

Equation Section 20 **Resonančni pojav (20)**

V vezjih s harmoničnimi signali je posebno zanimiv slučaj resonance, ko na določenih elementih vezja dosežemo izrazito visoke napetosti ali toke. Za najbolj enostavni resonančni vezji z zaporedno in vzporedno vezavo upora, tuljave in kondenzatorja ugotovimo, da bo vezje v resonanci tedaj, ko bo navzven (na zunanjih sponkah) pri določeni frekvenci čisto ohmsko, da bosta torej tok in napetost v fazi. Pogoj za resonanco zaporedne ali vzporedne vezave je

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0. \quad (20.1)$$

To je tedaj, ko je imaginarni del impedance (pa tudi admittance) enak nič, torej

$$\text{Im}\{\underline{Z}\} = 0 \quad (20.2)$$

$$\text{Im}\{\underline{Y}\} = 0 \quad (20.3)$$

Za izračun resonance vezja je primerna enačba (20.2) pa tudi (20.3), odvisno pač od tega, s katero obliko lažje pridemo do izračuna. Potrebno pa je poudariti, da je lahko pri vezjih, ki niso primer zaporedne ali vzporedne vezave upora, kondenzatorja in tuljave maksimum amplitude toka ali napetosti dosežen tudi pri različnih vrednostih kot izhajajo iz gornjih pogojev.

Zaporedna resonanca.

Vzemimo najprej primer zaporednega nihajnega kroga, ki ga sestavljajo zaporedna vezava kondenzatorja, upora in tuljave.

Impedanca vezja je $\underline{Z} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}$. Tok v vezje bo maksimalen, ko bo absolutna vrednost

impedance najmanjša, ta pa bo tedaj, ko bo imaginarni del enak nič $\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = 0$, kar bo pri

frekvenci $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Pri tej frekvenci bo impedanca vezja čisto ohmska, tok v vezje pa bo

največji, enak U/R .

Kako je z napetostmi na posameznih elementih? Velja:

$$\underline{U}_R = \underline{I}R$$

$$\underline{U}_L = \underline{I}j\omega L$$

$$\underline{U}_C = \underline{I}\frac{1}{j\omega C}$$

Napetosti na kondenzatorju sta fazno zamaknjeni za π , sta v protifazi. Ko je trenutna moč na tuljavi v naraščanju, je na kondenzatorju v upadanju. Njuna vsota je v resonanci enaka nič.

SLIKA: Kazalčni diagram napetosti in toka pri resonančni frekvenci.

Lastnosti resonančnega vezja opisujemo z določenimi parametri.

Razglašenost vezja je določena z izrazom

$$\beta = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}, \quad (20.4)$$

Kvaliteta vezja je določena s kvocientom moči na reaktivnem elementu in delovno močjo

