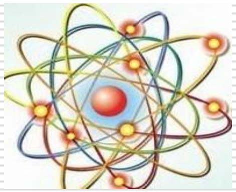
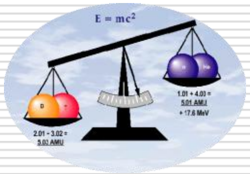




第7章 频率特性和谐振现象

7.3 RLC串联电路的频率特性

7.4 并联谐振电路

开课教师： 王灿

开课单位：机电学院--电气工程学科

7.3 *RLC*串联电路的频率特性

基本要求：了解*RLC*串联电路的网络函数及其频率特性。

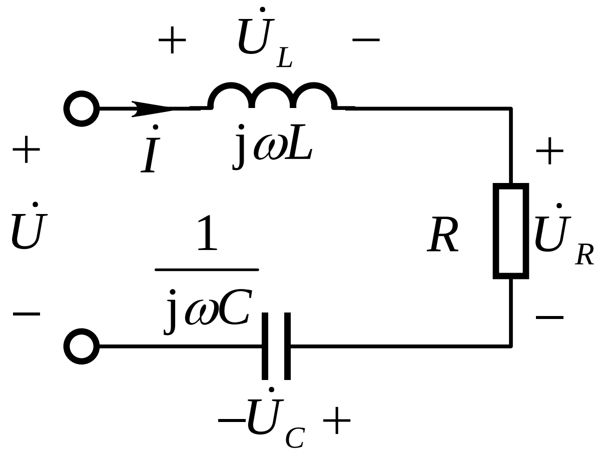
主要内容

一、以电阻电压为响应的网络函数

二、以电容电压为响应的网络函数

三、以电感电压为响应的网络函数

7.3 *RLC*串联电路的频率特性



$$H_R(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_R}{\dot{U}}=\frac{R}{R+\mathrm{j}[\omega L-1/(\omega C)]}$$

$$H_C(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_C}{\dot{U}}=\frac{1/(\mathrm{j}\omega C)}{R+\mathrm{j}\omega L+1/(\mathrm{j}\omega C)}$$

$$H_L(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_L}{\dot{U}}=\frac{\mathrm{j}\omega L}{R+\mathrm{j}\omega L+1/(\mathrm{j}\omega C)}$$

一、以电阻电压为响应的网络函数

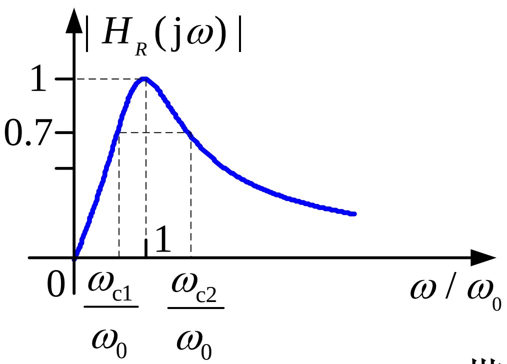
$$H_R(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_R}{\dot{U}}=\frac{R}{R+\mathrm{j}[\omega L-1/(\omega C)]}$$

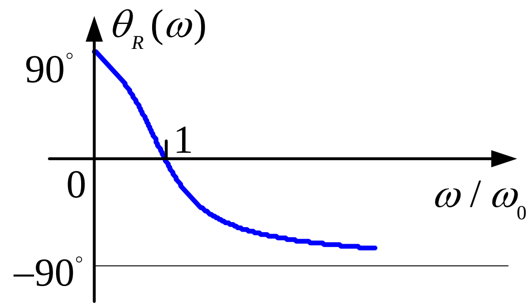
$$|H_R(\mathrm{j}\omega)|=\frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{R^2}\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}=\frac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

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

ω/ω_0	$\lvert H_R(\mathrm{j}\omega)\rvert$	$\theta_R(\omega)$
0	0	90°
1	1	0°
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
∞	0	-90°

一、以电阻电压为响应的网络函数





***RLC*带通电路的频率特性**

$$\left|H_R(j\omega)\right| = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

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

1. $\left|H_R(j\omega)\right|$ 具有带通特性

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

截止频率

$$\omega_{c1} = \omega_0\left(-\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$

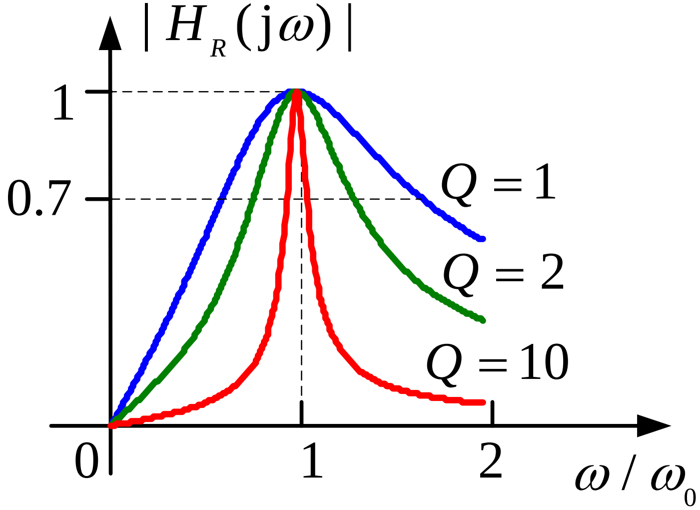
$$\omega_{c2} = \omega_0\left(\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$

通带宽度

$$\Delta\omega = \omega_{c2}-\omega_{c1} = \frac{\omega_0}{Q}$$

一、以电阻电压为响应的网络函数

2. 频率特性与品质因数的关系



$$\Delta\omega=\omega_{c2}-\omega_{c1}=\frac{\omega_0}{Q}$$

(1) *Q*值越大，截止频率处的曲线越陡，频率选择性越好，带宽越窄。

(2) *Q*值越小，带宽越宽，选择性能越差。

***RLC*串联电路，频率选择性与带宽存在矛盾。**

二、以电容电压为响应的网络函数

$$H_C(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_C}{\dot{U}}=\frac{1/(\mathrm{j}\omega C)}{R+\mathrm{j}\omega L+1/(\mathrm{j}\omega C)}$$

