

Praktikum 4: Auslegung eines Schwingungstilgers

In diesem Praktikum soll die Brücke aus der vorigen Aufgabe zur Unterdrückung von Resonanzproblemen um einen Schwingungstilger erweitert werden. Um dies zu erreichen, wird eine gedämpft gefederte Masse als Schwingungstilger angebaut, wie schematisch in Abbildung 1 dargestellt.

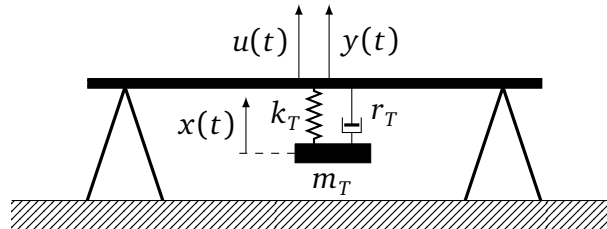


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Brücke mit Schwingungstilger. Wie üblich ist der dimensionslose Reibungskoeffizient definiert als $d_T = \frac{r_T}{2\sqrt{m_T k_T}}$.

Aufgabe 1 (Überprüfen der DGLs):

Überzeugen Sie sich davon, dass das System aus Brücke und Tilger durch die gekoppelten Gleichungen

$$m_B \ddot{y}(t) + (r_B + r_T) \dot{y}(t) + (k_B + k_T) y(t) = r_T \dot{x}(t) + k_T x(t) + u(t) \quad (1)$$

$$m_T \ddot{x}(t) + r_T \dot{x}(t) + k_T x(t) = r_T \dot{y}(t) + k_T y(t) \quad (2)$$

beschrieben wird. Dabei sind $x(t)$ und $y(t)$ die Auslenkung von Tilger und Brücke aus der Ruhelage.

Aufgabe 2 (Bestimmung der Übertragungsfunktion):

Bestimmen Sie die Übertragungsfunktionen, welche

- die Auslenkung $x(t)$ der Tilgermasse als Antwort auf die Auslenkung $y(t)$ der Brücke und
- die Auslenkung $y(t)$ der Brücke als Antwort auf die äußere Kraft $u(t)$ beschreiben.

Aufgabe 3 (Erste Versuche):

Um einen ersten Eindruck zu gewinnen, ob der Tilger die Schwingung reduziert, wählen Sie folgende Parameter:

- Aus der vorigen Praktikumsaufgabe: $m_B = 250 \text{ kg}$, $r_B = 550 \text{ Ns/m}$, $k_B = 30\,000 \text{ N/m}$
- Tilgermasse $m_T = 25 \text{ kg}$,
- Dämpfung des Schwingungstilgers $d_T = 0,1$,
- Die Eigenfrequenz des Schwingungstilgers soll mit der Eigenfrequenz der Brücke übereinstimmen, denn dann kann der Schwingungstilger im kritischen Resonanzbereich besonders viel Energie absorbieren.

Stellen Sie für diese Parameter folgende Größen graphisch dar:

- Den Amplitudengang von Brücke mit und ohne Tilger (in einem Plot, damit beide Fälle besser verglichen werden können) einschließlich der Resonanzüberhöhung. Verwenden Sie eine logarithmische Frequenzeinteilung im Bereich $1 \text{ s}^{-1} \leq \omega \leq 100 \text{ s}^{-1}$.

- (b) Das Pol-Nullstellen-Diagramm der Brücke mit und ohne Schwingungstilger (Matlab Funktion pzmap).
- (c) Die Bewegung der Brücke mit und ohne Schwingungstilger sowie die Bewegung der Tilgermasse relativ zur Brücke als Antwort auf die skalierte Sprungfunktion aus Gleichung:

$$u(t) = u_0 \cdot \sigma(t) \quad \text{mit } u_0 = -750 \text{ N} \quad (3)$$

Aufgabe 4 (Optimierung des Schwingungstilgers):

Offensichtlich kann der Schwingungstilger noch optimiert werden. Behalten Sie die Masse m_T bei, aber suchen Sie optimale Parameter d_T und k_T , so dass die Resonanzüberhöhung der Brücke mit Schwingungstilger minimal wird. Welchen Wert hat Eigenfrequenz des Schwingungstilgers nach der Optimierung?

- (a) Erstellen Sie für das optimierte System die gleichen graphischen Darstellungen wie in der vorigen Aufgabe.
- (b) Stellen Sie außerdem die Bewegung der Brücke mit und ohne Tilger sowie die Bewegung der Tilgermasse relativ zur Brücke als Antwort auf das Eingangssignal

$$u(t) = u_0 + \hat{u} \cdot \sin(2\pi f t) \quad \text{mit } u_0 = -750 \text{ N}, \quad \hat{u} = 250 \text{ N}, \quad f = 1,75 \text{ Hz} \quad (4)$$

graphisch dar. Wieviel Platz würden Sie der Tilgermasse zum Schwingen geben?