

Úloha č. 3

Měření přenosového útlumu materiálůÚkoly měření:

1. Proměřte frekvenční závislosti přenosového útlumu pro 4 různé typy materiálů s dvěma různě velkými setrvačnými zátěžemi.
2. Měření přenosového útlumu proveďte ve frekvenčním pásmu $f = \langle 50 \div 1000 \rangle$ Hz s frekvenčním krokem $\Delta f = 25$ Hz.
3. Z výsledků měření podle bodu 2 sestrojte grafy frekvenčních závislostí přenosového útlumu.
4. Z naměřených frekvenčních závislostí porovnejte materiály navzájem mezi sebou z hlediska přenosového útlumu. Zhodnoťte vliv druhu a tloušťky materiálů, frekvence a velikosti setrvačné zátěže. Proveďte doporučení nejvhodnějších materiálů pro tlumení vibrací v určitých frekvenčních pásmech.

Použité přístroje a pomůcky:

1. vzorky materiálů o půdorysných rozměrech 60 mm x 60 mm umístěné mezi dvěma kovovými deskami, posuvné měřítko, setrvačná zátěž, vibrátor, zesilovač, analyzátor, počítač.

Základní pojmy, teoretický úvod:

Vibracemi se rozumí jakýkoliv pohyb, který se opakuje v periodických intervalech. Jsou dány pohybem pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body kmitají okolo své rovnovážné polohy. Mechanické kmitání je obecně v technické praxi nežádoucí a je převážně vyvozováno různými stroji nebo prostředky, např. dopravními prostředky, domácími elektrickými spotřebiči a výrobními stroji. V některých případech může být také mechanické kmitání užitečné a žádoucí, např. u vibračních síťových třídičů, vibračních pýchovacích zařízení, vibračních válců apod.

Vibrace jsou charakterizovány časovými závislostmi vektorů výchylky $\vec{y} = \vec{f}(t)$, rychlosti $\vec{v} = \dot{\vec{f}}(t)$ a zrychlení $\vec{a} = \ddot{\vec{f}}(t)$. Kromě těchto veličin se pro charakterizaci vibrací používají i decibelové veličiny (např. hladinové veličiny podobně jako v akustice). Jednou z decibelových veličin, která charakterizuje schopnost materiálů z hlediska tlumení mechanických vibrací, je přenosový útlum D_p , který je definován rovnicí:

$$D_p = 20 \cdot \log \frac{|v_1|}{|v_2|} = 20 \cdot \log \frac{|F_1|}{|F_2|}, \quad (1)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



kde: v_1 je amplituda rychlosti na vstupu 1 do kmitavé soustavy, v_2 - amplituda rychlosti na výstupu 2 z kmitavé soustavy, F_1 - amplituda síly na vstupu 1 do kmitavé soustavy a F_2 - amplituda síly na výstupu 2 z kmitavé soustavy.

Z hlediska velikosti přenosového útlumu mohou nastat (obecně při určité frekvenci kmitání) tři případy:

- $D_p > 0$, kdy amplituda výstupní veličiny je menší ve srovnání s amplitudou vstupní veličiny a tím dochází k tlumení mechanických vibrací.
- $D_p = 0$, kdy amplituda výstupní veličiny je rovna amplitudě vstupní veličiny a tím nedochází k žádnému přenosovému tlumení.
- $D_p < 0$, kdy amplituda výstupní veličiny je větší ve srovnání s amplitudou vstupní veličiny a tím dochází k tzv. rezonanci.

Přenosový útlum závisí kromě typu materiálu zejména na frekvenci mechanického kmitání, dále na tloušťce materiálu, velikosti setrvačné zátěže, struktuře materiálu (např. objemová pórovitost, velikost a tvar pórů apod.), teplotě aj.

Definice: Přenosový útlum je decibelová veličina, která charakterizuje materiály z hlediska jejich schopnosti tlumit mechanické vibrace.