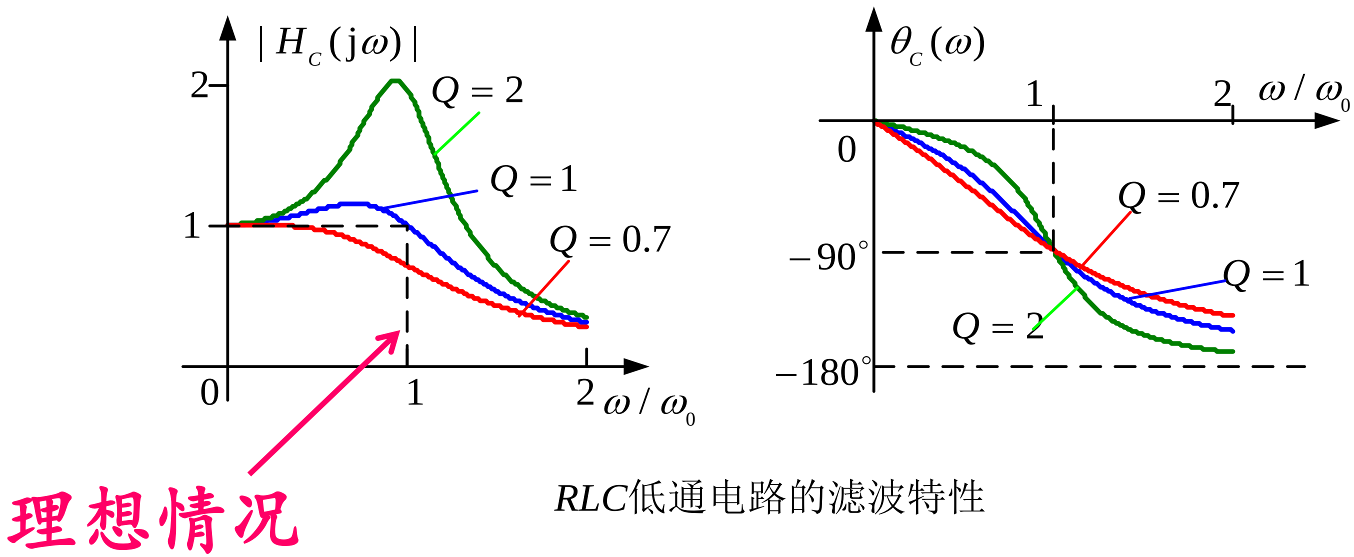
$$=\frac{1}{(1-\omega^2LC)+\mathrm{j}\omega CR}=\frac{1}{[1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2]+\mathrm{j}\frac{1}{Q}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)}$$

$$|H_C(\mathrm{j}\omega)|=\frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2+\frac{1}{Q^2}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

$$\theta_C(\omega)=-\arctan\frac{1}{Q(\frac{\omega_0}{\omega}-\frac{\omega}{\omega_0})}$$

ω/ω_0	$\lvert H_C(\mathrm{j}\omega)\rvert$	$\theta_C(\omega)$
0	1	0°
1	Q	-90°
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
∞	0	-180°

二、以电容电压为响应的网络函数



*RLC*低通电路的滤波特性

$|H_C(\mathrm{j}\omega)|$具有**低通**特性

$$|H_C(\mathrm{j}\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \dfrac{1}{Q^2}\left(\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

$$\theta_C(\omega) = -\arctan\frac{1}{Q\left(\dfrac{\omega_0}{\omega}-\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)}$$

三、以电感电压为响应的网络函数

$$H_L(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_L}{\dot{U}}=\frac{\mathrm{j}\omega L}{R+\mathrm{j}\omega L+1/(\mathrm{j}\omega C)}$$

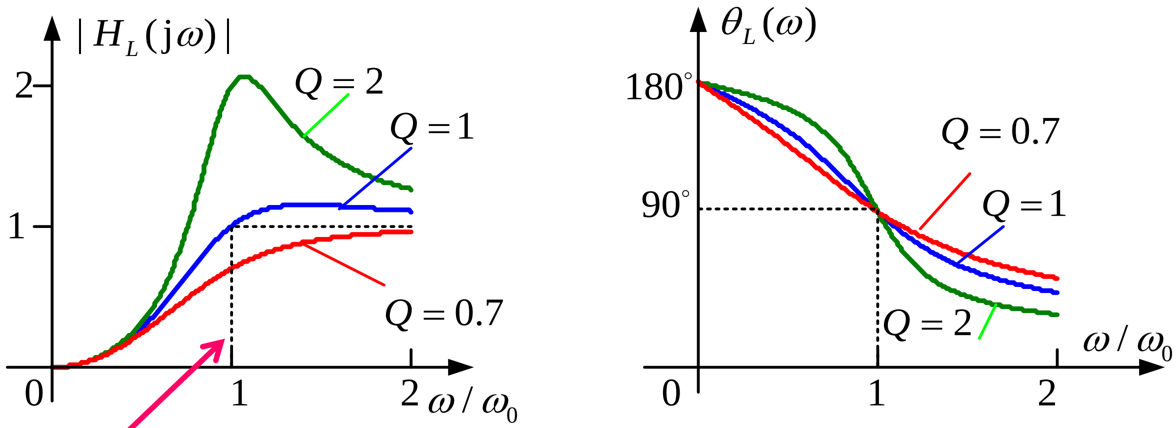
$$=\frac{1}{[1-1/(\omega^2 LC)]-\mathrm{j}R/(\omega L)}=\frac{1}{\left[1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]-\mathrm{j}\frac{1}{Q}\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

$$|H_L(\mathrm{j}\omega)|=\frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]^2+\frac{1}{Q^2}\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

$$\theta_L(\omega)=-\arctan\frac{-1}{Q\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

