第11章 电路的频率响应

本章重点

***网络函数的概念，幅频特性和相频特性的意义；**

******RLC*****串联的谐振分析；**

RLC**串联电路的频率响应及*****Q*****值、带宽、通频带；**

******RLC*****并联电路的谐振分析；**

RC**低通滤波器、** ***RC*****高通滤波器。**

11.1 网络函数

单一正弦激励下，电路稳态响应的都为同频率的正弦量。

1. 定 义

电路的工作状态随频率而变化的现象，称为频率特性（频率响应）

响应与激励之间的函数关系称为 **网络函数**

$H(\mathrm{j}\omega)$ ⇒ $$H(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{R}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{E}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$$

$\dot{R}_k(\mathrm{j}\omega)$ ⇒ 端口k的正弦稳态响应相量 $\dot{I}_k(\mathrm{j}\omega)$ 或 $\dot{U}_k(\mathrm{j}\omega)$

$\dot{E}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)$ ⇒ 端口j处的输入变量（正弦激励）$\dot{I}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)$ 或 $\dot{U}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)$

网络函数与激励无关，是系统参数和结构决定的。

网络函数是一个复数。$H(\mathrm{j}\omega)=|H(\mathrm{j}\omega)|\angle\varphi(\mathrm{j}\omega)$

2. 网络函数是一个复数

$$H(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{R}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{E}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}=|H(\mathrm{j}\omega)|\angle\varphi(\mathrm{j}\omega)$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{幅频特性：正弦量有效值或振幅值之比}\\ \text{相频特性：正弦量初相位之差}\end{array}\right\}\text{频响特性}$$

已知网络函数，已知激励，可以求响应。

3. 网络函数的物理意义

网络函数有多种类型

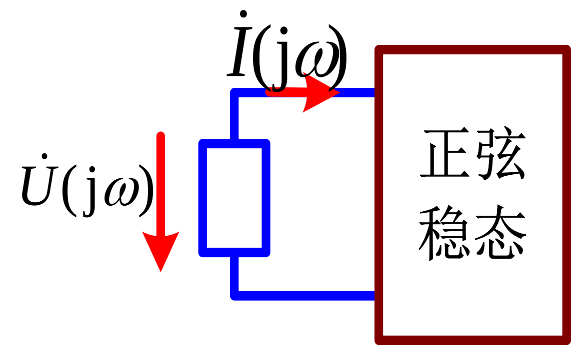
当激励和响应属于同一对端子时，称为驱动点函数。

当激励和响应不属于同一对端子时，称为转移函数。

驱动点函数

驱动点阻抗 $Z = H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{I}(\mathrm{j}\omega)}$

驱动点导纳 $Y = H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{I}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}(\mathrm{j}\omega)}$



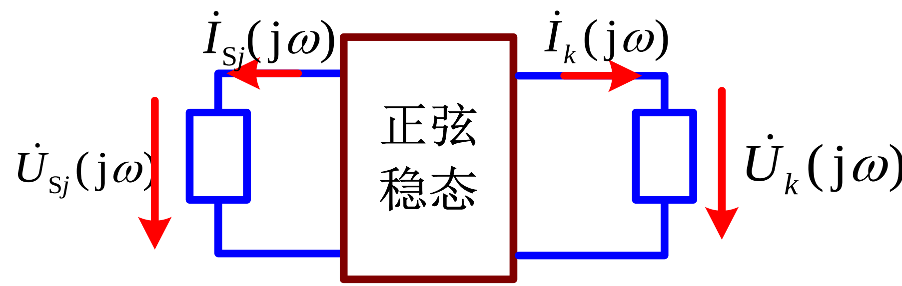
转移函数

转移阻抗 $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{I}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$

转移导纳 $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{I}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$

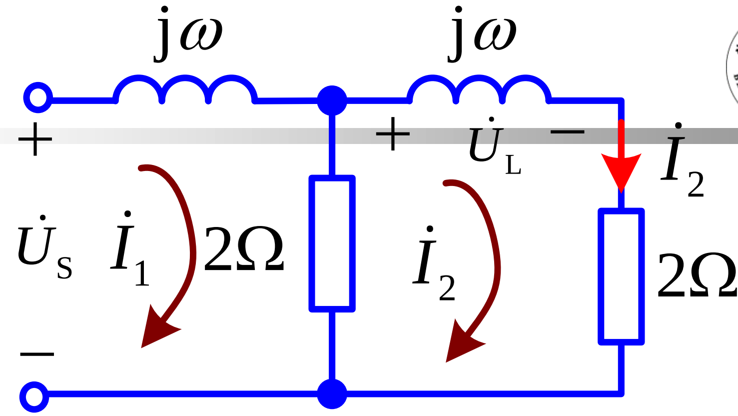
转移电压比 $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$

转移电流比 $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{I}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{I}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$



【例】

求电路的网络函数 $\dfrac{\dot{I}_2}{\dot{U}_S}$，$\dfrac{\dot{U}_L}{\dot{U}_S}$。



解

$$\begin{cases}(2+\mathrm{j}\omega)\dot{I}_1-2\dot{I}_2=\dot{U}_S\\ -2\dot{I}_1+(4+\mathrm{j}\omega)\dot{I}_2=0\end{cases}$$

$$\dot{I}_2=\frac{2\dot{U}_S}{4+(\mathrm{j}\omega)^2+\mathrm{j}6\omega}$$

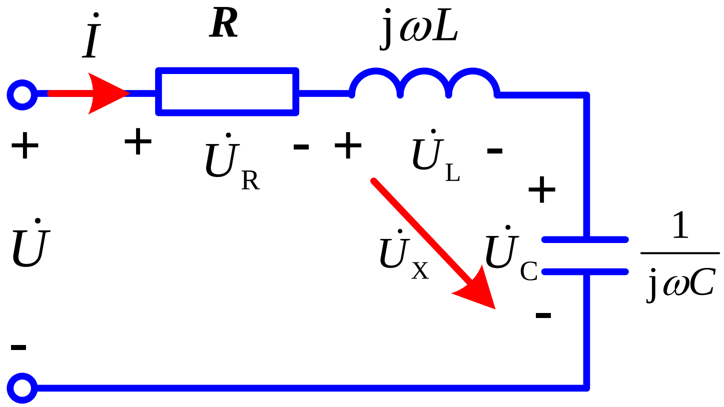
$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_S}=\frac{2}{(4-\omega^2)+\mathrm{j}6\omega}$$

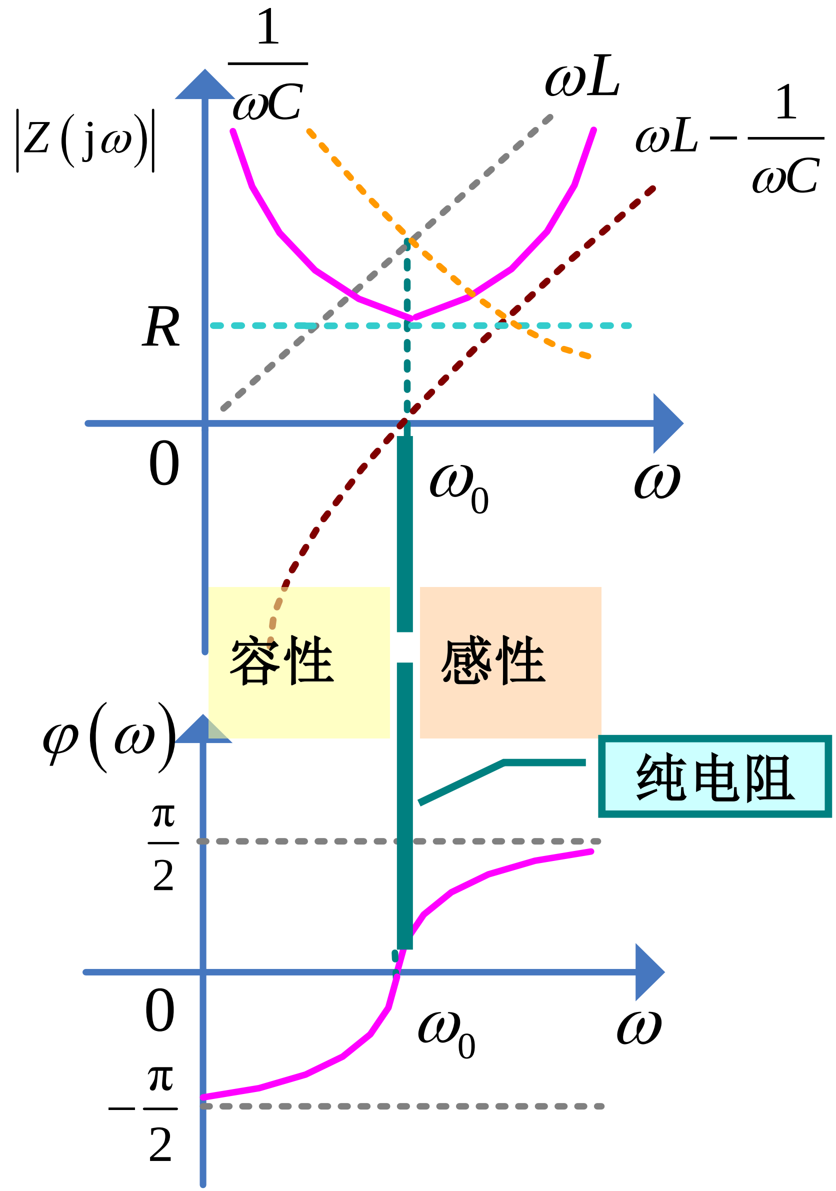
转移导纳

$$\frac{\dot{U}_L}{\dot{U}_S}=\frac{\mathrm{j}2\omega}{(4-\omega^2)+\mathrm{j}6\omega}$$

转移电压比

11.2 *RLC*串联电路的谐振



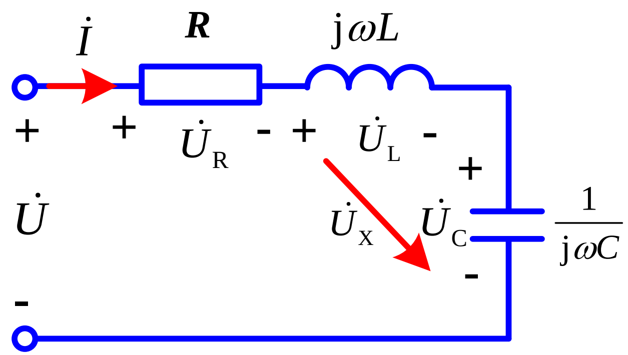


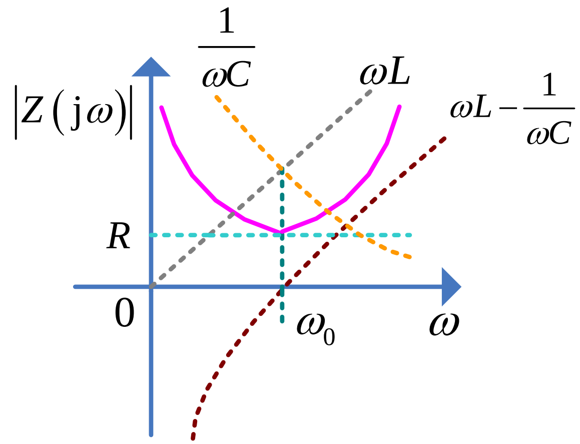
驱动点阻抗 $Z=R+\mathrm{j}\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)$

