



湖南三一工业职业技术学院
HUNAN SANY POLYTECHNIC COLLEGE

第二章 正弦交流电路及其应用





第五节 电路的谐振

重点内容:

串联谐振、并联谐振的概念

谐振的影响和应用

难点内容:

研究谐振的意义



谐振的概述

1. 概念

在 RLC 交流电路中，当电感上的电压与电容上的电压相等时，它们互相抵消，电路中的电流与电压同相位，这时称电路发生了**谐振**。

2. 分类

- 串联谐振**： L 与 C 串联时 u 、 i 同相
- 并联谐振**： L 与 C 并联时 u 、 i 同相

3. 研究谐振的目的

- ①在生产实践中（无线电工程、电子测量技术等）利用。
- ②预防它可能产生的危害。

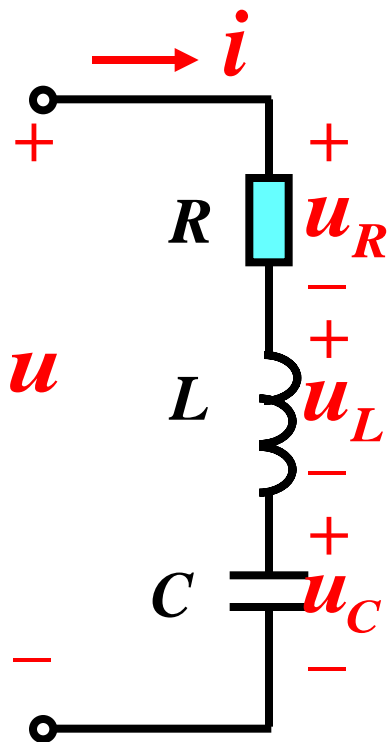
一、串联谐振

谐振时： \dot{U} 、 \dot{I} 同相

即 $\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} = 0$

谐振条件： $X_L = X_C$

或： $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$



串联谐振电路

谐振时的角频率



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

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

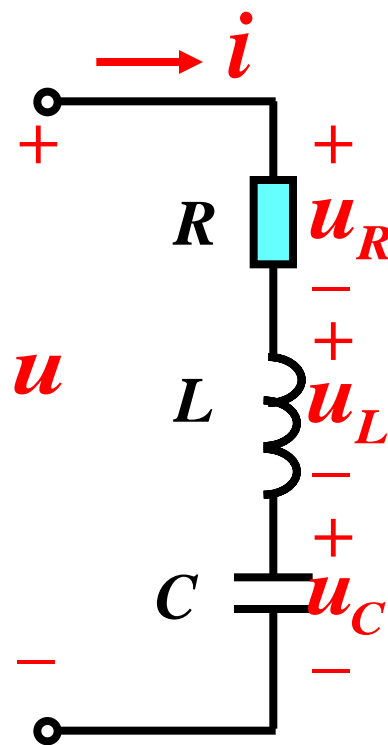
或

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

串联谐振特征：

1. \dot{U} 、 \dot{I} 同相

$$\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} = 0$$



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。

2. 阻抗最小，且呈纯阻

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

3. 电流最大

当电源电压一定时：
$$I = I_0 = \frac{U}{R}$$

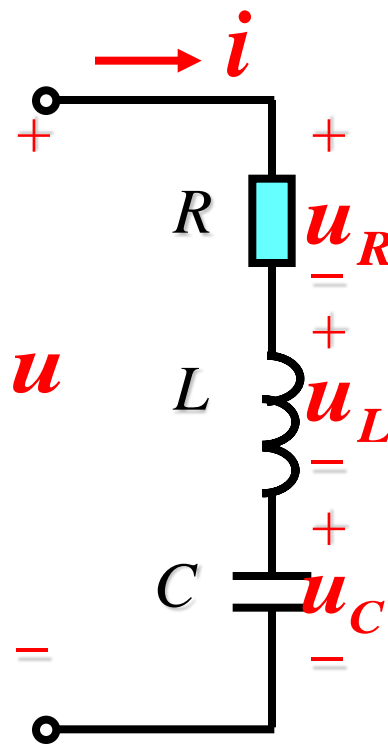
4. 电压关系

电阻电压：
$$\dot{U} = \dot{U}_R$$

电容、电感电压：
$$\dot{U}_L = -\dot{U}_C$$

大小相等、相位相差 180°

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



5. 品质因数

当 $X_L = X_C \gg R$ 时:

U_C 、 U_L 将大于
电源电压 U

有: $U_L = U_C \gg U_R = U$

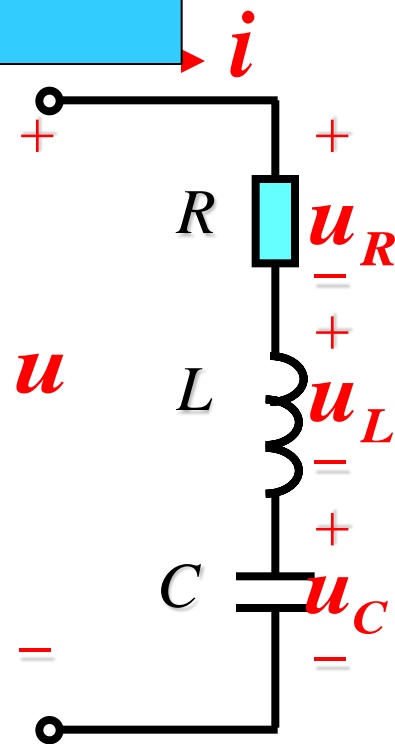
此时可能会击穿线圈或电容的绝缘，
在电力系统中应避免发生串联谐振。

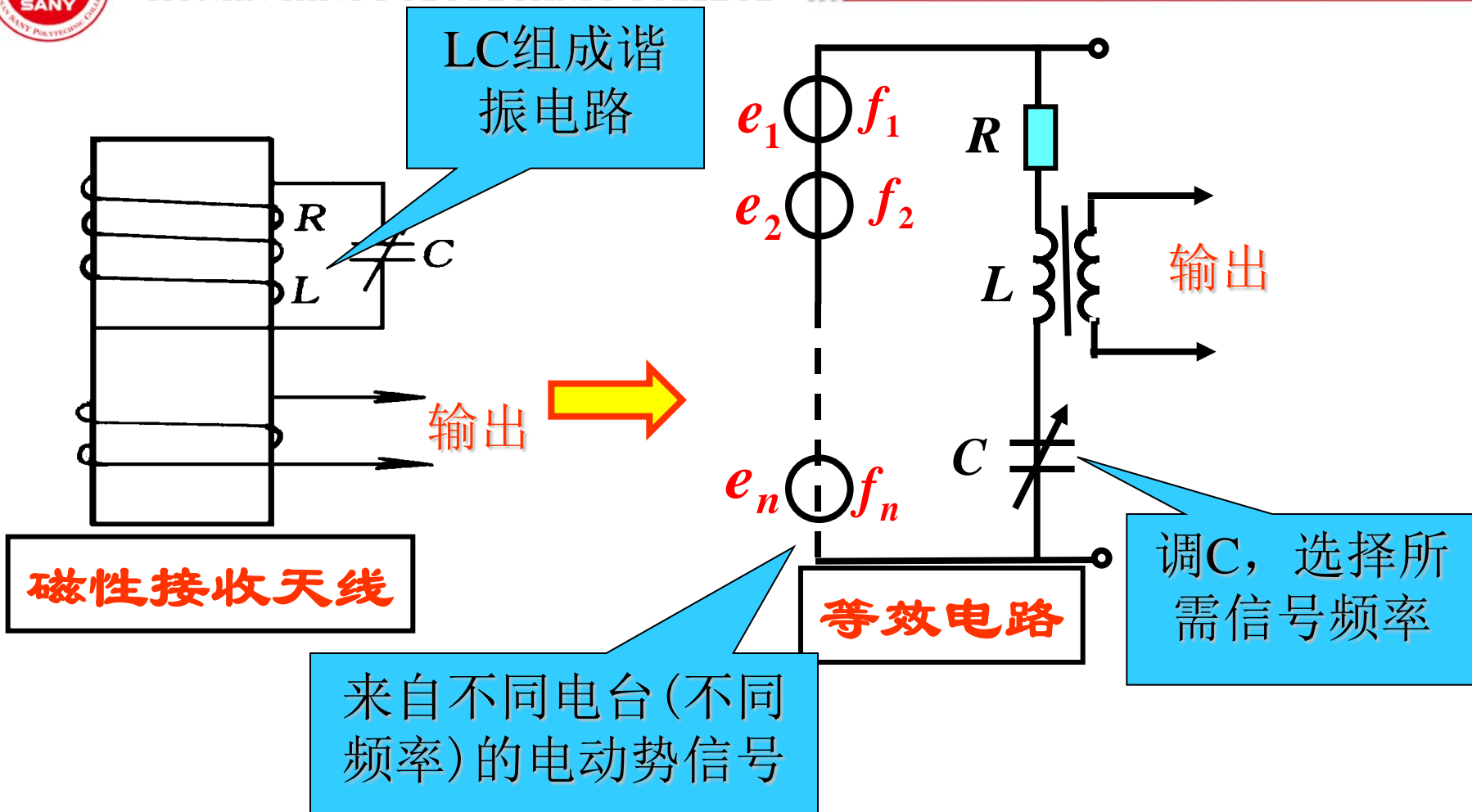
令:

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

Q 品质因数，表征串联谐振电路的谐振质量。

在无线电工程上，可利用此特点选择信号。





$f=f_1$ 时, 串联谐振 \rightarrow 阻抗最小 \rightarrow 电流最大 \rightarrow 输出电压 $U_L=QU$ 最大。

对于其他电台信号不发生谐振 \rightarrow 阻抗最大 \rightarrow 电流最小 \rightarrow 输出电压最小。



使 RLC 串联电路发生谐振的条件(*condition*):

(1) LC 不变, 改变 ω 。

ω_0 由电路本身的参数决定, 一个 RLC 串联电路只能有一个对应的 ω_0 , 当外加频率等于谐振频率时, 电路发生谐振。

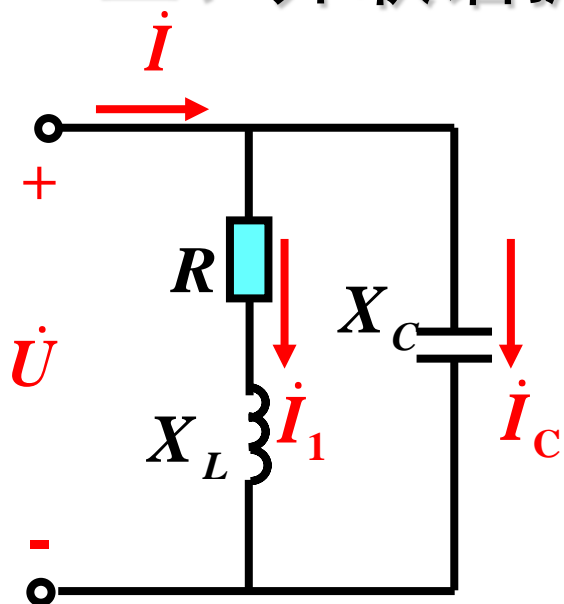
(2) 电源频率不变, 改变 L 或 C (常改变 C)。

通常收音机选台, 即选择不同频率的信号, 就采用改变 C 使电路达到谐振。

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



二、并联谐振



$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{R + jX_L} = \frac{\dot{U}}{R + j\omega L}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}}{-jX_C} = \frac{\dot{U}}{-j\frac{1}{\omega C}} = j\omega C\dot{U}$$

