Rezonanční jevy na mechanických a elektrických systémech

Mirek Zelený – Gymnázium Matyáše Lercha, Brno
Jaroslav Pavuk – Gymnázium Plasy
Jan Hlous – Gymnázium Plasy
Supervizor: Ing. Ibrahima Ndiaye

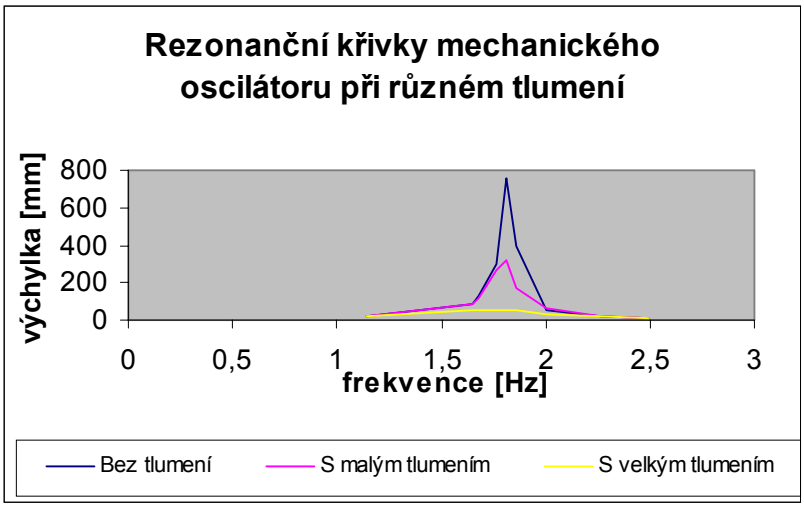
Projekt se zabývá rezonančními jevy pozorovanými jak v mechanických, tak v elektrických soustavách. Tyto jevy se vyskytují v přírodě i v technické praxi, v nichž mají velký význam souvisící s jejich uplatněním v různých oborech např. v telekomunikaci, projektování staveb, elektronice, jaderné fyzice atd., což je důvod, abychom se alespoň částečně prakticky seznámili s jejich základním popisem, principem a základními charakteristikami.
V tomto experimentu jsme zkoumali rezonanční jevy na dvou pružinách o tuhostech k_1=6,5 N. m^{-1} a k_2=9,78 N. m^{-1} a následně i na paralelním rezonantním RLC obvodu, jehož rezonanční křivku jsme proměřili při různých indukčních hodnotách a při různých hodnotách odporu. Ověřili jsme jistou analogii mezi parametry mechanickými a elektrickými. Např. odporu v elektrickém obvodu odpovídá magnetické tlumení v mechanickém systému, podobně magnetická indukce cívky je ekvivalentní hmotnosti závaží.

Úvod

Pokud vychýlíme mechanický oscilátor z rovnovážné polohy silovým impulsem, začne kmitat frekvencí, kterou nazýváme vlastní frekvence oscilátoru. Tato frekvence zůstává konstantní po dobu kmitání, zatímco velikost vychýlení s časem exponenciálně klesá. Hodnota vlastní úhlové frekvence závisí na hmotnosti závaží a tuhosti pružiny a je vyjádřena vztahem $\omega_0=\sqrt{k/m}$. Pokud dodáváme pružině harmonické silové impulsy s frekvencí rovnou vlastní frekvenci, dochází náhle k výraznému zesílení výchylky oscilátoru. V tomto případě mluvíme o rezonanci.
Podobný jev nastává i v případě elektrického LC obvodu.

Mechanický oscilátor

Pohyb harmonického oscilátoru můžeme obecně popsat následující rovnicí: F= m.a. Ovšem F= -k.y - h.v, kde F je síla působící na oscilátor, m hmotnost závaží, k tuhost dané pružiny, y výchylka z rovnovážné polohy, h koeficient tření a v rychlost. Z toho vyplývá obecná pohybová rovnice: $\frac{d2y}{dt2}+2\delta\frac{dy}{dt}+\omega_0^2 y = 0$, kde δ představuje koeficient útlumu.
Při práci s mechanickým oscilátorem jsme nejprve stanovili vlastní frekvenci oscilátoru. Potom jsme pomoc vnějšího budiče působili na oscilátor pravidelnými impulsy a pomocí 2048 fotocitlivých prvků CCD (charged coulped device) jsme zaznamenávali velikosti výchylky oscilátoru. Toto jsme opakovali pro různé stupně tlumení (nulový, malý, větší) a dostali jsme tyto rezonační křivky.



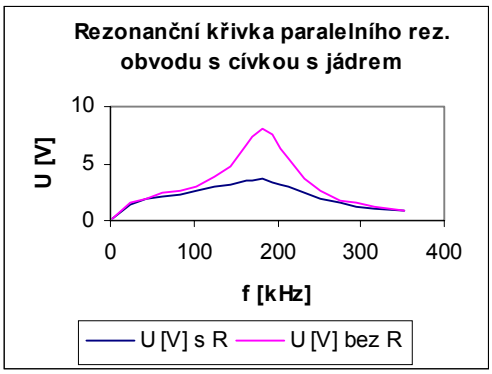
Elektromagnetický oscilátor

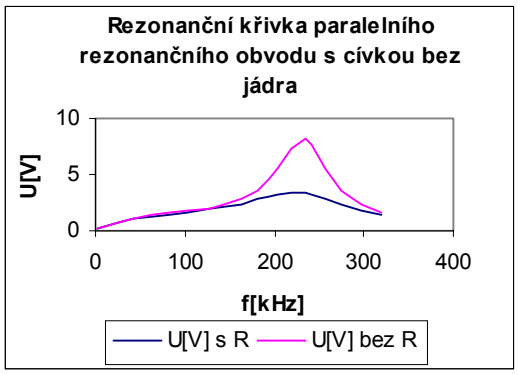
Podobně jako u mechanických oscilátorů obecná rovnice popisující chování elektromagnetického oscilátoru má následující tvar: $U_L+U_C+U_R = 0$

$$\frac{d2I}{dt2}+\frac{RdI}{Ldt}+\frac{1}{LC}=0$$

Vlastní frekvenci oscilačního obvodu můžeme vyjádřit vztahem: $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}-(\frac{R}{L})2}$

Provedli jsme měření RLC obvodu, kde R=4kΩ, C=500pF, L – bez jádra = 0,36mH, - s jádrem = 0,59mH. Uskutečnili jsme 4 měření, pokaždé v jiné kombinaci parametrů součástí.





Závěr

Ověřili jsme, že všechny oscilátory se řídí stejnými fyzikálními principy, pouze fyzikální veličiny, které je popisují jsou odlišné. Např. odporu v elektrickém obvodu odpovídá magnetické tlumení v mechanickém systému, podobně magnetická indukce cívky je ekvivalentní hmotnosti závaží a kapacita kondenzátoru odpovídá tuhosti pružiny.

Použitá literatura

1. EMANUEL SVOBODA A KOLEKTIV: *Přehled středoškolské fyziky* Prometheus, 1996
2. ZDENĚK HORÁK: *Praktická fyzika* Státní nakladatelství technické literatury, 1957
3. KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY:*Fyzikální praktikum II* ČVUT v Praze, 1989