



CEC

选频网络

Frequency Selection Circuits/Networks

2024年3月8日

学而不厌 诲人不倦

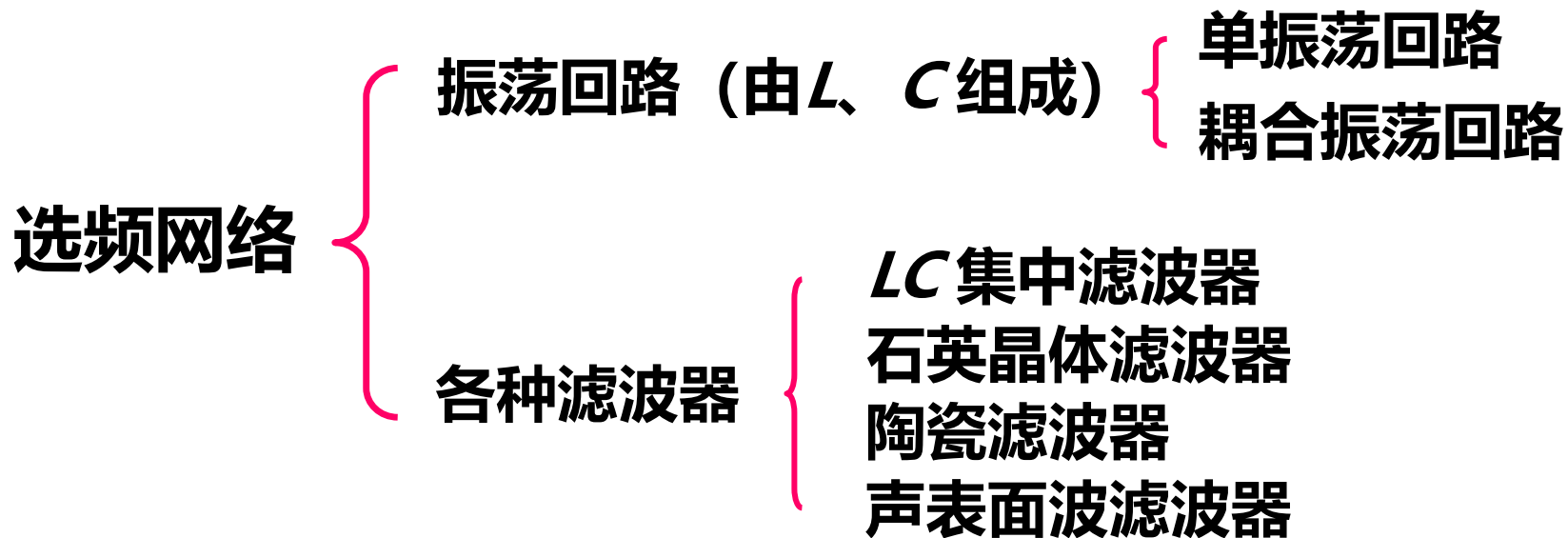


1.3 通信的传输媒质

➤ 高频电子线路的工作频段

选频（滤波）：选出需要的频率分量和滤除不需要的频率分量。

高频电子线路中常用的选频网络有：

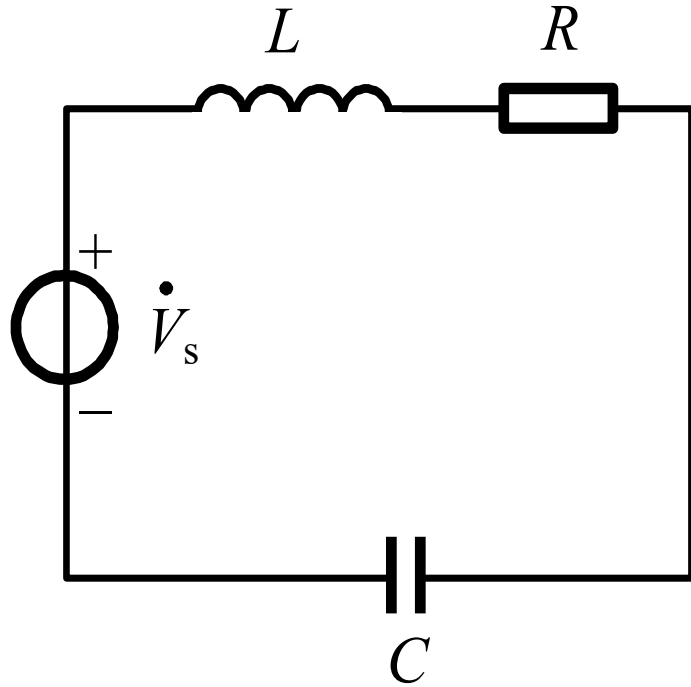


- ➡ **2.1 串联谐振回路**
- ➡ **2.2 并联谐振回路**
- ➡ **2.3 串、并联阻抗的等效互换与回路抽头时的阻抗变换**
- ➡ **2.4 耦合回路**
- ➡ **2.5 滤波器的其他形式**

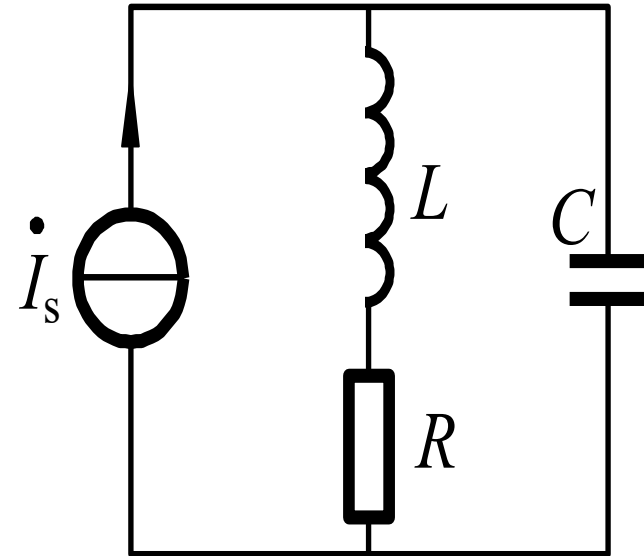
2.1 串联谐振回路

➤ 单振荡回路

由电感线圈和电容器组成的单个振荡电路，称为**单振荡回路**。



串联振荡回路

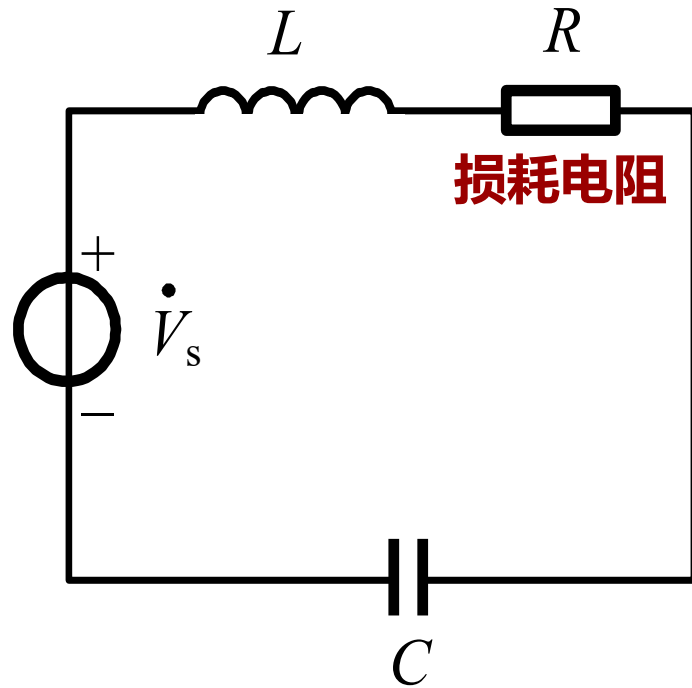


并联振荡回路

信号源与电容 C 和电感 L **串接/并接**，就构成**串联/并联**振荡回路。

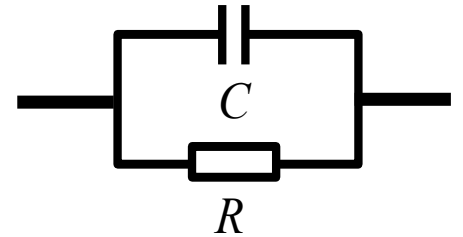
2.1 串联谐振回路

➤ 串联谐振回路



串联振荡回路

高频电子线路中的电感线圈等效为电感 L 和损耗电阻 R 的**串联**；电容器等效为电容 C 和损耗电阻 R 的**并联**。



通常，相对于电感线圈的损耗，电容的损耗很小，可以忽略不计。

2.1 串联谐振回路

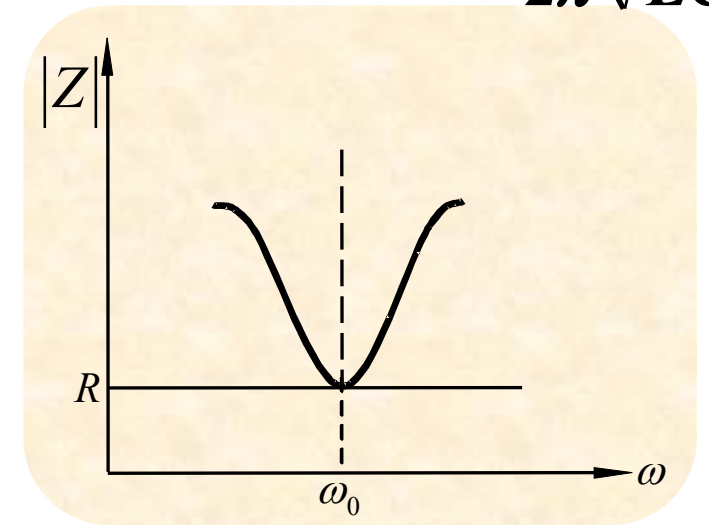
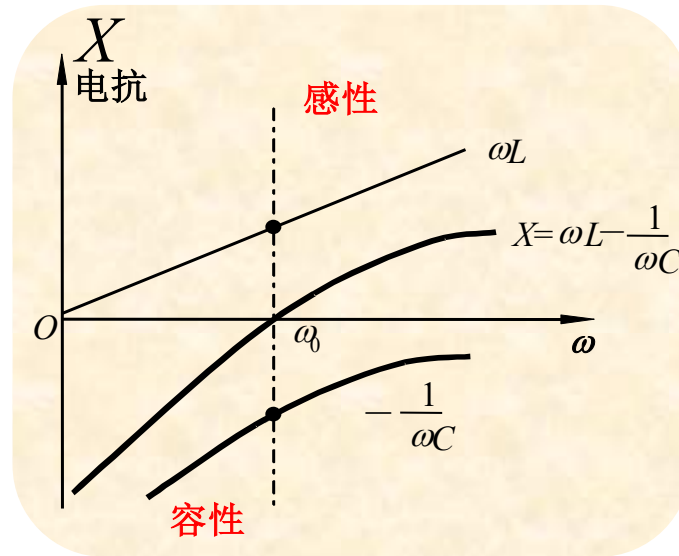
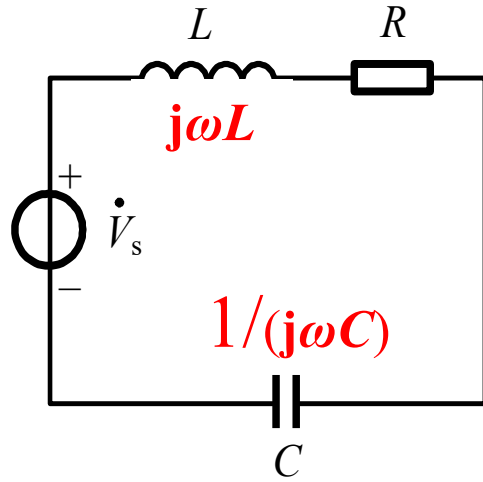
➤ 2.1.1 谐振基本原理-谐振现象

