

第一题

Python代码及其解释

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# 电路参数设置
L = 0.01 # 电感值
C = 0.01 # 电容值
R1 = 10 # 第一个电阻值
R2 = 553 # 第二个电阻值, 学号后3位

# 计算固有角频率
omega_n = 1 / np.sqrt(L * C)
print(f"固有角频率  $\omega_n$  = {omega_n:.2f} rad/s")

# 计算品质因数
Qp1 = (1 / R1) * np.sqrt(L / C)
Qp2 = (1 / R2) * np.sqrt(L / C)
print(f"R={R1} $\Omega$  时, 品质因数 Qp = {Qp1:.4f}")
print(f"R={R2} $\Omega$  时, 品质因数 Qp = {Qp2:.4f}")

# 定义传递函数:  $IR/Is = (1/R) / (1/R + sC + 1/(sL))$ 
def transfer_function(R, s):
    denominator = (1/R) + s*C + 1/(s*L)
    return (1/R) / denominator

# 生成频率范围
w = np.logspace(-1, 5, 2000) # 从0.1到100000 rad/s
s = 1j * w # 复频率

# 计算两种电阻情况下的传递函数值
tf1 = transfer_function(R1, s) # R=10 $\Omega$ 时的传递函数
tf2 = transfer_function(R2, s) # R=553 $\Omega$ 时的传递函数

# 提取幅频和相频特性
mag1, phase1 = np.abs(tf1), np.angle(tf1, deg=True) # 幅度和相位(度)
mag2, phase2 = np.abs(tf2), np.angle(tf2, deg=True)

# 创建图形
plt.figure(figsize=(12, 10))

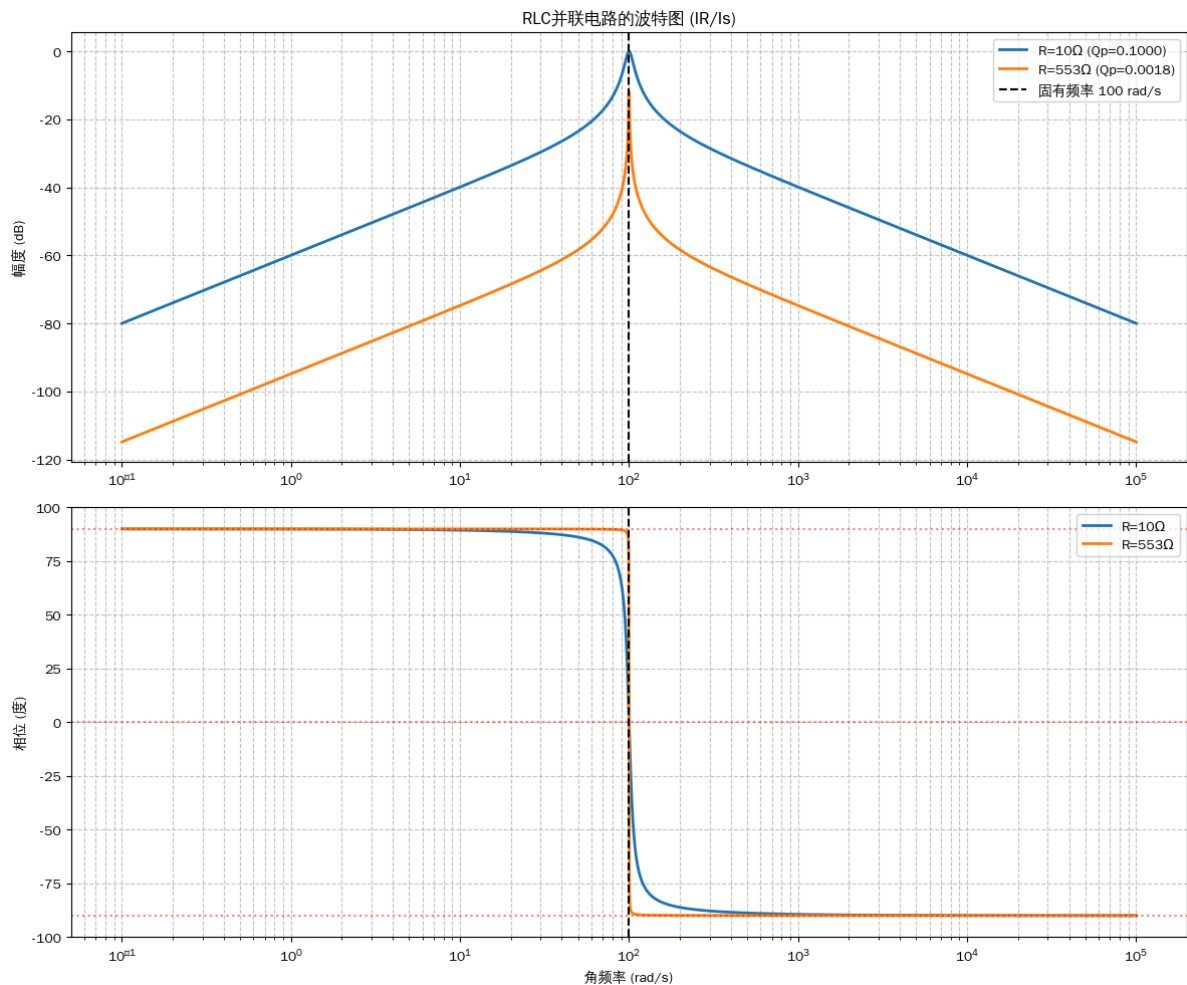
# 幅频响应图
plt.subplot(2, 1, 1)
plt.semilogx(w, 20 * np.log10(mag1), label=f'R={R1} $\Omega$  (Qp={Qp1:.4f})',
             linewidth=2)
plt.semilogx(w, 20 * np.log10(mag2), label=f'R={R2} $\Omega$  (Qp={Qp2:.4f})',
             linewidth=2)
plt.axvline(x=omega_n, color='k', linestyle='--', label=f'固有频率 {omega_n:.0f} rad/s')
plt.ylabel('幅度 (dB)')
plt.title('RLC并联电路的波特图 ( $IR/Is$ )')
```

