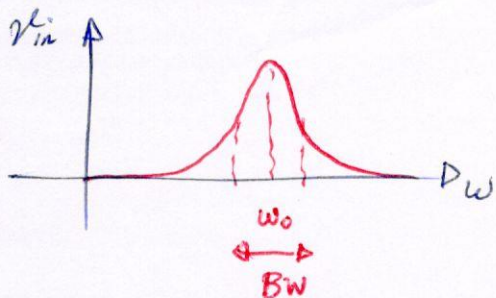
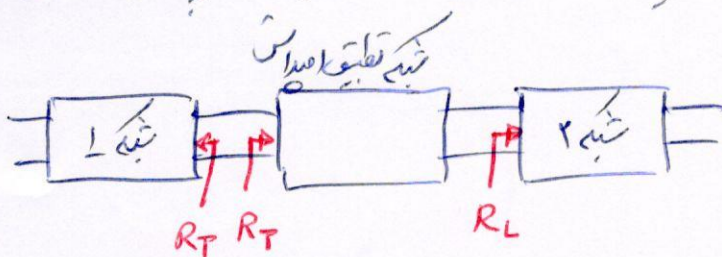
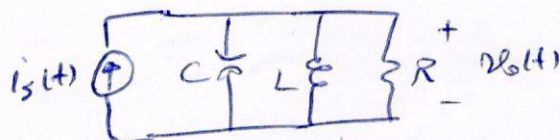


« مدارهای تشدید و تطبیق امپدانس »

هدف از طراحی این مدارها انتقال توان را در بزرگترین سطح ممکن در بازه‌های باند و فرکانس خاص می‌باشد.



مدار RLC موازی:



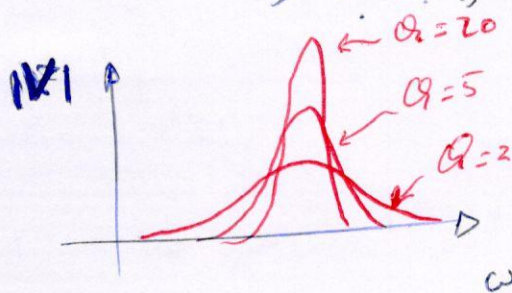
$$Z_T(j\omega) = \frac{v_o(j\omega)}{i_s(j\omega)} = \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{j(\omega C - \frac{1}{\omega L}) + \frac{1}{R}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{فرکانس تشدید}$$

$$Z_T = \frac{R}{1 + jQ_T \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega \omega_0}}$$

$$Q_T = \frac{2\pi (\text{حداکثر انرژی ذخیره شده})}{\text{انرژی تلف شده در هر سیکل}} = \frac{2\pi (\frac{1}{2} C V_1^2)}{(\frac{2\pi}{\omega_0}) (V_1^2 / 2R)} = \omega_0 C R$$

هر چه Q بزرگتر باشد تلفات انرژی و ضایعات سیستم کمتر می‌شود و از طرفی پهنای باند کم می‌شود.



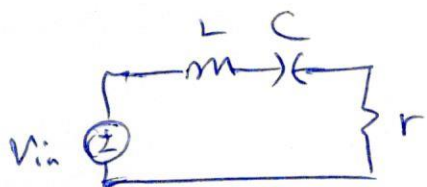
$$Q = \omega_0 R C = \frac{R}{\omega_0 L}$$

در مدار RLC موازی

بازده و تلفات موازی تلفات شبکه کاهش می‌یابد و Q بزرگتر می‌شود

$$B W = \frac{\omega_0}{Q_T} \quad \text{بازده و کیفیت شبکه بیشتر می‌شود}$$

مدار شریزی: (RLC)



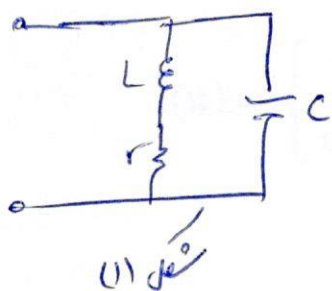
$$Z(j\omega) = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + r = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) + r$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q_T = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1}{r\omega_0 C}$$

بنا بر این تعریف، نسبت مدارهای با Q کمتر افزایش خواهد یافت.

شبه تعریف شده: با تلف و هتازن سوزش:



همانطور که قبلاً اشاره شد، از تلف باقی می‌ماند Q کمتر

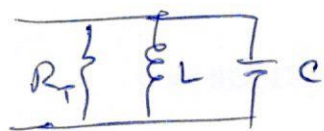
$$Q_L = \frac{\omega_0 L}{r}$$

می‌توان تلف و هتازن سوزش را به ازای تلف و هتازن سوزش R_T در نظر گرفت

که چون دو مدار به هم هستند Q_L هر دو یکسان است،

لذا می‌توانیم بنویسیم:

$$Q_L = \frac{R_T}{\omega_0 L}$$



$$R_T = Q_L^2 r$$

$$R_T = \frac{\omega_0^2 L^2}{r}$$

$$\frac{\omega_0 L}{r} = \frac{R_T}{\omega_0 L}$$

این معادله برای حل کردن $Q_L > 10$ مناسب است و تقریب مناسب قابل استفاده است.

