



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



Úloha č. 2 Tlumené a netlumené kmitání nosníku

Protokol z měření

Laboratoře 1

Jaroslav Kopřiva

Daniel Kohout

Liberec

2011

Materiál vznikl v rámci projektu ESF (CZ.1.07/2.2.00/07.0247)

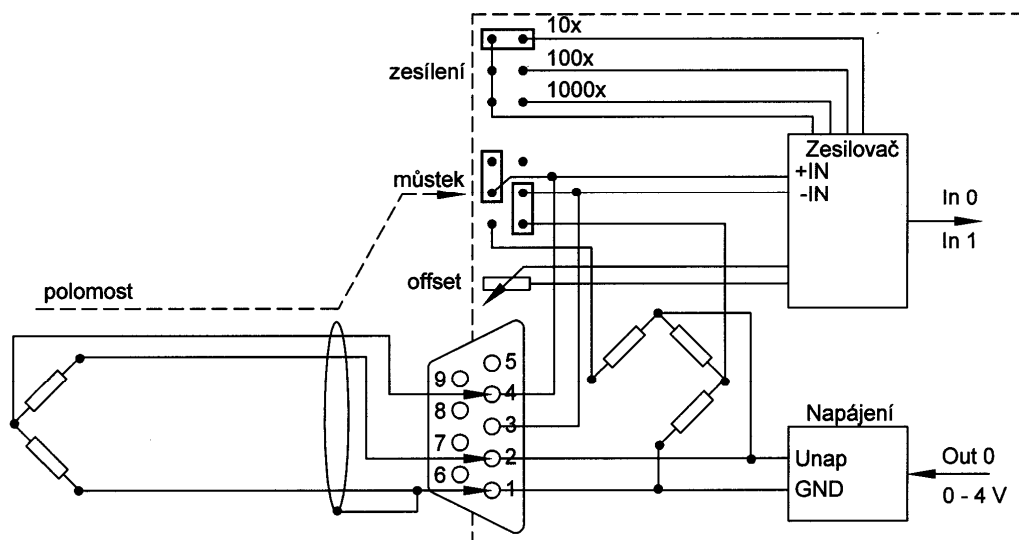
Reflexe požadavků průmyslu na výuku v oblasti automatického řízení a měření,
KTERÝ JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY



Úvod

Cílem této úlohy *Tlumené a netlumené kmitání nosníku* změřit vlastní frekvence netlumeného kmitání v závislosti na kmitající hmotě a tyto hodnoty porovnat s teorií. Dalším úkolem bylo experimentálně určit koeficient tlumení Delta (z logaritmického dekrementu útlumu theta) při kmitání destičky v různých kapalinách (destilovaná voda, mýdlo). K měření jsme použili nosník s tenzometry (snímače, které převádějí deformaci na změnu elektrického odporu) z minulé úlohy (hustoměr). Obměna spočívala v tom, že nebyl použit pingpongový míček, ale na konec nosníku jsme připevnili nejprve zátěž v podobě matic a dále destičku, kterou jsme ponořili do různých kapalin. Opět jsme pomocí dvou tenzometrů zapojených do polomostu měřili změnu elektrického napětí, v závislosti na změně deformace příčného nosníku. Pro toto měření jsme si sami naprogramovali měřicí kartu ve vývojovém prostředí LabView.