$$Q = \frac{Q_{X_0}}{P} \quad (20.5)$$

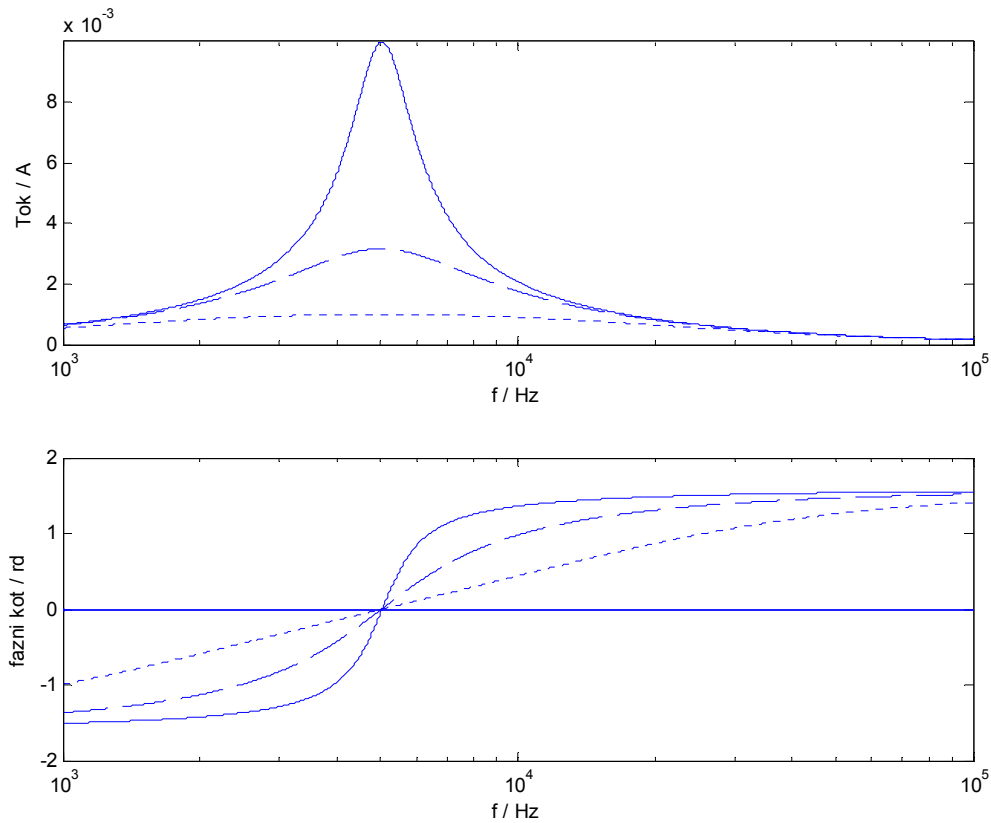
kjer je $Q_{X_0} = \frac{1}{2} I^2 \omega_0 L = \frac{1}{2} I^2 \frac{1}{\omega_0 C}$ in $P = \frac{1}{2} I^2 R$, torej

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} \quad (20.6)$$

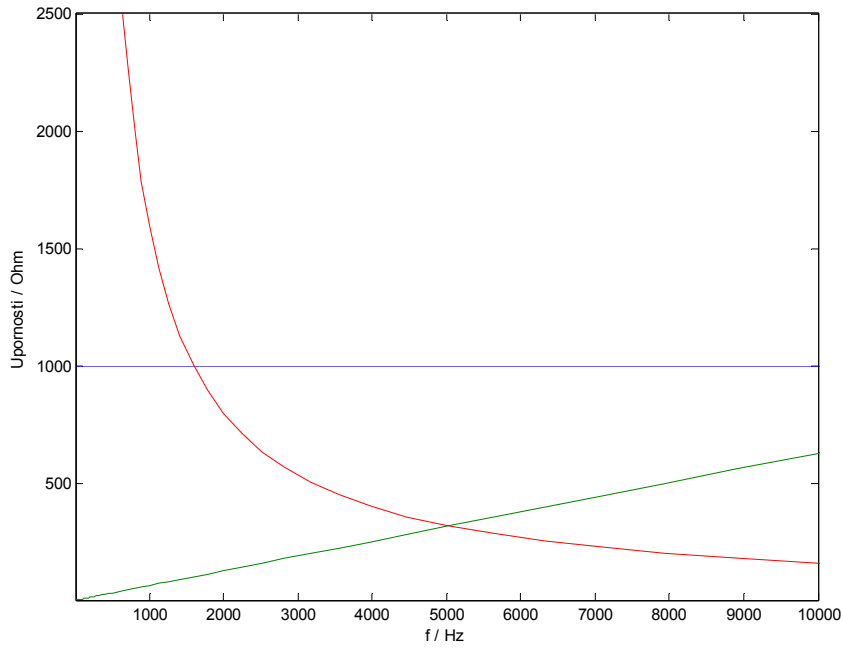
Poznamo tudi pojem **dušenje**, ki je recipročna vrednost kvalitete.

Bočni frekvenci sta določeni pri vrednostih toka, ki je od maksimalne vrednosti manjši za $\sqrt{2}$.