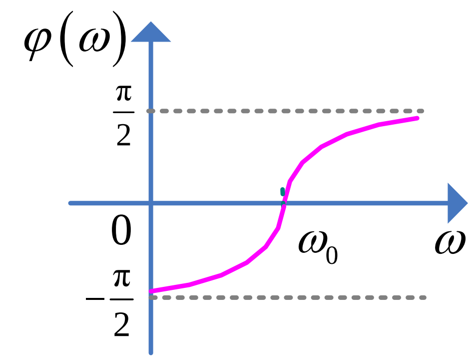
$$|Z(\mathrm{j}\omega)|=\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi(\mathrm{j}\omega)=\arctan\left(\frac{\omega L-\frac{1}{\omega C}}{R}\right)$$

11.2 *RLC*串联电路的谐振







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

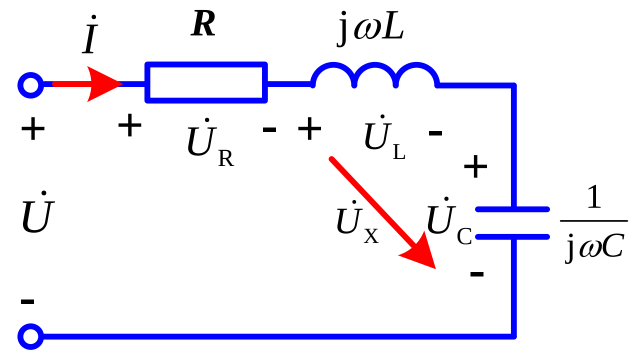
1. 定义　端口电压、电流出现同相位的现象时，称电路发生了谐振；对于RLC串联电路，则称为串联谐振。

2. 条件

$$\mathrm{Im}\left[Z(\mathrm{j}\omega)\right]=0$$

2. 条件

$$\mathrm{Im}\left[Z(\mathrm{j}\omega)\right]=0$$



*由谐振条件得串联电路实现谐振的方式为：

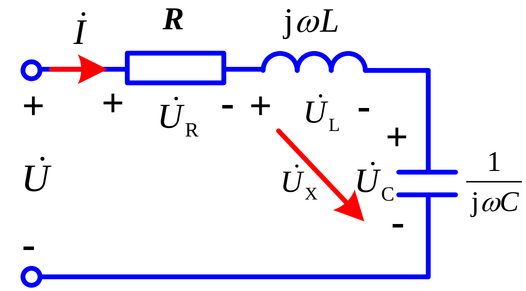
(1) L、C 不变，改变 ω 达到谐振。

(2) 电源频率不变，改变 L 或 C (常改变 C) 达到谐振。

谐振角频率 $\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　　$f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 谐振频率

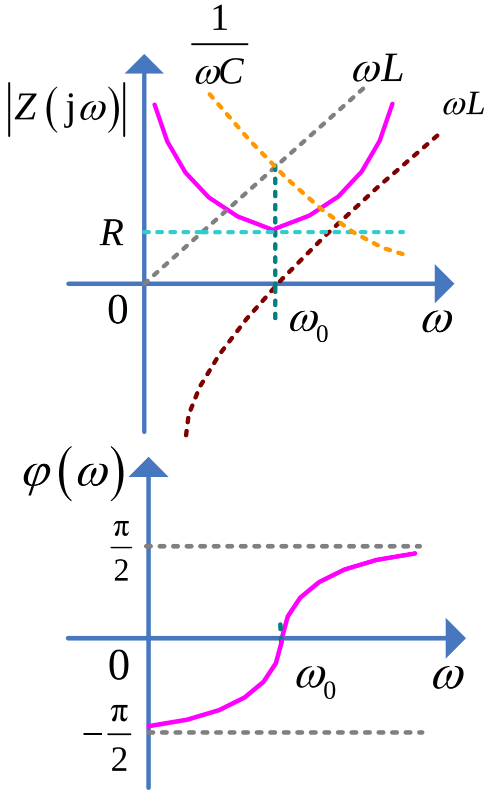
3. 特点 (阻抗、电流、电压、功率)

$$Z(\mathrm{j}\omega_0) = R + \mathrm{j}\left(\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C}\right) = R$$



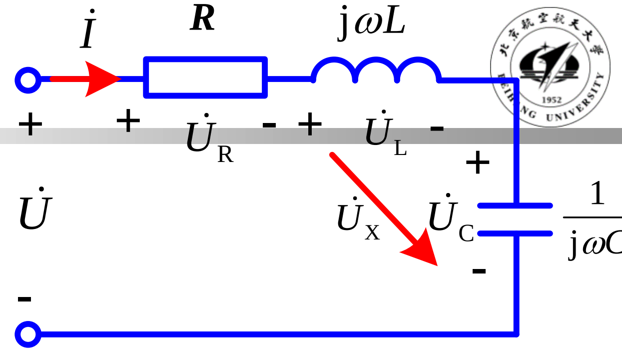
(1) $\dot{U}$、$\dot{I}$ 同相 $\varphi = 0°$

$$Z = R \qquad |Z| = |Z|_{\min} = R$$



(2) 若U一定

$$I = \frac{U}{|Z|} = \frac{U}{R} = I_{\max}$$



(3) $\dot{U}_{\mathrm{R}} = R\dot{I} = R\dfrac{\dot{U}}{R} = \dot{U}$

$$\dot{U}_{\mathrm{X}} = \dot{U}_{\mathrm{L}} + \dot{U}_{\mathrm{C}} = 0$$

电压谐振　L串C部分视作短路

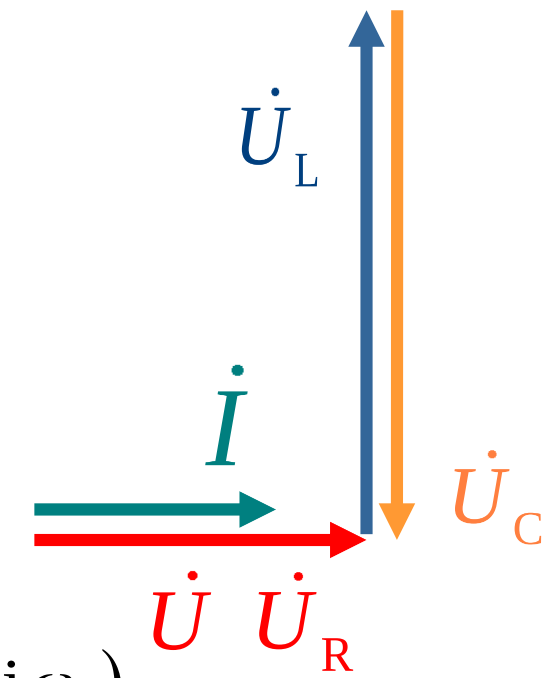
$$U_{\mathrm{L}} = U_{\mathrm{C}}$$

(4) $P = UI = RI^2 = \dfrac{U^2}{R}$

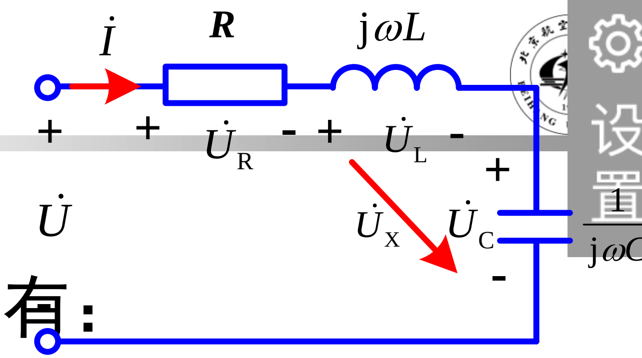
$$Q = Q_{\mathrm{L}} + Q_{\mathrm{C}} = 0$$

$$W_{存储}(\mathrm{j}\omega_0) = W_{\mathrm{L}}(\mathrm{j}\omega_0) + W_{\mathrm{C}}(\mathrm{j}\omega_0)$$

$$W_{存储}(\mathrm{j}\omega_0) = \frac{1}{2}LI_{\mathrm{m}}^2(\mathrm{j}\omega_0) = \frac{1}{2}CU_{\mathrm{Cm}}^2(\mathrm{j}\omega_0)$$



多选题



RLC串联电路，端电压不变谐振时有：

A 串联电路阻抗角为0；

B 电流 I 达到最大值；

C 外接电路的发出功率达到最大值；

D 电感吸收的无功功率为零。

提交

4. 品质因数Q

谐振时 $U_C = U_L = \omega_0 L I = \omega_0 L \dfrac{U}{R} = \dfrac{\omega_0 L}{R} U$

定义 $Q = \dfrac{U_L(\omega_0)}{U}$ ⇒ $Q = \dfrac{\omega_0 L}{R} = \dfrac{1}{\omega_0 C R} = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

$Q = \dfrac{Q_L(\mathrm{j}\omega_0)}{P(\mathrm{j}\omega_0)} = \dfrac{|Q_C(\mathrm{j}\omega_0)|}{P(\mathrm{j}\omega_0)}$ ⇐ $Q = \dfrac{\omega_0 L I^2(\mathrm{j}\omega_0)}{R I^2(\mathrm{j}\omega_0)}$

$$W(\mathrm{j}\omega_0) = \frac{1}{2} L I_m^2(\mathrm{j}\omega_0) = \frac{1}{2} C U_{Cm}^2(\mathrm{j}\omega_0) = C Q^2 U_S^2(\mathrm{j}\omega_0)$$

品质因数试验方法 $Q = \dfrac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \dfrac{f_0}{f_2 - f_1} = \dfrac{1}{\eta_2 - \eta_1} = \dfrac{\omega_0}{BW}$

通频带带宽

！Q反映电路选择性的好坏！

驱动点阻抗 $Z = H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{I}(\mathrm{j}\omega)}$

转移电压比 $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}_{\mathrm{R}}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}}(\mathrm{j}\omega)}$ $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}_{\mathrm{L}}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}}(\mathrm{j}\omega)}$ $H(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\dot{U}_{\mathrm{C}}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}}(\mathrm{j}\omega)}$

(1) 电阻电压频率特性

$$H_{\mathrm{R}}(\mathrm{j}\omega) = \frac{\dot{U}_{\mathrm{R}}(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_{\mathrm{S}}(\mathrm{j}\omega)} = \frac{R}{R + \mathrm{j}\left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)}$$

