

Rezonance na elektrických a mechanických systémech

Martin Tomek - Gymnázium Mariánské Lázně, Ruská 355

Václav Šámal - Gymnázium Říčany

Martin Lovecký - Gymnázium Plasy

Miroslav Graf - Mendelovo gymnázium Opava

sfinxa@centrum.cz

Abstrakt:

Každá hmota ve vesmíru, ať už organická či anorganická, má vlastní unikátní rezonanční frekvenci. Naším úkolem bylo zjistit podobnost mezi rezonancí elektrickou a mechanickou.

1 Úvod

Každá hmota ve vesmíru, ať už organická či anorganická, má vlastní unikátní rezonanční frekvenci. Toho využila například známá sopranistka, která dokázala roztříštit sklenku na víno ve vzdálenosti šesti metrů udržováním specifického tónu. Vydávala jednoduše tón shodný s unikátní rezonanční frekvencí sklenice, rozechvívané sympatickou vibrací až do okamžiku překročení pevnostní tolerance, kdy se její sklo roztříštilo na kousky.

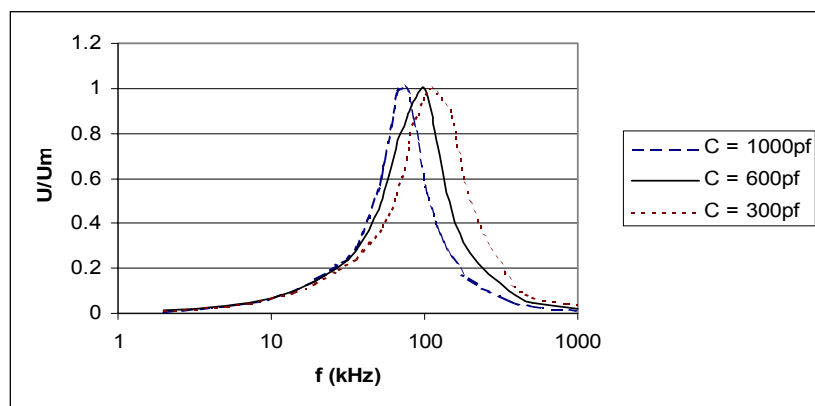
Nepůsobí-li na oscilátor žádná vnější síla, kmitá s vlastní frekvencí ω . Je-li oscilátor tlumený, po čase kmitat přestane. V opačném případě bude pokračovat v netlumeném kmitání. Budeme-li na oscilátor působit periodickou vychylující silou, dojde k jeho rozkmitání. Oscilátor bude vykonávat nucené kmity. Pokud je frekvence budících kmitů shodná s vlastní frekvencí oscilátoru, dojde k rezonanci. Teoreticky vzroste výchylka oscilátoru až do nekonečna. Prakticky se výchylka výrazně zvětší.

2 Elektrická rezonance

Elektrickou rezonanci jsme pozorovali na paralelním RLC obvodu. Zkoumali jsme změny průběhu rezonanční křivky při změně indukčnosti cívky a kapacity kondenzátoru. Do obvodu jsme pouštěli budící kmity napětí o různých frekvencích a pozorovali jsme změnu amplitudy napětí na RLC obvodu.

Když se frekvence budících kmitů shoduje s vlastní frekvencí RLC obvodu, dojde

k rezonanci. Pro vlastní frekvenci RLC obvodu platí vztah $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (2.1)