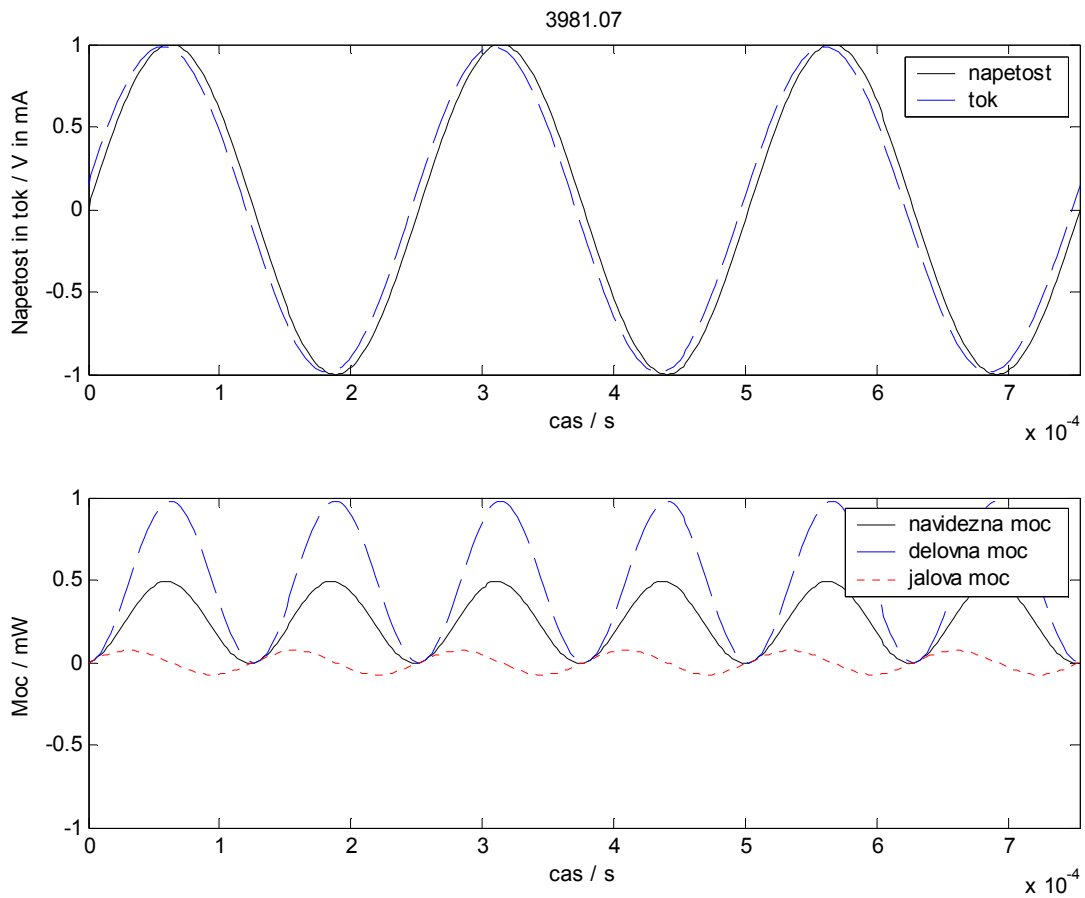
Razlika med zgornjo in spodnjo bočno frekvenco je **pasovna širina** vezja



SLIKA: Primer zaporedne resonance pri vrednostih elementov $L = 10$ mH, $C = 10$ μ F, $R = 100$ Ω (polna črta), 316 Ω (prekinjena črta) in 1000 Ω (pikčasta črta). Pri manjši upornosti je krivulja toka bolj ostra, kar določimo tudi s pasovno širino ali kvaliteto nihanjega kroga. Na spodnji sliki vidimo spreminjanje faznega kota, ki je pri resonančni frekvenci enak nič. Skala na abscisi je logaritemska.



SLIKA: Spreminjanje posamezne upornosti s frekvenco. Pri resonančni frekvenci sta reaktanci tuljave in kondenzatorja enaki.



SLIKA: Zgoraj: prikaz časovnega signala napetosti in toka tik pred resonančno frekvenco.

Spodaj: Moči tik pred resonance: Delovna moč vezja je velika v primerjavi z jalovo. Jalova moč v resonance je enaka nič, na posameznih elementih (tuljava, kondenzator) pa je jalova moč velika vendar v protifazi.

Vzporedna resonanca.

