

R7.4 Nucené kmitání oscilačního obvodu

Vlastní kmitání oscilačního obvodu bylo podmíněno tím, že mu v počátečním okamžiku byla dodána určitá energie. Ztráty energie způsobené tlumením však nahrazovány nebyly, takže kmitání postupně zaniklo. Aby se kmitání udrželo, mohli bychom např. na začátku každé periody připojit oscilační obvod na krátký okamžik ke zdroji stejnosměrného napětí. Kondenzátor by se znovu nabil na počáteční hodnotu a oscilátor by kmital neustále. Jeho napětí by však nebylo harmonické.

Netlumené harmonické kmitání elektromagnetického oscilátoru vznikne tehdy, když jsou ztráty energie nahrazovány v průběhu celé periody. Toho se dosáhne připojením oscilátoru ke zdroji harmonického napětí $u = U_m \sin \omega t$, jak jsme to poznali v učivu o obvodech střídavého proudu. Oscilační obvod pak kmitá harmonicky s úhlovou frekvencí ω , která se může lišit od úhlové frekvence vlastního kmitání ω_0 ($\omega \neq \omega_0$).

Připojením elektromagnetického oscilátoru ke zdroji harmonického napětí vzniká v oscilátoru nucené kmitání. Oscilátor kmitá s frekvencí připojeného zdroje, nikoliv s frekvencí vlastního kmitání. Nucené kmitání je netlumené.

Frekvence nuceného kmitání tedy nezávisí na parametrech oscilačního obvodu. Mění se však impedance obvodu, a tedy i amplituda elektromagnetického kmitání obvodu. Budeme uvažovat reálný oscilační obvod, v němž cívku nahradíme paralelním spojením indukčnosti L_p a rezistoru R_p . Kondenzátor s kapacitou C můžeme považovat za ideální, tzn. s velmi velkým odporem (obr. R7-10). Fázorový diagram tohoto obvodu je na obr. R7-11. Z něho je patrné, že

$$I^2 = I_R^2 + (I_C - I_R)^2 = U^2 \left[\frac{1}{R_p^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L_p} \right)^2 \right].$$

Impedance Z obvodu

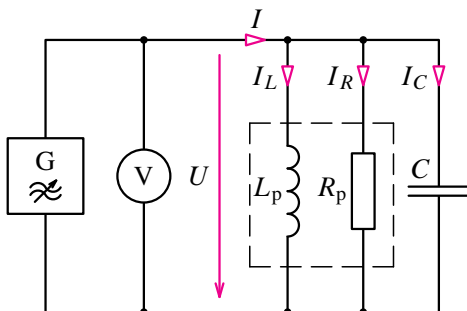
$$Z = \frac{U}{I} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_p^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L_p} \right)^2}}$$

závisí na frekvenci a je největší při frekvenci, při níž

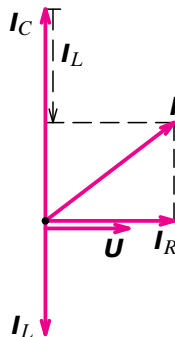
$$\omega C = \frac{1}{\omega L_p} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L_p C}}, \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C}}.$$

Při této frekvenci nastává **rezonance oscilačního obvodu** a jeho celková impedance je největší

$$Z = R_p.$$



R7-10 Reálný oscilační obvod



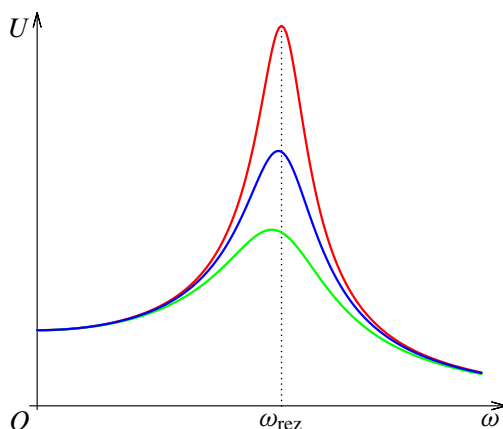
R7-11 Fázorový diagram reálného oscilačního obvodu

Rezonanční křivka reálného oscilačního obvodu

Závislost impedance oscilačního obvodu na frekvenci nuceného kmitání je dobře patrná z frekvenční charakteristiky obvodu, kterou nazýváme **rezonanční křivka** (obr R7-12). Zobrazeny jsou rezonanční křivky pro tři různé hodnoty odporu obvodu. Čím větší je odpor R_p obvodu, tím dosahuje impedance, a tedy i napětí na obvodu větší hodnoty. Přívodními vodiči k obvodu naopak prochází nejmenší proud, který nahrazuje ztráty vzniklé tlumením kmitů.