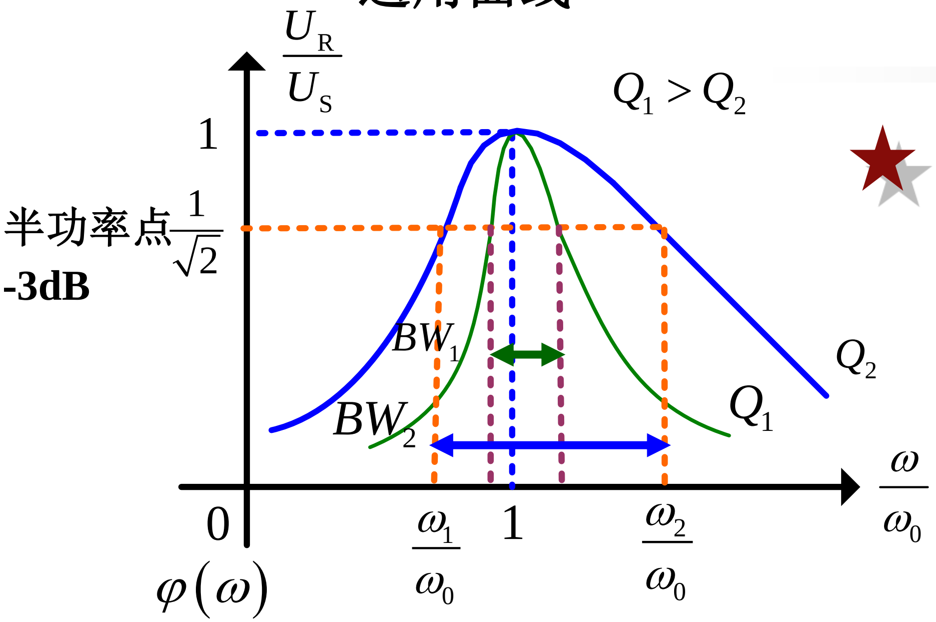
$$H_{\mathrm{R}}(\mathrm{j}\omega) = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\left(\dfrac{\omega L}{R} - \dfrac{1}{R\omega C}\right)} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\left(\boxed{\dfrac{\omega}{\omega_0}}\boxed{\dfrac{\omega_0 L}{R}} - \boxed{\dfrac{1}{R\omega_0 C}}\boxed{\dfrac{\omega_0}{\omega}}\right)}$$

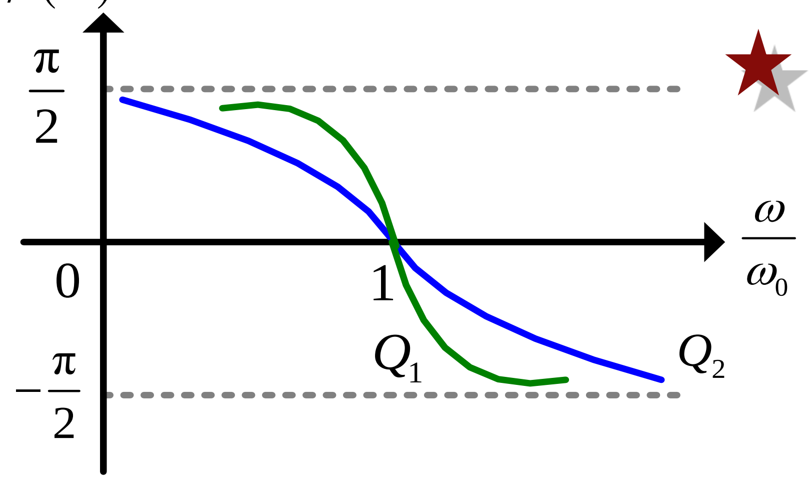
$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} \qquad \eta = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\boxed{H(\mathrm{j}\eta) = \frac{1}{1 + \mathrm{j}Q\left(\eta - \dfrac{1}{\eta}\right)}}$$

$$\begin{cases} |H(\mathrm{j}\eta)| = \dfrac{1}{\sqrt{1 + Q^2\left(\eta - \dfrac{1}{\eta}\right)^2}} \\ \varphi(\mathrm{j}\eta) = -\arg\tan\left[Q\left(\eta - \dfrac{1}{\eta}\right)\right] \end{cases}$$

通用曲线





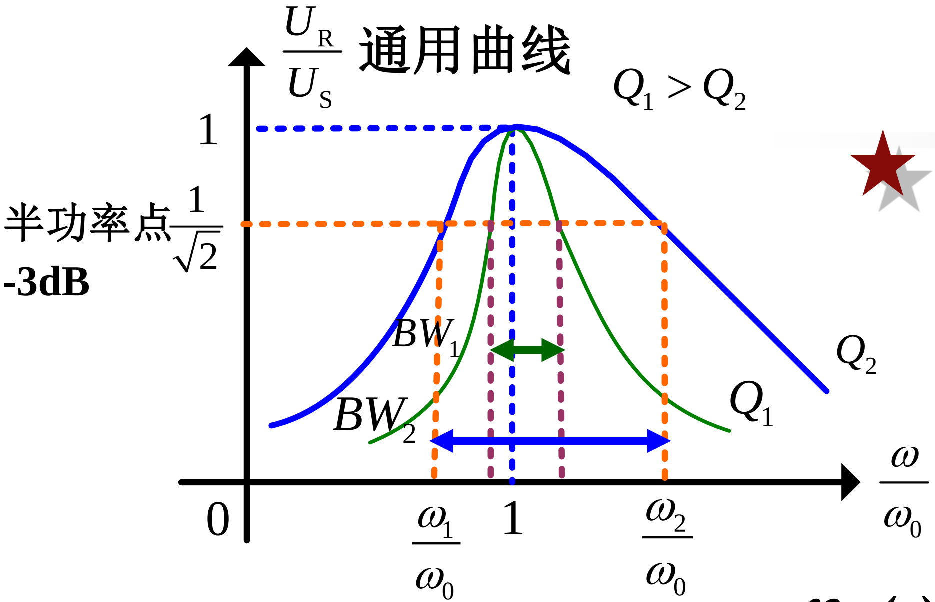
★
$$\begin{cases} |H(\mathrm{j}\eta)| = \dfrac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)^2}} \\ \varphi(\mathrm{j}\eta) = -\arg\tan\left[Q\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)\right] \end{cases}$$

频率选择性：**Q** 越大越好

抑制能力：**Q** 越大抑制能力越强

★ 通频带（通带）

！Q反映电路选择性的好坏！



$$\begin{cases} |H(\mathrm{j}\eta)| = \dfrac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)^2}} \\ \varphi(\mathrm{j}\eta) = -\arg\tan\left[Q\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)\right] \end{cases}$$

定义 $|H| \geq \frac{1}{\sqrt{2}}$　　$|H| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\eta_1 \leftrightarrow \omega_1 \leftrightarrow f_1$

$\eta_2 \leftrightarrow \omega_2 \leftrightarrow f_2$

截止频率　转折频率

$$\eta_1 = -\frac{1}{2Q} + \sqrt{\left(\frac{1}{2Q}\right)^2 + 1}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2Q} + \sqrt{\left(\frac{1}{2Q}\right)^2 + 1}$$

通频带（通带）　$\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$　　$f_1 \leq f \leq f_2$

带宽 $BW = \begin{cases} \omega_2 - \omega_1 \\ f_2 - f_1 \\ \eta_2 - \eta_1 \end{cases}$　　$Q = \dfrac{\omega_0}{BW} = \dfrac{f_0}{BW} = \dfrac{1}{BW}$

波特图 $\begin{cases} H_{\mathrm{dB}} = 20\lg|H(\mathrm{j}\omega)| \\ \lg\omega \end{cases}$　　$\begin{cases} \varphi(\mathrm{j}\omega) \\ \lg\omega \end{cases}$

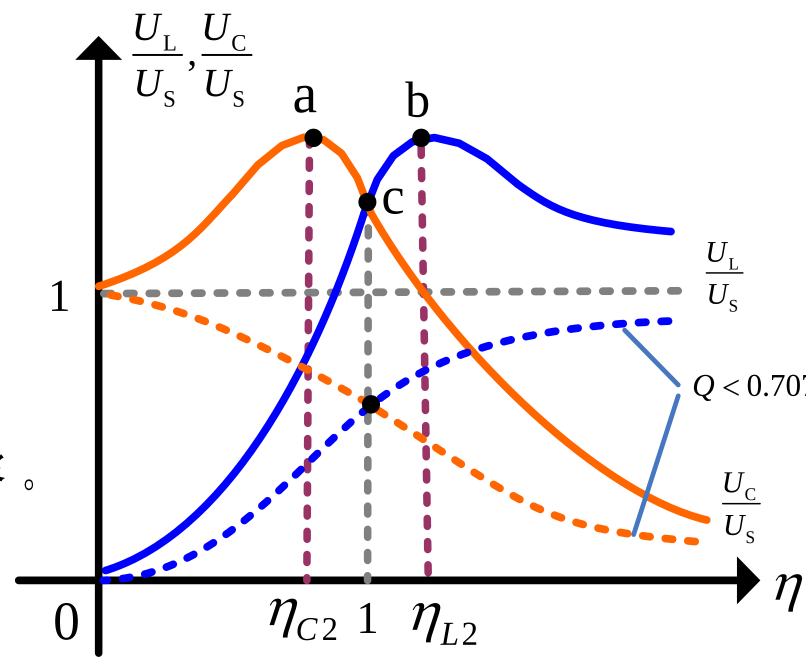
(2) 电感电压和电容电压频率特性

$$H_C(j\eta)=\frac{\dot U_C(j\eta)}{\dot U_S(j1)}=\frac{-jQ}{\eta+jQ\left(\eta^2-1\right)}$$

低通频率特性

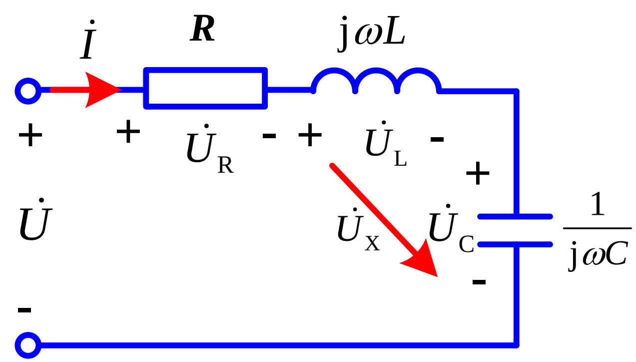
若 Q >> 1, 则 $U_C >> U_S$, 可 应 用 于 无 线 电 系 统；

而 电 力 系 统 应 避 免 谐 振， 以 免 U_C 过 大， 击 毁 电 容 。



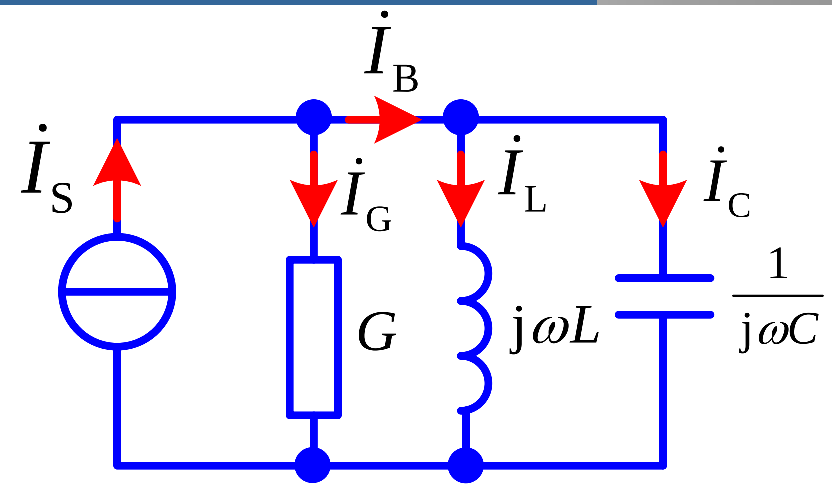
$$H_L(j\eta)=\frac{\dot U_L(j\eta)}{\dot U_S(j1)}=\frac{jQ}{\frac{1}{\eta}+jQ\left(1-\frac{1}{\eta^2}\right)}$$