谐振条件:

$$X = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0$$

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

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



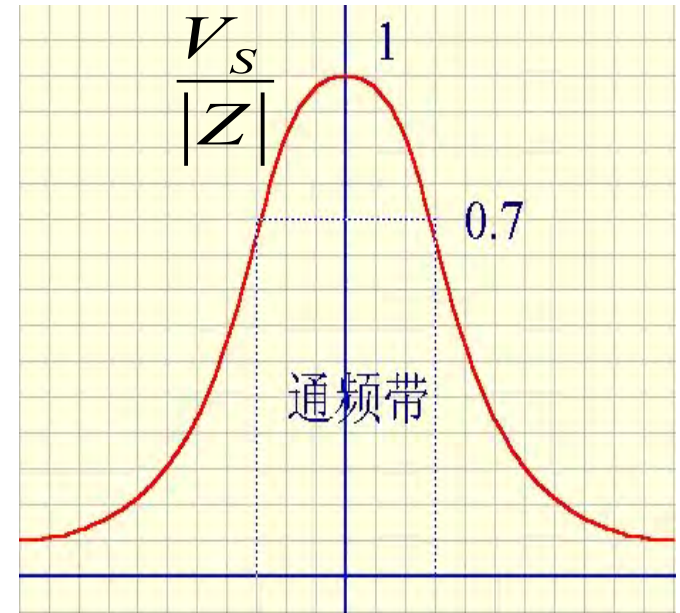
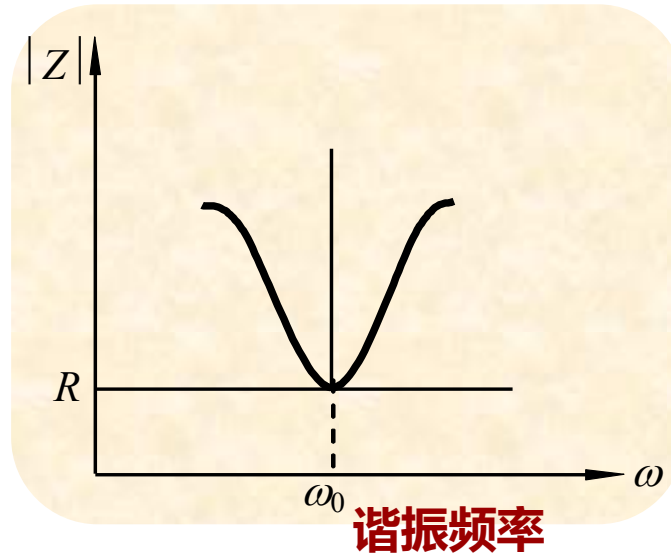
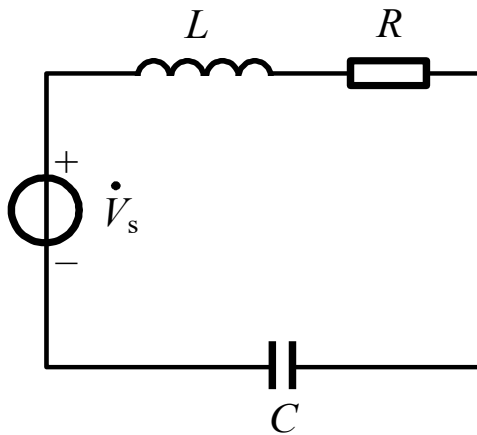
阻抗: $Z = R + jX = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

串联单振荡回路的谐振特性: 其阻抗在某一特定频率上具有最小值 (谐振状态), 而偏离此频率时将迅速增大。

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.1 谐振基本原理-谐振特性



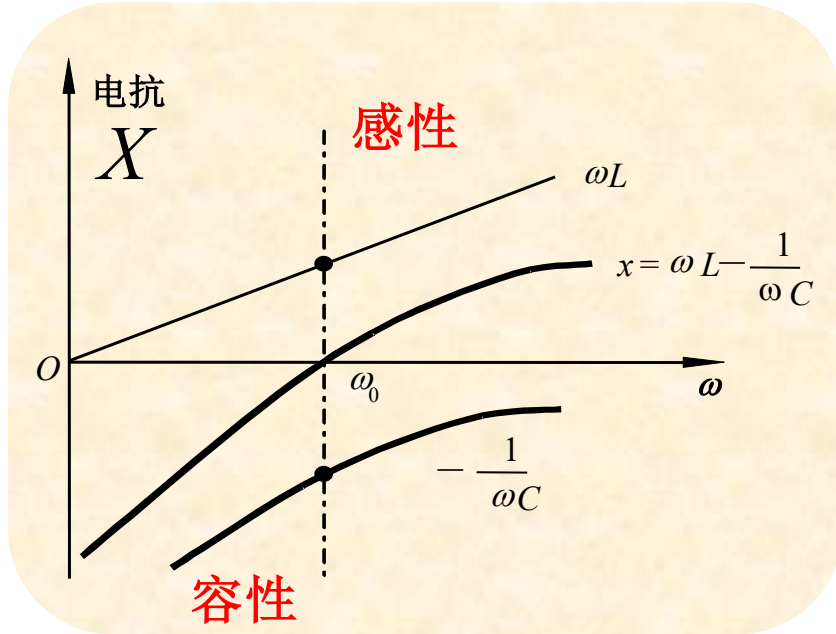
选频特性曲线

1. 谐振时，回路阻抗值最小，即 $Z=R$;
当信号源为电压源时，回路电流最大，

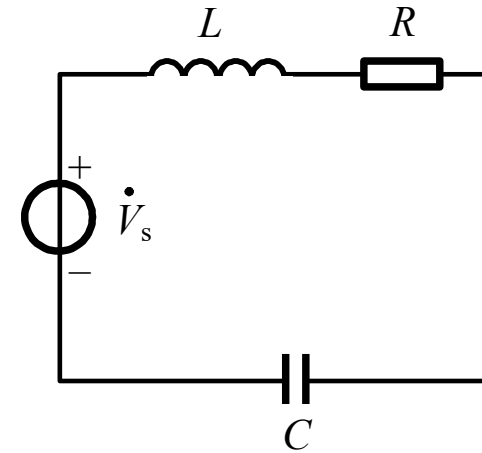
$$\dot{I}_o = \frac{\dot{V}_s}{R} \quad \text{带通选频特性}$$

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.1 谐振基本原理-谐振特性



阻抗 $Z = R + jX = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$



2. 阻抗性质随频率变化的规律:

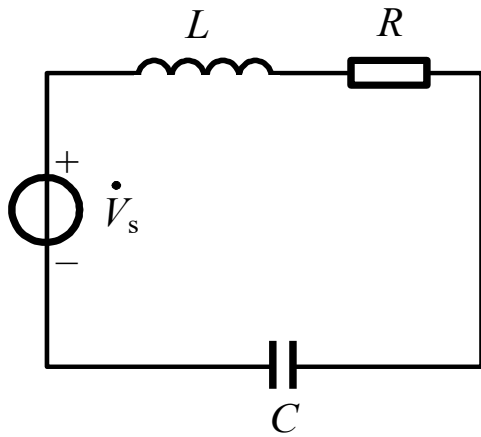
- 1) $\omega < \omega_0$ 时, $X < 0$ 呈容性;
- 2) $\omega = \omega_0$ 时, $X = 0$ 呈纯阻性;
- 3) $\omega > \omega_0$ 时, $X > 0$ 呈感性。

谐振时, 电感、电容消失了!

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.1 谐振基本原理-谐振特性

谐振时，电感、电容消失了！



$$\dot{V}_{L0} = \dot{I}_0 j\omega_0 L = \frac{\dot{V}_s}{R} j\omega_0 L = j\frac{\omega_0 L}{R} \dot{V}_s = jQ \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_{C0} = \dot{I}_0 \frac{1}{j\omega_0 C} = \frac{\dot{V}_s}{R} \frac{1}{j\omega_0 C} = -j\frac{1}{\omega_0 CR} \dot{V}_s = -jQ \dot{V}_s$$

回路的品质因数

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR}$$

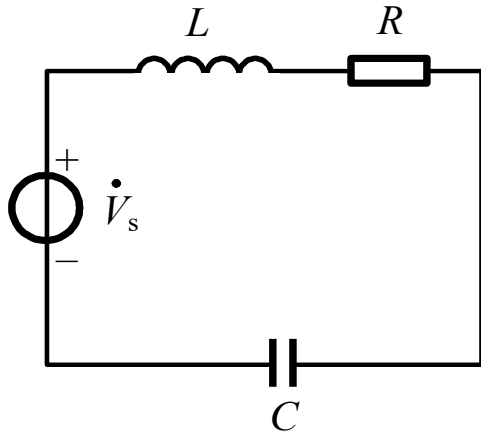
又因为 $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$ 所以 $\dot{V}_{L0} = -\dot{V}_{C0}$

3. 串联谐振时，电感和电容两端电压模值大小相等，且等于外加电压的 Q 倍；

由于 Q 值较高，常在几十到几百左右，必须预先注意回路元件的耐压问题。

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.1 谐振基本原理-谐振特性



回路的品质因数 Q 定义为回路谐振时的感抗(或容抗)与回路等效损耗电阻 R 之比, 即

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

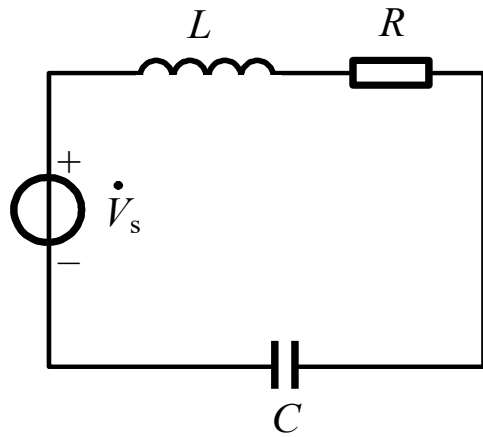
将 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 代入上式, 则得 $Q = \sqrt{\frac{L}{C}} / R$

在LC谐振回路中, 用 Q 评价谐振回路损耗的大小, Q 值常在几十到几百之间。
 Q 值越大, 回路的损耗越小, 其选择性越好。

注意区分: 空载品质因数 Q_0 有载品质因数 Q_L

2.1 串联谐振回路

➤ 小结



1. 谐振时，回路阻抗值最小，即 $Z=R$ ；当信号源为电压源时，回路电流最大，即 $\dot{I}_0 = \frac{\dot{V}_s}{R}$ ，具有带通选频特性。

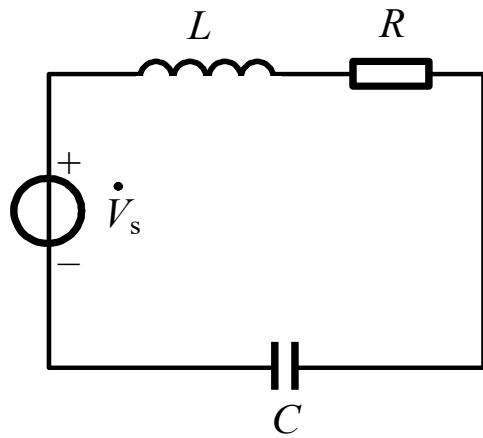
2. 阻抗性质随频率变化的规律：

- 1) $\omega < \omega_0$ 时， $X < 0$ 呈容性；
- 2) $\omega = \omega_0$ 时， $X = 0$ 呈纯阻性；
- 3) $\omega > \omega_0$ 时， $X > 0$ 呈感性。

3. 串联谐振时，电感和电容两端的电压模值大小相等，且等于外加电压的 Q 倍。

2.1 串联谐振回路

► 例题2-1



1. LC回路串联谐振时，电感和电容两端的电压大小（ ）、极性（ ），且等于外加电压的 Q 倍。

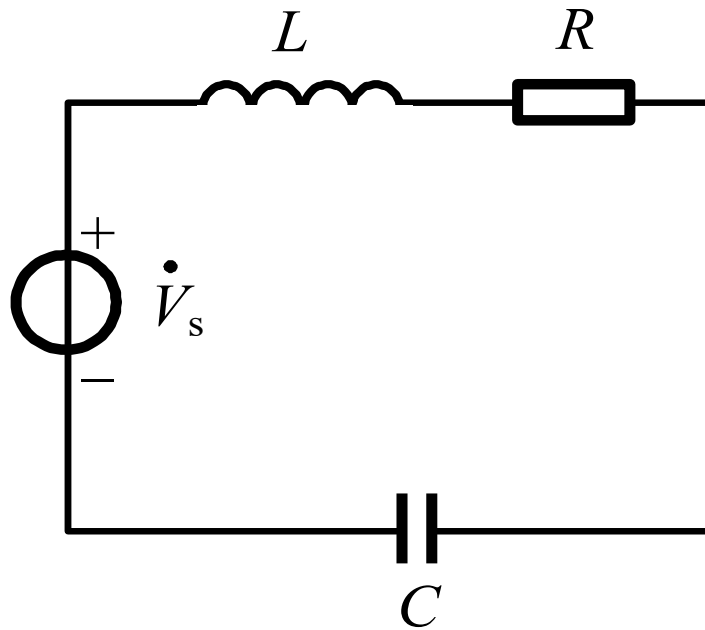
2. 已知LC串联谐振回路的 $f_0=1.5\text{MHz}$ ， $C=100\text{pF}$ ，谐振时电阻为 5Ω ，试求 $L=（ ）$ ， $Q_0=（ ）$ 。

1. 相等 相反

2. $113\mu\text{H}$ 212.2

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带



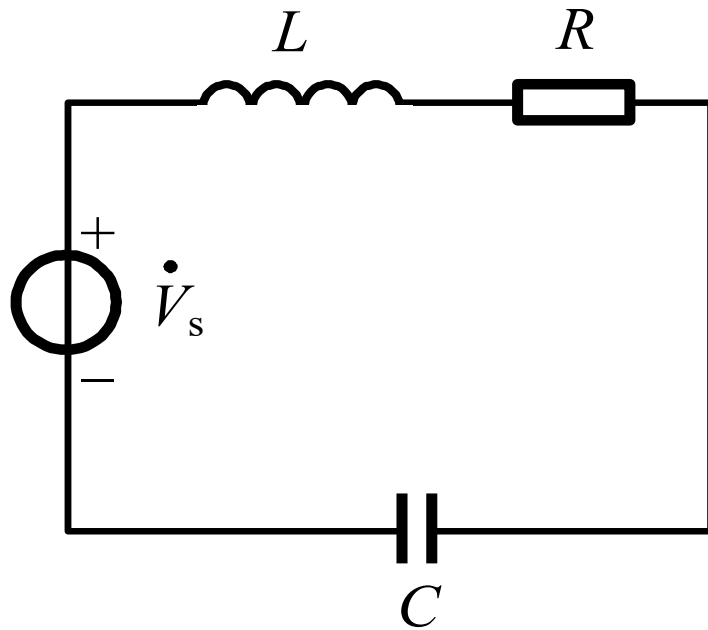
串联谐振回路中**电流幅值与外加电压频率**之间的**关系曲线称为谐振曲线**。

