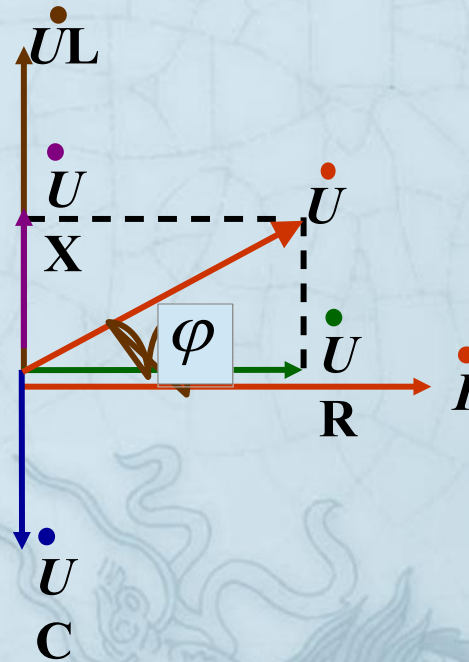
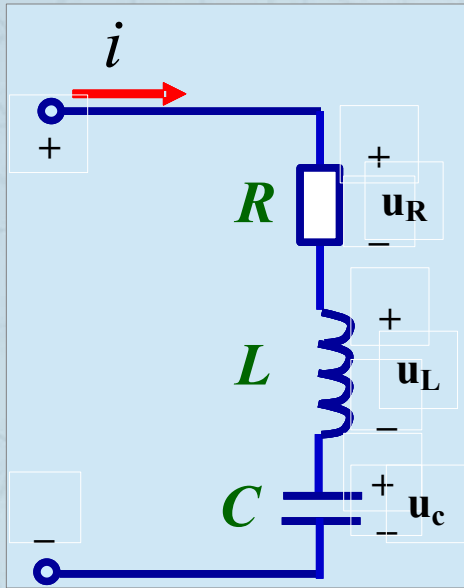


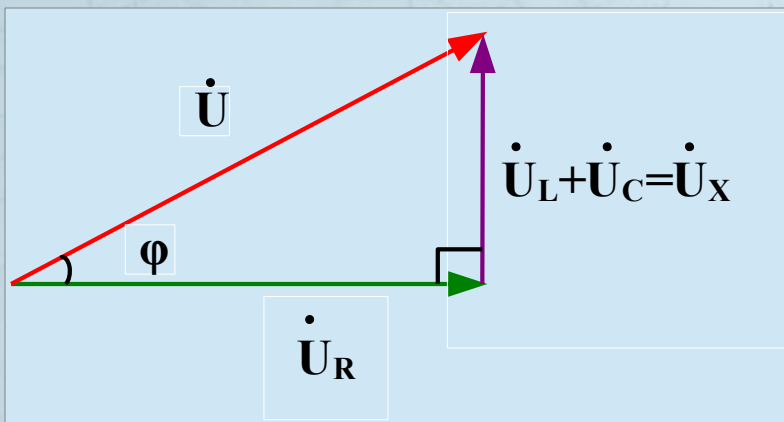
18.RLC 串联电路



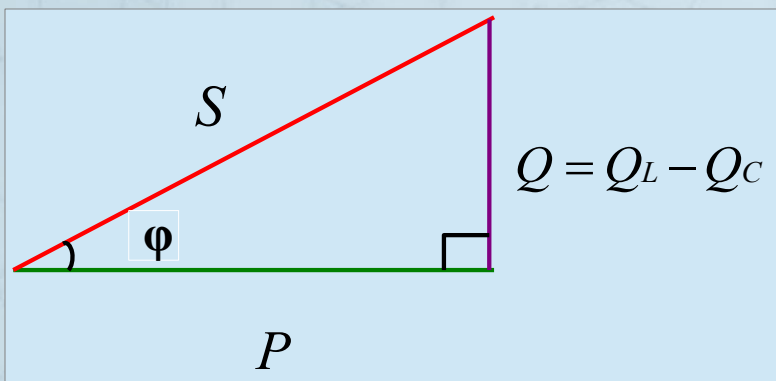
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$\varphi = \arctan \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