ω/ω_0	$\lvert H_L(\mathrm{j}\omega)\rvert$	$\theta_L(\omega)$
0	0	180°
1	Q	90°
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
∞	1	0°

三、以电感电压为响应的网络函数



*RLC*高通电路频率特性

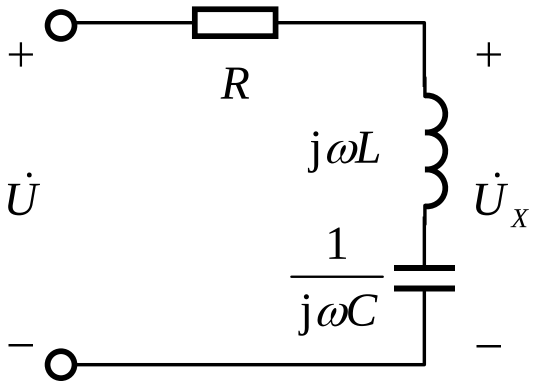
理想情况

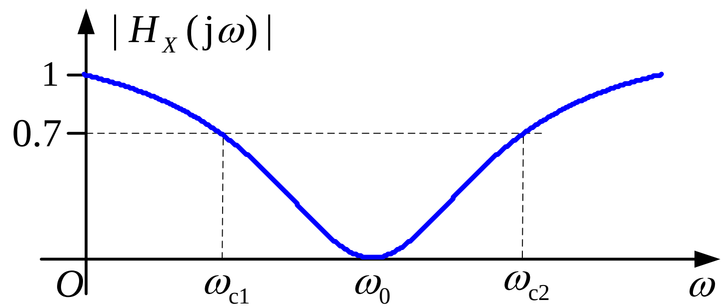
$$|H_L(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]^2+\frac{1}{Q^2}\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

$$\theta_L(\omega) = -\arctan\frac{-1}{Q\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

$|H_L(j\omega)|$具有高通特性

思考：*RLC*串联电路能否实现带阻特性？





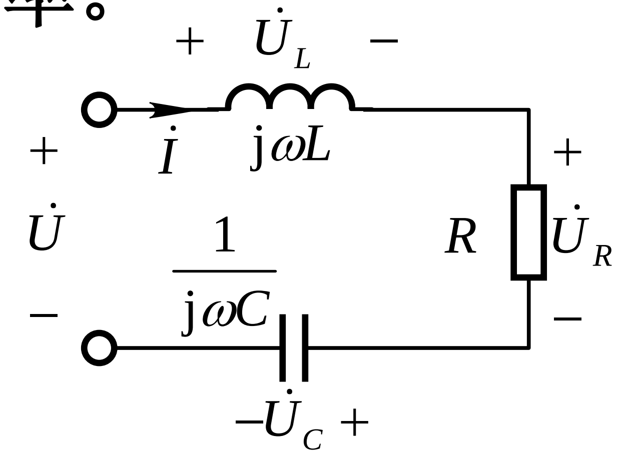
$$H_X(\mathrm{j}\omega)=\frac{\dot{U}_X}{\dot{U}}=\frac{\mathrm{j}[\omega L-1/(\omega C)]}{R+\mathrm{j}[\omega L-1/(\omega C)]}$$

$$\omega_{\mathrm{c}1}=\omega_0\left(-\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$

$$\omega_{\mathrm{c}2}=\omega_0\left(\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$

【例题7.3】

设计***RLC***带通电路，已知总电阻为 $R=20\Omega$，要求谐振频率为$f_0=10^4\text{Hz}$，带宽为$\Delta f=10^3\text{Hz}$，求电感L和电容C的值以及低频截止频率和高频截止频率。



【解】

$$\Delta\omega=\omega_{c2}-\omega_{c1}=\frac{\omega_0}{Q}$$

$$Q=\frac{\omega_0}{\Delta\omega}=\frac{f_0}{\Delta f}=10$$

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

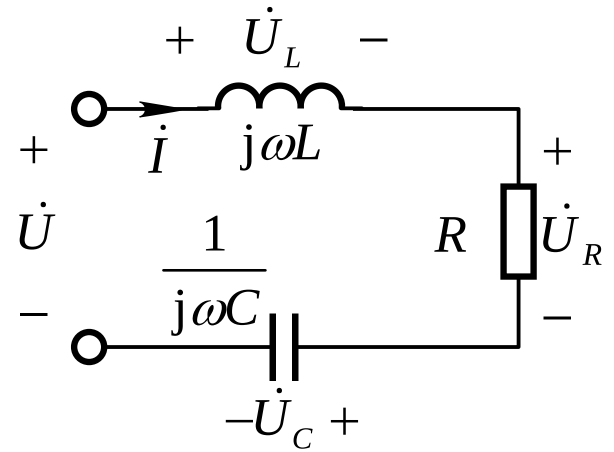
$$L=\frac{QR}{\omega_0}=\frac{10\times 20\Omega}{(2\pi\times 10^4)\mathrm{s}^{-1}}\approx 3.18\mathrm{mH}$$

$$C=\frac{1}{QR\omega_0}=\frac{1}{10\times 20\Omega\times(2\pi\times 10^4)\mathrm{s}^{-1}}\approx 0.0796\mu\mathrm{F}$$

【例题7.3】

$$\omega_{c1}=\omega_0\left(-\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$

$$\omega_{c2}=\omega_0\left(\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)$$



$$f_{c1}=f_0\left(-\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)\approx f_0\left(-\frac{1}{2Q}+1\right)=9500\text{Hz}$$

$$f_{c2}=f_0\left(+\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1}\right)\approx f_0\left(+\frac{1}{2Q}+1\right)=10500\text{Hz}$$