高通频率特性



11.4 *RLC*并联谐振电路

$$Y = G + \mathrm{j}(\omega C - \frac{1}{\omega L})$$



1. 定义

端口电压、电流出现同相位的现象时，称电路发生了谐振；对于RLC并联电路，则称为并联谐振。

2. 条件

$$\mathrm{Im}\left[Y(\mathrm{j}\omega)\right] = 0$$

谐振角频率 $$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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

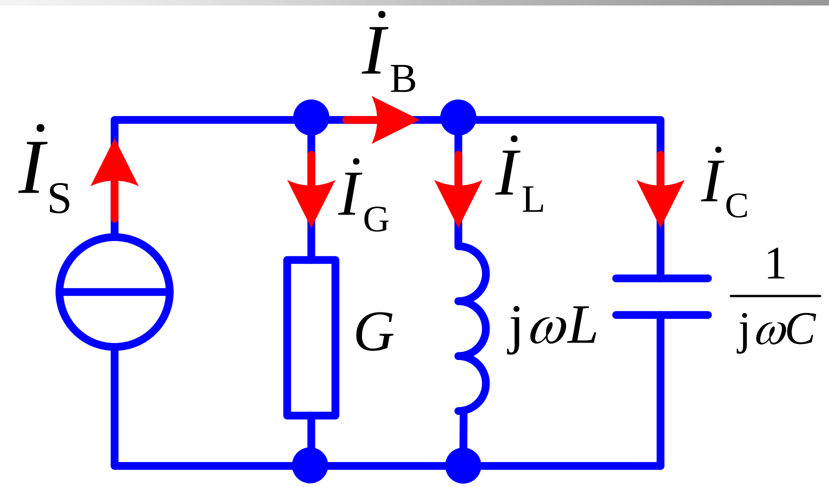
3. 特点 (导纳、电压、电流、功率)

(1) $\dot{U}$、$\dot{I}$ 同相，$\varphi = 0°$

$$Y = G$$

$$|Y| = |Y|_{\min} = G$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|} = |Z|_{\max}$$

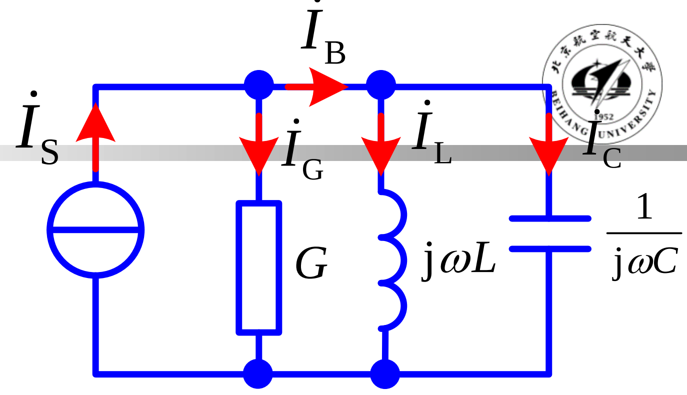


$$Y = G + j(\omega C - \frac{1}{\omega L})$$

(2) 若I一定

$$U = I|Z| = IR = U_{\max}$$

(3) $\dot{I}_{\mathrm{B}} = \dot{I}_{\mathrm{L}} + \dot{I}_{\mathrm{C}} = 0$



$I_{\mathrm{L}} = I_{\mathrm{C}}$

$I_{\mathrm{S}} = I_{\mathrm{G}}$

$$Y = G + \mathrm{j}(\omega C - \frac{1}{\omega L})$$

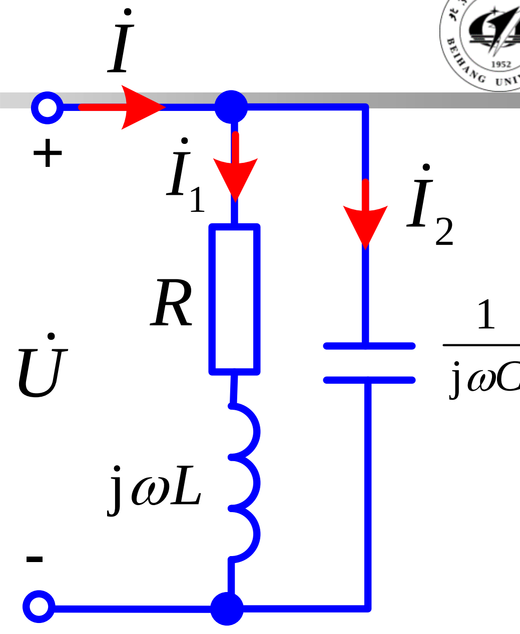
电流谐振　L并C视作开路

(4) $P = UI = RI^2 = \dfrac{U^2}{R}$

$$Q = Q_{\mathrm{L}} + Q_{\mathrm{C}} = 0$$

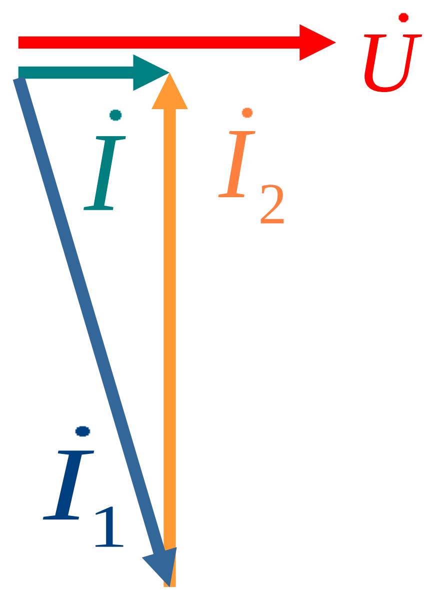
$$Y=\frac{1}{R+\mathrm{j}\omega L}+\mathrm{j}\omega C$$

$$=\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}-\mathrm{j}\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}+\mathrm{j}\omega C$$