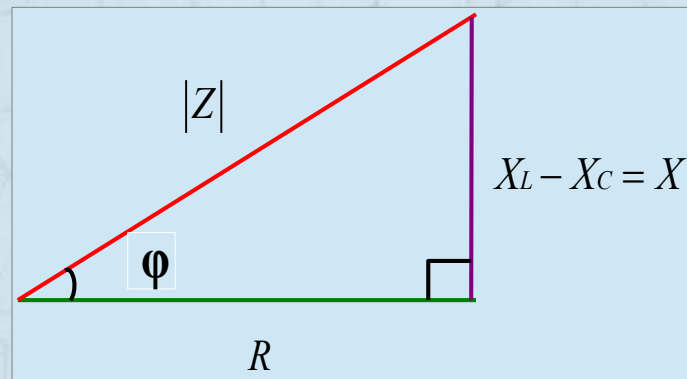
18.RLC 串联电路



电压三角形



功率三角形



阻抗三角形

$$|Z| = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$
$$= \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

X 称为电路的电抗

有关电路性质讨论

由 $U_X = U_L - U_C$ 可知，电路性质取决于

即

若 $U_L > U_C$ ，则 $U_X > 0$ ，电路呈感性；

$U_L < U_C$ ，则 $U_X < 0$ ，电路呈容性；

$U_L = U_C$ ，则 $U_X = 0$ ，电路呈电阻性。

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

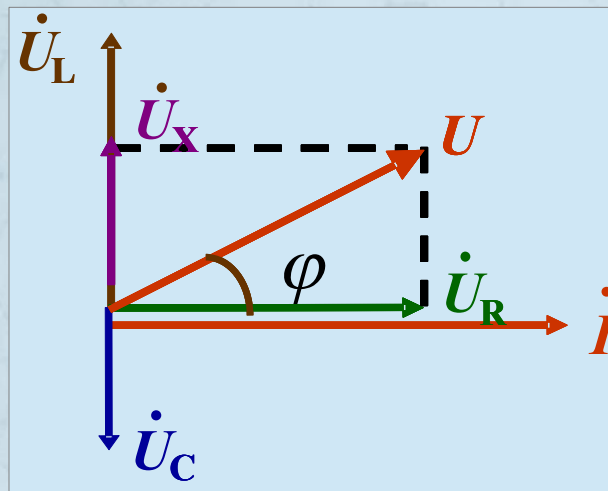
同理：

(1) 当 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ 时， $X > 0$ ， $\varphi > 0$ ，电路呈感性。

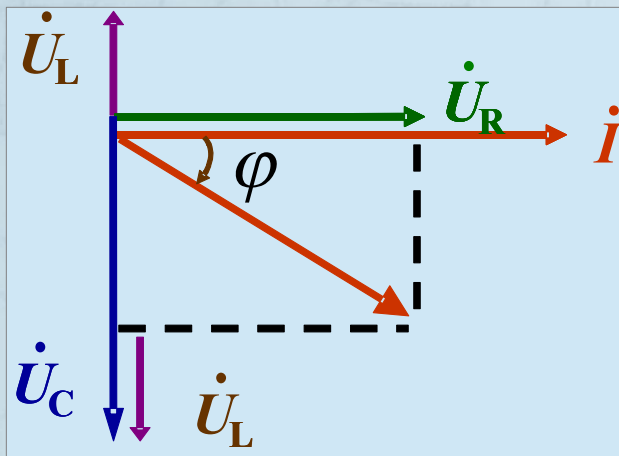
(2) 当 $\omega L < \frac{1}{\omega C}$ 时， $X < 0$ ， $\varphi < 0$ ，电路呈容性。

(3) 当 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 时， $X = 0$ ， $\varphi = 0$ ，电路呈电阻性。