因此，表示谐振曲线的函数为

$$\begin{aligned} \dot{N}(\omega) &= \frac{\dot{I}(\omega)}{\dot{I}(\omega_0)} = \frac{\frac{\dot{V}_s}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}}{\frac{\dot{V}_s}{R}} = \frac{R}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} \\ &= \frac{1}{1 + j \frac{\omega_0 L}{R} (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})} = \frac{1}{1 + jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})} = N(\omega)e^{j\psi(\omega)} \end{aligned}$$

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带



$$\begin{aligned}\dot{N}(\omega) &= \frac{\dot{I}(\omega)}{\dot{I}(\omega_0)} = \frac{R}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} \\ &= \frac{1}{1 + jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})} = N(\omega)e^{j\psi(\omega)}\end{aligned}$$

谐振曲线包括**幅频特性**曲线和**相频特性**曲线，分别用 $N(\omega)$ 和 $\psi(\omega)$ 两函数表示。仅对选频特性而言，通常只关心幅频特性 $N(\omega)$ 。

针对幅频特性，又分为两个方面：**频率选择性**和**通频带**。

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

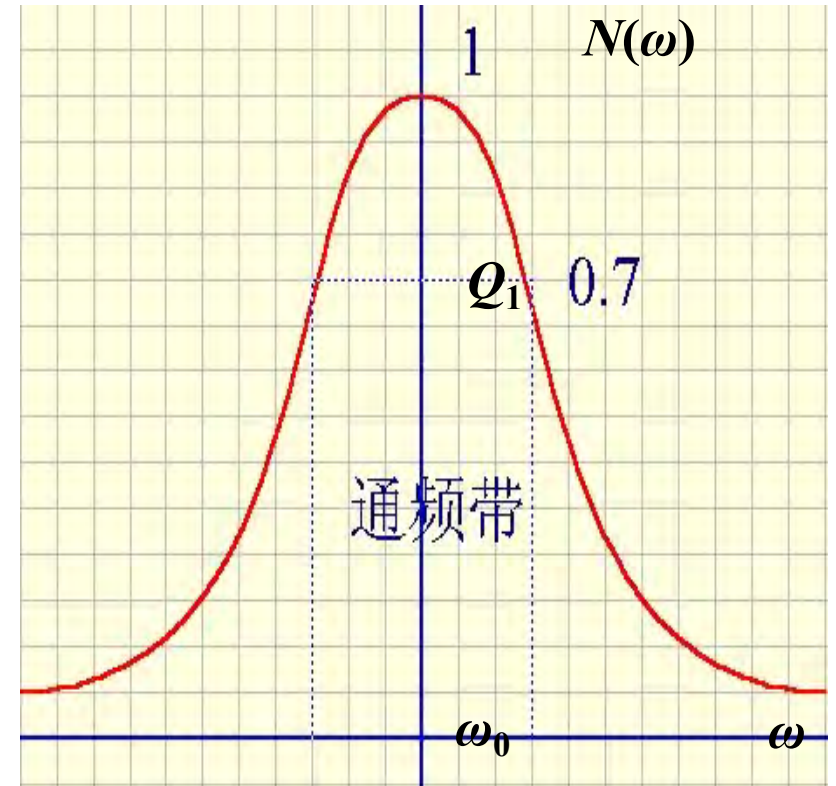
1. 频率选择性

$$N(\omega) = \frac{I(\omega)}{I(\omega_0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

频率 ω 偏离 ω_0 越远, $N(\omega)$ 下降得越多。

可以用 $\omega - \omega_0$ 表示频率偏离谐振的程度, 称为**失谐量**。

选频特性曲线



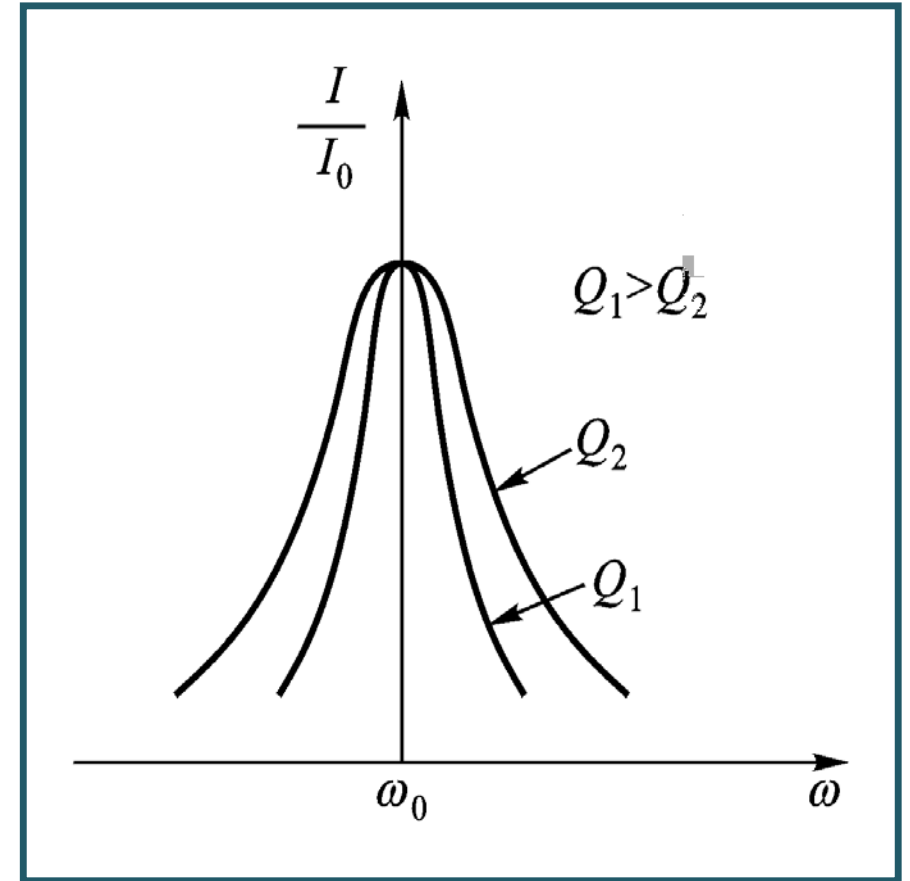
2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

1. 频率选择性

$$N(\omega) = \frac{I(\omega)}{I(\omega_0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

对于同样的频率 ω 和 ω_0 ，回路的 Q 值愈大， $N(\omega)$ 下降的越多。回路的 Q 值愈高，谐振曲线愈尖锐，对外加电压的选频作用愈显著，回路的选择性就愈好。



串联振荡回路
的谐振曲线

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

1. 频率选择性

要衡量电路偏离谐振的程度，必须包含 Q 和失谐量的综合效果。

定义：广义失谐量

$$\xi = \frac{(\text{失谐电抗})X}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

当 $\omega \approx \omega_0$ ，即失谐不大时：

$$\xi \approx Q \frac{(\omega - \omega_0)(\omega_0 + \omega_0)}{\omega_0 \omega_0} = Q \cdot \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} = Q \cdot \frac{2\Delta f}{f_0}$$

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

1. 频率选择性

广义失谐量

$$\xi = Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

幅频特性函数 $N(\xi)$ 和曲线分别为

$$N(\xi) = \frac{I(\xi)}{I(0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi^2}}$$

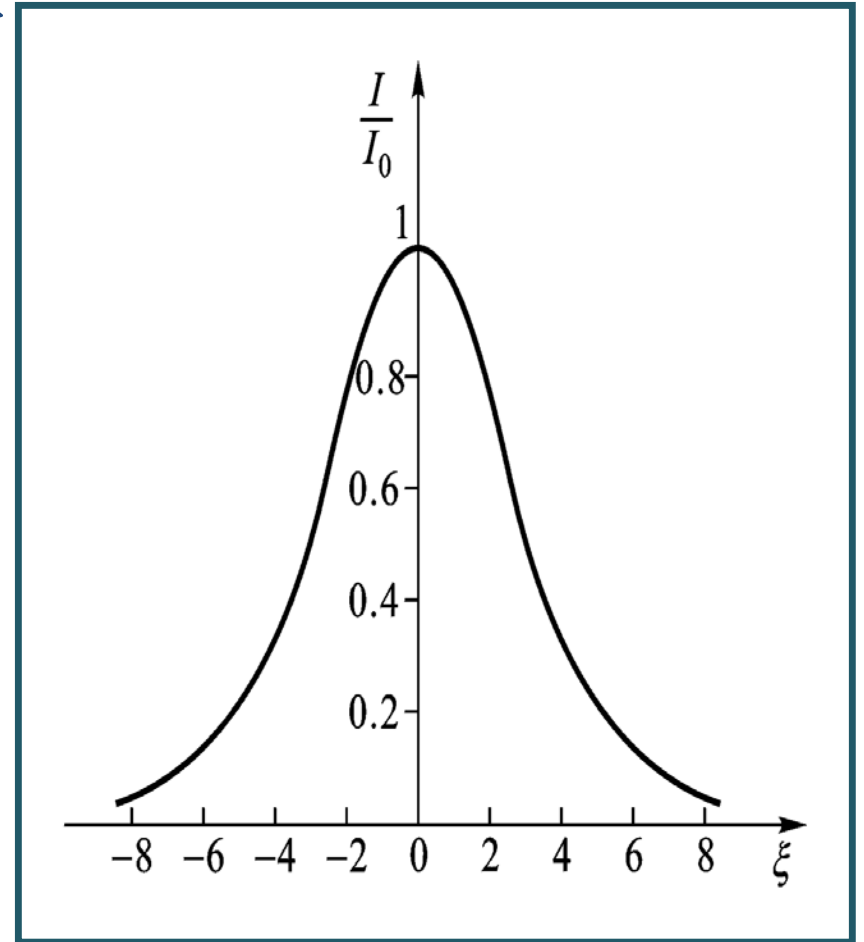


图 2.1.5 串联振荡回路
通用谐振曲线

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

2. 通频带

$$\begin{aligned} 2\Delta\omega_{0.7} &= (\omega_2 - \omega_0) + (\omega_0 - \omega_1) \\ &= \omega_2 - \omega_1 \end{aligned}$$

$$\text{或 } 2\Delta f_{0.7} = f_2 - f_1$$

$$N(\xi) = \frac{I(\xi)}{I(0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

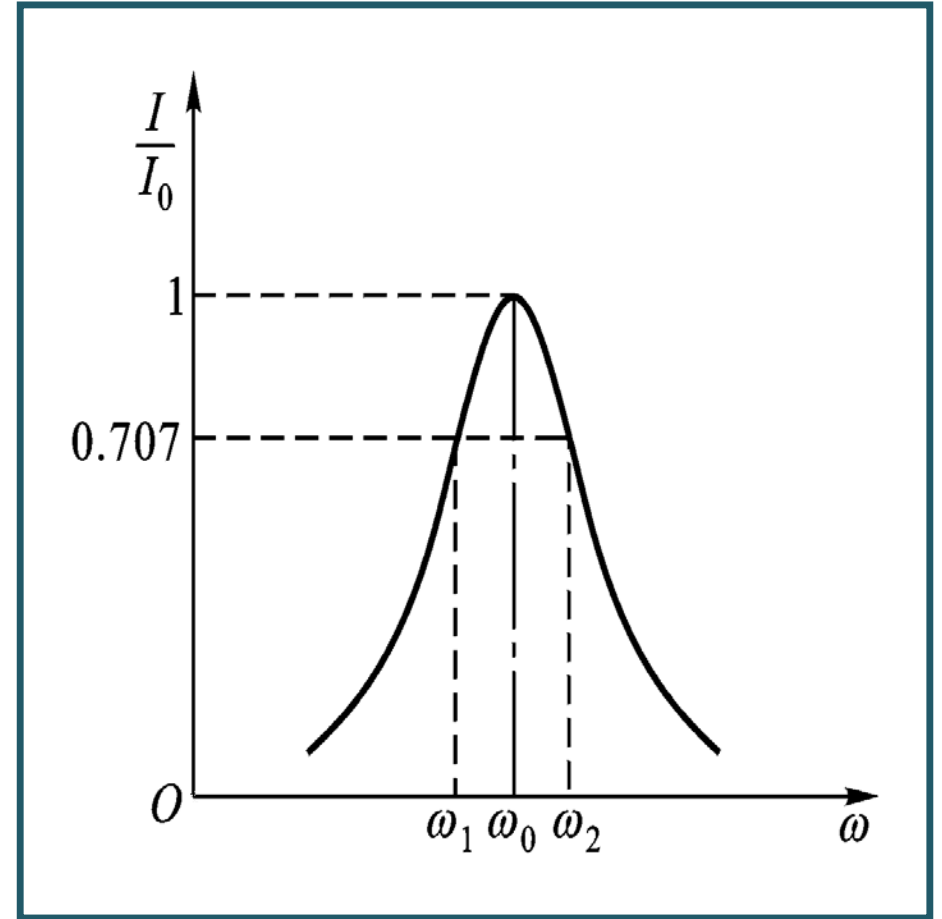


图 2.1.6 串联振荡回路的通频带

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.2 串联谐振回路的谐振曲线与通频带

2. 通频带

$$N(\xi) = \frac{I(\xi)}{I(0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$