Princip metody měření přenosového útlumu:

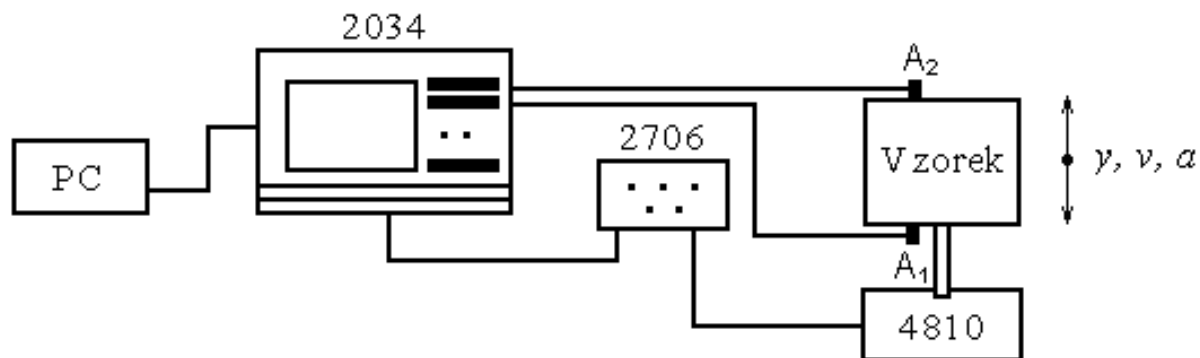
Přenosový útlum se měří metodou nucených kmitů na měřicí aparatuře sestávající z budicího vibrátoru typu Brüel & Kjær 4810, zesilovače typu Brüel & Kjær 2706, analyzátoru typu Brüel & Kjær 2034 a počítače PC pro ukládání a vyhodnocení naměřených dat. Schéma zapojení této měřicí aparatury je znázorněno na obr. 1. Fotografie této aparatury je zobrazena na obr. 2. Měřený vzorek čtvercového průřezu o půdorysných rozměrech 60 mm x 60 mm je umístěn mezi dvěma ocelovými deskami (horní a dolní deskou). Ve středu těchto desek jsou šrouby, díky kterým lze vzorek umístěný mezi deskami (pomocí vhodného lepidla) přišroubovat ze spodní strany k vibrátoru a z horní strany k přídavné setrvačné zátěži. Tímto způsobem je vzorek pevně připojen k vibrátoru, který je zdrojem nuceného kmitání. Na dolní a horní straně vzorku jsou připevněny snímače zrychlení A_1 a A_2 (viz obr. 1) pro měření zrychlení na obou stranách vzorků.

V případě harmonického sinusového budicího signálu lze rovnici (1) pro přenosový útlum vyjádřit pomocí vztahu:

$$D_p = 20 \cdot \log \frac{|a_1|}{|a_2|}, \quad (2)$$

kde: a_1 je amplituda zrychlení na vstupu 1 do kmitavé soustavy a a_2 - amplituda zrychlení na výstupu 2 z kmitavé soustavy.

Přenosový útlum při dané frekvenci kmitání se tedy stanoví metodou nuceného kmitání pomocí rovnice (2) měřením amplitud zrychlení na vstupní a výstupní straně vzorku.



Obr. 1: Schéma zapojení měřicí aparatury pro měření přenosového útlumu.



Obr. 2: Fotografie měřicí aparatury pro měření přenosového útlumu.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Postupy měření a pokyny k úloze:

Při měření frekvenčních závislostí přenosového útlumu postupujte následovně:

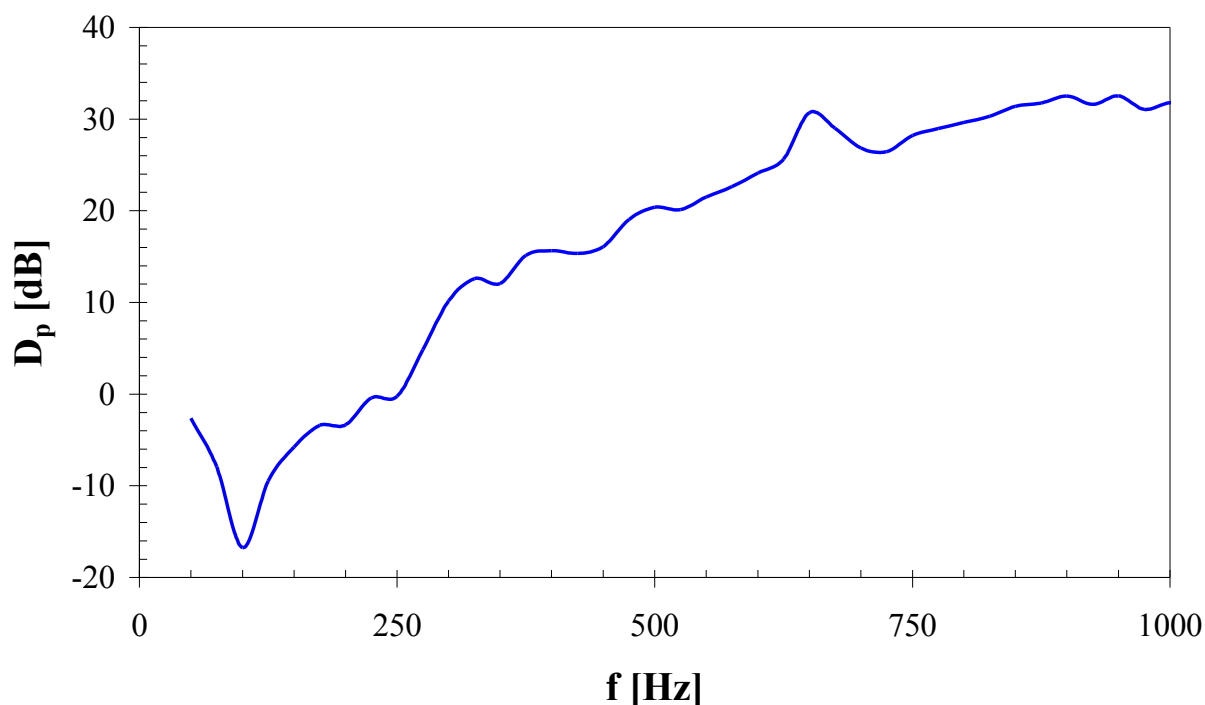
- Specifikujte a proměřte výšky jednotlivých druhů materiálů (celkem 4 druhy), které budete srovnávat při měření přenosového útlumu.
- Zapněte program **E:\KMITY\vibr1.bat**.
- Po zapnutí programu v poloze „**Parametry**“ proveďte nastavení parametrů snímačů zrychlení podle podkladů, které jsou přiloženy k jednotlivým snímačům.
- Po nastavení parametrů snímačů zrychlení spusťte položku „**Měření**“ a zadejte název vzorku, který bude měřen.
- Poznámka: Názvy vzorků mohou obsahovat maximálně 8 znaků. Zadávejte takové názvy, ze kterých bude patrné, že se jedná o zatížení daného vzorku s malou, (resp. velkou) setrvačnou zátěží (např. pryžový vzorek zatížený pouze malou setrvačnou zátěží, tj. horní deskou, nazveme „pryzm“ a pryžový vzorek zatížený velkou setrvačnou zátěží nazveme „pryzv“).
- Současně při zadávání názvu vzorku upevněte tento vzorek se dvěma kovovými deskami do vibrátoru (našroubováním) a připevněte snímače zrychlení A a B k jednotlivým deskám pomocí magnetického kontaktu. Snímač A je přitom připevněn ke spodní desce (jedná se o budící část) a snímač B je připevněn k horní desce (jedná se o volnou část). V případě zatížení vzorku vyšší setrvačnou zátěží přišroubujte zatěžující kotouče k horní desce.
- Poznámka: Aby bylo měření přesnější, umístěte snímače zrychlení co nejblíže středu desek a nad sebou, tzn. aby pokud možno osy obou snímačů ležely v jedné svislé přímce.
- Po zadání názvu vzorku a upevnění vzorku se snímači zrychlení k vibrátoru zadejte parametry testovaného vzorku, tzn. teplotu, hmotnost horní desky (tzn. čelisti), hmotnost závaží, počáteční frekvenci, frekvenční krok, koncovou frekvenci a rozměry vzorku. Půdorysnými rozměry vzorku jsou šířka a tloušťka vzorku s rozměry 60 mm x 60 mm. Délkou vzorku se rozumí výška vzorku změřená posuvným měřítkem.
- Poznámka: Hmotnost horní desky je $m_1 \cong 85$ g. Hmotnost závaží činí $m_z \cong 415$ g. Celková setrvačná zátěž vzorku zatíženého horní deskou a závažím tedy činí $m_2 = m_1 + m_z \cong 500$ g. Hmotnost snímače B se zanedbává a nezahrnuje se do setrvačné zátěže.
- Po zadání parametrů zkoumaného vzorku znovu zadejte název souboru, do kterého mají být uloženy výsledky. Následně příkazem „**Start**“ spusťte vlastní měření.
- Po ukončení měření znovu spusťte položku „**Měření**“ a postupujte při zadávání názvu a parametrů vzorku, upevnění vzorku k vibrátoru a spuštění měření podobným způsobem, jak je uvedeno výše.
- Výsledkem těchto měření je celkem 8 frekvenčních závislostí přenosového útlumu. Každý vzorek se tedy měří dvakrát, jednou se setrvačnou zátěží o hmotnosti m_1 a podruhé zatížený setrvačnou zátěží o hmotnosti m_2 .
- Po provedení všech měření ukončete program kliknutím na položku „**Konec**“.
- Naměřená data jsou nyní uložena v souborech ve formátu .res. Aby bylo možno s naměřenými daty pracovat, je třeba provést transformaci těchto dat do