```
plt.grid(True, which="both", linestyle='--', alpha=0.7)
plt.legend(loc='upper right')

# 相频响应图
plt.subplot(2, 1, 2)
plt.semilogx(w, phase1, label=f'R={R1} $\Omega$ ', linewidth=2)
plt.semilogx(w, phase2, label=f'R={R2} $\Omega$ ', linewidth=2)
plt.axvline(x=omega_n, color='k', linestyle='--')
plt.axhline(y=0, color='r', linestyle=':', alpha=0.5)
plt.axhline(y=-90, color='r', linestyle=':', alpha=0.5)
plt.axhline(y=90, color='r', linestyle=':', alpha=0.5)
plt.xlabel('角频率 (rad/s)')
plt.ylabel('相位 (度)')
plt.ylim(-100, 100)
plt.grid(True, which="both", linestyle='--', alpha=0.7)
plt.legend(loc='upper right')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

生成波特图



计算结果

自然频率：

$$\omega_n = 1/LC = 100\text{rad/s}$$

并联品质因数：

$$Q_p = R\sqrt{C/L}$$

。因为 $L = C$,都为0.01, 所以

$$Q_p = R$$

$$R = 10\ \Omega \rightarrow Q_p = 10$$

$$R = 553\ \Omega \rightarrow Q_p = 553$$

说明

共振频率 ω_n 与阻值 R 无关（由 L 和 C 决定）

Q_p 与 R 成正比（这里恰好等于 R ）， R 越大，谐振峰越尖锐（带宽越窄）。

图上可以明显看到 $R=553$ 时在 ω_n 附近峰值比 $R=10$ 更尖锐（ Q 更高）。

由于我们画的是 I_R / I_s ：低频时电感支路阻抗小（感抗小），电流更偏向流过电感或电容，导致 I_R 很小；经过谐振点附近会出现峰值（取决于 Q ），高频时电容导纳占主导， I_R 下降。

相位图显示从接近 $+90^\circ$ （低频）跳变到接近 -90° （高频），跨越在谐振频率附近。