$$\xi = \pm 1$$

$$\xi \approx Q \cdot \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} \rightarrow 2\Delta\omega_{0.7} = \frac{\omega_0}{Q}$$

$$\text{或 } 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q}$$

$$\Delta\omega = \omega - \omega_0$$

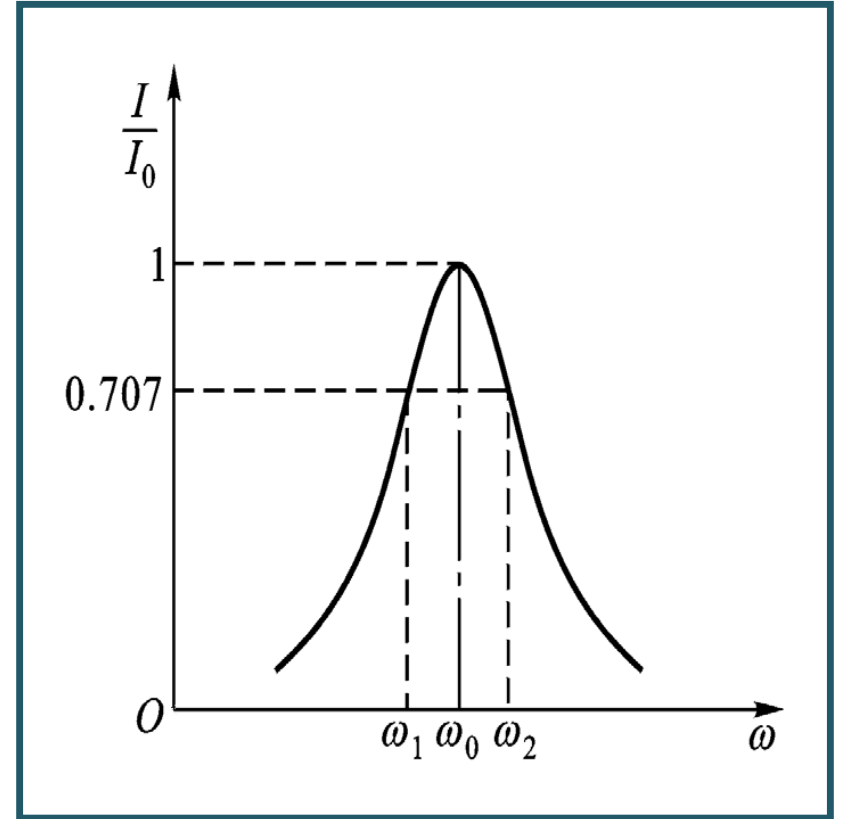


图 2.1.6 串联振荡回路的通频带

回路 Q 值越高，选择性越好，但通频带越窄，二者矛盾。

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.3 串联谐振回路的相位特性曲线

针对数字信号与图像信号的传输，相位特性失真严重影响通信质量。

$$\dot{N}(\omega) = \frac{\dot{I}(\omega)}{\dot{I}(\omega_0)} = \frac{1}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)} = N(\omega)e^{j\psi(\omega)}$$

$$\psi = -\arctan Q \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = -\arctan \xi$$

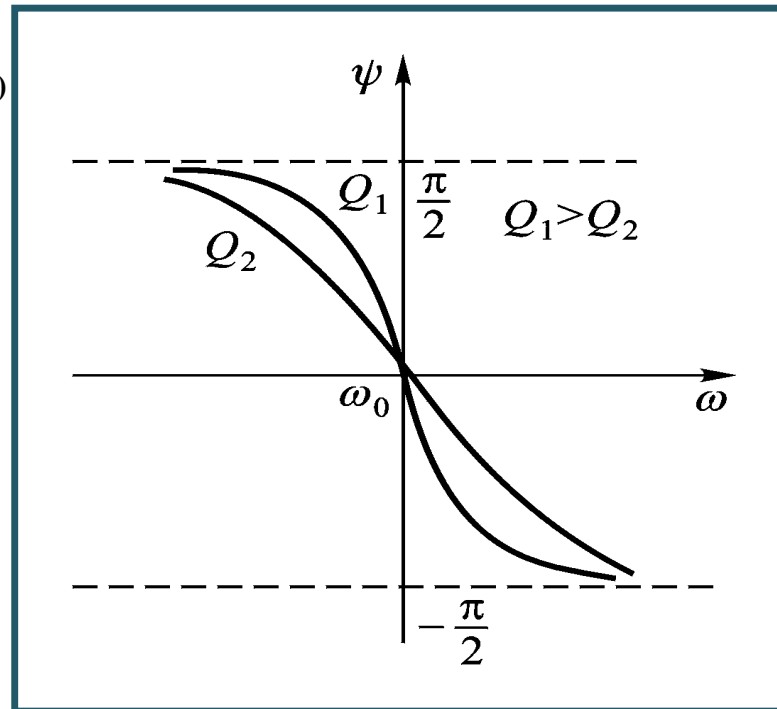


图 2.1.8 串联振荡回路的相位特性曲线

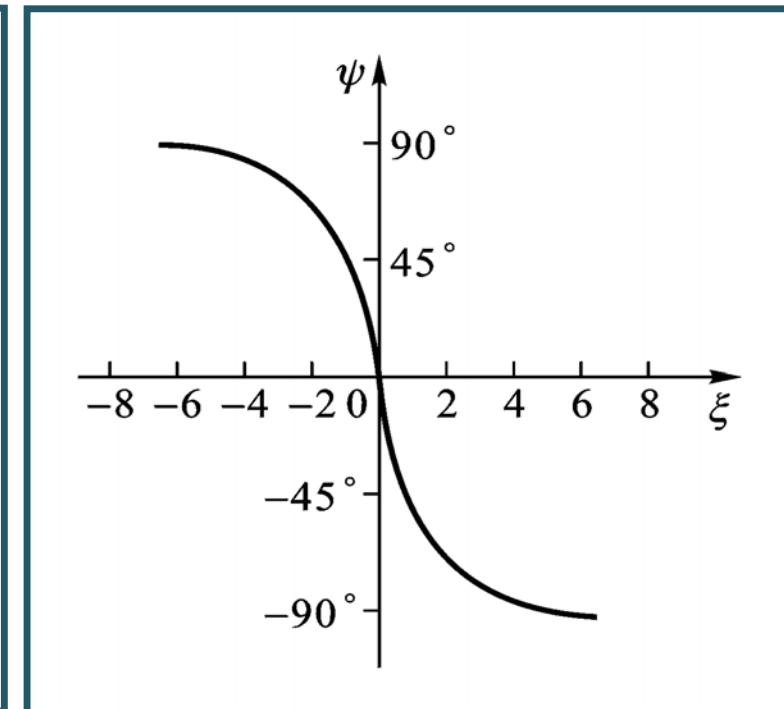


图 2.1.9 串联振荡回路通用相位特性

2.1 串联谐振回路

➤ 2.1.3 串联谐振回路的相位特性曲线

针对数字信号与图像信号的传输，相位特性失真严重影响通信质量。

$$\psi = -\arctan Q \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

由右图可见， **Q 值愈大，相频特性曲线在谐振频率 ω_0 附近的变化愈陡峭。但是，线性度变差，或者说，线性范围变窄。**

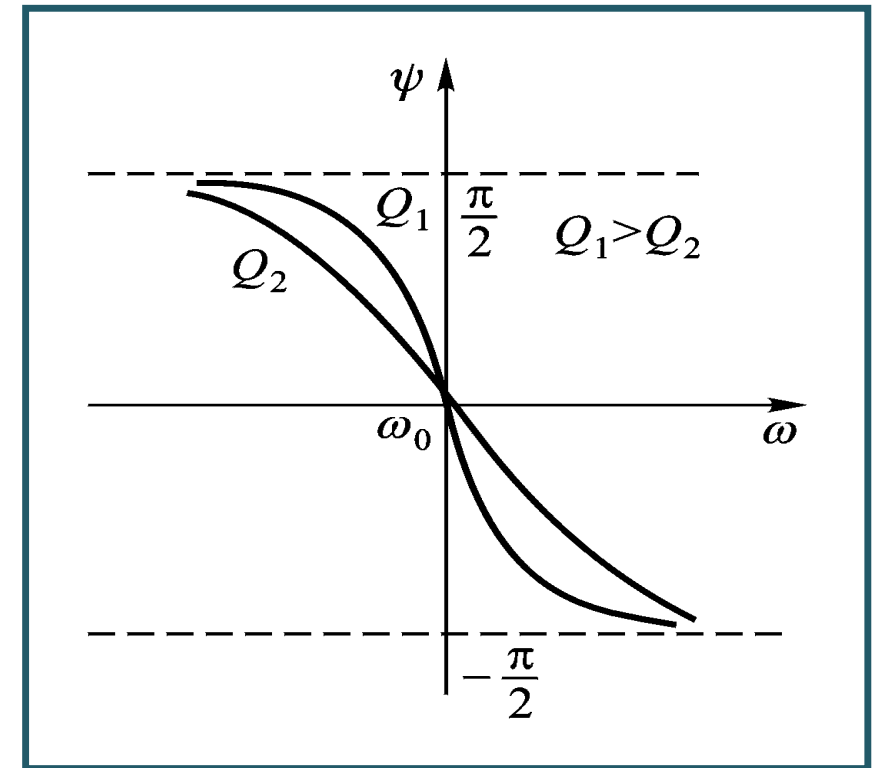


图 2.1.8 串联振荡回路的
相位特性曲线

2.1 串联谐振回路

► 例题2-2

1. LC回路 Q 值越高, 选择性越好, 但通频带越窄; LC回路 Q 值越低, 选择性越差, 但通频带越宽; 二者矛盾。

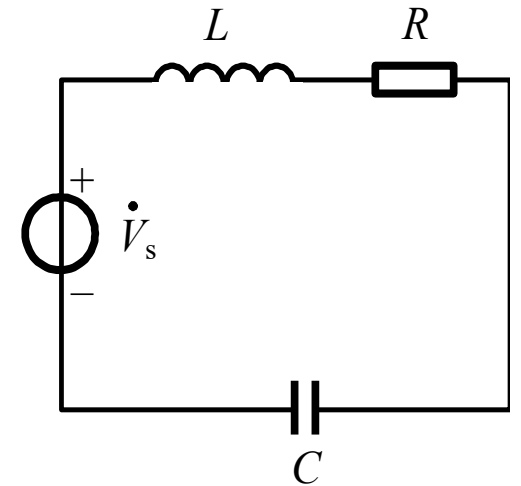
A 对

B 错

2. 如图, 设给定串联谐振回路的 $f_0=1\text{MHz}$, $Q_0=50$, 若输出电流超前信号源电压相位 45° , 试求:

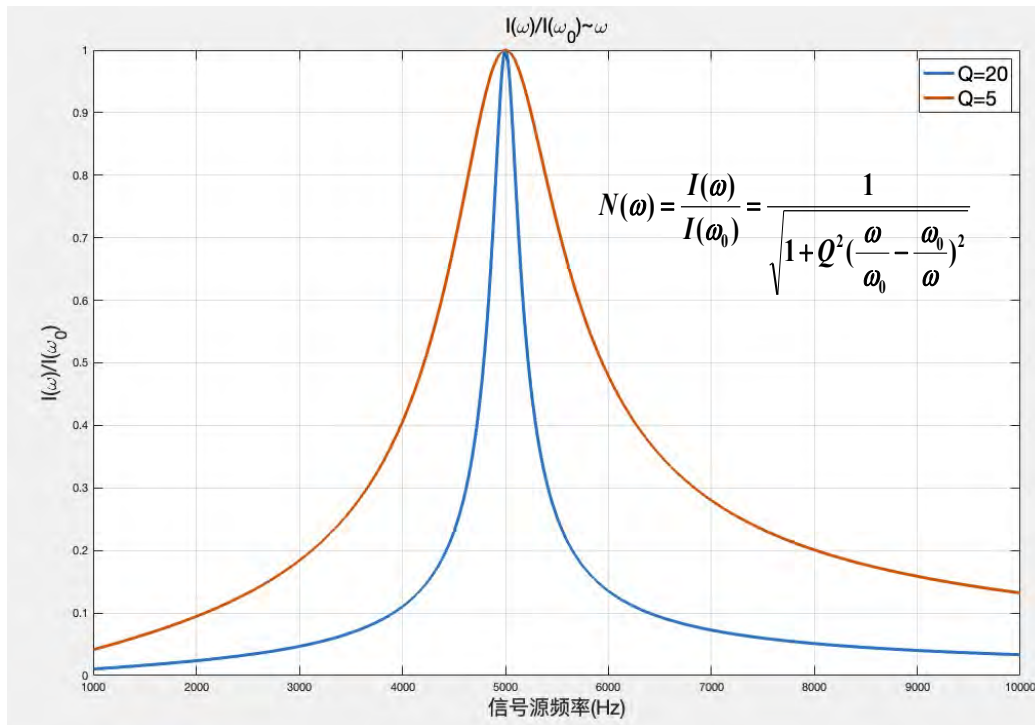
1) 此时信号源频率 f 是多少? 输出电流相对于谐振时衰减了多少分贝?

