

Tlumené kmity v RLC obvodu obecně

Ing. František Štefanec

Máme-li v obvodu indukčnost a kapacitu, mají tendenci rezonovat (produkovat tlumené kmity) v případě, že je tento obvod nějakým způsobem vybuzený, a že jsou v zapojení, kdy má vzniklý RLC obvod dostatečný Q-faktor (je dostatečně kvalitní, tzn. není dostatečně zatlumený).

Uvažujme, že k paralelnímu RL obvodu připojíme nabitý kondenzátor a Q faktor je dostatečný:

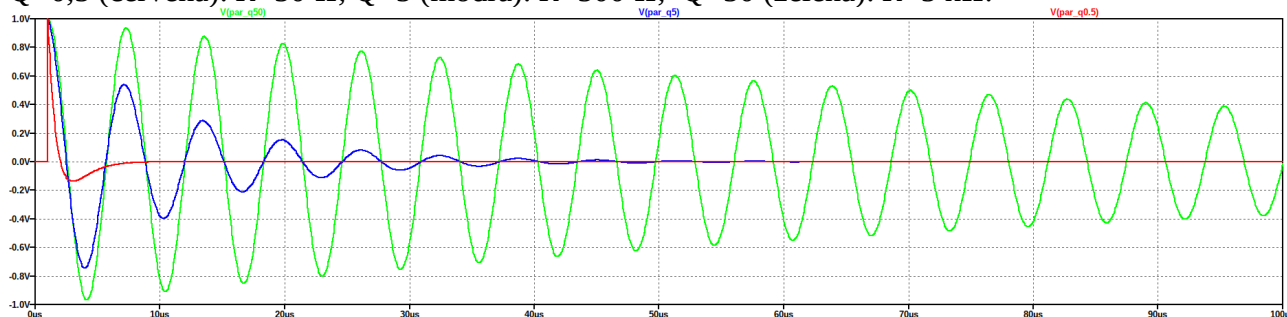
1. Kondenzátor se postupně vybije do rezistoru a indukčnosti.
2. Napětí na kondenzátoru, rezistoru i indukčnosti klesne na 0, ale indukčností stále poteče proud (drží energii v podobě magnetického pole) stejným směrem.
3. Proud indukčností postupně nabije kondenzátor na opačnou polaritu, postupně na něm vzroste napětí a klesne proud indukčností na 0.
4. Indukčnost je ale připojena na nabitý kondenzátor, který se postupně začne vybíjet do rezistoru a indukčnosti.
5. Děj se opakuje. V každém cyklu se ztrácí nějaká energie v rezistoru. Průběh proudů/napětí je sinus násobený exponenciálou (klesající – se záporným argumentem).
6. Obdobně funguje i sériový rezonanční obvod.

Aby byl obvod schopný produkovat tlumené kmity, musí být $Q > 0,5$.

Pokud je Q nižší nebo rovno 0,5, obvod je aperiodický – nekmitá. Dojde pouze k přechodovému ději, napětí se vrátí na nulu, nedojde ke tlumenému kmitání. V případě $Q=0,5$ (kritické tlumení) dojde k nejrychlejšímu možnému „dokončení“ přechodového děje.

Zde jsou zobrazeny tři průběhy pro paralelní RLC ($C=10\text{ nF}$; $L=100\text{ }\mu\text{H}$; $R=\text{různý}$) obvod s různým Q faktorem. K připojení kondenzátoru dojde v čase $1\text{ }\mu\text{s}$.

$Q=0,5$ (červená): $R=50\text{ }\Omega$; $Q=5$ (modrá): $R=500\text{ }\Omega$; $Q=50$ (zelená): $R=5\text{ k}\Omega$.



V rezonanci platí, že se reaktance kondenzátoru a indukčnosti rovná: $X_C = X_L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$,

z čehož vychází Thomsonův vzorec pro rezonanční frekvenci: $f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$.

Obě reaktance lze vypočítat snadno: pomocí $X = \sqrt{\frac{L}{C}}$ či přeskládáním vzorce pro reaktanci a dosazením hodnoty součástky a rezonanční frekvence.

Následně lze Q faktor vypočítat jako poměr odporu a reaktance: $Q = \frac{X}{R}$ pro sériové zapojení, $Q = \frac{R}{X}$ pro paralelní zapojení. Q faktor lze vypočítat také zvlášť pro induktor i kondenzátor (dle toho, zda víme ekvivalentní sériový nebo paralelní odpor) a poté „spojit dohromady“:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \dots}$$

Verze 1.0-20240119. Dokument je pod licencí Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), zjednodušeně: dokument můžete šířit, ovšem musí zůstat uvedený autor, v případě šíření upraveného dokumentu uveďte seznam změn a musí být ponechána stejná licence.