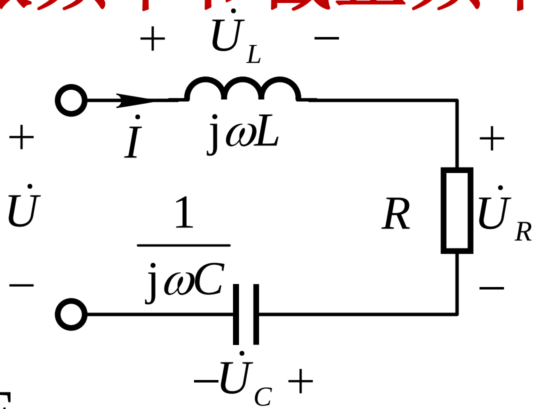
【补充7.10】

***RLC*串联电路的谐振频率为875Hz，通带宽度为250Hz，**
已知 $L=0.32\text{H}$：

(1). 求*R*、*C*、品质因数*Q*及截止频率；

(2). 设输入电压有效值为23.2V，求谐振频率和截止频率时电路的平均功率；

(3). 求谐振时电感电压和电容电压。



【解】 (1).求*R*、*C*、*Q*、截止频率

$$C=\frac{1}{\omega_0^2 L}=\frac{1}{(2\pi\times 875)^2\times 0.32}=1.034\times 10^{-7}\ \text{F}$$

$$\boxed{\Delta f=\frac{f_0}{Q}}\qquad \Rightarrow Q=\frac{f_0}{\Delta f}=875/250=3.5$$

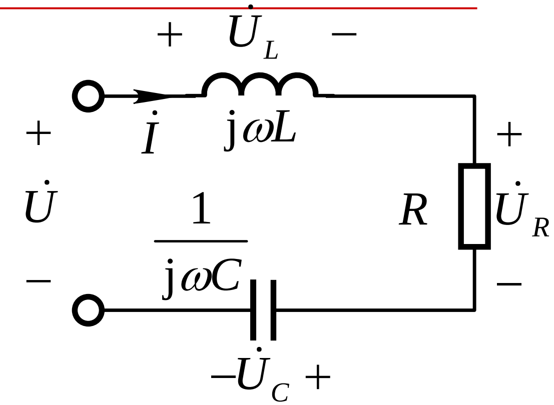
$$Q=\frac{\omega_0 L}{R}\quad \Rightarrow R=\frac{\omega_0 L}{Q}=2\pi\times 875\times 0.32/3.5=502.65\Omega$$

【补充7.10】

截止频率：

$$f_{c1}=(-\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1})\times f_0\approx 759\text{Hz}$$

$$f_{c2}=(\frac{1}{2Q}+\sqrt{\frac{1}{4Q^2}+1})\times f_0\approx 1009\text{Hz}$$



(2). 设输入电压有效值为23.2V，求谐振频率和截止频率时电路的平均功率；

谐振频率时的平均功率：$P_0=I_0^2R$

$$=(23.2/502.65)^2\times 502.65=1.071\text{W}$$

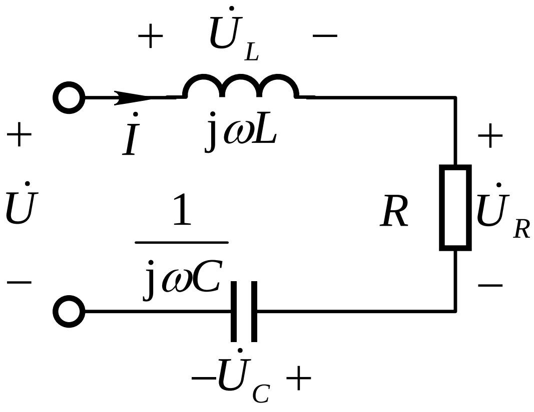
> 在截止频率处，电流下降至谐振电流 I_0 的 $1/\sqrt{2}$，故功率减小到一半。

截止频率时的平均功率：$P=P_0/2=0.535\text{W}$

【补充7.10】

(3).谐振时电感电压和电容电压：

$$U_L = U_C = QU = 3.5 \times 23.2 = 81.2\text{V}$$



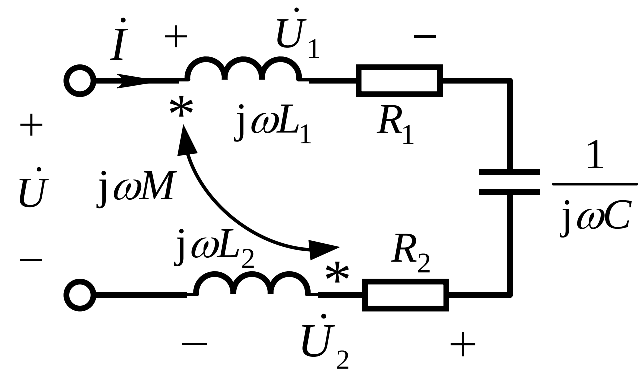
【补充7.11】

电路中，已知：$L_1=0.01\text{H}\quad R_1=5\Omega\quad L_2=0.02\text{H}\quad R_2=10\Omega$

$$M=0.01\text{H}\quad C=20\mu\text{F}$$

1、求两线圈顺接、反接时的谐振角频率和带宽。

2、两种情况下外加电压均为6V，试求两线圈上的电压 U_1 和 U_2。



【解】 当两线圈顺接时

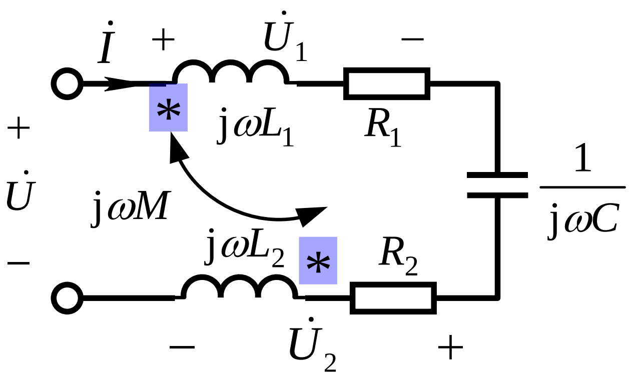
$$L=L_1+L_2+2M=0.05\text{H}$$

谐振角频率

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{0.05\times 20\times 10^{-6}}}=10^3\ \text{rad/s}$$