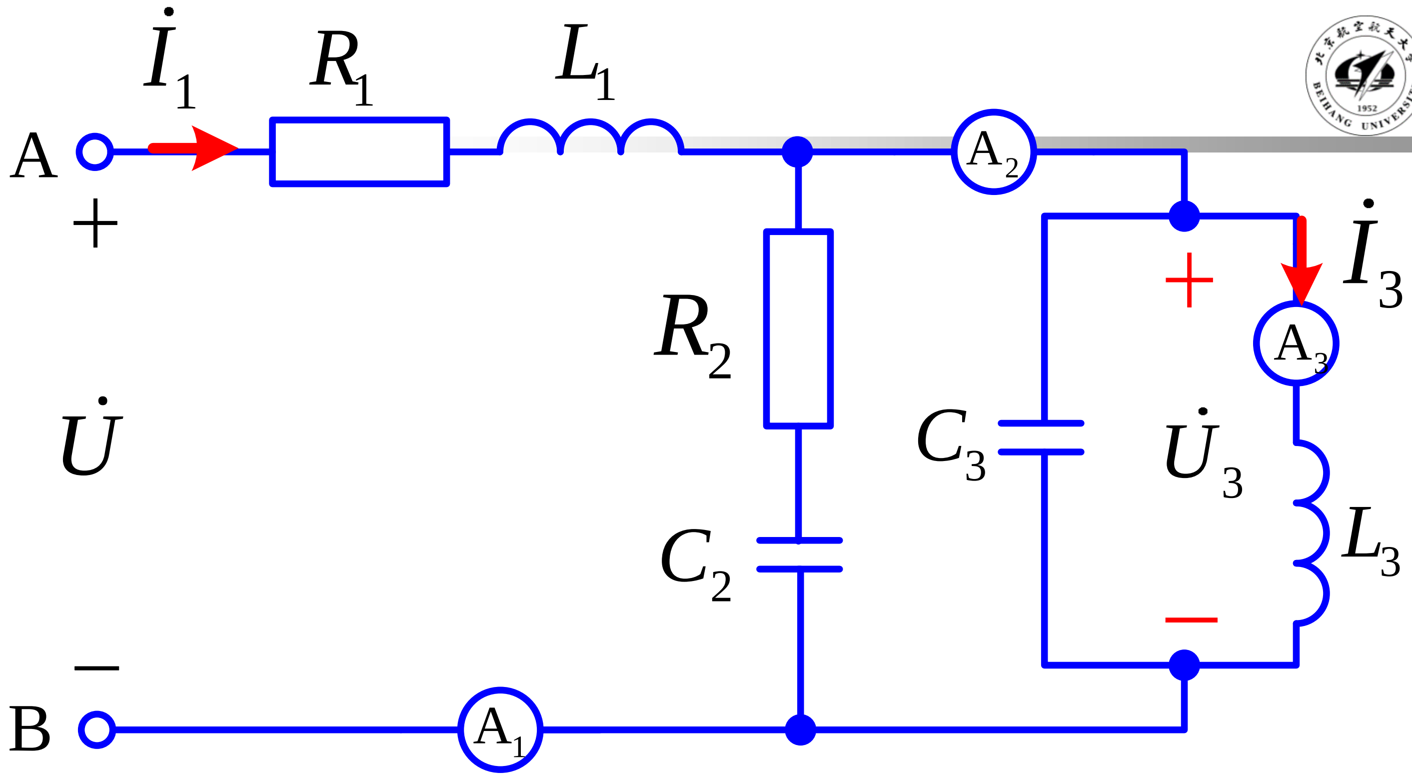
$$\mathrm{Im}[Y]=0$$

$$\omega C-\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}=0$$



$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{CR^2}{L}}$$

【例】



已知：$R_1 = 50\Omega$ $R_2 = 50\Omega$ $L_1 = 200\text{mH}$ $C_2 = 5\mu\text{F}$

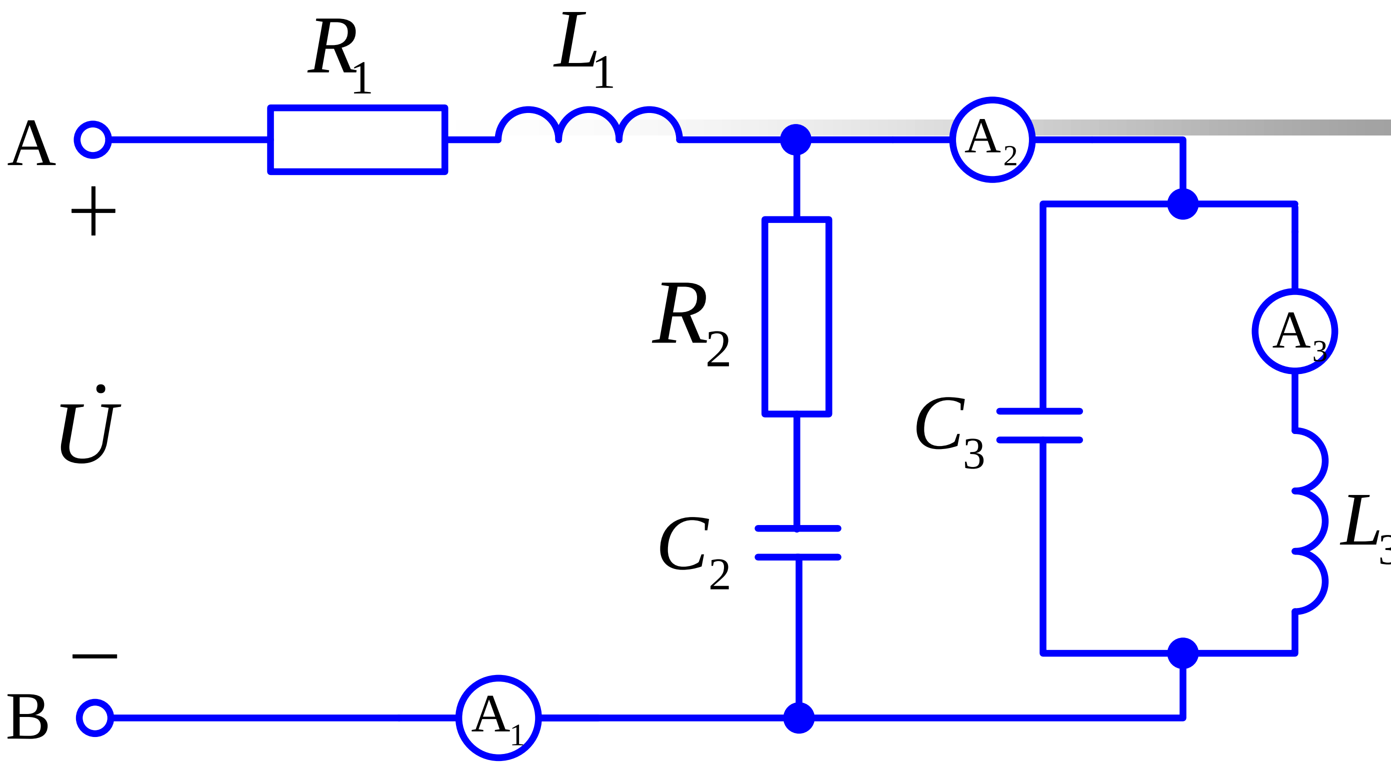
$L_3 = 100\text{mH}$ $C_3 = 10\mu\text{F}$ $U = 200\text{V}$

电流表A2指示为零，所有电流表内阻忽略不计

求：（1）A1，A3的读数

（2）输入AB端的功率和功率因数。

主观题



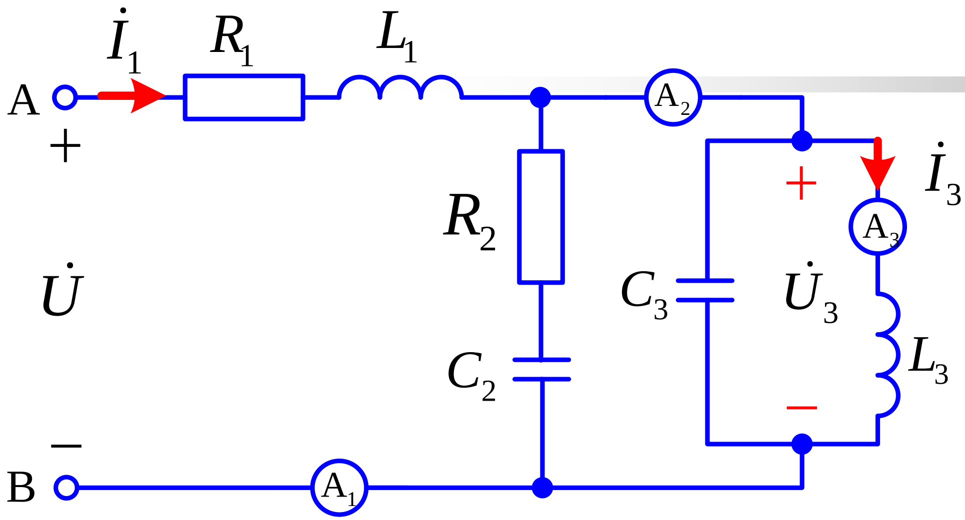
已知：$R_1 = 50\Omega \quad R_2 = 50\Omega \quad L_1 = 200\text{mH} \quad C_2 = 5\mu\text{F}$

$L_3 = 100\text{mH} \quad C_3 = 10\mu\text{F} \quad U = 200\text{V}$

请给出激励的角频率ω值（rad/s）

正常使用主观题需2.0以上版本雨课堂

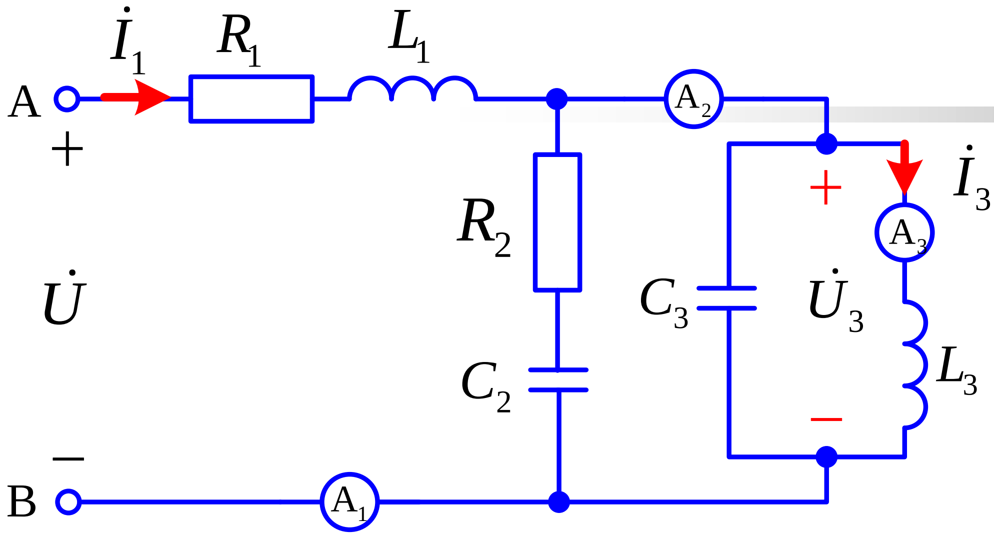
作答



解

(1) $$\omega C_3 = \frac{1}{\omega L_3}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_3 C_3}} = \frac{1}{\sqrt{100\times 10^{-3}\times 10\times 10^{-6}}} = 10^3\,\text{rad/s}$$

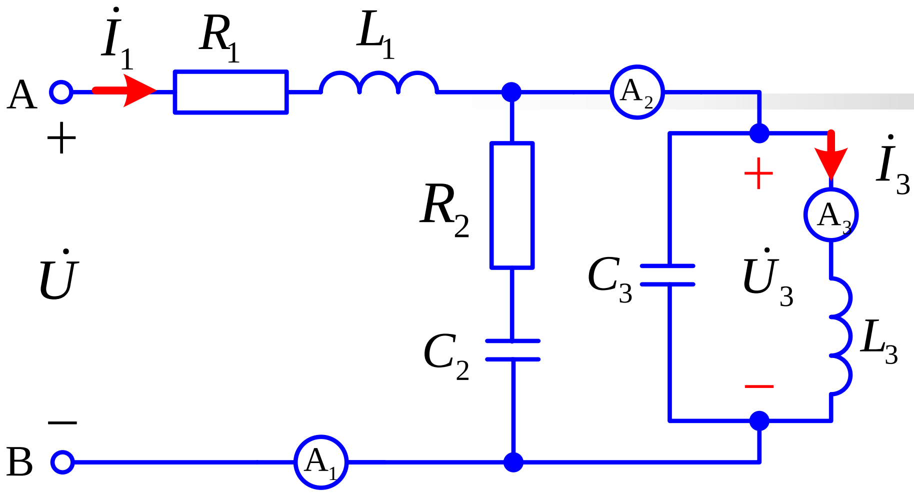


$$Z=\left(R_1+R_2\right)+\mathrm{j}\left(\omega L_1-\frac{1}{\omega C_2}\right)$$

$$=50+50+\mathrm{j}\left(10^3\times 200\times 10^{-3}-\frac{1}{10^3\times 5\times 10^{-6}}\right)$$

$$=100\angle 0^0(\Omega)$$

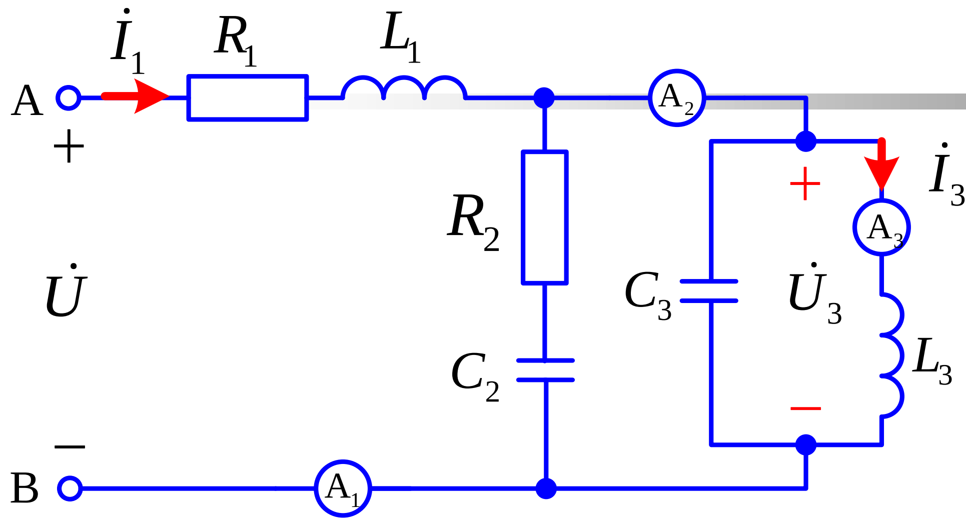
$$I_1=\frac{U}{|Z|}=\frac{200}{100}=2(\mathrm{A})$$



$$U_3 = I_1 |Z_2| = I_1 \sqrt{R_2^{\ 2} + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} = 412.3\text{V}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{\omega L_3} = \frac{412.3}{10^3 \times 100 \times 10^{-3}} = 4.12\text{A}$$

(2)