(مثال) مدار شکل (الف) با پارامترهای r, C, L را طوری تنظیم کنید که در فرکانس $\omega_0 = 10^7 \text{ rad/sec}$ و ولتاژ $5 \times 10^5 \text{ rad/sec}$

امپدانس ورودی از مدار در فرکانس ω_0 برابر $1 \text{ k}\Omega$ باشد.

حل:

$$Q_L = \frac{\omega_0}{B_W} = \frac{10^7}{5 \times 10^5} = 20 > 10$$

$$\Rightarrow R_T = Q_L^2 r$$

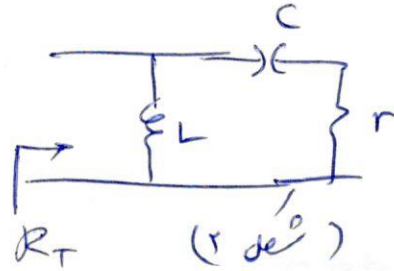
$$r = \frac{1000}{400} = 2.5 \Omega$$

$$Q_L = \frac{\omega_0 L}{r} \Rightarrow L = \frac{20 \times 2.5}{10^7} = 5 \mu\text{H}$$

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = 2000 \text{ pF} = 2 \text{ nF}$$

$$Q_C = \frac{1}{r\omega_0 C}$$

$$Q_T = R_T \omega_0 C$$



$$Q_T = Q_C \rightarrow \frac{1}{r\omega_0 C} = R_T \omega_0 C$$

$$\hookrightarrow R_T = \frac{1}{r(\omega_0 C)^2} = Q_C^2 r$$

$$Q_C > 10$$

$$\boxed{R_T = Q_C^2 r}$$

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$

مثال: سوال قبلی را برای (شکل ۲) تکرار کنید.

$$\omega_0 = 10^7 \text{ rad/sec}$$

$$\rightarrow Q_T = \frac{\omega_0}{BW} = 20 > 10$$

$$R_T = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_T = Q_T^2 r \Rightarrow r = \frac{R_T}{Q_T^2} = 2.5 \Omega$$

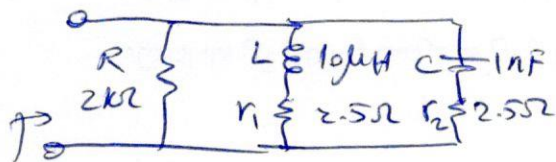
$$BW = 5 \times 10^5 \text{ rad/sec}$$

$$Q_C = \frac{1}{r\omega_0 C} \Rightarrow C = \frac{1}{2.5 \times 10^7 \times 20}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \boxed{L = 5 \mu\text{H}}$$

$$\boxed{C = 2 \times 10^{-9} = 2 \text{ nF}}$$

مثال: شبکه سلفی زیر فیلتر کم‌باند است. Q_T و امپدانس خروجی کم‌باند را حساب کنید.



R_T

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-14}}} = 10^7 \text{ rad/sec}$$

$$Q_C = \frac{1}{r_2 \omega_0 C} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-9} \times 10^7} = 40 > 10$$

$$Q_L = \frac{\omega_0 L}{r_1} = \frac{10^7 \times 10^{-5}}{2.5} = 40$$

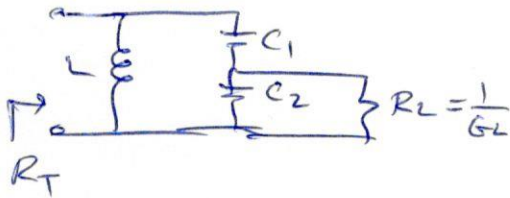
$$R_1 = Q_L^2 r_1 \Rightarrow R_1 = 1600 \times 2.5 = 4 \text{ k}\Omega$$

$$\hookrightarrow R_T = 2 \text{ k}\Omega \parallel 4 \text{ k}\Omega \parallel 4 \text{ k}\Omega$$

$$R_T = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = Q_C^2 r_2 \Rightarrow R_2 = 1600 \times 2.5 = 4 \text{ k}\Omega$$

$$Q_T = \frac{R_T}{\omega_0 L} = R_T \omega_0 C = 1 \text{ k}\Omega \times 10^7 \times 10^{-9} = 10 \Rightarrow BW = \frac{\omega_0}{Q_T} = \frac{10^7}{10} = 10^6 \text{ rad/sec}$$



