

Rezonanční jevy v mechanických a elektrických systémech

M. Kadlec - Gymnázium Jiřího z Poděbrad
O. Knybel - Gymnázium Ch. Dopplera, Praha
O. Kvítek - Gymnázium Hejčín, Olomouc
R. Řezníček - Gymnázium Český Brod
Supervizor: ing. Ibrahima Ndiaye - FJFI ČVUT

Abstrakt:

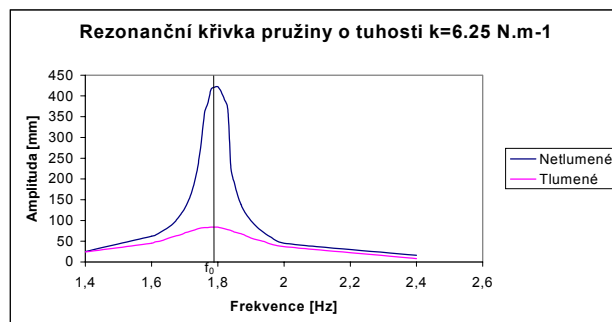
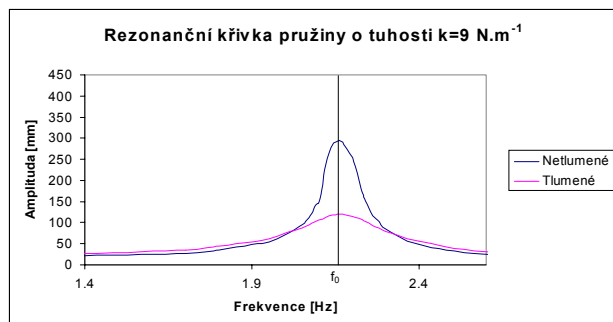
Naším cílem bylo pozorovat a následně porovnat rezonanční jevy na mechanických a elektrických systémech. Důvodem našeho zájmu byl častý výskyt daného jevu v přírodě a v mnohých technických oborech. Výsledkem zkoumání mechanických vlastností dvou pružin o tuhostech $k_1 = 9 \text{ Nm}^{-1}$ a $k_2 = 6,25 \text{ Nm}^{-1}$ a elektrických vlastností RLC obvodu byly rezonanční křivky uvedené v grafech. Z pozorování vyplynula analogie mezi mechanickými a elektrickými veličinami viz. tabulka v závěru.

1 Úvod

Mechanická i elektrická rezonance se vyznačuje shodou frekvence vlastních kmitů mechanické konstrukce či RLC obvodu s frekvencí kmitání generovaného nějakým budícím zdrojem. Existuje-li mezi tímto zdrojem a rezonančním systémem vazba přenášející generované budící kmity, je systém uveden do rezonančního kmitání. Mění-li se frekvence budících kmitů v širším frekvenčním rozsahu, existuje stálý poměr budících a tzv. vynucených kmitů systému mimo interval frekvencí. V něm se kmitání zvětšuje až do frekvence rezonanční a pak opět klesá na úroveň kmitů vynucených. Velikost rezonančního kmitání je omezena tlumením systému.

2 Rezonance mechanického oscilátoru

Nejdříve jsme změřili tuhosti obou pružin. Na nucené kmitání jsme použili mechanický vibrátor SF-9324 a měnili postupně jeho frekvenci v rozmezí 1 Hz. Výsledné výchylky amplitudy můžete vidět v grafech níže. Při pohledu na grafy je zřejmé, že pružina s menší tuhostí dosáhla v rezonanci vyšší amplitudy. Při tlumení Foucoultovými proudy vykazovala tato pružina menší amplitudu.