$\varphi = 0°$

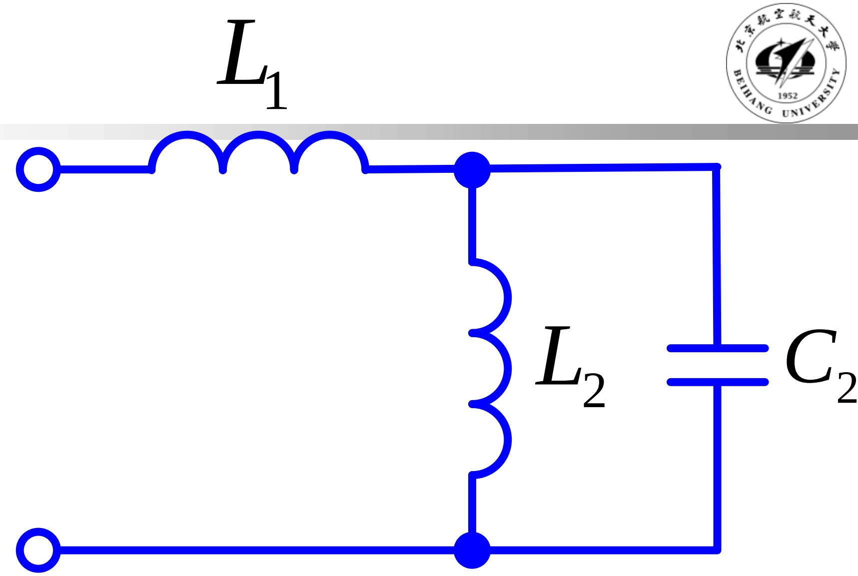
$\cos\varphi = 1$

$$P = UI_1 \cos\varphi = 200 \times 2 = 400\mathrm{W}$$

或 $P = I_1^{\ 2}(R_1 + R_2) = 2^2 \times (50 + 50) = 400\mathrm{W}$

【例】

分析图示电路的串并联谐振。



解 既有串联谐振，
也有并联谐振。

先求 $Z, \mathrm{I_m}[Z]=0$, 串联谐振

再求 $Y, \mathrm{I_m}[Y]=0$,并联谐振

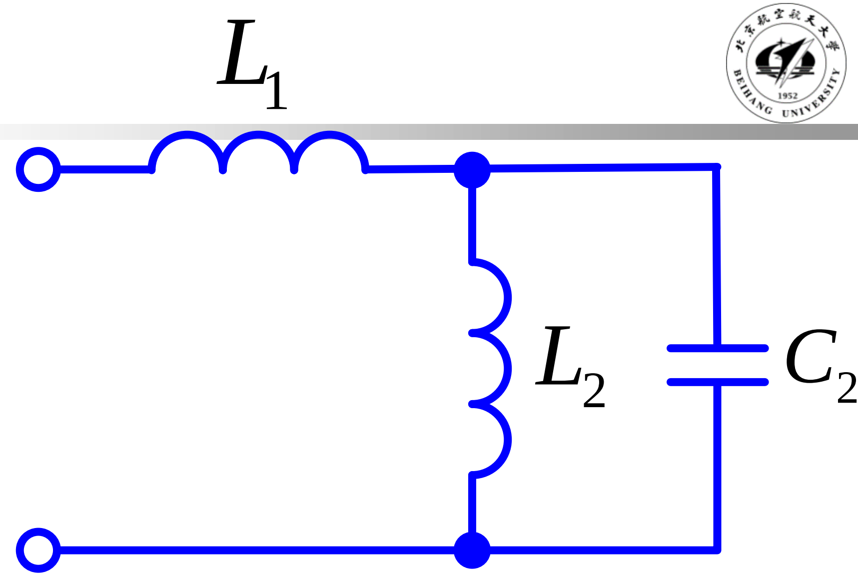
$$Z=\mathrm{j}\omega L_1+\frac{\mathrm{j}\omega L_2\left(-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C_2}\right)}{\mathrm{j}\omega L_2-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C_2}}=\mathrm{j}\frac{\omega^3 L_1 L_2 C_2-\omega\left(L_1+L_2\right)}{\omega^2 L_2 C_2-1}$$

串联谐振 $\mathrm{I_m}[Z]=0$

$$\omega_{01}=\sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1L_2C_2}}$$

并联谐振 $\mathrm{I_m}[Y]=0$

$$\omega_{02}=\sqrt{\frac{1}{L_2C_2}}$$



谐振特点：电流电压同相；LC间能量交换，与外部没有能量交换

低频段，并联环节呈感性，整个电路呈感性；

ω上升，达到ω_{02}，发生并联谐振；

ω继续上升，并联环节呈容性，当$\omega=\omega_{01}$时，发生串联谐振。

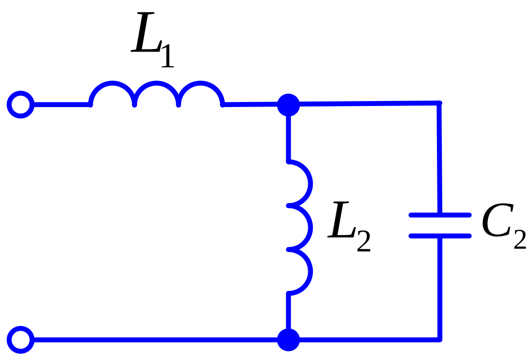
串联谐振 $\omega_{01}=\sqrt{\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2C_2}}$ 并联谐振 $\omega_{02}=\sqrt{\dfrac{1}{L_2C_2}}$