$$Y_{in} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2 + G_L}}$$

از سمت سلف و کپاسورها

$$Y_{in} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{j\omega C_1 (j\omega C_2 + G_L)}{j\omega C_1 + j\omega C_2 + G_L}$$

$$Y_{in} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{(C_1 + C_2) C_1 G_L \omega^2 - C_1 C_2 \omega^2 G_L + j[(C_1 + C_2) C_1 C_2 \omega^3 + G_L^2 C_1 \omega]}{G_L^2 + (C_1 + C_2)^2 \omega^2}$$

$$G_L^2 \leq \frac{1}{100} (C_1 + C_2)^2 \omega^2 \quad \leftarrow \quad \text{اگر } (C_1 + C_2) \omega \geq 10 G_L$$

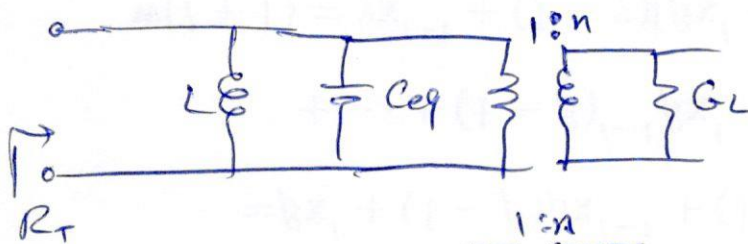
می توان رابطه بالا را ساده کرد:

$$Y_{in} \approx \frac{1}{j\omega L} + \frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)^2} G_L + j \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \omega + j \frac{G_L^2}{(C_1 + C_2)^2 \omega^2} C_1 \omega$$

اگر $C_1 \leq C_2$ باشد می توان از جمله چهارم در معادله هم غافل گرد:

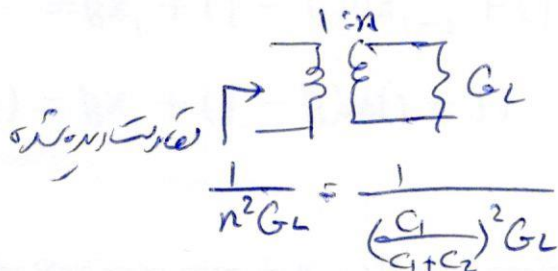
$$Y_{in} \approx \frac{1}{j\omega L} + \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)^2 G_L + j \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \omega$$

بنابراین مدار آئینه فوق را می توان با تقریب صورت مدار زیر را تصور کرد:



$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$n = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$



$$\frac{1}{n^2 G_L} = \frac{1}{\left(\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)^2 G_L}$$

$$Q_T = R_{eq} \omega_0 C_{eq}$$

$$Q_T = \frac{1}{n^2 G_L} \times \omega_0 \times \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$Q_T = \frac{(C_1 + C_2)^2}{C_1^2} \times \omega_0 \times \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \times \frac{1}{G_L}$$

$$Q_T = (C_1 + C_2) \frac{C_2}{C_1} \omega_0 \frac{1}{G_L}$$

9

مسئله: مشخصات امپدانس 50Ω را با یک بار همخوانی دهیم. $\omega_0 = 5 \times 10^7$ rad/sec
 $BW = 10^6$ rad/sec تطبیق دهیم. مدار را طرح کنید.

$$Q_T = \frac{\omega_0}{BW} = \frac{5 \times 10^7}{10^6} = 50 > 1$$

$$Q_T = R_{eq} \omega_0 C_{eq} \Rightarrow 50 = 10^3 \times 5 \times 10^7 \times C_{eq} \Rightarrow C_{eq} = 10^{-9} F = 1 nF$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{1}{25 \times 10^{14} \times 10^{-9}} = 0.4 \mu H$$

$$R_{eq} = \frac{1}{n^2 G_L} \Rightarrow n^2 = \frac{1}{R_{eq} G_L} = \frac{1}{1000 \times 1/50} = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$n = \sqrt{0.05} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{1}{\sqrt{0.05}} nF = 4.47 nF$$

$$C_{eq} = 1 nF = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

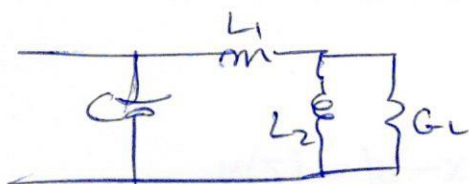
↓

$$C_1 = 1.28 nF$$

$$C_1 + C_2 \omega_0 \geq 10 G_L \rightarrow 28.75 \times 10^{-2} > 10 \times \frac{1}{50}$$