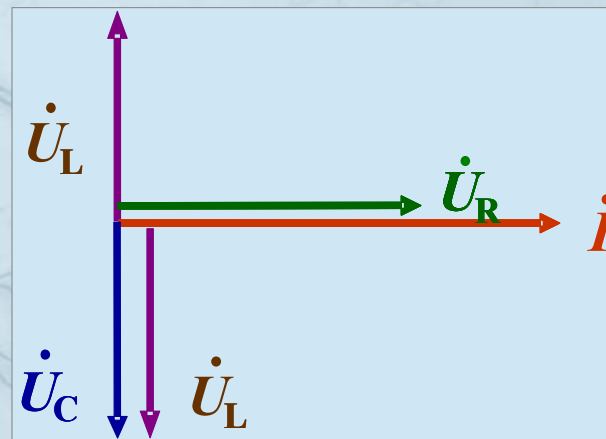
18.RLC 串联电路



感性电路矢量图

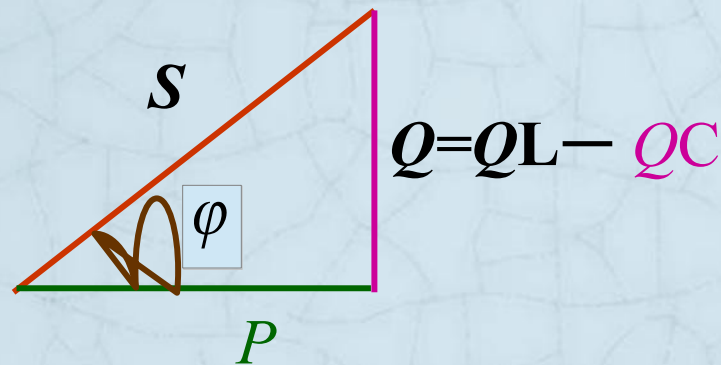


容性电路矢量图



阻性电路（谐振状态）矢量图

电路的功率关系



功率三角形和阻抗三角形一样，都不是相量图，但它们给出了各功率、各阻抗之间的数量关系。

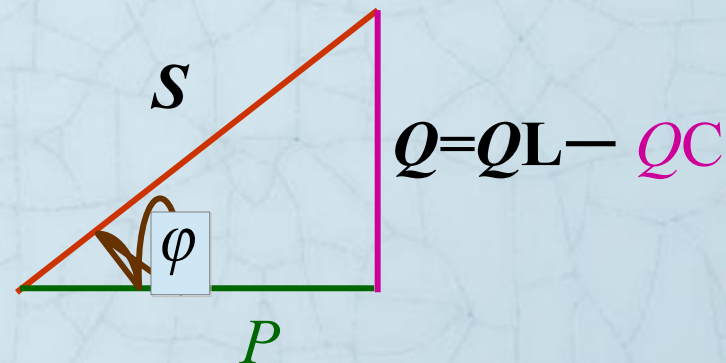
在 R 、 L 、 C 串联电路中，只有耗能元件 R 上产生有功功率 P ；储能元件 L 、 C 不消耗能量，但存在能量吞吐，吞吐的规模用无功功率 Q 来表征；电路提供的总功率常称作视在功率 S ，三者之间的数量关系遵循功率三角形中所示。

电路的功率关系

有功功率： $P = UI \cos\varphi = S \cos\varphi$

无功功率： $Q = Q_L - Q_C = UI \sin\varphi$

视在功率： $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$



电感两端电压与电容两端的电压相差 180° ，相位相反，所以瞬时功率的变化状态也是相反的。当电感吸收能量时（ $P_L > 0$ ），电容正好释放能量（ $P_C < 0$ ）；当电容吸收能量时（ $P_C > 0$ ），电感恰好释放能量。