带宽 $\Delta\omega=\dfrac{\omega_0}{Q}=\dfrac{R_1+R_2}{L}=\dfrac{15}{0.05}=300\,\text{rad/s}$

【补充7.11】



取 $\dot{U}=6\angle 0°\mathrm{V}$

谐振时的电流:

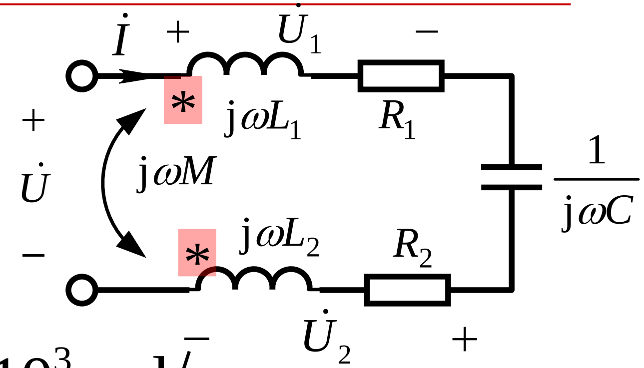
$$\dot{I}=\frac{\dot{U}}{R_1+R_2}=\frac{6\angle 0°}{5+10}\mathrm{A}=0.4\angle 0°\mathrm{A}$$

$$\dot{U}_1=(R_1+\mathrm{j}\omega_1 L_1)\dot{I}+\mathrm{j}\omega_1 M\dot{I}=[(5+\mathrm{j}10)\times 0.4+\mathrm{j}10\times 0.4]\mathrm{V}=(2+\mathrm{j}8)\mathrm{V}$$

$$\dot{U}_2=(R_2+\mathrm{j}\omega_1 L_2)\dot{I}+\mathrm{j}\omega_1 M\dot{I}=[(10+\mathrm{j}20)\times 0.4+\mathrm{j}10\times 0.4]\mathrm{V}=(4+\mathrm{j}12)\mathrm{V}$$

$$U_1=\sqrt{2^2+8^2}=8.24\mathrm{V} \qquad U_2=\sqrt{4^2+12^2}=12.65\mathrm{V}$$

【补充7.11】



当两线圈反接时：

$$L = L_1 + L_2 - 2M = 0.01\text{H}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.01 \times 20 \times 10^{-6}}} = 2.236 \times 10^3 \text{ rad/s}$$

$$\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{R_1 + R_2}{L} = \frac{15}{0.01} = 1500 \text{ rad/s}$$

取 $\dot{U} = 6\angle 0° \text{V}$ 时

谐振电流：$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R_1 + R_2} = \frac{6\angle 0°}{5+10} \text{A} = 0.4\angle 0° \text{A}$

$$\dot{U}_1 = (R_1 + j\omega_2 L_1)\dot{I} - j\omega_2 M\dot{I} = 5\Omega \times 0.4\text{A} = 2\text{V}$$

$$\dot{U}_2 = (R_2 + j\omega_2 L_2)\dot{I} - j\omega_2 M\dot{I} = (10 + j22.36)\Omega \times 0.4\text{A} = (4 + j8.95)\text{V}$$

$$U_1 = 2\text{V} \qquad U_2 = \sqrt{4^2 + 8.95^2} = 9.8\text{V}$$

7.4 并联谐振电路

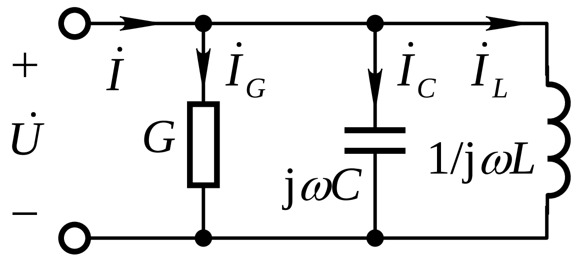
基本要求：掌握*GCL*并联谐振特点，并熟练应用；会分析实际并联谐振电路。

主要内容

一、*GCL*并联谐振电路

二、实际并联谐振电路

一、 *GCL*并联谐振电路



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

1. 谐振条件

$$\mathrm{Im}[Y] = 0 \qquad \Rightarrow \omega C = \frac{1}{\omega L}$$

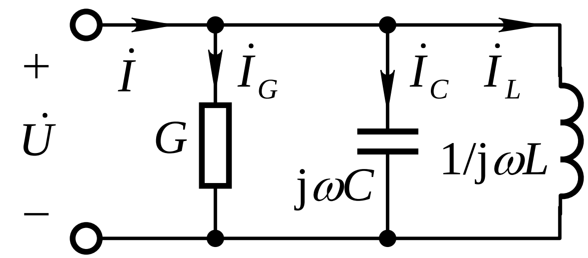
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$ 称为*GCL*并联电路的谐振角频率

$$\rho' = \omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L} = \sqrt{\frac{C}{L}}$$ 称为*GCL*并联电路的特性导纳

$$Q = \frac{\rho'}{G} = \frac{\omega_0 C}{G} = \frac{1}{G\omega_0 L} = \frac{1}{G}\sqrt{\frac{C}{L}}$$ 称为*GCL*并联电路的品质因数