总电流:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_C = \frac{\dot{U}}{R + j\omega L} + j\omega C\dot{U}$$

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



$$\dot{i} = \left[\frac{R}{R^2 + (\omega L)^2} + j \left(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} \right) \right] \dot{U}$$

则： $\omega C = \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$

虚部为 0

实际中线圈的电阻很小，所以在谐振时有 $\omega_0 L \gg R$

谐振条件： $\omega_0 C - \frac{1}{\omega_0 L} \approx 0$

谐振频率

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

或

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



并联谐振的特征：

1. 阻抗最大，呈电阻性：

$$|Z_0| = \frac{L}{RC}$$

(当满足 $\omega_0 L \gg R$ 时)

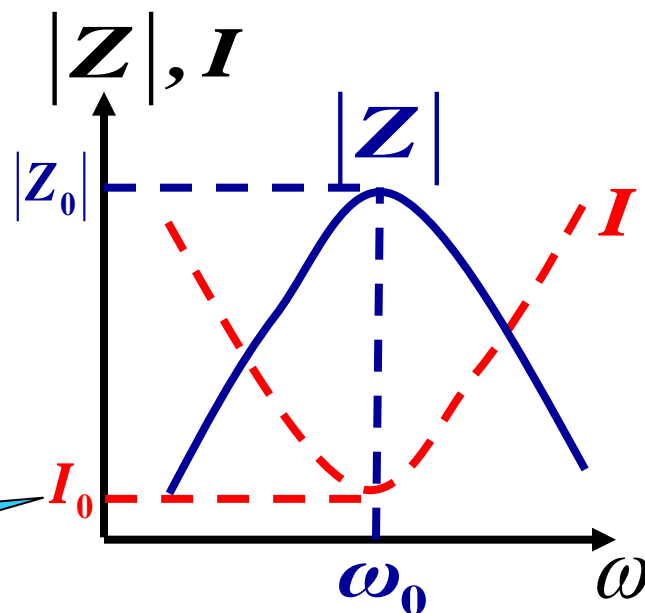
2. 恒压源供电时，总电流最小。

$$I = I_0 = \frac{U}{L/RC} = \frac{U}{|Z_0|}$$

恒流源供电时，电路的端电压最大。

$$U = I_S |Z_0|$$

总电流 $I = I_0$

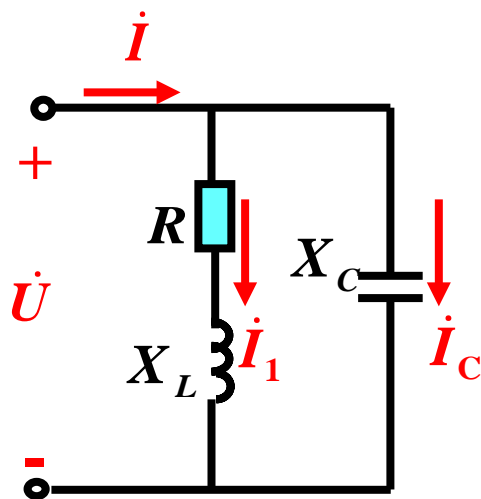




3. 电感电流与电容电流几乎大小相等、相位相反。
4. 电感或电容支路的电流有可能大大超过总电流。

当 $\omega_0 L \gg R$ 时,

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (2\pi f_0 L)^2}} \approx \frac{U}{2\pi f_0 L}$$