所以：电感电容之间能量交换的差值才与电源交换，称为整个电路的无功功率。

18.RLC 串联谐振电路

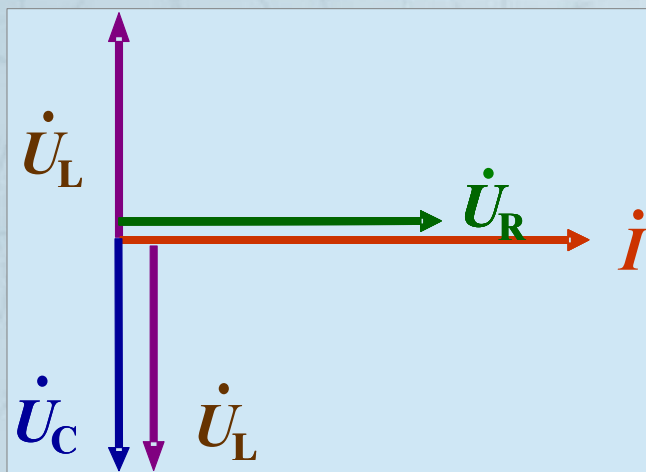
1. 串联谐振的概念

电阻、电感、电容组成的串联电路，当端口处的总电压和总电流同相时，电路呈电阻性，此时电路的工作状态称为谐振。

研究谐振的目的，就是一方面在生产上充分利用谐振的特点，（如在无线电工程、电子测量技术等许多电路中应用）。另一方面又要预防它所产生的危害。

18.RLC 串联谐振电路

2. 发生谐振的条件



谐振条件：感抗等于容抗

即

$$X_L = X_C$$
$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

得出谐振频率为：

$$f = f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

电路发生谐振的方法：

- (1) 电源频率 f 一定，调参数 L 、 C 使 $f_0 = f$ ；
- (2) 电路参数 LC 一定，调电源频率 f ，使 $f = f_0$

18.RLC 串联谐振电路

3. 串联谐振电路的特点

(1) 电路的阻抗最小

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$$

(2) 电流最大

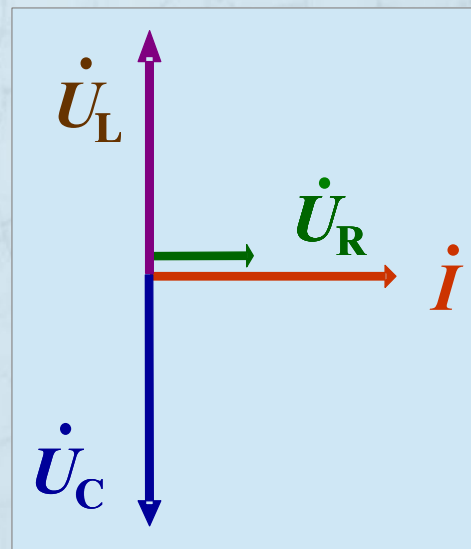
当电源电压一定时:

$$I = I_0 = \frac{U}{|Z|} = \frac{U}{R}$$

I_0 称为串联谐振电流

(3) \dot{U} 、 \dot{i} 同相

电路呈电阻性，能量全部被电阻消耗， Q_L 和 Q_C 相互补偿。即电源与电路之间不发生能量互换。

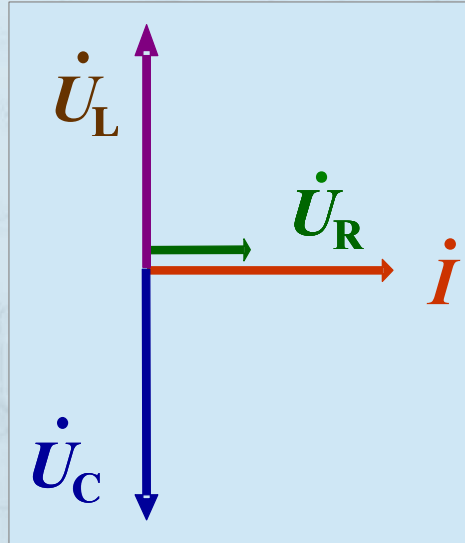


3. 串联谐振电路的特点

(4) 电压关系

电阻电压: $U_R = I_0 R =$

电容、电感电压: $\dot{U}_L = -\dot{U}_C$ 大小相等、相位相差 180°



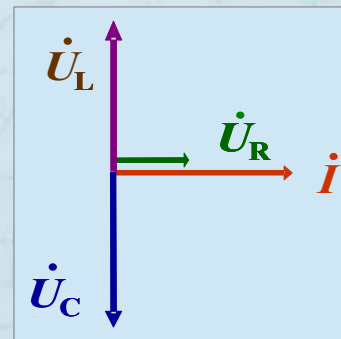
谐振时: \dot{U}_L 与 \dot{U}_C 抵消, 但其本身不为零

$$U_L = I_0 X_L = U_C = I_0 X_C$$

当 $X_L = X_C \gg R$ 时: U_C 、 U_L 将远远大于电源电压 U

有: $U_L = U_C \gg U_R = U$

4. 串联谐振电路的特点



品质因数 Q

Q 定义为 U_L 和 U_C 与电源电压 U 的比值，表示在发生谐振时，电感或电容元件上的电压是电源电压的 Q 倍

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$$

表征串联谐振电路的谐振质量

例 如 $Q=100, U=220\text{V}$, 则在谐振时

：

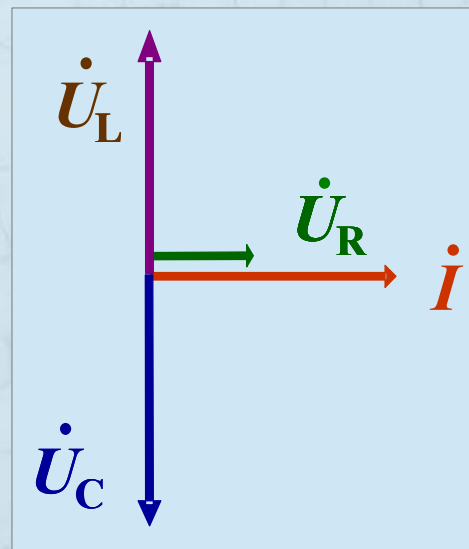
$$U_L = U_C = QU = 22000\text{V}$$

电压过大可能会击穿线圈或电容的绝缘，
所以电力系统应避免发生串联谐振。

串联谐振电路在工程上的应用



串联谐振的利与弊？

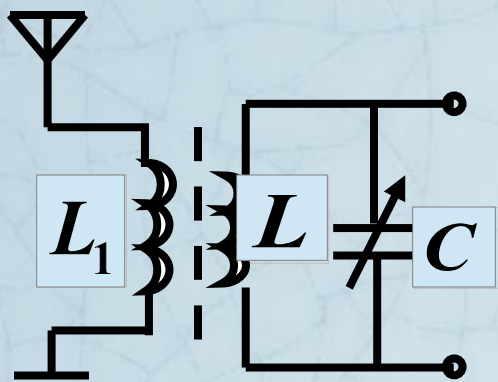


弊：电力系统中，避免过高电压击穿电气设备的绝缘

利：在无线电工程中可用来选择频道：提取有用微弱信号，滤除无用信号。

串联谐振应用举例

接收机的输入电路



电路图

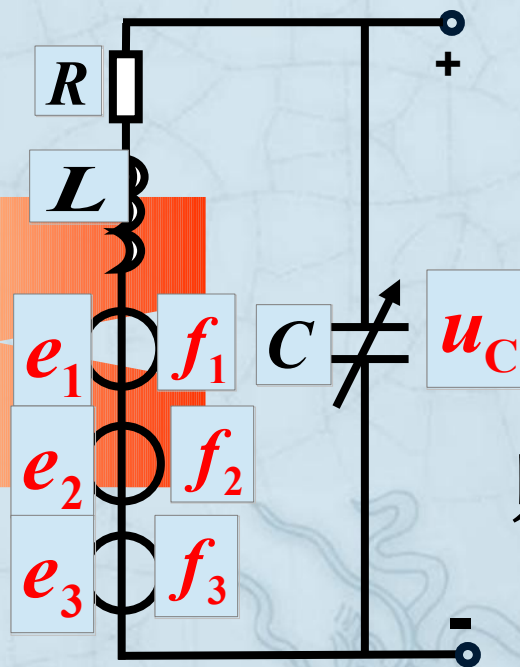
L_1 : 接收天线

LC 组成谐振电路

e_1 、 e_2 、 e_3

为来自 3 个不同电台 (不同频率)