Měřicí obvod – polomost



Zesílení = 1000

Gauge faktor tenzometru $k = 2,08$

El. odpor tenzometru $R = 120\Omega$

Vzorkovací frekvence $f = 1\text{kHz}$

Napájecí napětí $U_N = 4\text{V}$



Konstanty nosníku

Materiál – hliník

$E = 70 \text{ GPa}$

Tloušťka nosníku $h = 0,76 \text{ mm}$

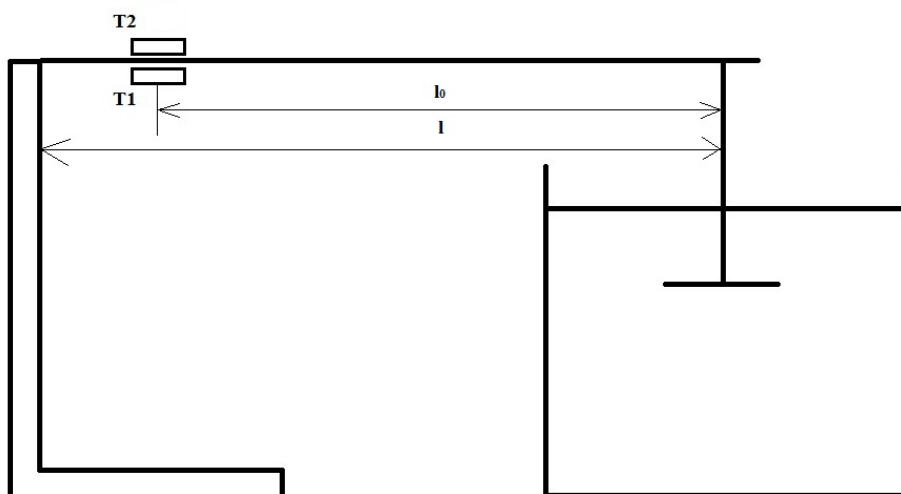
Šířka nosníku $b = 20,01 \text{ mm}$

Délka nosníku $l = 205,5 \text{ mm}$

Hmotnost matice M17 = 10,2 g

Hmotnost matice M19 = 14,45 g

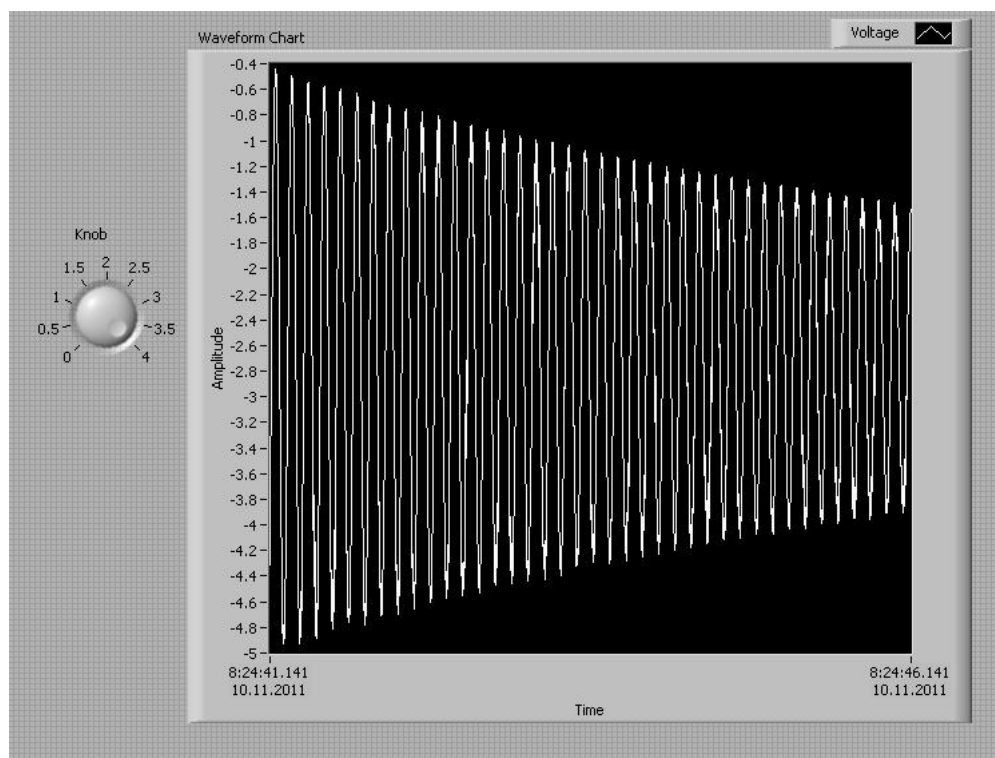
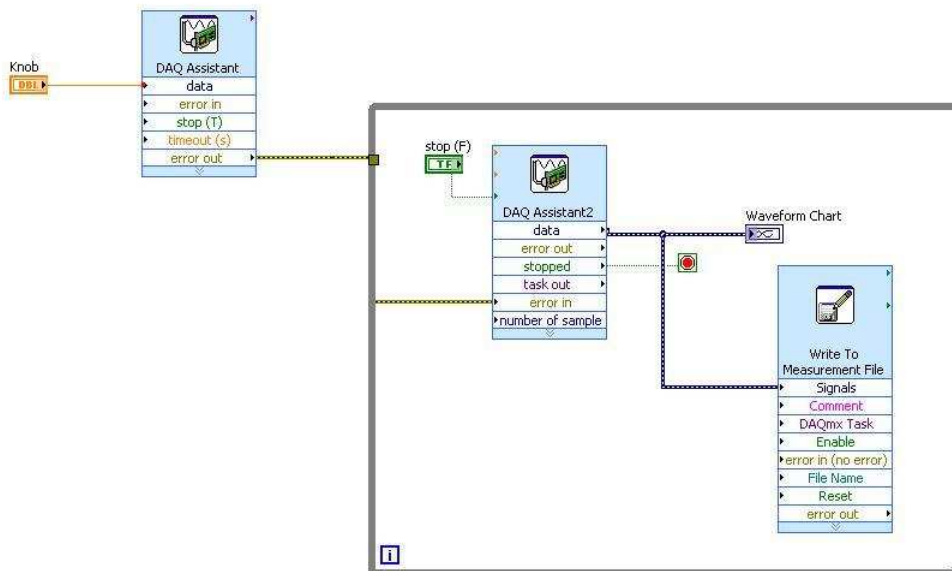
Náčrt měřicího systému