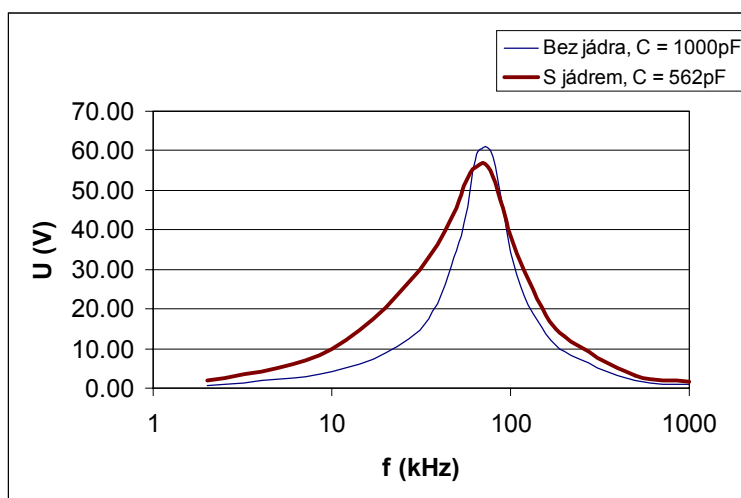


obrázek 1 – Závislost rezonanční křivky na kapacitě kondenzátoru

Vypočtená hodnota rezonanční frekvence (podle 2.1) pro $L = 4,2\text{mH}$ a $C = 1000\text{pF}$ vyšla 78kHz . V praxi jsme naměřili hodnoty mezi 70kHz a 75kHz . Teoreticky spočítaná hodnota je blízká hodnotě naměřené.

Každá obvod je charakterizován svou jakostí, která se projevuje na tvaru rezonanční křivky. Obvod s vyšší jakostí dosahuje vyšší amplitudy při rezonanci a rezonanční křivka narůstá rychleji. Obvod s nižší jakostí dosahuje nižší amplitudy při rezonanci a rezonanční křivka narůstá pomaleji, jak je vidět na obrázku 2. Jakostí se neprojevují jen elektrické obvody, ale všechny ostatní systémy u kterých se objevuje rezonance.

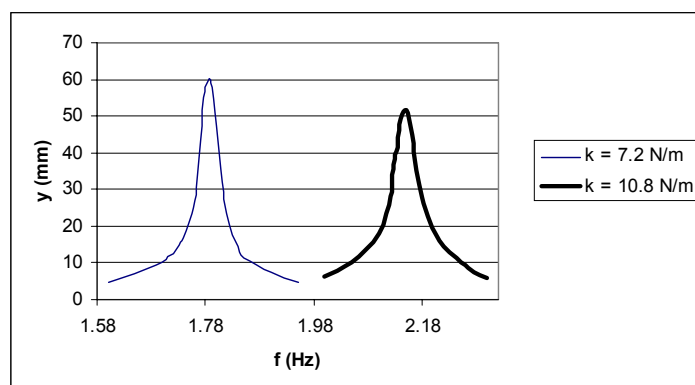
Elektrické rezonance se užívá například v anténách mobilních telefonů, televizních přijímačů a jiných komunikačních zařízeních.



obrázek 2 - Závislost rezonanční křivky na jakosti obvodu

3 Mechanická rezonance

Mechanickou rezonanci jsme zkoumali na závaží zavěšeném na pružině. Jako zdroj mechanických kmitů jsme použili mechanický vibrátor. Pozorovali jsme průběhu rezonančních křivek v závislosti na parametrech pružin (tuhost) a různých hmotnostech závaží. Pokud se frekvence budících kmitů blíží vlastní frekvenci pružiny, dojde k rezonanci.

