

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM FJFI ČVUT V PRAZE

Datum měření: 27.2.2011	Jméno: Jakub Kákona
Pracovní skupina: 2	Hodina: Po 7:30
Spolupracovníci: Viktor Polák	Hodnocení:

Úloha č.3: Měření rezonanční křivky sériového a vázaného rezonančního obvodu

Abstrakt

Úloha se zabývá měřením rezonančních charakteristik, základních RLC obvodů. Určením činitele jakosti obvodu. A určením neznámých hodnot indukčnosti, nebo kapacity v rezonančním obvodu.

1 Úvod

Rezonanční obvod je zapojení elektronických součástek - Indukčnosti (L), Kapacity (C) a případě i elektrického odporu (R). Výsledkem je celek, který má frekvenčně závislé elektrické vlastnosti. A lze jej použít například, jako dolní frekvenční propust, horní frekvenční propust, pásmovou propust, nebo zádrž.

2 Pracovní úkoly

1. Sestavte rezonanční obvod podle obrázku s cívkou bez jádra, frekvenční generátor nastavte do módu obdélníkových pulzů, kapacitní normál Tesla nastavte na kapacitu $C = 500\text{pF}$ a určete frekvenci vlastních kmitů rezonančního obvodu. Porovnejte s předpokládanou hodnotou získanou z Thomsonova vzorce.
2. Zobrazte rezonanční křivku na osciloskopu s frekvenčním generátorem v módu s rozmítáním frekvence. Pozorujte a popište změny rezonanční křivky v souvislosti se zasouváním železného jádra.
3. Proměřte proudovou rezonanční křivku postaveného obvodu. Totéž měření následně proveďte s nasazeným železným jádrem. Kapacitu normálu při tomto druhém měření zmenšete tak, aby jste dosáhli stejné rezonanční frekvence jako v prvním případě. Znázorněte v jednom grafu společně obě rezonanční křivky a stanovte fitováním činitele jakosti měřených rezonančních obvodů. Určete, jak se změnila indukčnost jádra.
4. Proměřte závislost proudu rezonančního obvodu složeného ze vzduchové cívky a ladícího kapacitního normálu Tesla na velikosti kapacity. Zapojení měřícího obvodu je stejné, jako v úkolu 2. Kapacitu nastavte nejprve na hodnotu 500pF , naladěte rezonanční frekvenci a z ní rozlaďte obvod na obe strany zmenšováním a zvětšováním kapacity. Znázorněte graficky naměřené závislosti.
5. Určete kapacitu neznámého kondenzátoru, o němž víte, že má kapacitu menší, než je maximální hodnota kapacity ladícího kondenzátoru Tesla. Měření proveďte při pěti různých hodnotách kapacity ladícího kondenzátoru (například: 1100pF , 1000pF , 800pF , 600pF a

500pF). Výslednou kapacitu určete jako aritmetický průměr naměřených hodnot. Nakreslete do protokolu schéma vámi použitého zapojení.

6. Proveďte vzájemné porovnání hodnoty 1000pF kapacitního normálu Ulrich a Tesla.
7. Proměřte napěťovou rezonanční křivku induktivně vázaného rezonančního obvodu pro různé činitele vazby (mění se vzdálenosti mezi cívkami) tak, aby jste dosáli vazby nadkritické, vazby kritické a vazby podkritické. Znázorněte do jednoho grafu rezonanční křivky pro tyto tři vazby.

3 Pomůcky

Kapacitní normál Ulrich, Laditelný kapacitní normál Tesla, vodiče, signálový generátor, Osciloskop. Vzduchové cívky a proudová sonda k osciloskopu.

4 Základní pojmy a vztahy

4.1 Sériový rezonanční obvod

4.2 Činitel jakosti

5 Výsledky

Podle schéma 5.4 jsme sestavili rezonanční obvod, na kterém jsme pak prováděli následující měření.

5.1 Vlastní kmity obvodu

Rezonanční obvod jsme signálovým generátorem obdélníkových kmitů (o frekvenci podstatně menší, než je vlastní frekvence obvodu) přivedli do vlastní rezonance. Což se projevovalo viditelnými zázněji superponovanými na obdélníkových kmitech generátoru.