2) 现要在回路中的再串联一个元件, 使回路处于谐振状态, 应该加入何种元件, 并定性分析元件参数的求法。



作业2: 教材P54第二章课后习题: 2.7和2.8。

1. 掌握串联谐振回路的基本原理
2. 掌握串联谐振回路的谐振特性
3. 掌握频率选择性、通频带、幅频特性、相频特性的分析方法



```
clc
clear
close all

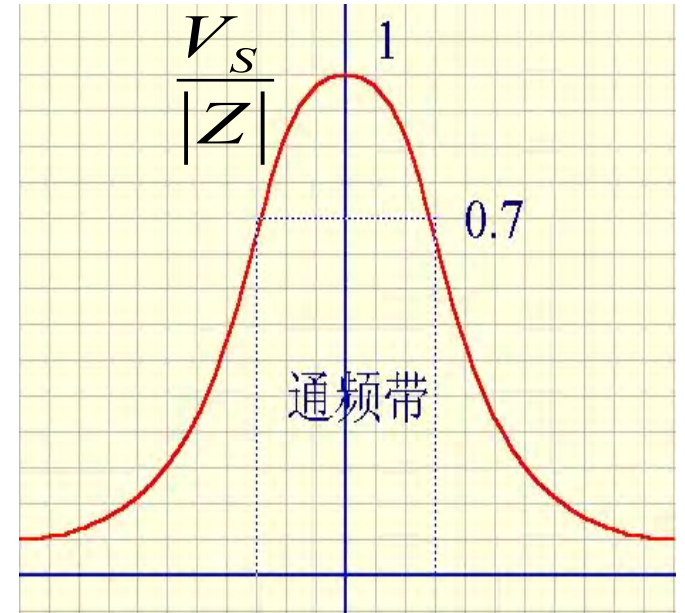
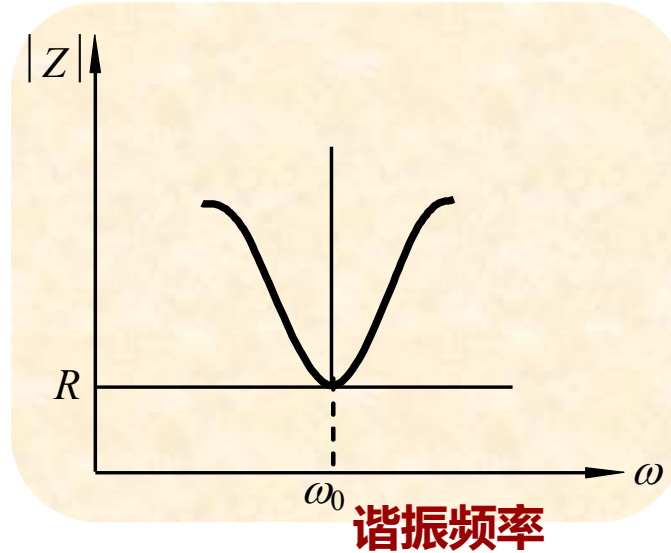
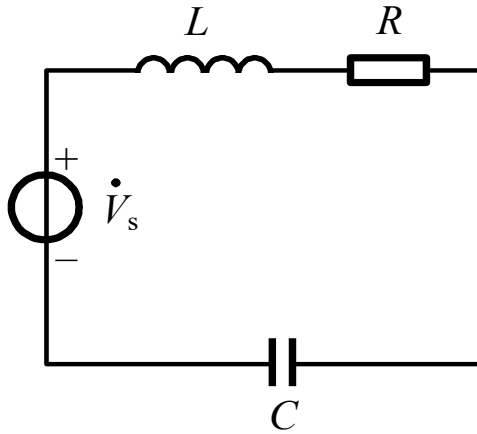
Q = 20;
w = 1000*(1:0.0001:10);
w0 = 5000;
Nw1 = 1./sqrt( 1 + Q*Q*(w./w0-w0./w).*(w./w0-w0./w));
plot(w,Nw1,'LineWidth',3)
Q = 5;
Nw2 = 1./sqrt( 1 + Q*Q*(w./w0-w0./w).*(w./w0-w0./w));
hold on
plot(w,Nw2,'LineWidth',3)
grid on
legend('Q=20','Q=5','FontSize',20);
xlabel('信号源频率(Hz)','FontSize',20);
ylabel('I(\omega)/I(\omega_0)','FontSize',20);
title('I(\omega)/I(\omega_0)~\omega','FontSize',20);
```


- ➡ 2.1 串联谐振回路
- ➡ **2.2 并联谐振回路**
- ➡ 2.3 串、并联阻抗的等效互换与回路抽头时的阻抗变换
- ➡ 2.4 耦合回路
- ➡ 2.5 滤波器的其他形式

2023年3月20日

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性

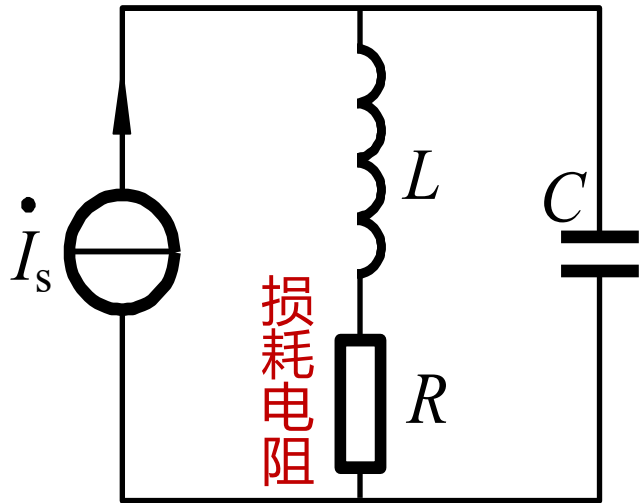


串联谐振回路的带通特性要求信号源内阻越低越好。

若信号源内阻比较大应该选择怎样的谐振回路？

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性



回路的总阻抗

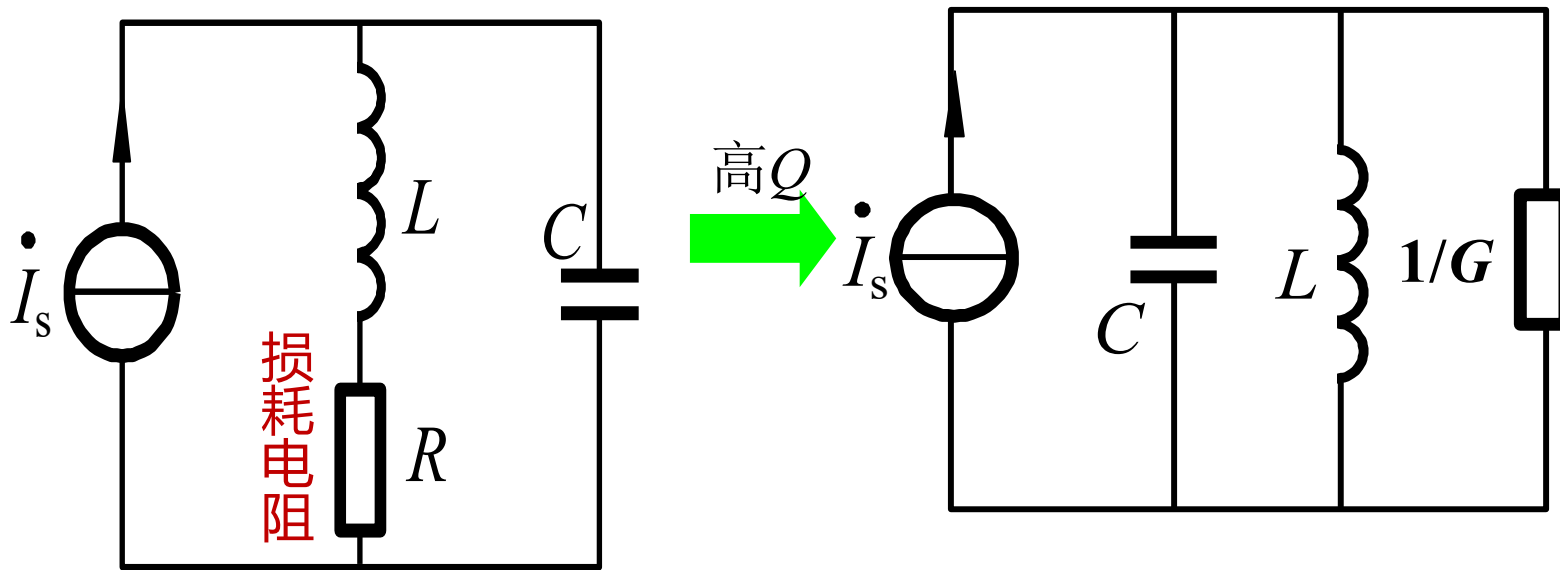
$$\begin{aligned} Z &= \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \\ &\approx \frac{\frac{L}{C}}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{1}{\frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)} \end{aligned}$$

通常，损耗电阻R在工作频段内满足： $R \ll \omega L$ 或高Q

采用导纳分析并联振荡回路及其等效电路比较方便，为此引入并联振荡回路的导纳。

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性



电导 G 和电纳 B 分别为

$$G = \frac{CR}{L} \quad B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$$

回路总导纳

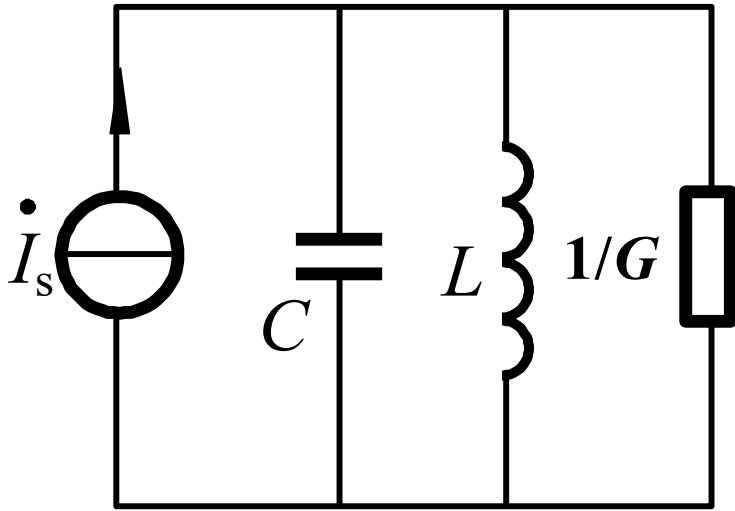
$$Z = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{\frac{CR}{L}}{\frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$$

$$Y = G + jB = \frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

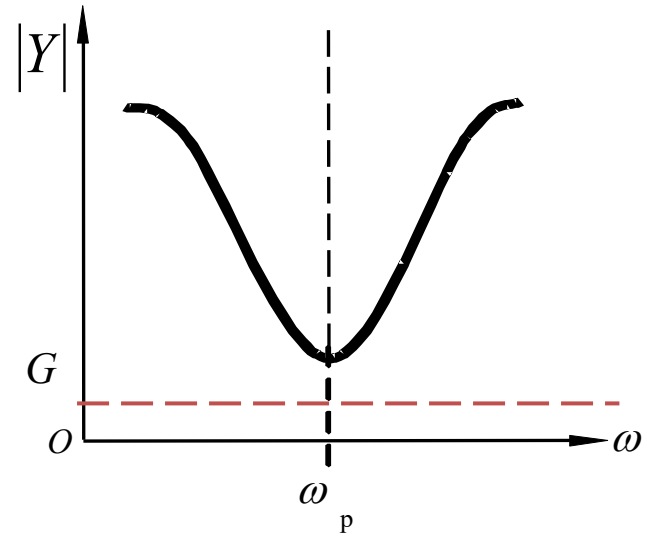
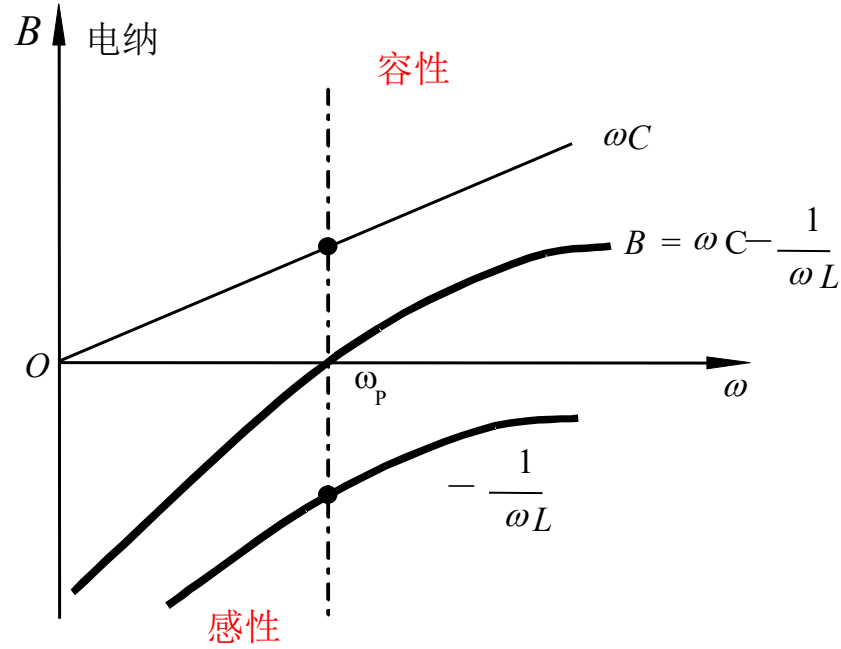
2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性