3 Rezonance na obvodech RLC

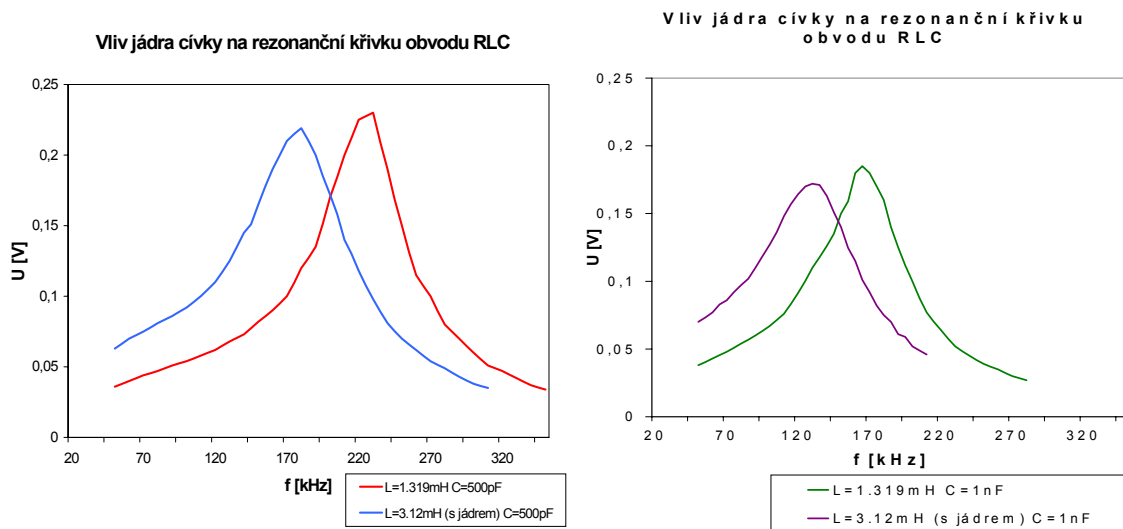
Při měření na paralelních rezonančních obvodech RLC jsme použili 2 generátory funkcí GoldStar F6-8002, čítač TESLA BK 130, elektronický voltmetr TESLA BK 128, digitální osciloskop Hameg Instruments HM 407-2, laditelný kapacitní normál TESLA, odporovou dekádu a cívku s 2 vinutími (stejnsměrný odpor snímaného vinutí 18,8 Ω, 22,6 Ω při měření střídavým proudem (50 Hz)).

L	C	R	Způsob měření
1,32 mH	500 pF	0 Ω	ručně a rozmitáním
1,32 mH	1 nF	0 Ω	ručně
3,12 mH	500 pF	0 Ω	ručně a rozmitáním
3,12 mH	1 nF	0 Ω	ručně
3,12 mH	500 pF	1 kΩ	ručně
1,32 mH	500 pF	400 Ω	rozmitáním
3,12 mH	500 pF	400 Ω	rozmitáním

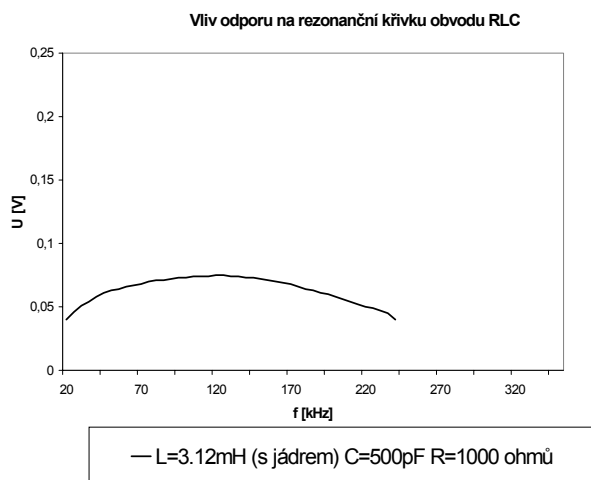
Zkoumali jsme chování obvodu a rezonanční křivky při parametrech uvedených v tabulce vpravo. Výsledky našich měření jsou zaneseny v grafech a v oscilogramech. Při měření jsme vycházeli z následujících vztahů:

$$\omega_0^2 = 1/LC \quad Q = \omega_0 L/R \quad T = 2\pi \sqrt{LC} \quad \omega_0 = \sqrt{[(LC)^{-1} - (R/L)^2]} \quad Q = \sqrt{3 \cdot f_0 / 2(f - f_0)}$$