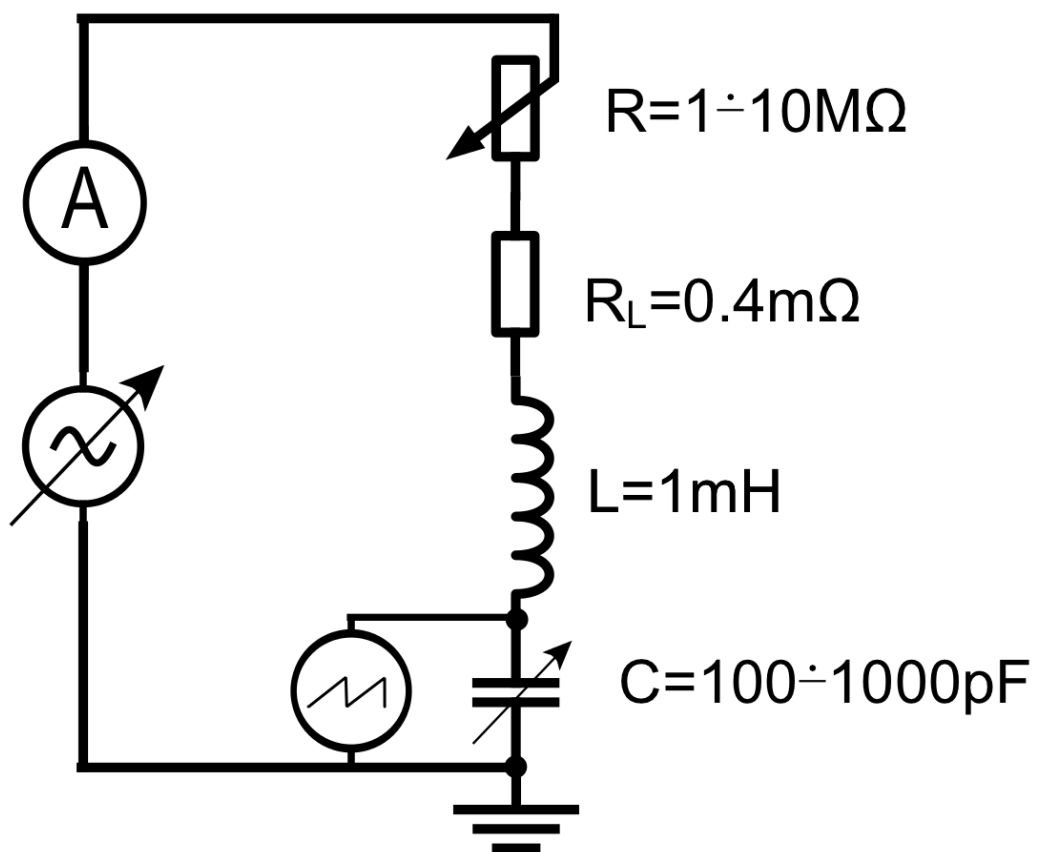
Osciloskopem jsme pak změřili vlastní rezonanční frekvenci obvodu, jako 208,3 kHz. Budící frekvence generátoru byla 194Hz.

Vlastní frekvence předpokládaná Thomsonovým vzorcem na základě parametrů obvodu je 225,08kHz. A došlo tedy k mírnému snížení vlastní rezonanční frekvence pravděpodobně vlivem parazitních indukčností, nebo kapacit.

5.2 Zobrazení rezonanční křivky na osciloskopu

Rezonanční křivku jsme na osciloskopu zobrazili tím způsobem, že jsme nastavili rozlišení časové osy podstatně menší, než jsou pozorované frekvence na obvodu. Tím došlo k vyplnění stínítka osciloskopu jednolitou plochou. Frekvenční charakteristiku obvodu pak bylo možné zobrazit nastavením poměrně rychlého rozmítání frekvence na funkčním generátoru a nastavením triggeru osciloskopu na vhodnou amplitudu.

Zobrazená křivka pak měla tvar vyplněné špičky, a bylo možné pozorovat změnu frekvence při zasouvání jádra do cívky i změnu činitele jakosti Q . Při zasunutí železného jádra se ale na osciloskopu vrchol posouval doprava, což naznačovalo zvýšení rezonanční frekvence obvodu. Což je v rozporu s předpokladem, že vložení železného jádra do cívky vzroste její indukčnost a tím klesne rezonanční frekvence.



Obrázek 1: Požité zapojení sériového rezonančního obvodu. (Přístroj zapojený paralelně ke kondenzátoru je osciloskop)

5.3 Měření proudové rezonanční křivky obvodu v závislosti na frekvenci

Měření jsme prováděli nejprve tak, že jsme našli rezonanci obvodu a proměřili amplitudy proudu v okolních frekvencích. Dále jsme do cívky vložili železné jádro a znovu proměřili tvar rezonance. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách a grafech.

f [kHz]	A [mV]	I [mA]
181,8	180	36
191,17	264	52,8
201,6	464	92,8
211,1	576	115,2
220,7	360	72
238,18	180	36

Tabulka 1: Hodnoty neměřené pro proudovou rezonanční křivku obvodu v závislosti na frekvenci (cívka bez jádra).