Měřicí software – LabView

Na prvním obrázku vidíme samotný program pro měřicí kartu. Použili jsme bloky DAQ Assistant pro určení vstupů a výstupů karty, dále blok Write To Measurement File pro ukládání hodnot do souboru. Knob je použit pro nastavení napájecího napětí (0 – 4 V), Waveform Chart pro zobrazení průběhu napětí. Na druhém obrázku vidíme ovládací panel.

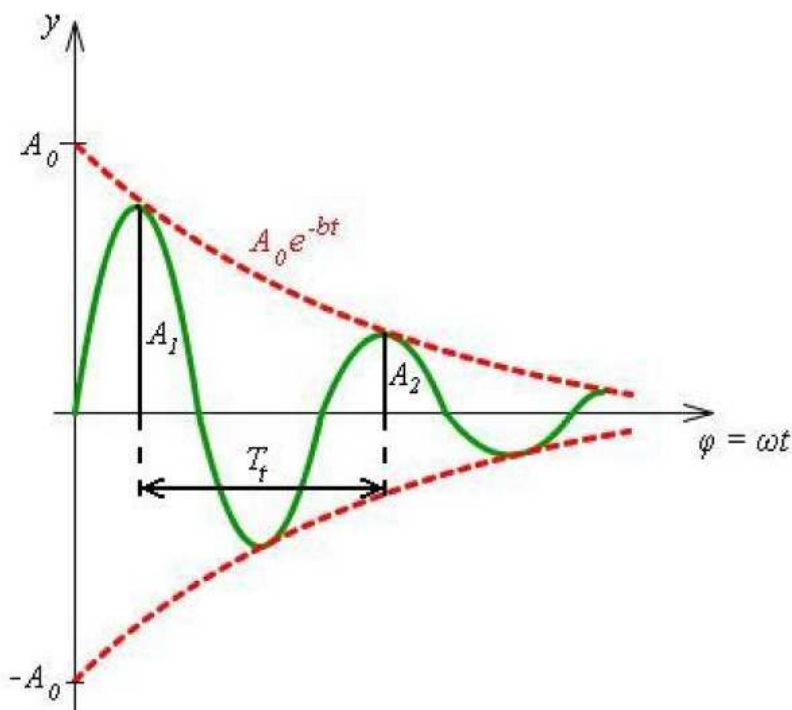




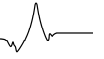
Popis měření

Nejprve jsme změřili vlastní kmity nezátíženého nosníku. Dále jsme postupně zatěžovali nosník maticemi (M17, M19). Tímto jsme změřili charakteristiky vlastní frekvence netlumeného kmitání v závislosti na kmitající hmotě. Při měření útlumu v kapalinách, jsme k nosníku připevnili destičku, kterou jsme ponořili do kapaliny (destilovaná voda, mýdlo). Poté jsme již postupovali stejně a změřili útlumové charakteristiky.