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



formátu .txt. Tuto transformaci proveďte pomocí programu **E:\KMITY\vibr_res2.exe**.

- V programu Excel následně s využitím textových souborů sestojte grafické závislosti přenosového útlumu na frekvenci. Příklad frekvenční závislosti přenosového útlumu je uveden na obr. 3.
- Na závěr porovnejte jednotlivé materiály z hlediska jejich schopnosti tlumit mechanické vibrace. Zhodnoťte dále vliv tloušťky materiálu, velikosti setrvačné zátěže a budicí frekvence. Proveďte doporučení nejvhodnějších materiálů pro tlumení mechanických vibrací v určitých frekvenčních pásmech. Pro tato srovnání sestojte příslušné grafické závislosti, ze kterých to bude zřejmé.
- Dále vypracujte tabulku, ve které bude pro každý měřený vzorek (celkem tedy pro 8 měření) uvedena minimální (D_{pmin}) a maximální (D_{pmax}) hodnota přenosového útlumu a příslušné hodnoty budicích frekvencí (tzn. f_{Dpmin} a f_{Dpmax}) při těchto hodnotách přenosového útlumu (viz tab. 1).



Obr. 3: Frekvenční závislost přenosového útlumu.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Č. měření	Vzorek	D_{pmin}	f_{Dpmin}	D_{pmax}	f_{Dpmax}
		[dB]	[Hz]	[dB]	[Hz]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Tab. 1: Minimální a maximální hodnoty přenosového útlumu s příslušnými budícími frekvencemi.

Seznam použité a doporučené literatury:

- [1] Nový R.: Hluk a chvění, ČVUT v Praze, (2000).
- [2] Mišun V.: Vibrace a hluk, VUT v Brně, Nakladatelství PC-DIR Real, s. r. o. Brno, (1998).
- [3] Vaňková, M. a kol.: Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí, část I. Skriptum VUT Brno, 1995, 144 s.
- [4] Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Sdělovací technika Praha, 1998, 188 s.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