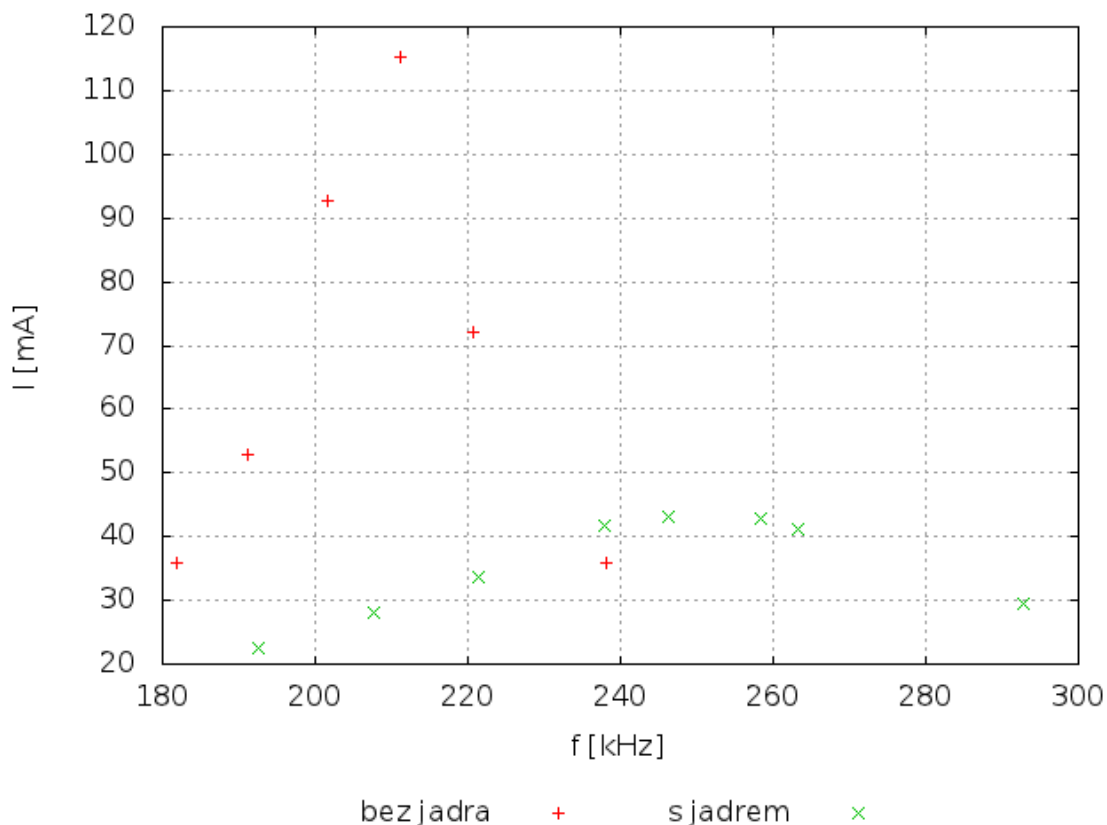
f [kHz]	A [mV]	I [mA]
237,86	208	41,6
221,41	168	33,6
207,71	140	28
192,46	112	22,4
246,33	216	43,2
258,4	214	42,8
263,34	206	41,2
292,8	148	29,6

Tabulka 2: Hodnoty neměřené pro proudovou rezonanční křivku obvodu v závislosti na frekvenci (cívka s vloženým železným jádrem).

Jak je vidět, tak vložením železného jádra se rezonanční frekvence skutečně paradoxně zvýšila. Nelze proto splnit bod zadání, který vyžaduje snížení kapacity v rezonančním obvodu pro dorovnání rezonanční frekvence na původní hodnotu. Toto měření jsme proto provedli tak, že jsme kapacitu zvýšili, aby jsme rezonanční frekvenci dorovnali. Naměřené hodnoty opět uvádíme v tabulkách a grafech.

f [kHz]	A [mV]	I [mA]
186,6	148	29,6
204,49	156	31,2
223,49	130	26
245,8	94	18,8
166,8	114	22,8
141,7	74	14,8

Tabulka 3: Hodnoty neměřené pro proudovou rezonanční křivku obvodu v závislosti na frekvenci (cívka bez jádra a $C=577,5\text{pF}$).