谐振条件: $B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$



$$Y = G + jB = \frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

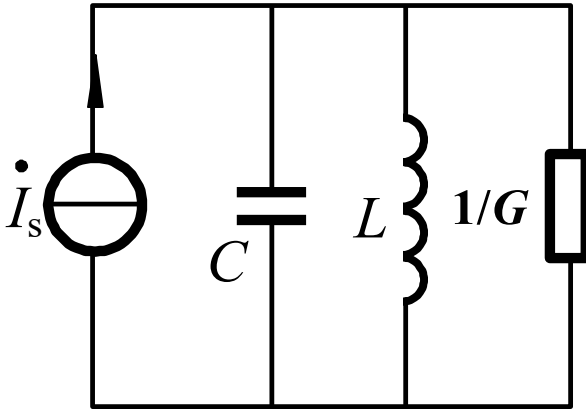


即信号频率 $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 或 $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

谐振特性: 其**导纳**在某一特定频率上具有**最小值** (谐振状态), 而偏离此频率时将迅速增大。

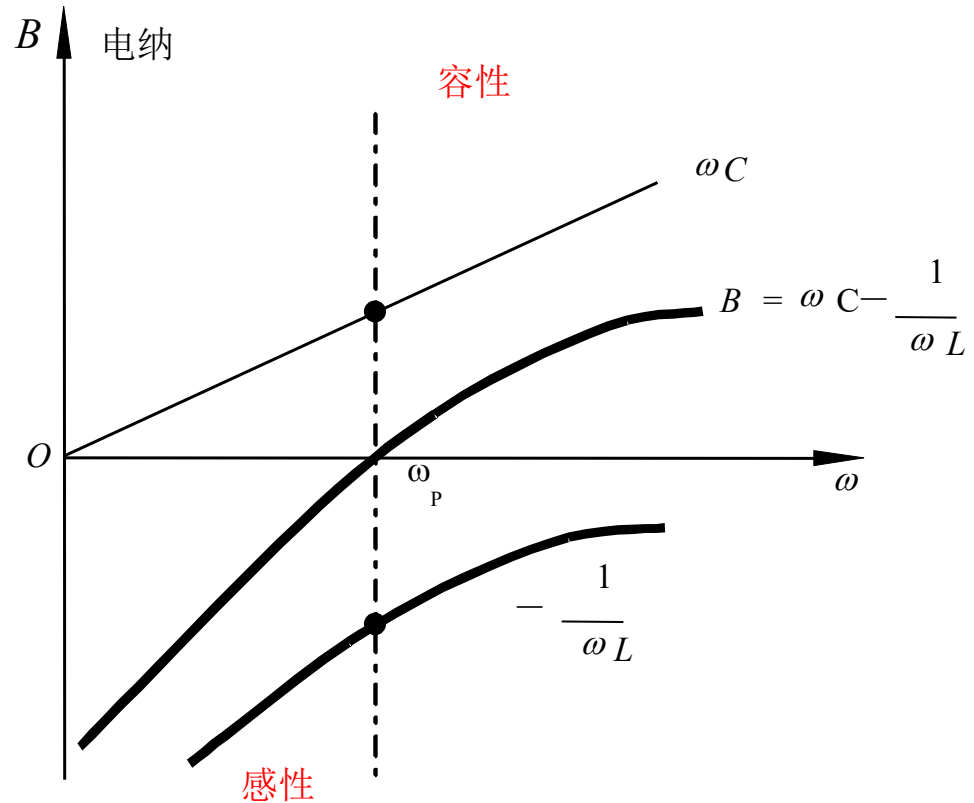
2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性



1. 阻抗性质随频率变化的规律:

- 1) $\omega < \omega_p$ 时, $B < 0$ 呈感性;
- 2) $\omega = \omega_p$ 时, $B = 0$ 呈纯阻性;
- 3) $\omega > \omega_p$ 时, $B > 0$ 呈容性。

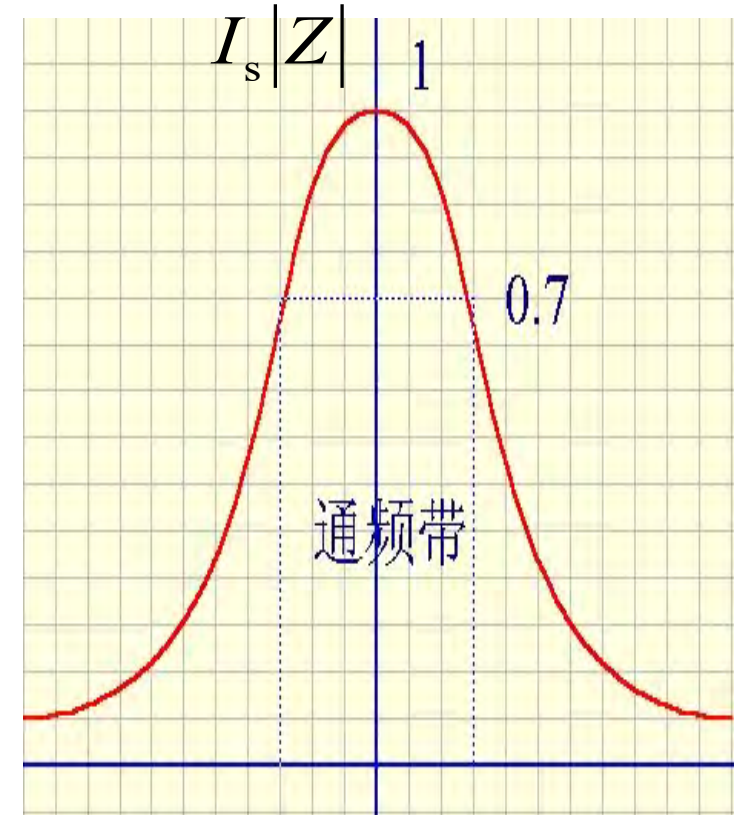
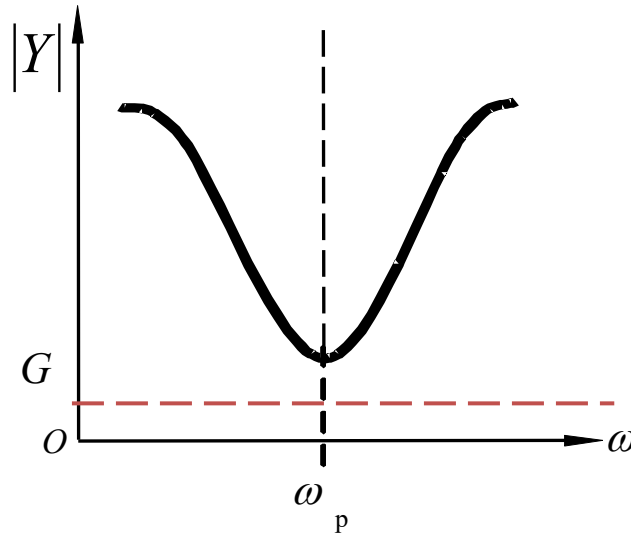
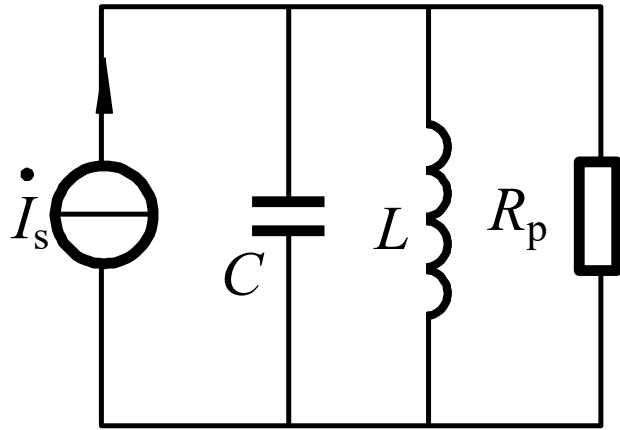


$$Y = G + jB = \frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

谐振条件: $B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性



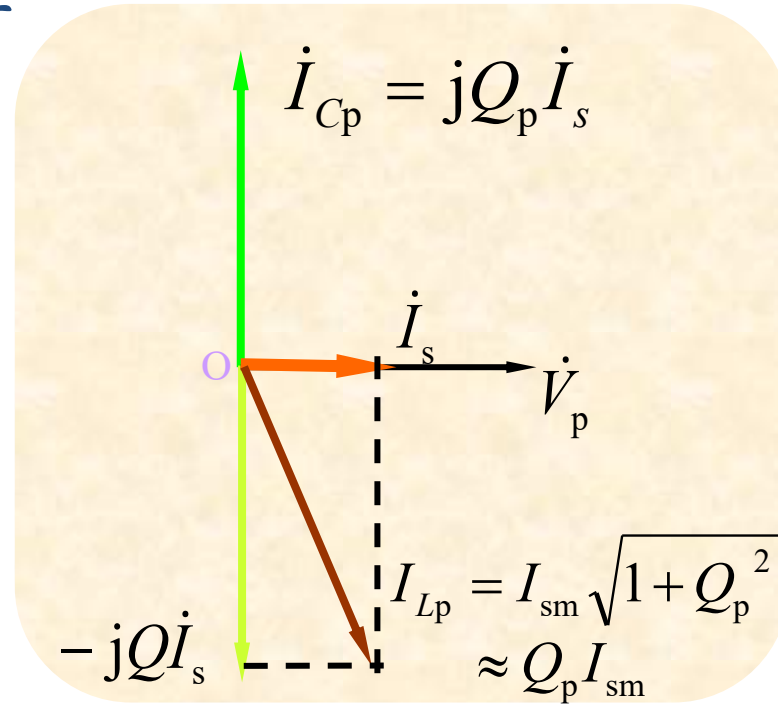
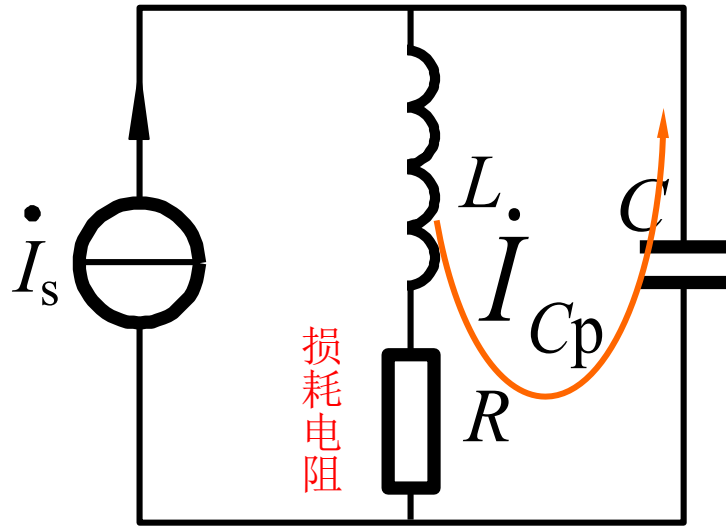
2. 谐振时，回路阻抗值最大， 即 $R_p = \frac{1}{G} = \frac{L}{CR}$ ；
 当信号源为电流源时，回路电压最大，
 即 $\dot{V}_p = \dot{I}_s R_p$ ，具有**带通选频**特性。

选频特性曲线

$$Q_p = \frac{\omega_p L}{R} = \frac{1}{\omega_p CR} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R} = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \cdot \frac{\frac{L}{C}}{R} = \frac{R_p}{\omega_p L} = R_p \omega_p C$$

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.1 基本原理与特性



$$\begin{aligned} \dot{I}_{Cp} &= j\omega_p C \cdot \dot{V}_p = j\dot{I}_s \cdot R_p \omega_p C \\ &= jQ_p \dot{I}_s \end{aligned}$$

$$Q_p = \frac{R_p}{\omega_p L} = R_p \omega_p C$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{Rp} &= \dot{I}_{Lp} R \approx -jQ_p \dot{I}_s \cdot R \\ &= -\dot{I}_s \cdot j\omega_p L \end{aligned}$$

$$\dot{V}_{Lp} = \dot{I}_{Lp} j\omega_p L$$

$$\dot{V}_{Cp} = \dot{I}_{Cp} \frac{1}{j\omega_p C}$$

3. 并联谐振时，流经电感和电容的电流模值大小相近，方向相反，且约等于外加电流的 Q 倍；

LCR 回路的状态与串联谐振回路相似。

2.2 并联谐振回路

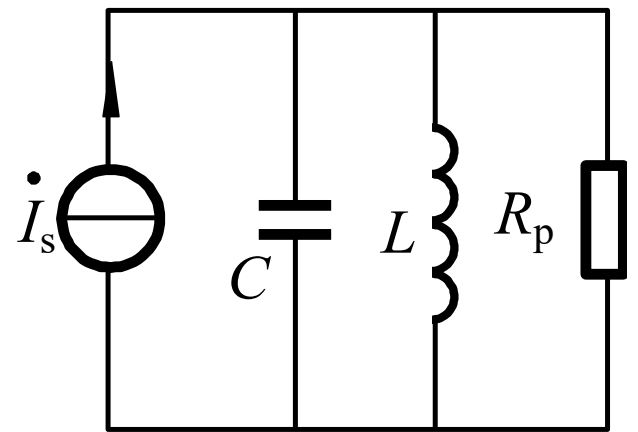
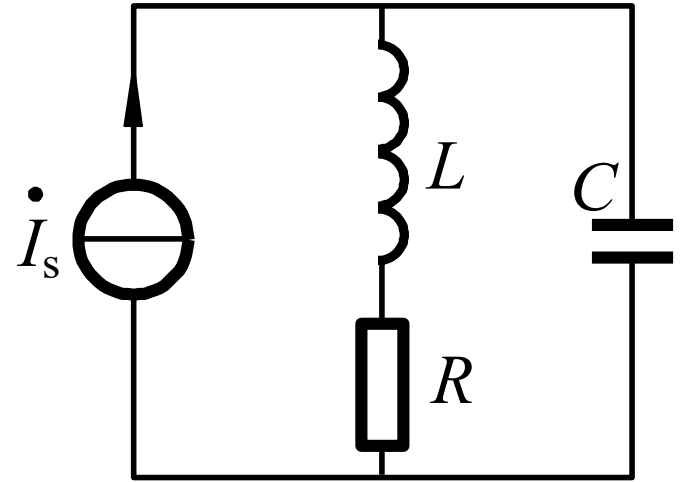
➤ 小结