一、 GCL并联谐振电路

2.谐振时的特点



(1). 并联谐振时的导纳

$$\omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L}$$ 感纳与容纳作用相抵消

$$Y(\omega_0) = G$$ 电路呈纯阻性，导纳模最小

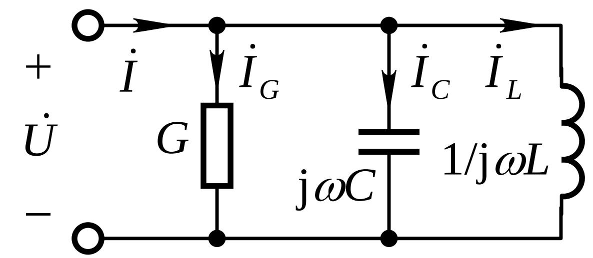
(2). 并联谐振时的电压

$$U(\omega_0) = \frac{I}{|Y|} = \frac{I}{G}$$

在电源**电流**有效值**一定**的条件下，端口**电压达到最大**值。

一、 GCL并联谐振电路

(3).并联谐振时的电流



$$\dot{I}_G(\omega_0) = G\dot{U}(\omega_0) = \dot{I}$$

$$\dot{I}_C(\omega_0) = \mathrm{j}\omega_0 C\dot{U}(\omega_0) = \mathrm{j}\rho'\dot{U}(\omega_0)$$

$$\dot{I}_L(\omega_0) = \frac{1}{\mathrm{j}\omega_0 L}\dot{U}(\omega_0) = -\mathrm{j}\rho'\dot{U}(\omega_0)$$

$$\dot{I}_C(\omega_0) + \dot{I}_L(\omega_0) = 0$$

LC并联谐振部分相当于开路

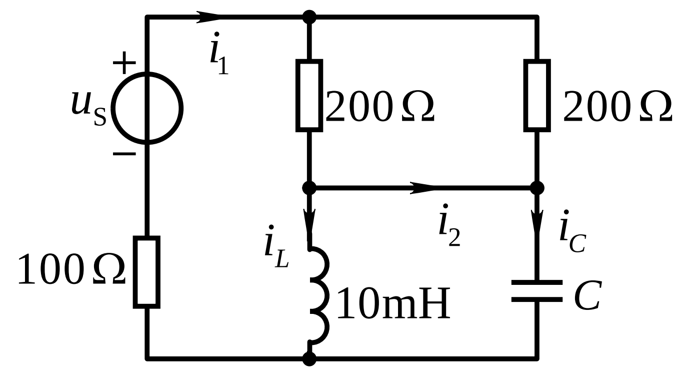
$$I_C(\omega_0) = I_L(\omega_0) = \rho' U(\omega_0) = \rho'\frac{I}{G} = QI$$

电流谐振

【补充7.12】

已知图示电路处于谐振状态，$u_S = 10\sqrt{2}\cos\omega t\ \mathrm{V}$，$\omega = 10^4\ \mathrm{rad/s}$

试求电流 i_1、i_2、i_L和 i_C。



【解】因为电路处于并联谐振状态，

所以电感、电容并联部分相当于开路

则有 $i_1 = 0$

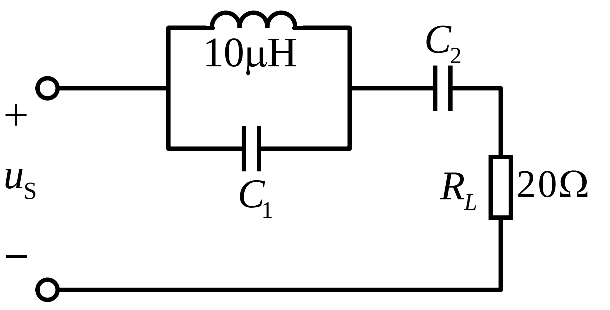
$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}_S}{\mathrm{j}\omega L} = \frac{10\angle 0^\circ}{\mathrm{j}10^4 \times 10 \times 10^{-3}} = 0.1\angle -90^\circ\ \mathrm{A}$$

$$\Rightarrow i_L = 0.1\sqrt{2}\cos(\omega t - 90^\circ)\ \mathrm{A}$$

$$i_2 = i_C = -i_L = 0.1\sqrt{2}\cos(\omega t + 90^\circ)\ \mathrm{A}$$

【补充7.13】

图示电路，已知 $f_1 = 100\text{kHz}$时，电流不能通过负载 R_L，而在频率为 $f_2 = 50\text{kHz}$ 时流过R_L的电流为最大。求C_1和C_2。



【解】L和C_1发生并联谐振时，电流不能通过负载。

则有 $\omega_1 C_1 = \dfrac{1}{\omega_1 L}$

$$\Rightarrow C_1 = \frac{1}{\omega_1^2 L} = \frac{1}{(2\pi f_1)^2 \times 10 \times 10^{-6}} \approx 0.25\mu\text{F}$$

$L//C_1$和C_2发生串联谐振时，电流最大

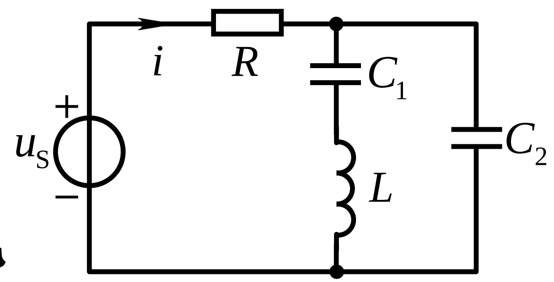
$$\frac{1}{\text{j}\omega_2 C_2} + \frac{\text{j}\omega_2 L \cdot \dfrac{1}{\text{j}\omega_2 C_1}}{\text{j}\omega_2 L + \dfrac{1}{\text{j}\omega_2 C_1}} = 0 \quad \Rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_2^2 L} - C_1 \approx 0.76\mu\text{F}$$