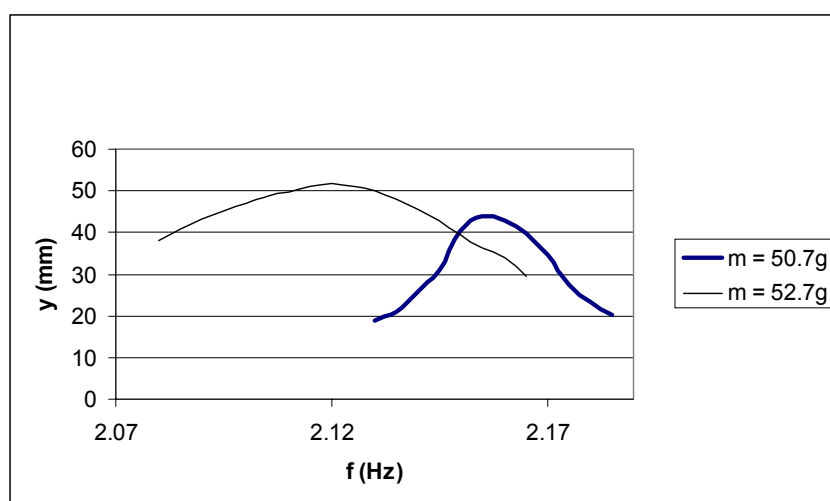


obrázek 3 - Závislost rezonanční křivky na tuhosti pružiny

Pro vlastní frekvenci mechanického oscilátoru platí vztah $f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ (3.1)

Vypočtená hodnota rezonanční frekvence pro $m = 55,2\text{g}$ a $k = 7,2\text{Nm}^{-1}$ vyšla (podle 3.1) $1,82\text{Hz}$. V praxi jsme naměřili hodnotu $1,79\text{Hz}$. Teoreticky spočítaná hodnota je blízká hodnotě naměřené.

Mechanická rezonance nachází užítí například v hudebních nástrojích.



obrázek 4 - Závislost rezonanční křivky na hmotnosti závaží

Tón vytvářený např. strunou je zesilován rezonancí. (U klavíru rezonuje ozvučná deska, u houslí, viol a dalších strunných nástrojů rezonuje jejich tělo a vzduch v něm uzavřený. U dechových nástrojů rezonuje sloupec vzduchu.)

Závažný dopad má rezonanční kmitání mostů a vysokých budov, které vzniká větry a zemětřeseními. Rezonanci velkých budov se věnuje velká pozornost od události zřícení mostu Tacoma Narrows Bridge 7. listopadu 1940. Nové velké budovy jsou konstruovány s ohledem na rezonanci a starší budovy (most Golden Gate Bridge) byly dodatečně modifikovány. Budovy se např. konstruují tak, aby se vlastní frekvence jejich úseků lišily a nedocházelo k rozkmitání velkých celků, komponují se do nich statické pohlcovače kmitů.

4 Shrnutí

V našem projektu jsme se zabývali rezonancí na mechanických a elektrických systémech. Cílem bylo pokusit se o nalezení souvislostí mezi nimi. Pozorovali jsme podobnost průběhu grafu rezonančních křivek a jejich změn v závislosti na změně vstupních parametrů. Rezonance vzniká při konfliktu setrvačné síly a síly pružnosti. Pokud srovnáme elektrický a mechanický systém, odpovídá tuhost pružiny kapacitě kondenzátoru, a hmotnost závaží odpovídá indukčnosti cívky. Setrvačnost je charakterizována závažím (cívkou), pružnost je charakterizována tuhostí pružiny (kondenzátorem). Z toho vyplývá, že nezáleží na druhu rezonance, průběh rezonanční křivky je stejný.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Davidu Koňářikovi a dále vedení FJFI ČVUT a organizátorům fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY: *Fyzikální praktikum II: Měření rezonanční křivky paralelního rezonančního a vázaného rezonančního obvodu*, ČVUT Praha, 2005
- [2] *Sborník FT 2004*, FJFI ČVUT, 2004, 34 - 36
- [3] WALKER, J. - RESNICK, R. - HALLIDAY, D.: *Fyzika část 2*, VUT Brno, 1997, 425 - 427
- [4] SEIFERT, R.: *Vybrané fyzikální demonstrace z mechaniky*
<http://physics.ujep.cz/~rseifert/dipl/diplomka.html> (online 2005)
- [5] *Srážkový systém jako otevřený rezonátor*
<http://www.molecular.cz/~zdanska/ucebnice/Kapitola1.pdf> (online 2005)