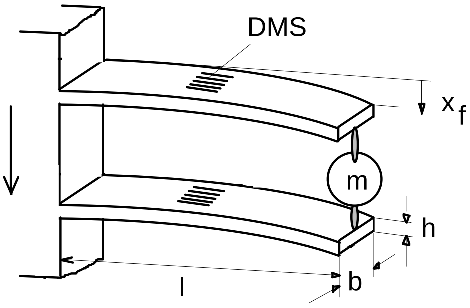
Aufgabe 1: (Beschleunigungsmessung - Level: SS)

In der Meßtechnik werden DMS (Dehnungsmeßstreifen) auf Federkörper aufgeklebt, um physikalische Größen, die Dehnungen verursachen (z.B. Kräfte, Spannungen etc.) zu messen. Siehe Meßtechnik 2. Semester.

Die Abbildung zeigt einen Beschleunigungssensor mit Biegebalken (l = 5 cm, b = 1cm, h = 0,5 mm) mit aufgeklebten DMS und einer "seismischen Masse" m = 0,05 kg mit dem Beschleunigungen gemessen werden sollen.

Wird die Aufhängung des Federbalkens beschleunigt, übt die träge Masse m eine Kraft auf die Feder aus und dehnt sie.



Für die "Dehnung" der Feder gilt:

$$F_{Feder} = \left(\frac{3EI}{l^3}\right) x_f$$

x_f: Auslenkung (Biegepfeil)
E: Elastizitätsmodul ($2{,}1 \cdot 10^7$ N/cm^2)
I: Flächenrägheitsmoment der Feder

a) Welche Eigenfrequenz f_0 hat das System (Feder masselos) ? (f_0 = 23 Hz)

b) Eine Messung der Frequenz ergibt einen Wert, der um 5% niedriger ist als der unter a) berechnete. Wie groß ist der Dämpfungsgrad D und die Abklingkonstamnte δ ? (D = 0,312; δ = 45,2 s^{-1})

c) Die Anordnung wird als Beschleunigungs-Sensor zur Messung von Gebäudeschwingungen im Frequenzbereich von einigen Hz verwendet. Dabei wird das Gehäuse des Sensors am Gebäude befestigt. Die Schwingungsrichtung x_a ist parallel zu x_f .

Stellen Sie die Bewegungsgleichung der "seismischen" Masse m auf und geben Sie mit Hilfe des üblichen Lösungsansatzes die Amplitude $\hat{x}_f(\omega)$ an (masselose Feder - viskose Reibung).

d) Was ergibt sich für $\hat{x}_f(\omega)$ für $\omega << \omega_0$? ($\hat{x}_f(\omega) = \ddot{\hat{x}}_a/\omega_0^2$)

e) Wenn die Federn mit einer Kraft von F = 1 N belastet werden, liefert die DMS Meßbrücke eine Signalspannung von 0,1 V.

Geben Sie die Empfindlichkeit e ($U_a = e\ddot{\hat{x}}_a$) des Beschleunigungsgebers für $\omega << \omega_0$ an. (Man sagt der Geber ist hoch abgestimmt). (e = 0,005 V/(m/s^2))

f) Wie groß ist die maximale Auslenkung und die maximale Beschleunigung, wenn ein Signal mit einer Amplitude von 0,005 V gemessen wird und die Gebäudeschwingungsdauer T = 1,0 s beträgt. ($\ddot{\hat{x}}_a$ = 1 m/s^2; $\hat{x}_a$ = 0,25 m)

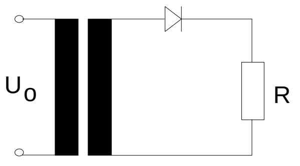
Aufgabe 2: (Schwinger mit konstanter Dampfungskraft - r4/3 - Level: M)

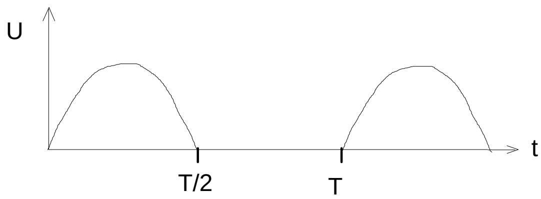
Ein einfacher Schwinger (Masse m = 5 kg, Direktionskonstante D = 800 N/m) wird durch eine konstante Reibungskraft $F_R = \mu F_N$ = 6 N gedämpft.

a) Nach wieviel Halbschwingungen und nach welcher Zeit kommt die Masse zur Ruhe, wenn die Anfangsauslenkung x_0 = 10 cm und die Anfangsgeschwindigkeit v_0 = 0 beträgt ? (1,49 s < t < 1,73 s)

Aufgabe 3: (Resonanzanregung - Level: M-S)

Ein einfaches Gleichspannungsnetzteil (Einweggleichrichter) besteht aus der skizzierten Schaltung und liefert am Widerstand den gezeichneten "Gleichspannungsverlauf".





a) Zeichnen Sie in die obige Skizze hinein, welche Gleichspannungs-, Grund- und Oberschwingungsanteile in der Fourierreihe vorkommen werden. (Berücksichtigen Sie dabei vor allem die Symmetrie der Kurve).

b) Berechnen Sie den Gleichspannungsanteil ($a_0 + b_0$).

c) Berechnen Sie die Fourierkoeffizienten a_n und b_n.

Das auftretende Integral $\int \sin(\omega t)\cos(\omega t)\mathrm{d}t$ finden Sie in Ihrer math. Formelsammlung (z.B. Bronstein).

d) Versuchen Sie die gleiche Rechnung mit komplexer Fourieranalyse.