【补充7.14】

图示电路，已知： $C_1 = 10^{-4}\mathrm{F}$

$$u_S = 10 + 10\sqrt{2}\cos(1000t + 30^\circ) + 8\cos(2000t + 45^\circ)\mathrm{V}$$

$$i = \sqrt{2}\cos(1000t + 30^\circ)\mathrm{A}$$



试求 R、L和 C_2 。

【解】电流只有基波分量，并且与电源电压同相位，说明此时LC_1支路发生串联谐振。

则有 $\boxed{\omega_1 L = \dfrac{1}{\omega_1 C_1}}$

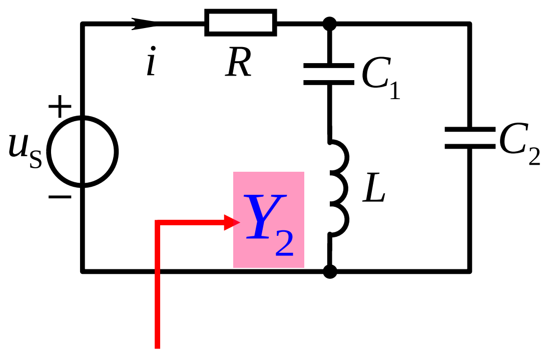
$$\Rightarrow L = \frac{1}{\omega_1^2 C_1} = \frac{1}{(1000)^2 \times 10^{-4}} = 10\mathrm{mH}$$

$$R = \frac{U_{S(1)}}{I_{(1)}} = \frac{10}{1} = 10\Omega$$

【补充7.14】

已知：$u_S = 10 + 10\sqrt{2}\cos(1000t + 30^\circ) + 8\cos(2000t + 45^\circ)\mathrm{V}$

$C_1 = 10^{-4}\mathrm{F}$，$i = \sqrt{2}\cos(1000t + 30^\circ)\mathrm{A}$，试求$R$、$L$和$C_2$。



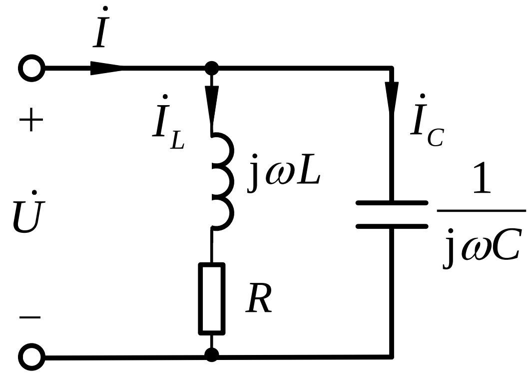
【解】电流的二次谐波分量为零，说明此时LC_1和C_2发生并联谐振。

则有 $\boxed{\mathrm{Im}[Y_2] = 0}$

$$\mathrm{j}\omega_2 C_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega_2 L + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega_2 C_1}} = 0 \quad \Rightarrow C_2 = \frac{1}{3} \times 10^{-4}\mathrm{F}$$

二、 实际并联谐振电路

在实际应用中常以电感线圈和电容器构成并联谐振电路



线圈与电容器并联电路

端口导纳：

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

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

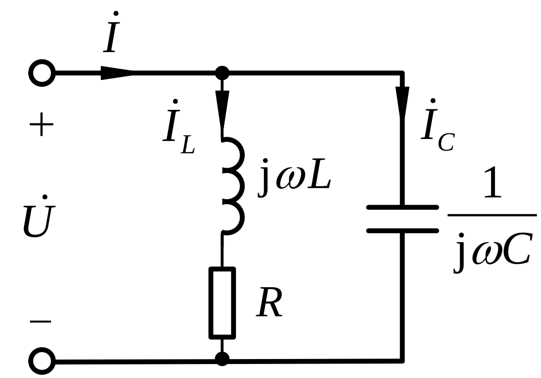
产生谐振的条件是导纳的虚部为零：

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

谐振角频率 ⟹ $\omega_0=\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}}$ （当 $R<\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时存在）

【例题7.4】

一个电感为0.25mH，电阻为 $R=25\Omega$ 的线圈与85pF的电容器接成并联电路，试求该并联电路的谐振频率和谐振时的阻抗。



线圈与电容器并联电路

【解】谐振角频率和谐振频率分别为

$$\omega_0=\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}}\approx 6.86\times10^6\,\mathrm{rad/s}$$

$$f_0=\frac{\omega_0}{2\pi}=\frac{(6.86\times10^6)\mathrm{s}^{-1}}{2\pi}\approx 1092\mathrm{kHz}$$

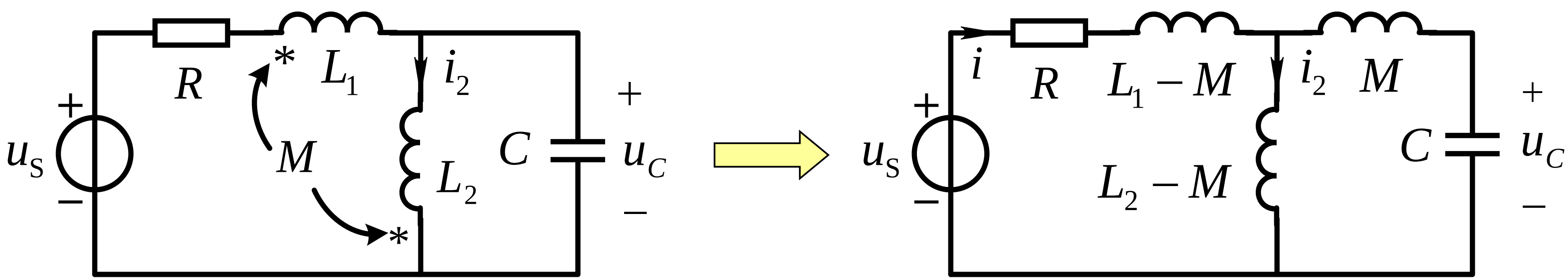
谐振时的阻抗为 $Z=R_0=\dfrac{R^2+(\omega_0 L)^2}{R}\approx 118\mathrm{k}\Omega$

【补充7.15】

图示非正弦电路：$u_S = [80 + 60\sqrt{2}\cos(\omega t) + 80\sqrt{2}\cos(2\omega t)]\text{V}$