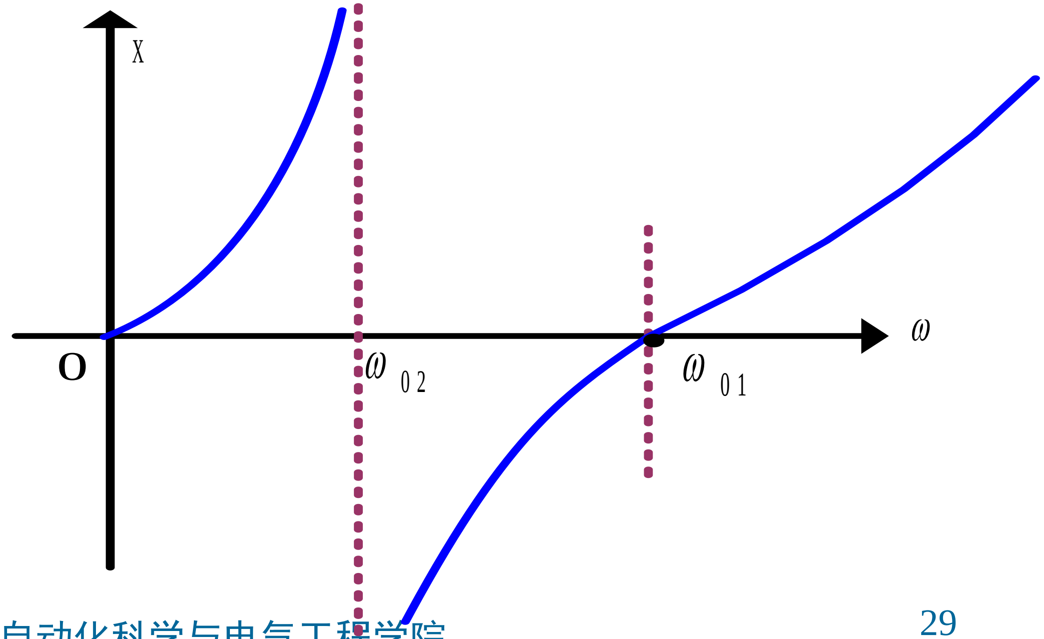
低频段，并联环节呈感性，整个电路呈感性；

ω 上升，达到ω_{02}，发生并联谐振；

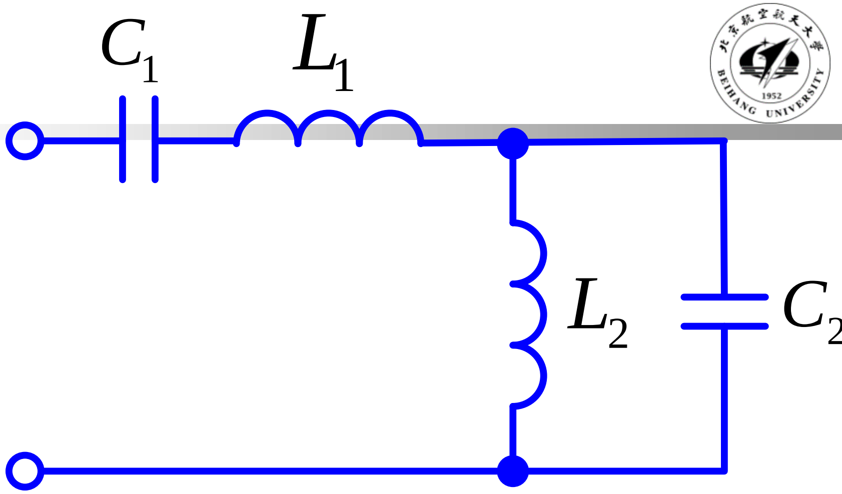
ω 继续上升，并联环节呈容性，

当 $\omega=\omega_{01}$ 时，发生串联谐振。





【练习】



分析图示电路的串并联谐振。

解 既有串联谐振，
也有并联谐振。

求 $Z, \mathrm{I_m}[Z]=0$, 串联谐振

求 $Y, \mathrm{I_m}[Y]=0$, 并联谐振

C_2、L_2并联，并联谐振

C_1、L_1 串联，C_2、L_2并联，整个电路串联谐振

11.5 滤波器简介

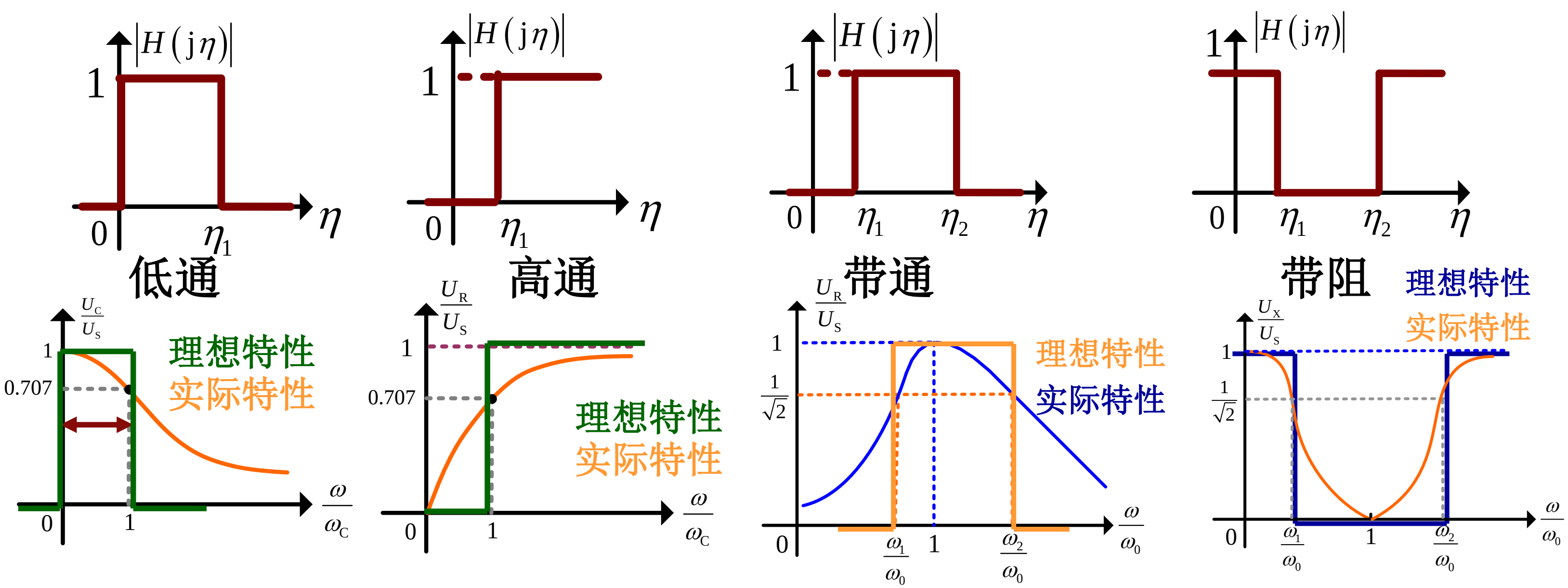
滤波器是具有频率选择作用的网络

频率特性
幅频特性
- 低通
- 高通
- 带通
- 带阻

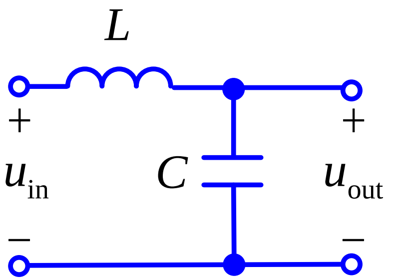
函数形式
- 2阶
- 3阶
- 巴特沃思
- 切比雪夫等

组成元件
- 有源滤波器
- 无源滤波器

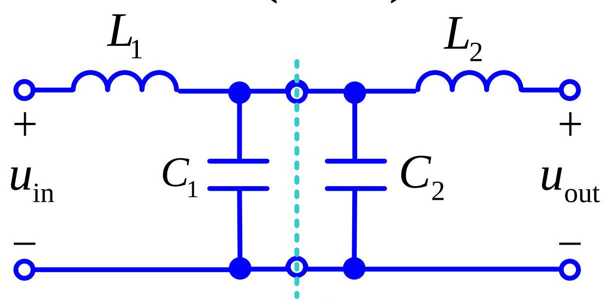
重要概念
- 通频带
- 阻带
- 带宽
- 中心频率
- 上截止频率
- 下截止频率
- 转折频率



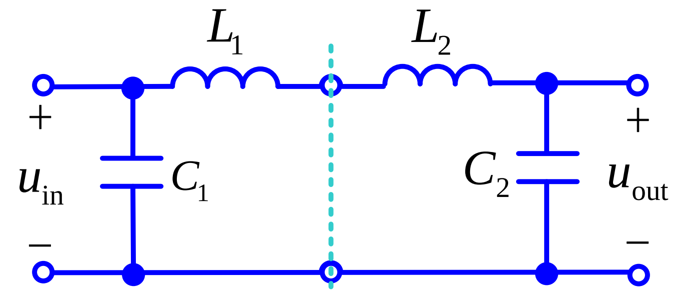
低通滤波器Low Pass Filter(LPF)



2阶

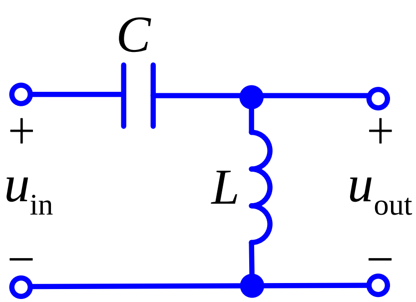


3阶

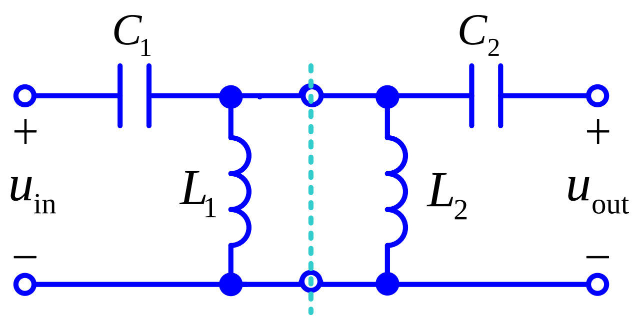


3阶

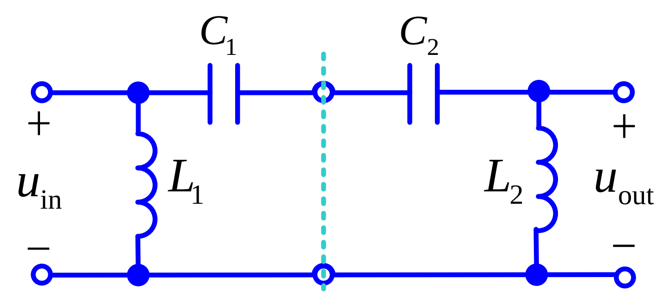
高通滤波器High Pass Filter(HPF)



2阶

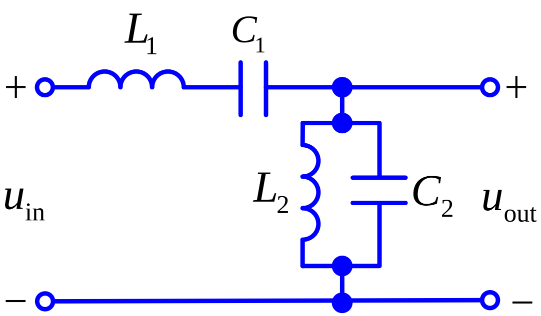


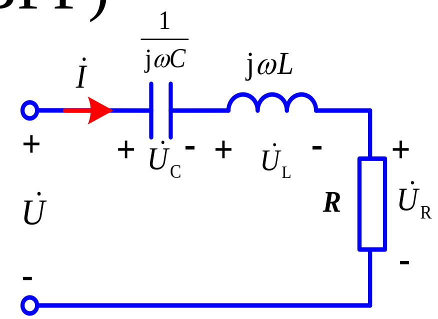
3阶

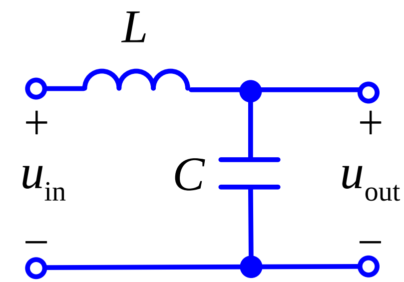


3阶

带通滤波器Band Pass Filter(BPF)

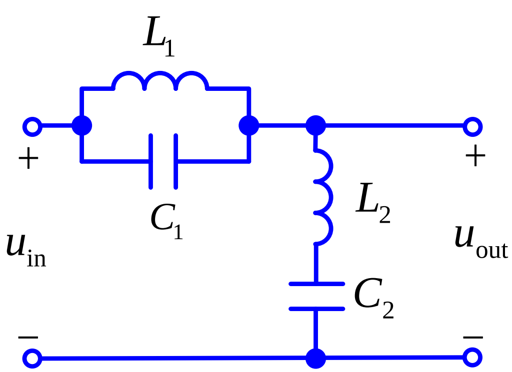


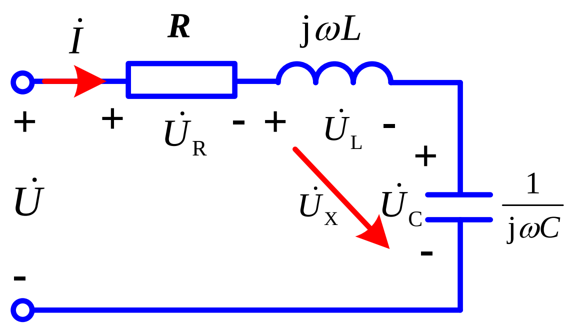


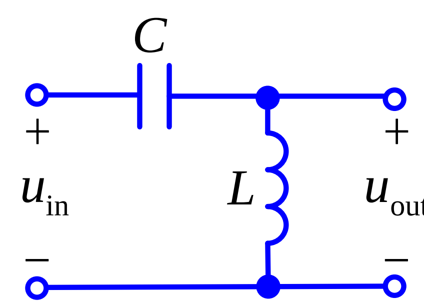


LPF

带阻滤波器Band Reject Filter(BRF)

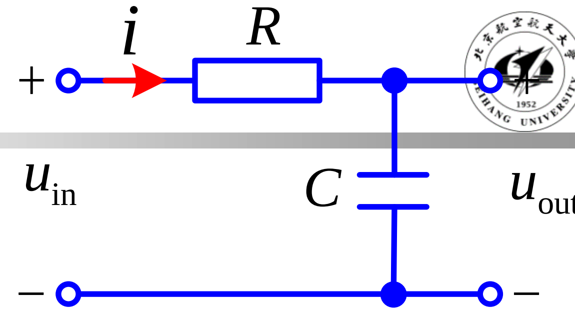




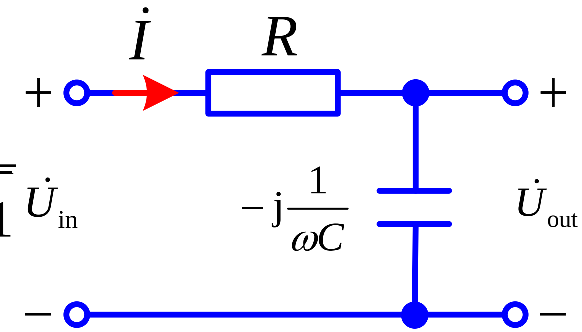


HPF

(1) *RC*低通滤波器

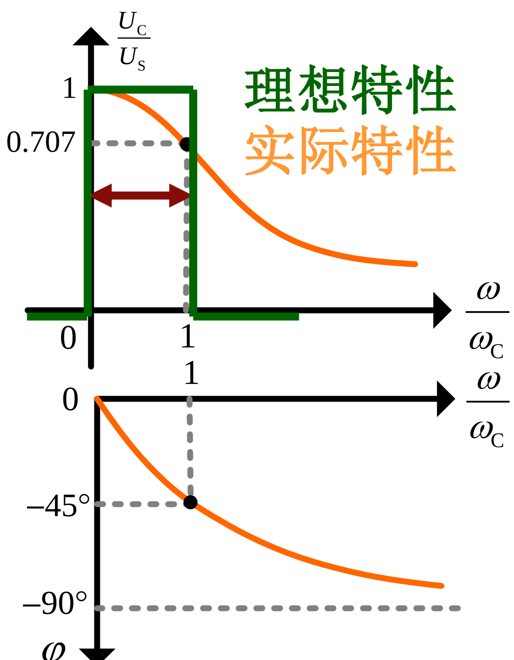


$$\dot U_{out}=\frac{-j\frac{1}{\omega C}}{R-j\frac{1}{\omega C}}\dot U_{in}=\frac{1-jR\omega C}{(R\omega C)^2+1}\dot U_{in}$$