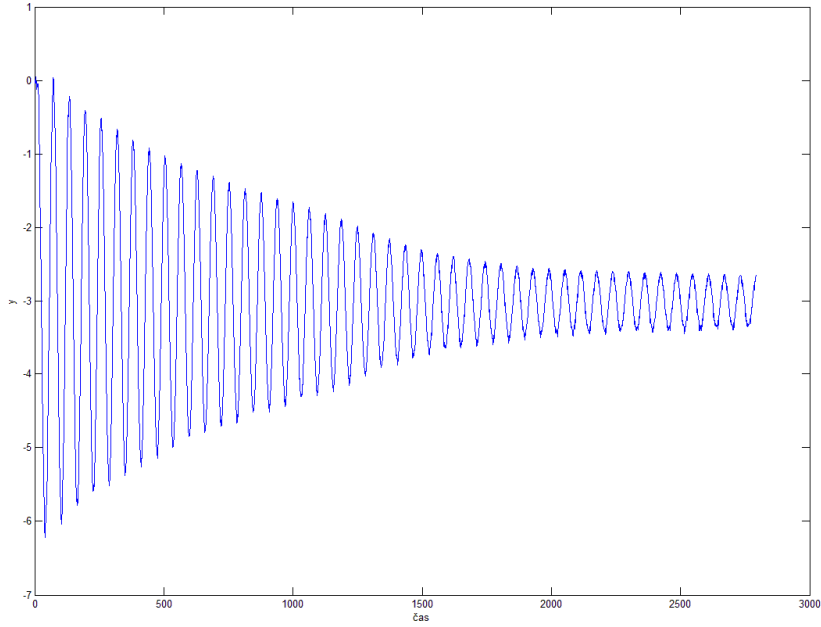
Naměřené hodnoty



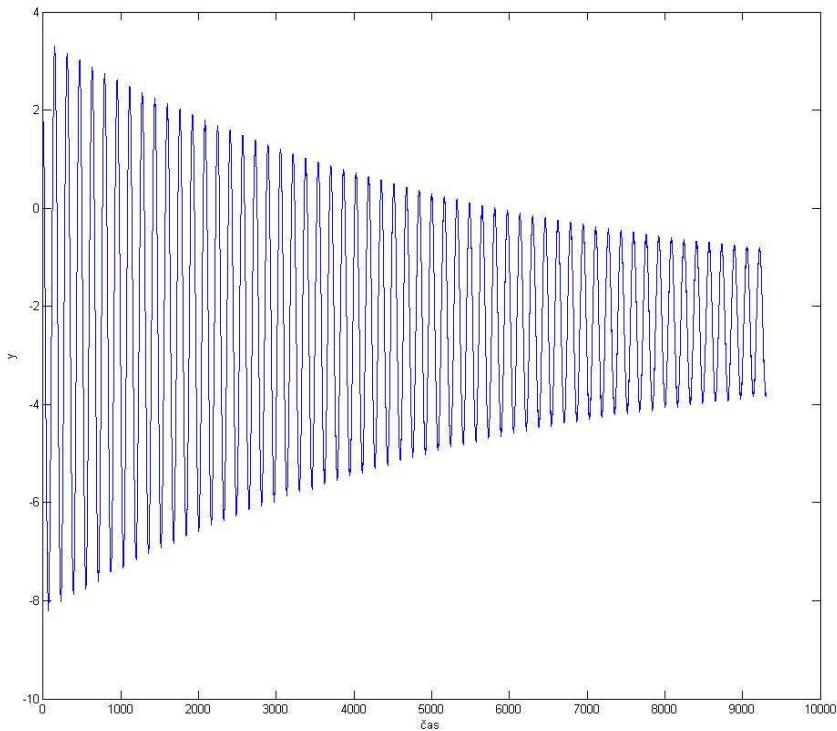
Pro výpočty jsme vždy používali hodnoty výchylek druhé a třetí amplitudy. První hodnota byla vždy zatížena chybou, když jsme nosník rozkmitávali a u dalších hodnot amplitud již často byl minimální rozdíl, zvláště u tlumeného kmitání, kde jsme získali jen 3 hodnoty amplitud. Hodnotu periody jsme odečetli z charakteristik z průchodů nulou.