1. 谐振时，回路阻抗值最大；当信号源为电流源时，回路电压最大，即 $\dot{V}_p = \dot{I}_s R_p$ ，具有带通选频特性。

2. 阻抗性质随频率变化的规律：

- 1) $\omega < \omega_p$ 时， $B < 0$ 呈感性；
- 2) $\omega = \omega_p$ 时， $B = 0$ 呈纯阻性；
- 3) $\omega > \omega_p$ 时， $B > 0$ 呈容性。

3. 并联谐振时，流经电感和电容的电流模值大小相近，方向相反，且约等于外加电流的 Q 倍。



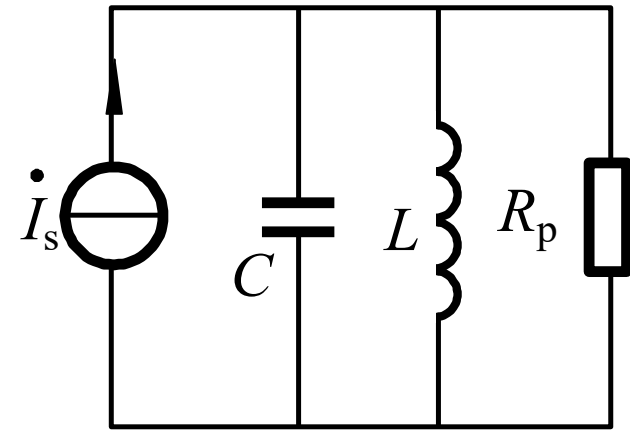
2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.2 谐振曲线、相位特性曲线、通频带

回路中**电压幅值与外加电流频率**之间的关系曲线称为**谐振曲线**。

$$\dot{V}(\omega) = \frac{\dot{I}_s}{\frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$$

$$\dot{V}(\omega_p) = \dot{I}_s R_p$$



注意： $R_p = \frac{1}{G} = \frac{L}{CR}$

因此，表示谐振曲线的函数为

$$\dot{N}(\omega) = \frac{\dot{V}(\omega)}{\dot{V}(\omega_0)} = \frac{\frac{\dot{I}_s}{G_p + j(\omega C - \frac{1}{\omega L})}}{\frac{\dot{I}_s}{G_p}} = \frac{G_p}{G_p + j(\omega C - \frac{1}{\omega L})} = \frac{1}{1 + jQ_p\left(\frac{\omega}{\omega_p} - \frac{\omega_p}{\omega}\right)} = N(\omega)e^{j\psi(\omega)}$$

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

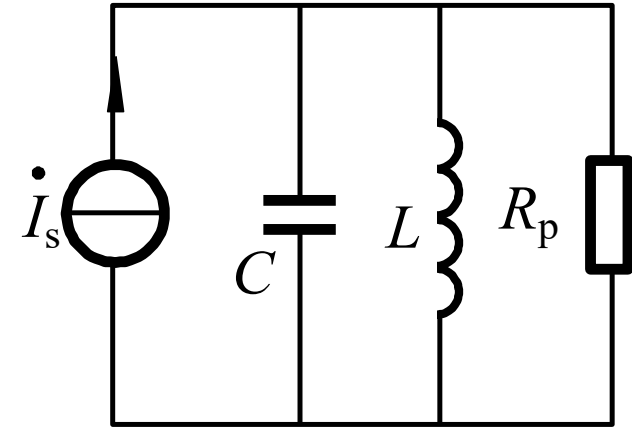
$$Q_p = \frac{R_p}{\omega_p L} = R_p \omega_p C$$

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.2 谐振曲线、相位特性曲线、通频带

$$N(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(Q_p \frac{2\Delta\omega}{\omega_p} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi^2}}$$

$$\psi(\omega) = -\arg \tan Q_p \frac{2\Delta\omega}{\omega_p} = -\arg \tan \xi$$



$$\text{令: } \xi = Q_p \frac{2\Delta\omega}{\omega_p}$$

可见，并联振荡回路的谐振曲线（包括幅频特性曲线和相频特性曲线），是与串联回路相同的。

2.2 并联谐振回路

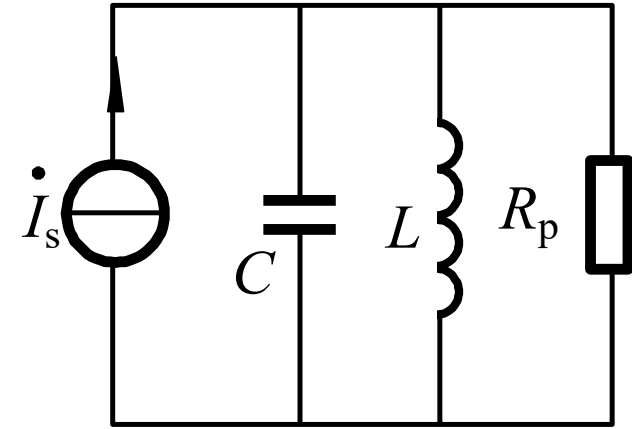
➤ 2.2.2 谐振曲线、相位特性曲线、通频带

绝对通频带 (Hz)

$$2\Delta\omega_{0.7} = \frac{\omega_p}{Q} \quad \text{或} \quad 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_p}{Q}$$

相对通频带 (无量纲)

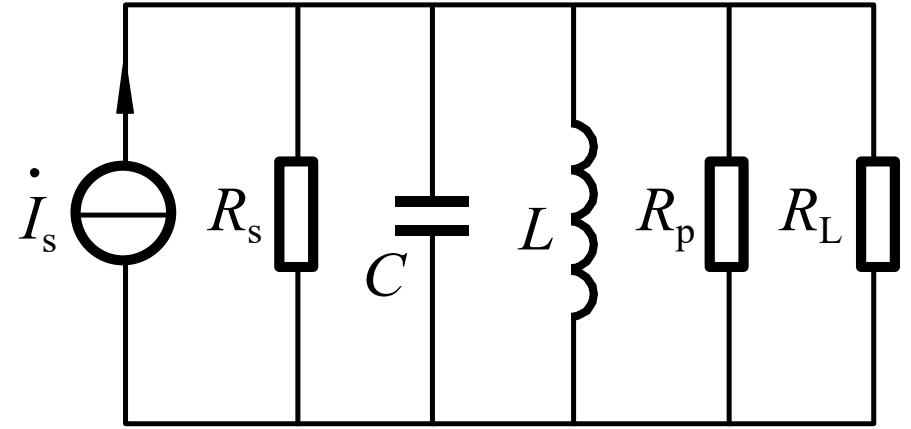
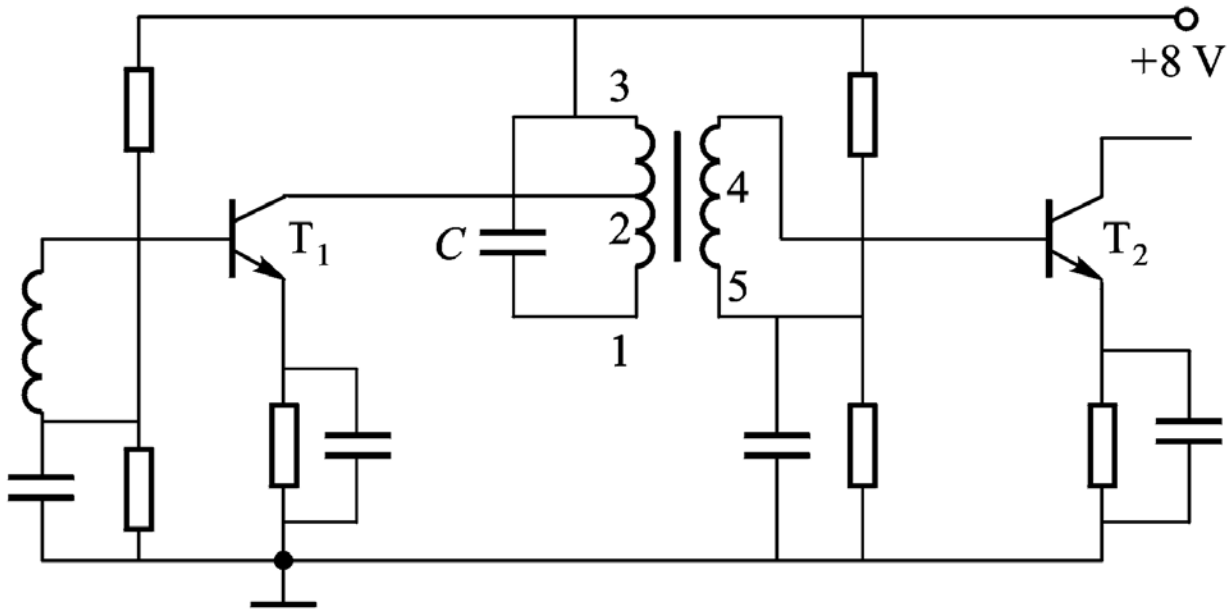
$$\frac{2\Delta\omega_{0.7}}{\omega_p} = \frac{1}{Q} \quad \text{或} \quad \frac{2\Delta f_{0.7}}{f_p} = \frac{1}{Q}$$



并联谐振回路的通频带、选择性与回路品质因数 Q_p 的关系和串联回路的情况是一样的。

2.2 并联谐振回路

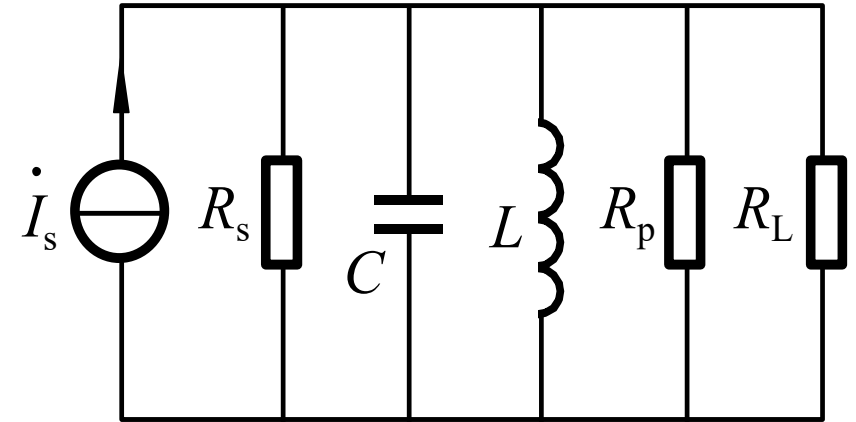
➤ 2.2.3 信号源内阻与负载电阻的影响



2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.3 信号源内阻与负载电阻的影响

考虑信号源内阻 R_s 和负载电阻 R_L 后，由于回路总的损耗增大，回路 Q 值将下降，称为**等效品质因数 Q_L** 。



$$Q_L = \frac{1}{\omega_p L (G_p + G_s + G_L)} = \frac{1}{\frac{\omega_p L}{R_p} \left(1 + \frac{R_p}{R_s} + \frac{R_p}{R_L} \right)}$$