Imamo vzporedno vezavo upora, kondenzatorja in tuljave. Admitanca tega vezja je

$$\underline{Y} = G + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} \quad (20.7)$$

Vezje bo v resonance, ko bo imaginarni del admitance enak nič, to je, ko bo $\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$. Iz tega

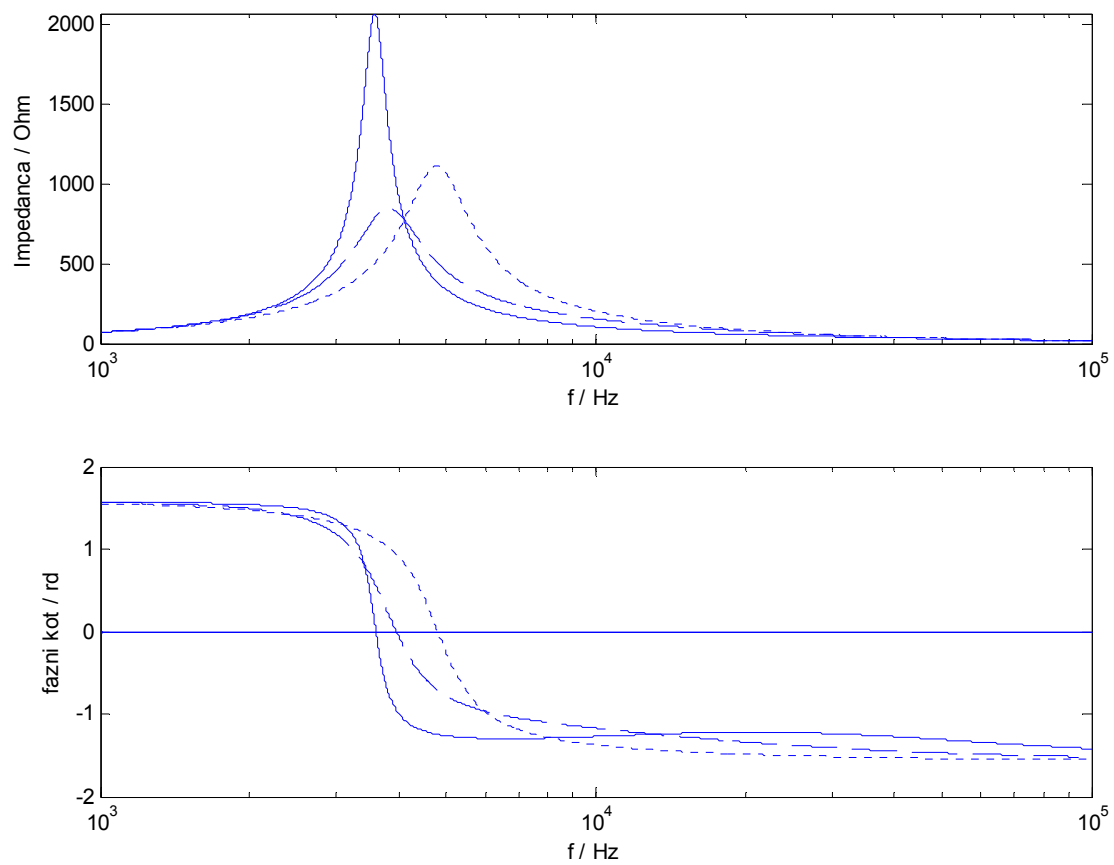
sledi, da bo resonančna frekvenca $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, enaka kot pri zaporedni resonanci. V čem je torej

razlika? Razlika je v tem, da je sedaj pri resonančni frekvenci maksimalna napetost na zunanjih sponkah, pri zaporedni resonanci pa tok. Vzporedno resonanco zato tudi imenujemo napetostna, zaporedno pa tokovna resonanca.

Tudi pri vzporedni resonanci lahko govorimo o razglašenosti $\beta = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$, kvaliteti $Q = \frac{\omega_0 C}{G}$ in

pasovni širini $B = \frac{1}{Q}$.

Druga vezja. Vzemimo primer vezja vzporedne vezave upora in kondenzatorja in tuljave in kondenzatorja. Ugotovimo, da gre za primer napetostne impedance, ki pa nima maksimuma vedno pri faznem kotu enakem nič. Pri $R = 100 \Omega$ (polna črta) je pri maksimumu impedance (toka) fazni kot enak 60° , pri 316Ω (prekinjena črta) $11,8^\circ$ in pri 1000Ω (pikčasta črta) $1,7^\circ$. Vidimo tudi, da se pri različnih vrednostih upornosti ne spreminja le amplituda impedance (napetosti) pač pa tudi resonančna frekvenca.



SLIKA: Primer resonance vezja pri faznem kotu, ki je različen od nič.