Nezatížený nosník

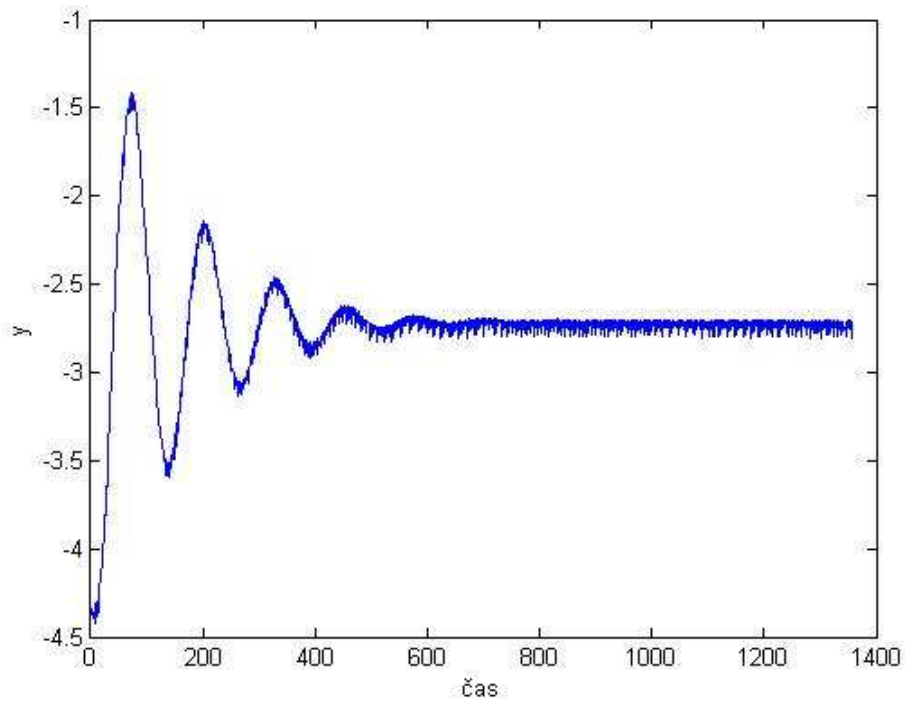


Zatížený nosník maticí M19

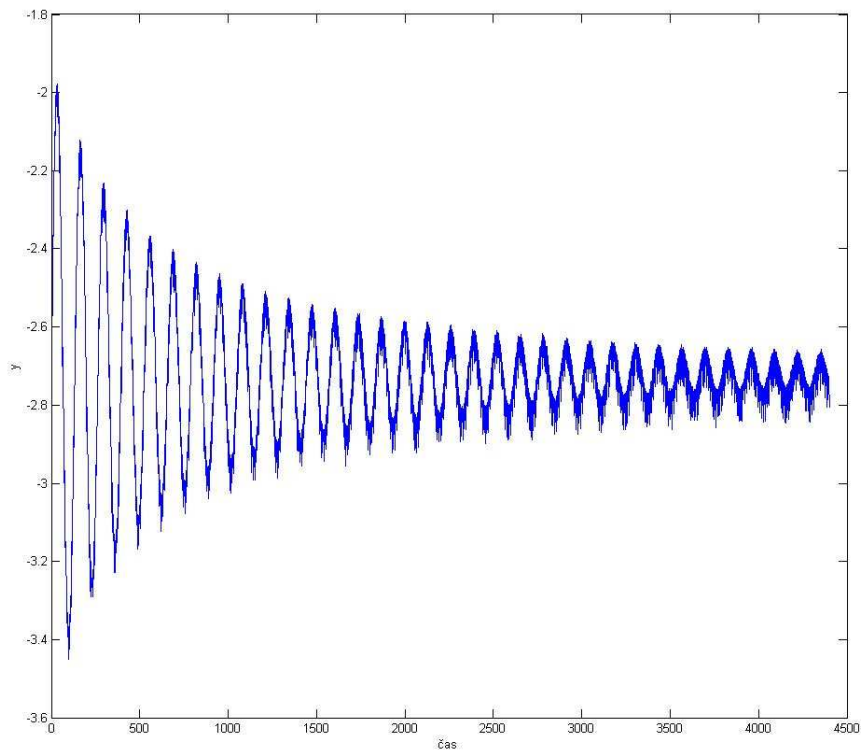




Tlumené kmity v tekutém mýdлу



Tlumené kmity v destilované vodě





Teoretické hodnoty vlastních frekvencí

Nezatížený nosník:	$f = 14,584 \text{ Hz}$
Zatížený nosník M17:	$f = 5,806 \text{ Hz}$
Zatížený nosník M19:	$f = 5,205 \text{ Hz}$

Naměřené hodnoty vlastních frekvencí

Nezatížený nosník:	$f = 16,949 \text{ Hz}$
Zatížený nosník M17:	$f = 7,299 \text{ Hz}$
Zatížený nosník M19:	$f = 6,211 \text{ Hz}$

Naměřené hodnoty útlumu v kapalinách

Bez kapaliny:	$\delta = 0,0296$	$\lambda = 0,2905$
Destilovaná voda:	$\delta = 0,1967$	$\lambda = 1,479$
Mýdlo:	$\delta = 0,802$	$\lambda = 6,2163$

Teoretické vztahy

Vztahy pro výpočet vlastních kmitů

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad k = \frac{3EJ}{l^3} \quad J = \frac{bh^3}{12} \quad m_{red} = \frac{1}{4} m_{nosník} \quad m_{nosník} = V\rho$$

Vztahy pro výpočet útlumu

$$\lambda = \frac{\delta}{T_D}$$

$$\delta = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$$

$\lambda \dots$ útlum

$\delta \dots$ logaritmický dekrement útlumu

Výpočet nezatíženého nosníku (vlastní kmit, útlum)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{3E \frac{bh^3}{12}}{m_{red}}} = \sqrt{\frac{3 * 70 * 10^9 * \frac{20,01 * 10^{-3} * (0,76 * 10^{-3})^3}{12}}{0,0021}} = 91,6341 \text{ rad/s}$$