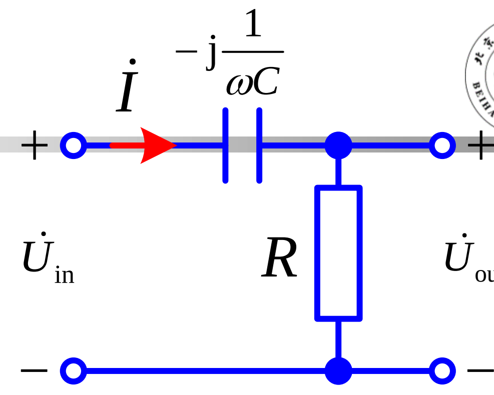
$$U_{out}=\frac{1}{\sqrt{(R\omega C)^2+1}}U_{in}\qquad |H(j\omega)|=\frac{U_{out}}{U_{in}}=\frac{1}{\sqrt{(R\omega C)^2+1}}$$

$$\omega_C=\frac{1}{\tau}=\frac{1}{RC}\qquad |H(j\omega)|=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_C}\right)^2+1}}$$



是一个截止频率为ω_C 低通滤波器。

(2) RC高通滤波器

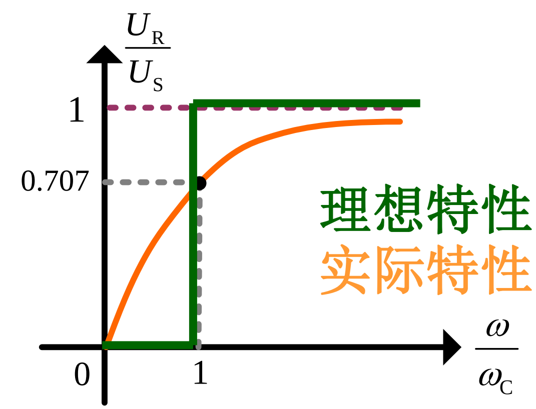


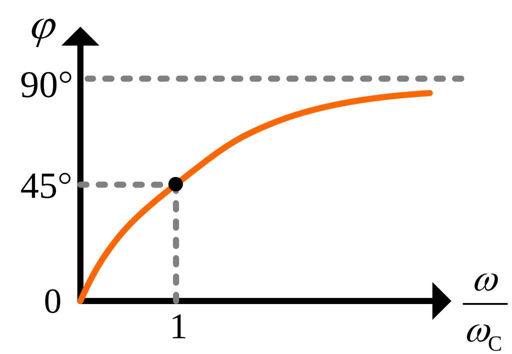
$$\dot{U}_{\text{out}} = \frac{R}{R - \mathrm{j}\dfrac{1}{\omega C}}\dot{U}_{\text{in}} = \frac{R\omega C\left(R\omega C + \mathrm{j}\right)}{\left(R\omega C\right)^2 + 1}\dot{U}_{\text{in}}$$

$$U_{\text{out}} = \frac{R\omega C}{\sqrt{\left(R\omega C\right)^2 + 1}}U_{\text{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{1}{R\omega C}\right)^2}}U_{\text{in}}$$

$$\left|H\left(\mathrm{j}\omega\right)\right| = \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{1}{R\omega C}\right)^2}}$$

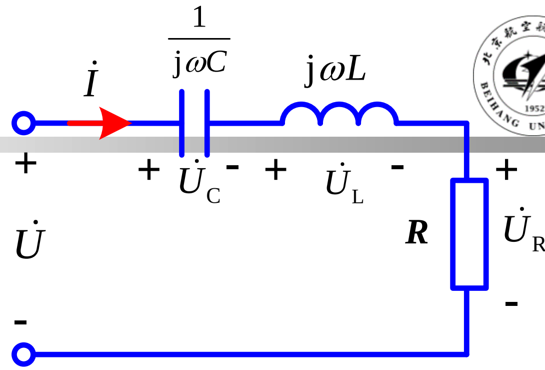
$$\omega_{\text{C}} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC} \qquad \left|H\left(\mathrm{j}\omega\right)\right| = \frac{1}{\sqrt{\left(\dfrac{\omega_{\text{C}}}{\omega}\right)^2 + 1}}$$





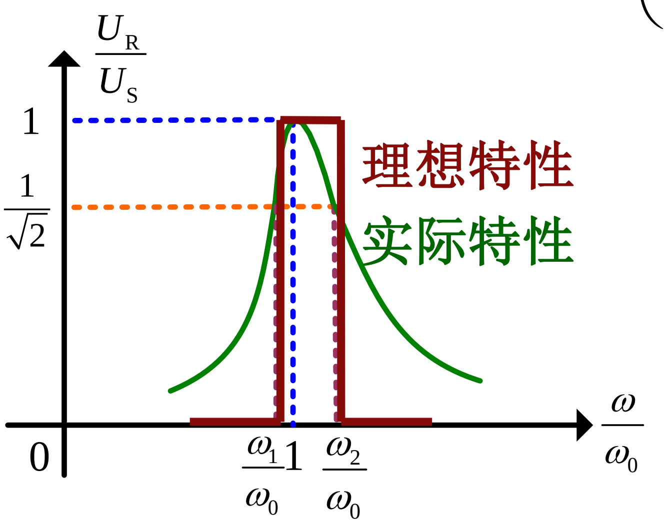
是一个截止频率为ω_{C} 高通滤波器。

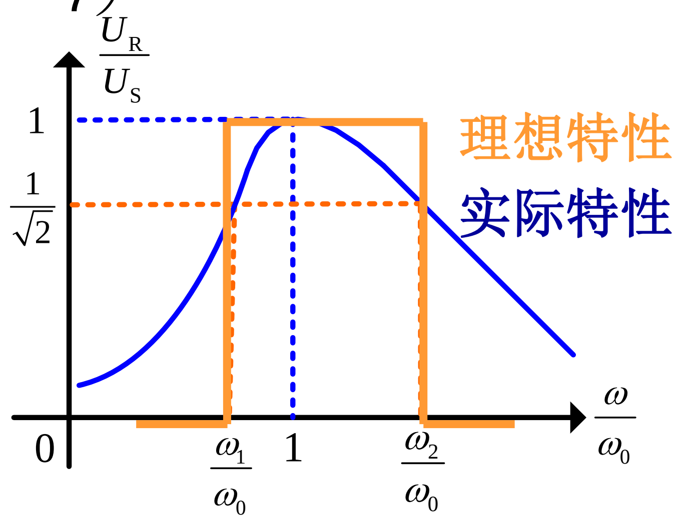
(3) *RLC*带通滤波器



$$H_R(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_R(\mathrm{j}\omega)}{\dot{U}_S(\mathrm{j}\omega)}=\frac{R}{R+\mathrm{j}\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)}$$

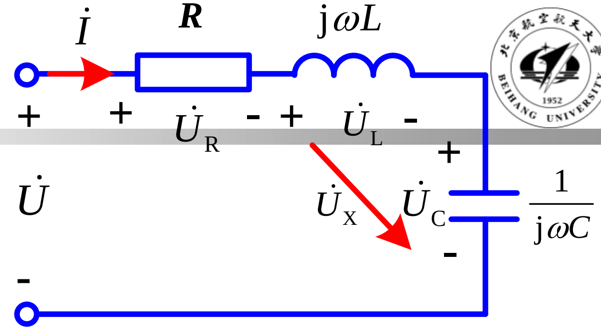
$$\eta=\frac{\omega}{\omega_0}\qquad H(\mathrm{j}\eta)=\frac{1}{1+\mathrm{j}Q\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)}$$





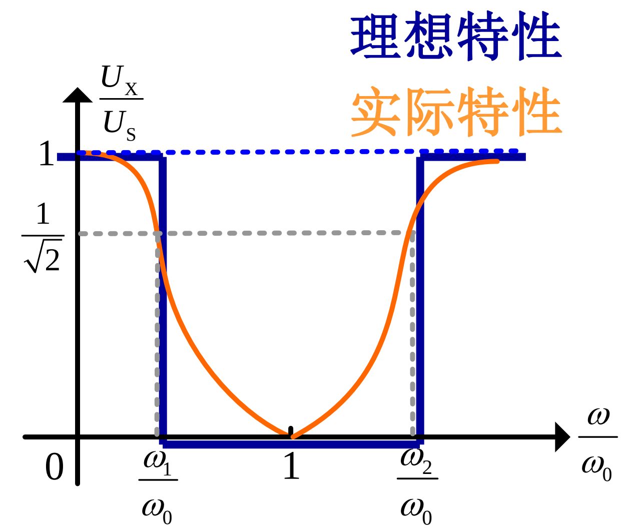
通频带为ω_1,ω_2之间，带通滤波器。

(4) *RLC*带阻滤波器



$$H_X(j\omega)=\frac{\dot{U}_X(j\omega)}{\dot{U}_S(j\omega)}=\frac{j\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)}{R+j\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)}$$

$$\eta=\frac{\omega}{\omega_0}\qquad H(j\eta)=\frac{jQ\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)}{1+jQ\left(\eta-\dfrac{1}{\eta}\right)}$$

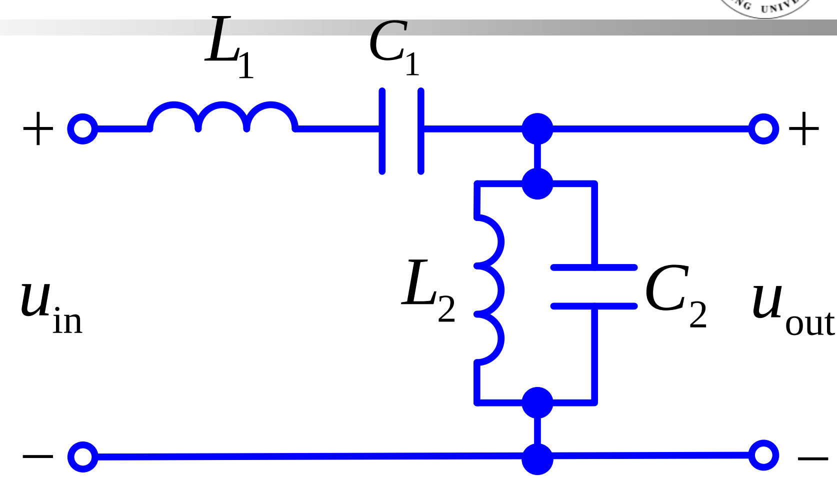


阻频带为ω_1,ω_2之间，带阻滤波器。

思考：

u_{in} 中有多个频率谐波信号，

希望 u_{out} 中只有一种频率信号无衰减，分析电路工作状态。



$$\left.\begin{array}{ll} L_1C_1 & \text{串联谐振} \\ L_2C_2 & \text{并联谐振} \end{array}\right\}$$ 其谐振频率是输出信号频率。

作业

- 11-2 （网络函数）
- 11-3（频率响应）
- 11-11（a）（谐振频率、频率特性）
- 11-13 （谐振）
- 11-17 （网络函数）