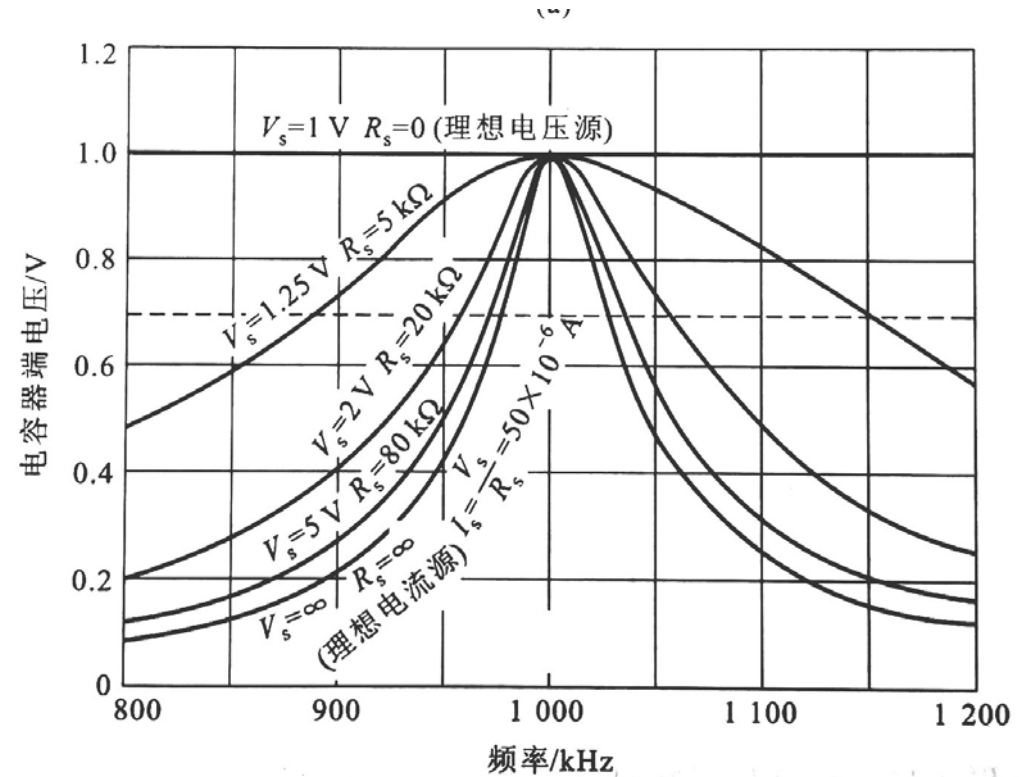
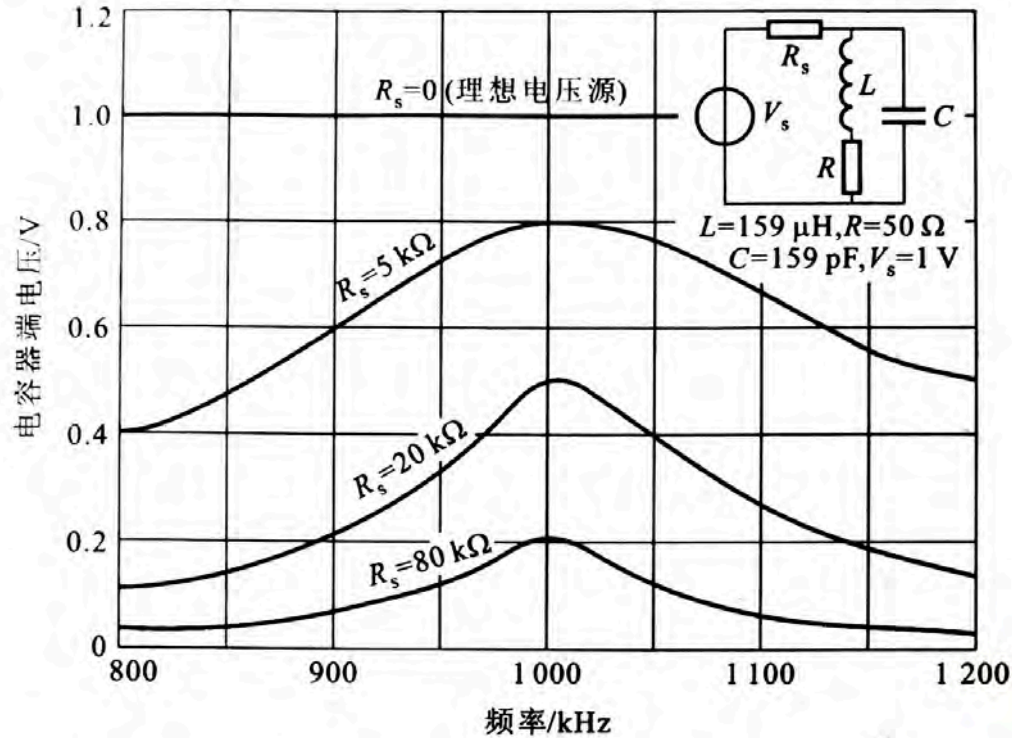
$$= \frac{Q_p}{\left(1 + \frac{R_p}{R_s} + \frac{R_p}{R_L} \right)}$$

式中： $Q_P = \frac{R_p}{\omega_p L} = \frac{1}{G_p \omega_p L}$

由于 Q_L 值低于 Q_p ，因此考虑信号源内阻及负载电阻后，并联谐振回路通频带加宽，选择性变坏。

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.3 信号源内阻与负载电阻的影响



信号源内阻越大，并联回路的电压随频率而变化的速率越快，谐振曲线越尖锐。

为获得优良的选择性，信号源内阻低时，应采用串联振荡回路，而信号源内阻高时，应采用并联振荡回路。

2.2 并联谐振回路

➤ 2.2.4 低Q值并联谐振回路 $Q < 10$

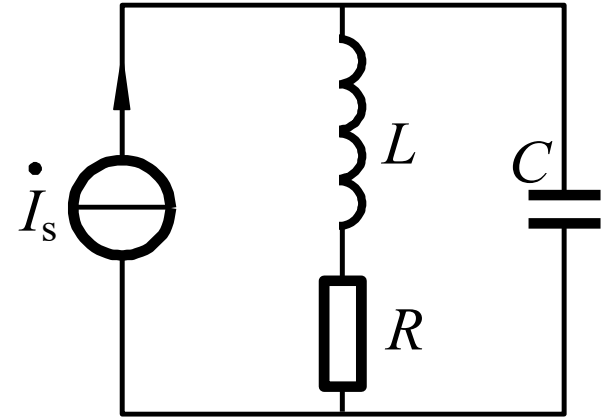
$$Z = \frac{L}{CR} \cdot \frac{1 - j\frac{R}{\omega L}}{1 + j\left(\frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega CR}\right)} \quad \text{令} \quad \frac{1 - j\frac{R}{\omega L}}{1 + j\left(\frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega CR}\right)} = 1$$

即

$$-\frac{R}{\omega L} = \frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega CR} \quad \rightarrow \quad -\frac{R}{L} = \frac{\omega^2 L}{R} - \frac{1}{CR}$$

谐振频率为

$$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{Q_p^2}}$$



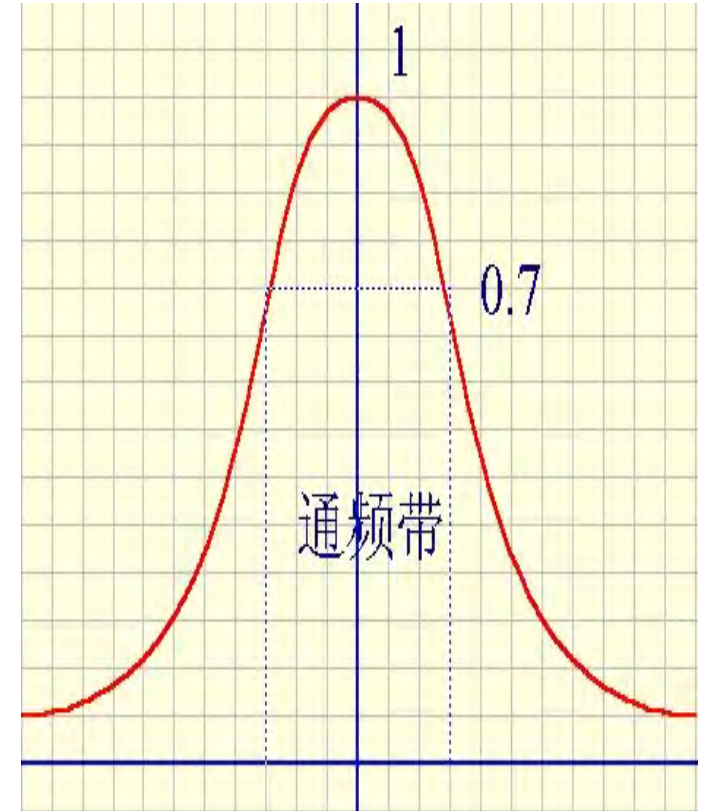
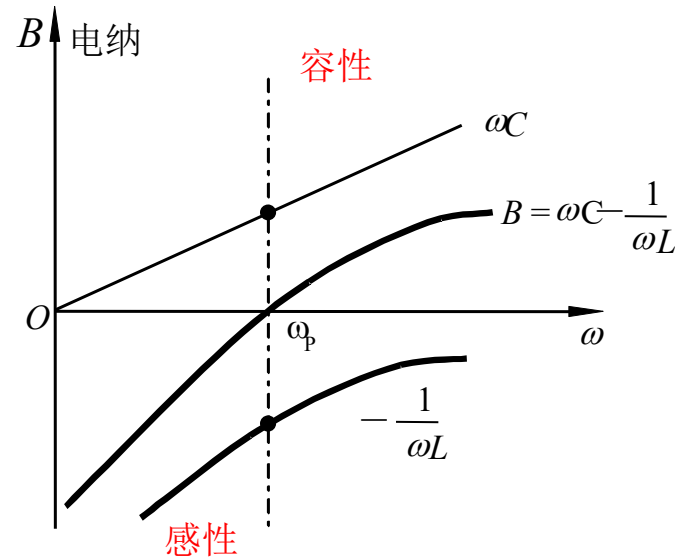
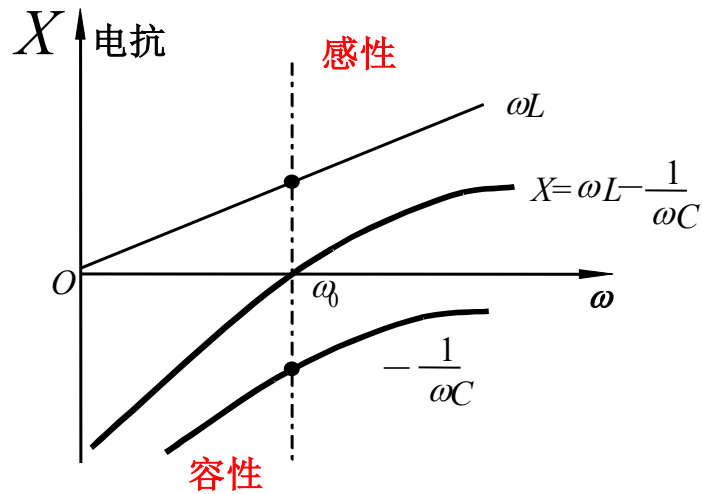
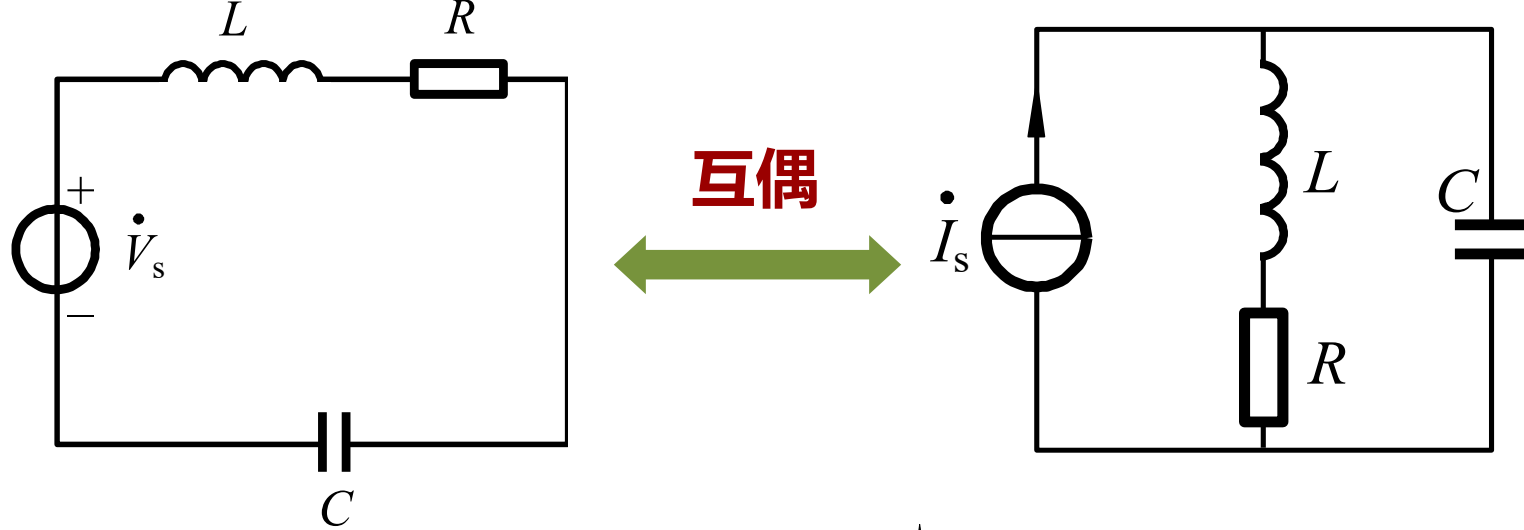
$$\begin{aligned} Z &= \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\ &= \frac{1}{\frac{CR}{L} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)} \end{aligned}$$

由于Q值低，因此电路总的阻抗Z的最大值与纯电阻不是同时发生。

小结

本章重点内容

➤ 串联/并联谐振回路、谐振曲线、谐振特性、频率选择、通频带





Thank You !

Q & A