$R = 80\Omega$，$\omega L_1 = 60\Omega$，$\omega L_2 = 80\Omega$，$\omega M = 20\Omega$，$1/(\omega C) = 80\Omega$

求 u_C 、i_2 的瞬时值，以及电压源发出的平均功率。



【解】当直流电压源单独作用时：$U_{S(0)} = 80\text{V}$

电感短路，电容开路。

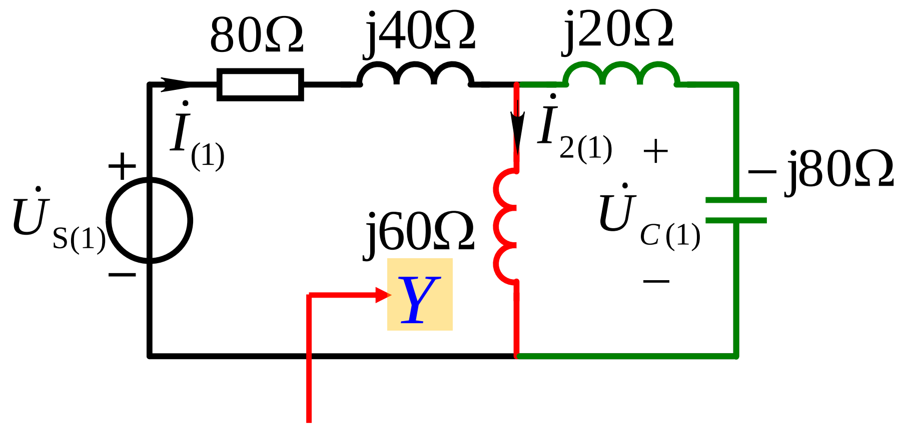
$$U_{C(0)} = 0$$

$$I_{2(0)} = I_{(0)} = \frac{U_{S(0)}}{R} = \frac{80}{80} = 1\text{A}$$

$$P_{(0)} = I_{(0)}^2 R = 80\text{W}$$

【补充7.15】

【解】当基波电压单独作用时： $\dot{U}_{S(1)} = 60\angle 0°\text{V}$



并联部分发生并联谐振，
并联部分相当于开路。

$Y=0$ $\quad I_{(1)} = 0$

$$\dot{I}_{2(1)} = \frac{\dot{U}_{S(1)}}{j60} = \frac{60\angle 0°}{j60} = 1\angle -90°\text{A}$$

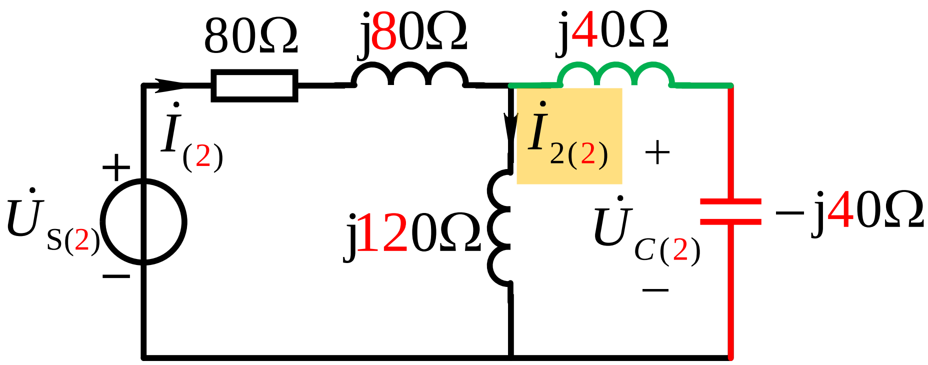
$$\dot{U}_{C(1)} = \frac{-j80}{j20 - j80} \times 60\angle 0° = 80\angle 0°\text{V}$$

$$P_{(1)} = I_{(1)}^2 R = 0$$

【补充7.15】

【解】当二次谐波单独作用时：$\dot{U}_{S(2)} = 80\angle 0°\text{V}$

M 和 C 发生串联谐振，相当于短路



$$\dot{I}_{2(2)} = 0$$

$$\dot{I}_{(2)} = \frac{80\angle 0°}{80 + \text{j}80} = \frac{\sqrt{2}}{2}\angle -45°\text{A} \qquad P_{(2)} = I_{(2)}^2 R = 40\text{W}$$

$$\dot{U}_{C(2)} = \dot{I}_{(2)} \times (-\text{j}40) = 0.5\sqrt{2}\angle -45° \times (-\text{j}40) = 20\sqrt{2}\angle -135°\text{V}$$

$$u_C = [80\sqrt{2}\cos\omega t + 40\cos(2\omega t - 135°)]\text{V}$$

$$i_2 = [1 + \sqrt{2}\cos(\omega t - 90°)]\text{A}$$

功率 $P = 80 + 40 = 120\text{W}$

本 章 小 结

1. 网络函数：在只有一个激励的正弦电流电路中响应相量与激励相量成正比，其比例系数称为网络函数，记为

$$H(\mathrm{j}\omega)=\frac{\text{响应相量}}{\text{激励相量}}=\left|H(\mathrm{j}\omega)\right|\angle\theta(\omega)$$

2.含有电感和电容的无独立电源的一端口网络，其端口电压和端口电流同相位的现象称为谐振。

3.一端口网络发生谐振的条件是输入阻抗的虚部等于零或输入导纳的虚部等于零。

本 章 小 结

4. ***RLC*****串联电路谐振时阻抗达到最小值。**

电感电压和电容电压有效值相等、相位相反，故互相抵消，称为电压谐振。

电感电压和电容电压的有效值均为端口电压有效值的***Q***倍。

$$Q=\frac{\rho}{R}=\frac{\omega_0 L}{R}=\frac{1}{R\omega_0 C}=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$ 为***RLC***串联电路的品质因数

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$$ 为***RLC***串联电路的谐振角频率

5. ***GCL*****并联电路谐振的特点与*****RLC*****串联谐振的情形存在对偶关系。**