V ideálním případě oscilačního obvodu, který by měl jen indukčnost a kapacitu ($R_p \rightarrow \infty$) by amplituda kmitů $U_m \rightarrow \infty$. Čím je odpor obvodu menší, tím menší je také impedance, a tedy i napětí na obvodu. Rezonance nastává při poněkud nižší frekvenci (podrobněji viz Slovníček pojmů **AS7**).

Rezonance oscilačního obvodu má významné uplatnění zejména v komunikační technice. Oscilační obvod je např. součástí rozhlasového přijímače, kde je spojen s anténou, která zachycuje elektromagnetické signály z vysílače. Napětí vznikající v anténě je však malé, ale při ladění se mění parametry oscilačního obvodu (obvykle změnou kapacity kondenzátoru) tak, aby byl v rezonanci

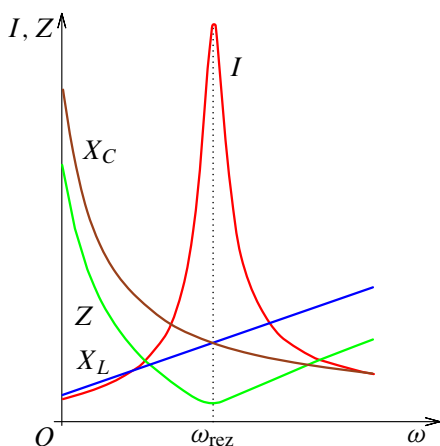


R7-12 Rezonanční křivka oscilačního obvodu

s frekvencí přijímaných signálů. Oscilační obvod se s touto frekvencí rozkmitá, vzniká na něm podstatně větší napětí, než je napětí z antény (nastává rezonanční zesílení přijatého signálu) a v dalších částech přijímače je signál dále zpracován.

Rezonanční křivka obvodu s RLC v sérii

Obdobným způsobem jako u oscilačního obvodu jsme dospěli k pojmu rezonance u obvodu střídavého proudu s RLC v sérii (čl. R7.1). Na rozdíl od obvodu s RLC paralelně je při rezonanci impedance obvodu nejmenší, napětí na obvodu je tedy nejmenší, ale obvodem prochází největší proud. Na obr. R7-13 je frekvenční charakteristika obvodu s RLC v sérii. Je na ní současně



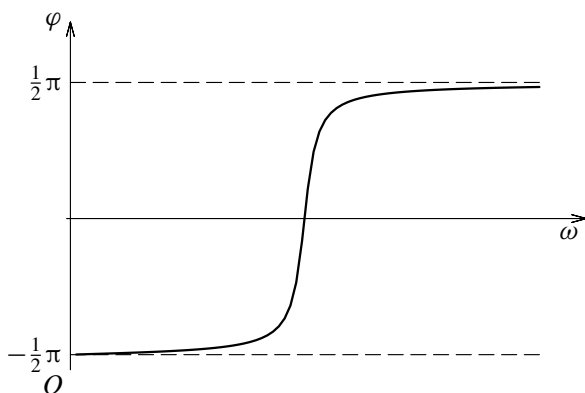
R7-13 Rezonanční křivka obvodu s RLC v sérii

rezonanční křivka proudu I a frekvenční charakteristiky indukčnosti X_L cívky, kapacity X_C kondenzátoru a impedance Z celého obvodu.

Měření rezonanční křivky obvodu s RLC v sérii je obsahem laboratorního cvičení **LC8**.

Při nuceném kmitání se také mění fázový posun napětí a proudu v obvodu. To je patrné z **fázové charakteristiky obvodu**, což je závislost fázového posunu φ na úhlové frekvenci nuceného kmitání (obr. R7-14). Při nižších frekvencích je fázový posun záporný a obvod má vlastnosti kapacity. Naopak při vyšších frekvencích je fázový posun kladný a obvod má vlastnosti indukčnosti.

Ověření poznatků o fázových posunech napětí a proudu v obvodech střídavého proudu je obsahem laboratorního cvičení **LC9**.



R7-14 Fázová charakteristika obvodu s RLC v sérii

Úlohy

- 1** Měření napětí na oscilačním obvodu při postupně se zvětšující frekvenci střídavého napětí v obvodu na obr. R7-10 představuje princip měření indukčnosti nebo kapacity rezonanční metodou. Vysvětlete podstatu metody a navrhnete postup měření.
- 2** Na obr. R7-14 je fázová charakteristika obvodu s RLC v sérii. Uvažte, jaký průběh bude mít tato charakteristika v případě obvodu s RLC paralelně.
- 3** Oscilační obvod, jehož cívka má indukčnost L a kondenzátor kapacitu C (rezistanci obvodu neuvažujeme), kmitá netlumeně s amplitudou napětí U_m na kondenzátoru. Určete proud v obvodu v okamžiku, kdy napětí na kondenzátoru bude poloviční.