Obrázek 2: Závislost amplitudy proudu v obvodu na frekvenci pro sériový rezonanční obvod

5.4 Měření proudové rezonanční křivky obvodu v závislosti na kapacitě

Tuto závislost jsme měřili tak, že jsme v obvodu ponechali zapojený laditelný kapacitní normál Tesla a nastavili jeho kapacitu na hodnotu 500pF a našli generátorem rezonanční frekvenci. Následně jsme pak měnili kapacitu na obě strany od rezonance a zaznamenávali hodnoty proudu v obvodu.

Naměřené hodnoty jsme vynesli do grafu.

5.5 Určení neznámé kapacity

Určení neznámé kapacity o které víme, že je menší, než maximální hodnota kapacitního normálu Tesla jsme určili tak, že jsme použili sériový rezonanční obvod z obrázku. A ten uvedli do rezonance na frekvenci 262,74 kHz. (Hodnota kapacitního normálu 1000pF).

Následně jsme paralelně k normálu připojili neznámou kapacitu C_x (tím se snížila rezonanční frekvence obvodu) kapacitu normálu pak bylo nutné snížit až na hodnotu 492,5 pF, aby bylo znovu dosaženo stejné rezonanční frekvence. Rozdíl kapacit 507,5pF pak udává velikost hledané neznámé kapacity.

5.6 Porovnání hodnoty 1000pF kapacitních normálů Ulrich a Tesla

Porovnání kapacitních normálů jsme provedli připojením nejdříve kapacitního normálu Ulrich do sériového rezonančního obvodu se vzduchovou cívkou. Výsledná rezonanční frekvence byla 261,284 kHz. Tuto frekvenci jsme nechali nastavenou na funkčním generátoru a přepojili cívku

f [kHz]	A [mV]	I [mA]
189,54	90	18
186,6	36	7,2
166,3	96,8	19,36
142,3	80	16
123,2	64,8	12,96
206,17	107,2	21,44
220,6	103,2	20,64
242,7	92,8	18,56
265,7	80	16

Tabulka 4: Hodnoty neměřené pro proudovou rezonanční křivku obvodu v závislosti na frekvenci (cívka s jádrem a $C=900\text{pF}$).

C [pF]	Isense amp [mV]	I [mA]
500	8,6	1,72
600	7,6	1,52
700	6,4	1,28
800	5,6	1,12
900	4,8	0,96
400	6,8	1,36
300	4,6	0,92
200	2,8	0,56

Tabulka 5: Hodnoty neměřené pro proudovou rezonanční křivku obvodu v závislosti na kapacitě.

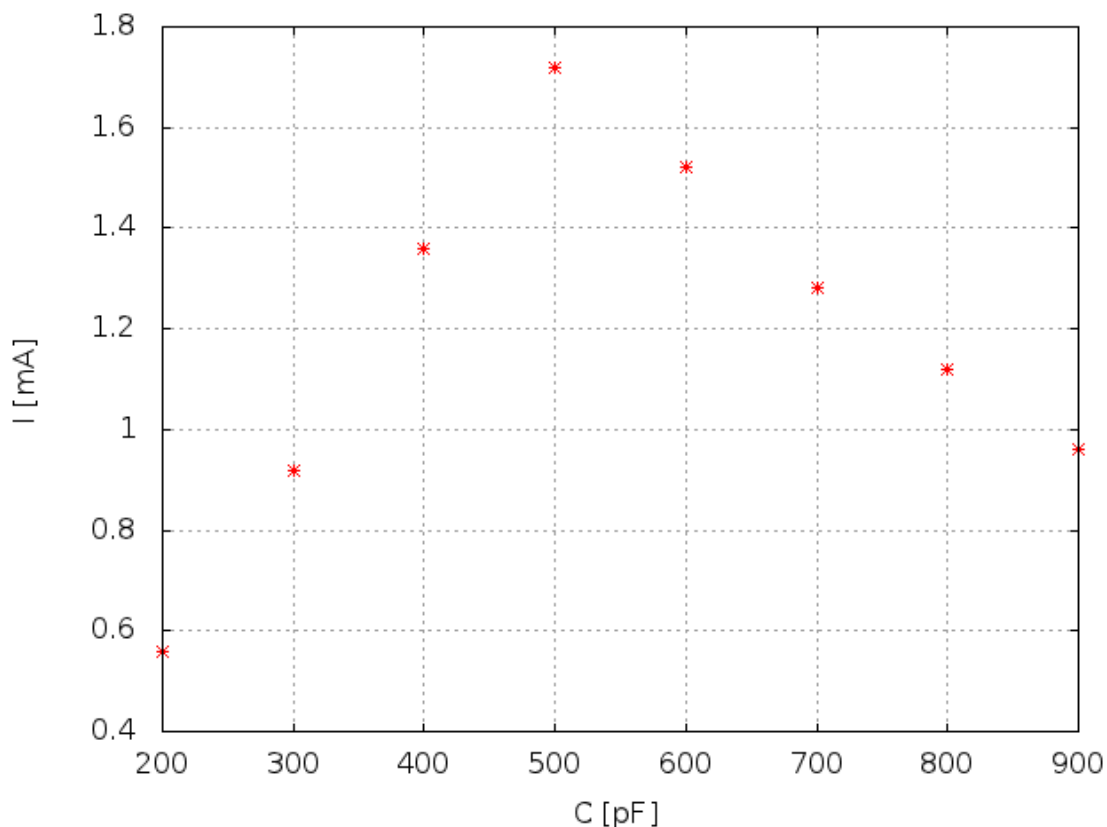
z normálu Ulrich na normál Tesla. U něj jsme pak mírně popoladili jeho kapacitu na 990pF , tak aby obvod byl opět v rezonanci. Hledaný rozdíl kapacitních normálů tedy je $(10 \pm 2)\text{pF}$.

