwischen dem Läufer und der Achse zu groß sind, läuft der Motor nicht an.

In besonderen Fällen skaliert die Aktorkraft nicht mit G^2 , sondern z. B. mit G^1 . Berechnen Sie hierfür, wie die Leistungsdichte skaliert. Die Antwortzeit skaliert wieder mit G^1 . Ist das Ergebnis gut oder schlecht für einen Mikroaktor?

$$\frac{P}{V} = \frac{F * s}{V * t}$$

$$\Leftrightarrow \frac{P}{V} \Rightarrow \frac{G^1 * G}{G^3 * G^1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{P}{V} \Rightarrow G^{-2}$$

Mit $G = 0,1$ erhöht sich die Leistungsdichte des Mikroaktors sogar um Faktor 100! Fazit: Je größer der Wert des negativen Exponenten von G ist, desto stärker erhöht sich die Leistungsdichte bei einer Miniaturisierung des Aktorkonzepts, was natürlich gut ist.

Aufgabe elektrostatisches Aktorprinzip

Berechnen Sie die Kraft eines elektrostatischen Mikroventils mit folgenden Werten:

Anliegende Spannung: 200 V

Abstand zwischen den Elektroden: 20 μm

Dielektrikum: Luft

Fläche der Elektroden: 16 mm^2

Die elektrische Feldstärke E berechnet sich zu

$$E = \frac{200 \text{ V}}{2 * 10^{-5} \text{ m}}$$

$$E = 10.000.000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Die relative Permittivität ϵ_r von Luft ist gleich 1, die elektrische Feldkonstante $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$. Die Fläche der Elektroden beträgt $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ (16 mm^2). Die Kraft berechnet sich dann zu:

$$F = -0,5 * \left(10.000.000 \frac{\text{V}}{\text{m}} \right)^2 * 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} * 1 * 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\Leftrightarrow F = -7,08 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Aufgabe piezoelektrisches Mikroventil

Welchen Piezoeffizienten muss man nehmen, wenn sich das im Rechenbeispiel beschriebene Piezoplättchen *senkrecht* zum anliegenden elektrischen Feld verformt (D. h. es ändert seine Breite bzw. seine Länge)?

d_{31}

Aufgabe FG-Effekt

Besorgen Sie sich wenn möglich Material mit Formgedächtnis-Effekt. Zum Beispiel 0,5 m Draht oder Band von der Fa. Memry GmbH [<http://www.memory-metalle.de/>]. Dem Draht oder dem Band ist vom Hersteller eine gerade Warmform eingeprägt. Verformen Sie den Draht / das Band im kalten Zustand beliebig (nicht zu stark!) und halten Sie es anschließend in ein Glas mit fast kochendem Wasser (Achtung: Verbrühungsgefahr!). Was beobachten Sie?

Das Element formt sich schnell in seine gerade Warmform um

Wenn Sie die Möglichkeit haben: Prägen Sie eine neue Warmform ein (500 °C, 10 min lang, anschließend abschrecken) und machen Sie den Versuch erneut. erinnert sich das Material an die neue Warmform?

Das sollte klappen.