的电动势信号;



等效电路

调 C ,
对所需信号频率产生串联谐振

则 $I_0 = I_{\max} \Rightarrow$

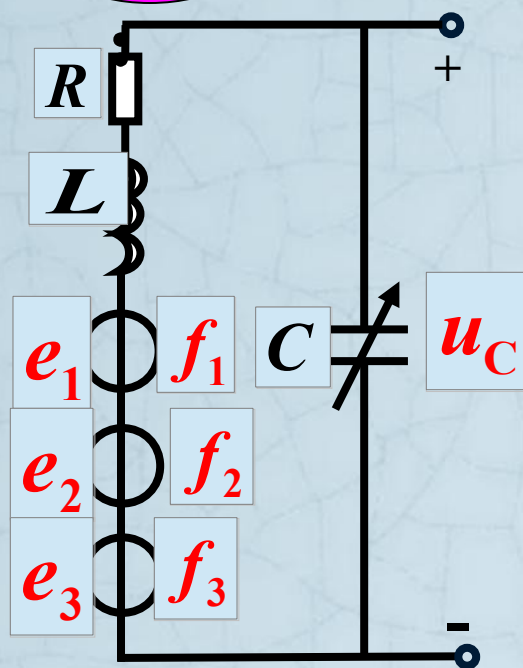
$U_C = QU$ 大

例

若要收听

e_1

节目， C 应配多大？



已知： $L = 0.3\text{mH}$ 、 $R = 16\Omega$

$f_1 = 640\text{kHz}$

解：

$$f_0 = f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

则：

$$C = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L}$$

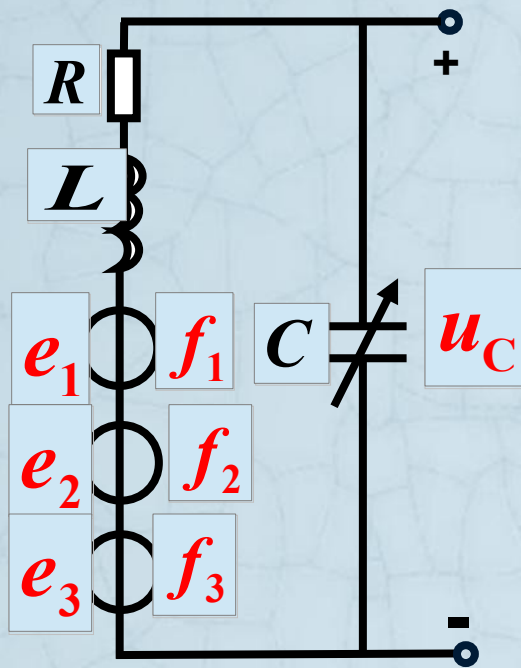
$$C = \frac{1}{(2\pi \times 640 \times 10^3)^2 \times 0.3 \times 10^{-3}} = 204\text{pF}$$

结论：当 C 调到 204pF 时，可收听到 e_1 的节目。

串联谐振应用举例

例 如在调谐回路中感应出电压： $U = 2 \mu\text{V}$

：这时回路中该信号的电流多大？ C 两端的电压是多少？



解：已知电路在 $f_1 = 640\text{kHz}$ 时产生谐振

则： $I = U / 16 = 0.13 \mu\text{A}$

$$X_L = X_C = \omega L = 2\pi f_1 L = 1200 \Omega$$

$$U_C = IX_C = 156 \mu\text{V}$$

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{156}{2} = 78$$

所需信号被放大了 78 倍

串联谐振应用举例

思考

1. 假设 R 、 L 、 C 已定，电路性质能否确定？阻性？感性？容性？

2. RLC 串联电路中是否会出现

$$U_R > U$$

$U_L > U, U_C > U$ 的情况？

3. RLC 并联电路中是否会出现谐振？