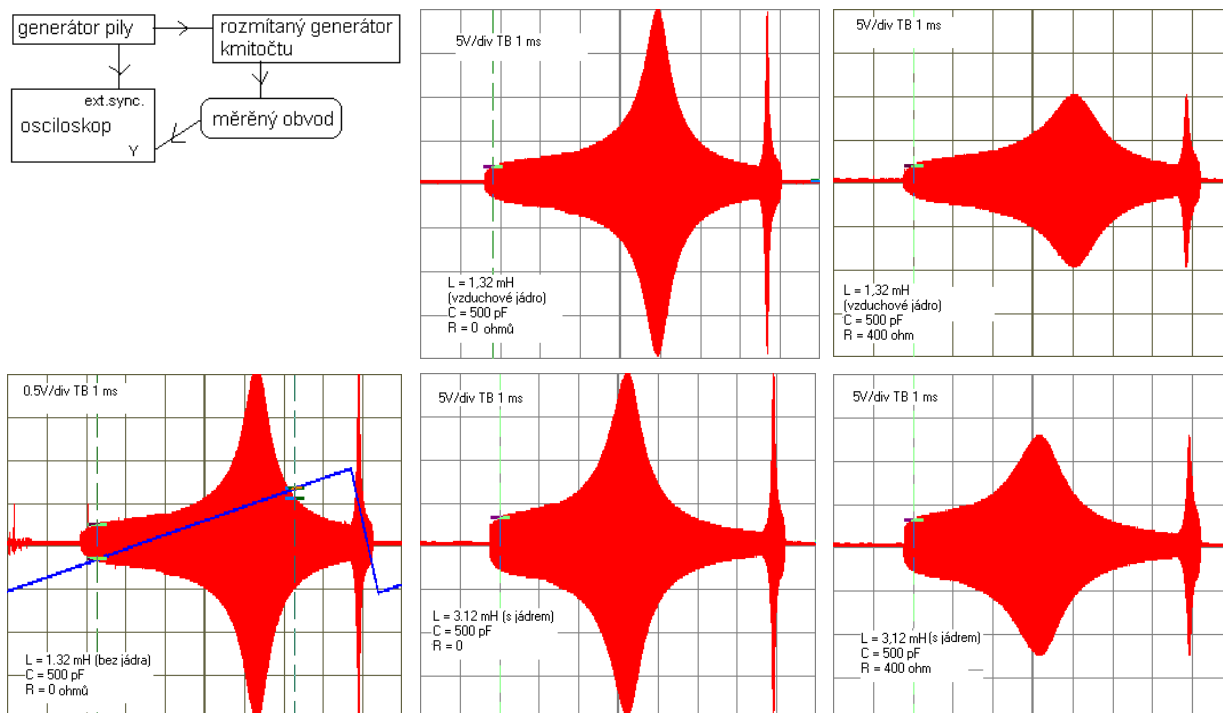
kde f_0 je rezonanční frekvence a f je v polovině výšky rezonanční křivky



Grafy vycházejí z ručně naměřených hodnot (krok 5 – 10 kHz). Z grafů je patrný vliv jádra a odporu na kvalitu rezonančního obvodu a na jeho rezonanční frekvenci.



Oscilogramy (viz níže) byly sejmuty za pomoci zapojení na způsob rozmitáče (viz blokové schéma). Kmitočet generátoru pily byl přibližně 1 kHz. Vlivy parametrů na vlastnosti obvodů jsou zde také patrné. Za zmínku stojí poslední z oscilogramů, na němž, na rozdíl od grafů, snímaný obvod vykazuje vyšší kvalitu s jádrem než bez něj, což však, vzhledem ke kvalitě cívky a velikosti odporu, vychází z rovnice $Q = \omega_0 L/R$.



4 Shrnutí

Vypracováním projektu jsme kromě posouzení kvality zkoumaných rezonančních systémů (viz strmost rezonanční křivky v grafech a oscilogramech) také ověřili analogii rezonančních jevů na mechanických a elektrických systémech. Paralelnost jednotlivých vlastností je zřejmá z následující tabulky:

Všeobecná charakteristika	Mechanická vlastnost	Elektrická vlastnost
nezávislá proměnná	čas t	čas t
závislá proměnná	poloha x	náboj Q
setrvačnost	hmotnost m	indukčnost L
Pružnost	pružnost k	$(\text{kapacita})^{-1} 1/C$
Odpor	koeficient tření $c=\gamma m$	odpor $R=\gamma L$
rezonanční frekvence	$\omega_0^2=k/m$	$\omega_0^2=1/LC$
Perioda	$T=2\pi\sqrt{m/k}$	$T=2\pi\sqrt{LC}$
koeficient jakosti	$Q= \omega_0/\gamma$	$Q= \omega_0 L/R$

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat za podporu a poskytnutí technického zázemí FJFI ČVUT Praha, především vedoucímu FT 2003 ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. (KF FJFI ČVUT) a supervizorovi našeho projektu ing. Ibrahimu Ndiaye.

Reference:

- [1] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY: *Fyzikální praktikum II* Ediční středisko ČVUT, 1989
- [2] HORÁK, Z.: *Praktická fyzika* Státní nakladatelství technické literatury, 1957
- [3] SVOBODA, E.: *Přehled středoškolské fyziky* Prometheus, 1996