$$0.2875 > 0.2$$

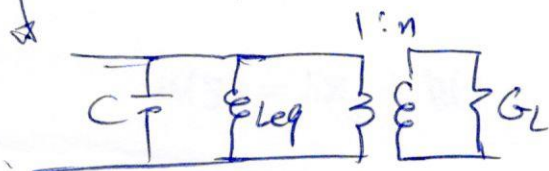
مدار را به این شکل می‌توانیم طراحی کنیم:



$$\frac{L_1 + L_2}{(L_1 L_2) \omega_0} \geq 10 G_L$$

با فرض بزرگ بودن Q

$$Y_{in} = j\omega C + \frac{\frac{1}{j\omega L_1} (G_L + \frac{1}{j\omega L_2})}{\frac{1}{j\omega L_1} + \frac{1}{j\omega L_2} + G_L} \rightarrow Y_{in} \approx j\omega C + \frac{1}{j\omega (L_1 + L_2)} + \left(\frac{L_2}{L_1 + L_2}\right)^2 G_L$$



$$n = \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

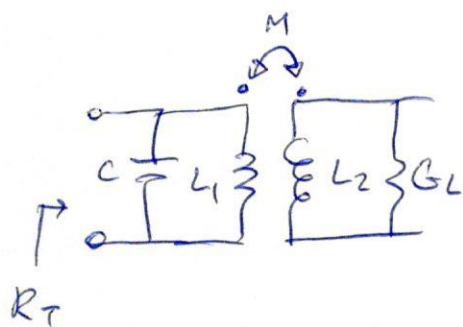
$$R_{eq} = \frac{1}{n^2 G_L}$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2$$

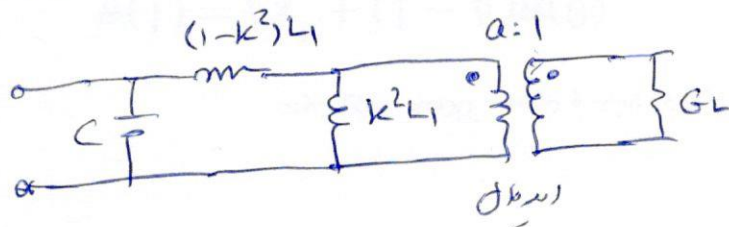
$$Q_T = \frac{R_{eq}}{\omega_0 L_{eq}} = R_{eq} C \omega_0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C L_{eq}}}$$

مدار تبدیل به تقسیم کننده ترانسفورمری:



مدار معادل ترانسفورمری این شبکه بصورت مدار زیر است:

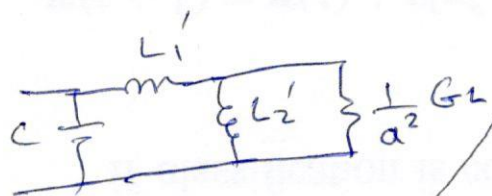


$$a = \pm k \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

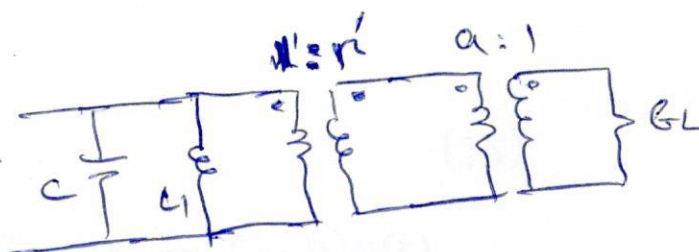
وقتی که این تقسیم مدار
در مد طرف قرار ندارد

از طرفی در مدار تبدیل به تقسیم سلفی داریم:

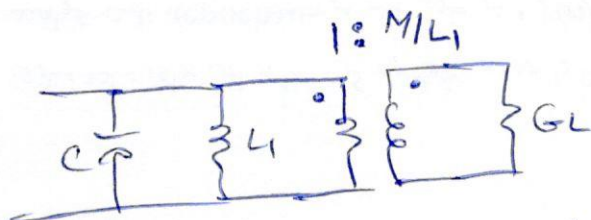
$$n' = \frac{L_2'}{L_1 + L_2'}$$



$$n' = \frac{k^2 L_1}{k^2 L_1 + (1-k^2)L_1} = k^2$$

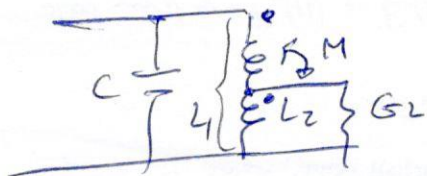


$$L_1' + L_2' = (1-k^2)L_1 + k^2 L_1 = L_1$$



شرط همبستگی سلفی این است که $\frac{1}{\omega L_2 (1-k^2)} \geq 10 G_L$ باید برسد.

مدار تبدیل به تقسیم کننده ترانسفورمری:



مدار معادل این شبکه حاوی تقسیم کننده است