5.7 Napěťová rezonanční křivka induktivně vázaného obvodu

Napěťovou rezonanční křivku jsme pozorovali na osciloskopu podobným způsobem, jako v bodě 2. avšak vzhledem k nestabilitě systému a se nepodařilo změřit relevantní data.

6 Diskuse

1. Funkčním generátorem se nám podařilo vybudit vlastní kmity rezonančního obvodu. A osciloskopem změřit jejich frekvenci, jako $208,3\text{ kHz}$. Která je mírně nižší než vypočtená hodnota $225,08\text{kHz}$. Rozdíl lze ale dobře vysvětlit tím, že v obvodu nebyly použity ideální součástky a navíc byly připojeny poměrně dlouhými vodiči, které nejsou v modelu započítány. Tyto parazitní indukčnosti a kapacity následně snížily rezonanční frekvenci obvodu.
2. Pozorovali jsme rezonanční křivku na osciloskopu a i změnu jejího tvaru při vložení jádra. Bohužel, zjištěné výsledky jsou v přímém rozporu s předpokladem. A při zasunutí železného jádra do cívky rostla rezonanční frekvence obvodu. Během měření se nepodařilo tento jev objasnit. Ale je možné, že může souviset, s materiálovými vlastnostmi jádra a jeho konstrukcí. Neboť je možné že jádro je tak nevhodně konstruované, že působí jako zkrat pro indukované elektrické pole. A v důsledku toho, je výsledná indukčnost cívky



Obrázek 3: Závislost amplitudy proudu v obvodu na kapacitě v sériovém rezonančním obvodu

způsobena pouze rozptylovou indukčností, na kterou jádro nemá vliv. Ta je menší než původní indukčnost vzduchové cívky. A může tak proto dojít ke zvýšení rezonanční frekvence obvodu.

- 3.
4. Změřili jsme amplitudu proudu v obvodu v závislosti na kapacitě v rezonančním obvodu a zjištěnou závislost graficky znázornili.
5. Zjištění hodnoty neznámé kapacity jsme provedli jejím připojením do rezonančního obvodu a doladěním kapacitního normálu opět na stejnou frekvenci. Tím jsme změřili hodnoty neznámé kapacity 507,5pF, což je poněkud více, než údaj na obalu měřeného kondenzátoru 396pF. Avšak odchylka měření může být způsobena parazitní indukčností a kapacitou přívodních vodičů, které byly zbytečně dlouhé.
6. Porovnání kapacitních normálů jsme provedli doladěním laditelného normálu, na identickou rezonanční frekvenci, jako pevný normál a zjistili jsme odchylku kapacit (10 ± 2) pF.
7. Napěťovou rezonanční křivku induktivně vázaného obvodu se nám podařilo (po dlouhém nastavování mnoha proměnných) zobrazit alespoň na osciloskopu, kde jsme pozorovali přelévání výkonu, mezi induktivně vázanými rezonančními obvody. V závislosti na velikosti činitele vazby (vzdálenosti obou obvodů)

7 Závěr

Reference

- [1] <http://praktikum.fjfi.cvut.cz/mod/resource/view.php?id=191> -Zadání úlohy