$$f_{teoretické} = \frac{\omega}{2\pi} = 14,584 \text{ Hz}$$

$$f_{naměřeno} = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,059} = 16,949 \text{ Hz}$$

$$\delta = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right) = \ln\left(\frac{2,4836}{2,4111}\right) = 0,0296$$

$$\lambda = \frac{\delta}{T_D} = 0,2905 \text{ s}^{-1}$$



Nosník	Vlastní frekvence naměřená [Hz]	Vlastní frekvence teoretická [Hz]
Nezatížený nosník	16,949	14,584
Zatížený nosník M17	7,299	5,806
Zatížený nosník M19	6,211	5,205

Kapalina	δ	λ
Bez kapaliny	0,0296	0,2905
Destilovaná voda	0,1967	1,479
Mýdlo	0,802	6,2163

Závěr

Z naměřených hodnot vlastních frekvencí vyplývá, že se vzrůstající zátěží na nosníku klesá vlastní frekvence. Toto se potvrdilo i teoretickým výpočtem. Naměřené útlumové charakteristiky mají exponenciální charakter, což také odpovídá teorii. Hodnoty amplitud útlumových charakteristik jsme odečetli z grafů. Nejvyšší útlumu jsme dosáhli ponořením destičky do mýdla, které mělo nejvyšší hustotu. Hodnoty naměřených vlastních frekvencí přibližně odpovídají teoretickým hodnotám, z toho usuzujeme, že měření proběhlo v pořádku. Chyba mohla vzniknout při odečítání periody z grafu nebo při měření rozměrů nosníku.



Poděkování: Tento text vznikl za podpory projektu ESF CZ.1.07/2.2.00/07.0247
Reflexe požadavků průmyslu na výuku v oblasti automatického řízení a měřen.
Formát zpracování originálu: titulní list barevně, další listy včetně příloh černobíle.