$$I_C = \frac{U}{\frac{1}{2\pi f_0 C}} = U \cdot 2\pi f_0 C$$

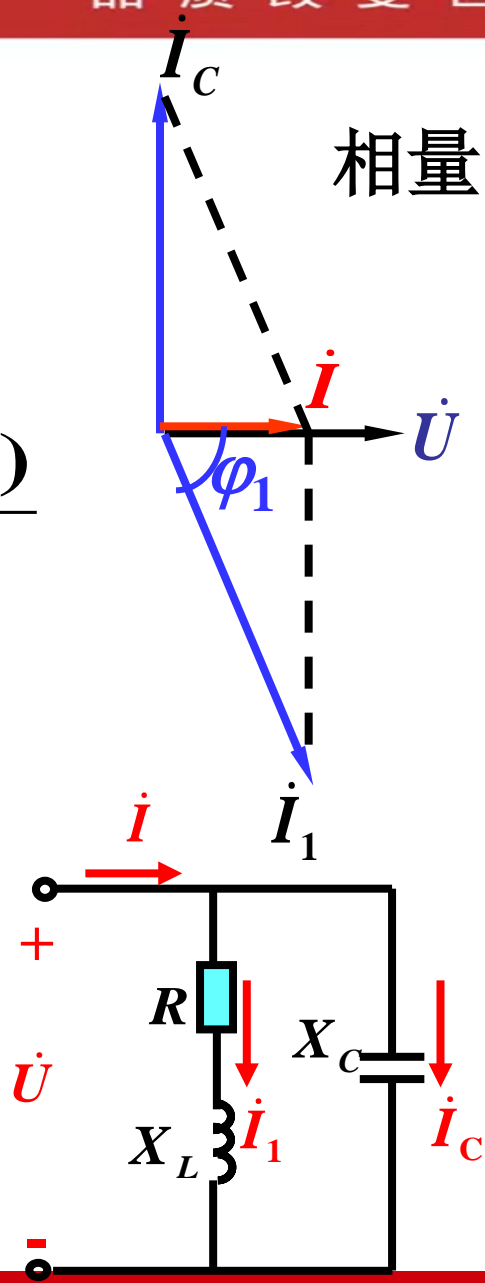
$$\frac{I_C}{I_0} = \frac{U(2\pi f_0 C)}{U/|Z_0|} = \frac{U(2\pi f_0 C)}{U/\frac{L}{RC}}$$

$$= \frac{2\pi f_0 L}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = Q$$

$$\therefore I_1 \approx I_C = QI_0$$

支路电流是总电流 I_0 的 Q 倍——
电流谐振

相量图

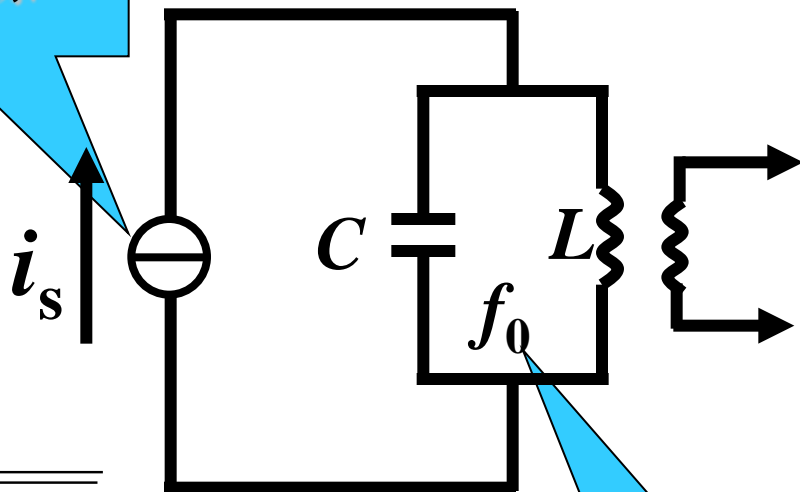


LC并谐回路

①回路的谐振频率为：

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{或} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

含有不同频率的信号源



固有振荡频率

②当外加信号频率 $f=f_0$ 时，产生并联谐振。

③此时回路的等效阻抗为纯阻性质，且阻抗最大。



湖南三一工业职业技术学院
HUNAN SANY POLYTECHNIC COLLEGE

品质改变世界

谢谢大家