

实验十:

二阶电路的响应

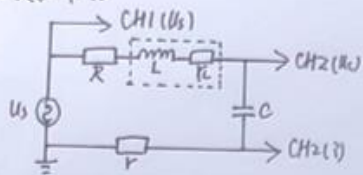
实验台编号: 8

一. 注意事项

1. 实验前应设计好电路参数
2. 采样电阻 r 应远小于回路阻抗.

$U_s = 5V$

二. 实验任务



$U_{spp} = 10V \quad f = 200Hz.$

波形图见实验报告.

一. 实验目的

1. 加深对RLC串联电路暂态响应形式与元件参数关系的了解。
2. 学习测量RLC串联电路的暂态轨迹。
3. 学习用示波器测量衰减振荡的角频率和阻尼系数。

二. 实验原理

1. 二阶电路及其暂态响应。对于RLC串联电路,其阻尼系数(衰减系数) $\alpha = \frac{R}{2L}$, 谐振角频率 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 则有:

- ① 当 $\alpha > \omega_0$ 时, 响应非振荡, 为过阻尼过程
- ② 当 $\alpha < \omega_0$ 时, 响应是振荡的, 为欠阻尼过程
- ③ 当 $\alpha = \omega_0$ 时, 响应介于振荡与非振荡之间, 为临界振荡过程
- ④ 当 $\alpha = 0$ 时, 响应为等幅振荡, 称无阻尼过程
- ⑤ 当 $\alpha < 0$ 时, 响应为发散的, 为无阻尼过程

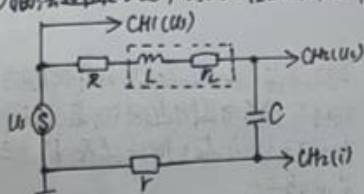
2. 衰减系数和振荡角频率的测量。

$$\begin{cases} u_C(t_1) = A e^{-\alpha t_1} = U_{Cm1} \\ u_C(t_2) = A e^{-\alpha t_2} = U_{Cm2} \end{cases} \quad \text{得} \quad \alpha = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{U_{Cm1}}{U_{Cm2}}$$

$$T_d = t_2 - t_1 = \frac{2\pi}{\omega_d}$$

三. 实验任务

- ① 如图连接RLC串联二阶电路, 改变R的值, 观察 u_s , u_C , i_L 波形使电路分别处于过阻尼和欠阻尼状态。
- ② 测量电路处于欠阻尼时振荡角频率 ω_d 和阻尼系数 α 。
- ③ 描绘过阻尼状态 u_s , u_C , i_L 波形及过阻尼、欠阻尼、状态轨迹。



四. 预习思考题

1. 二阶RLC串联电路的阻尼系数 α 和固有频率 ω_0 与激励源有无关系?

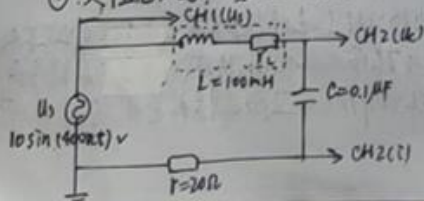
答: 从表达式看 $\alpha = \frac{R}{2L}$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 均与激励源 u_s 无关, α 与 ω_0 是电路固有参数, 与输入无关。

2. 若把上图中R和r调换, 该实验电路会不会发生等幅振荡? 为什么?

答: 不会, 由于电容存在电阻 r_C , 电压源 u_s 本身也存在内阻, 故 $R_{\Sigma} \neq 0$, $\alpha = \frac{R_{\Sigma}}{2L} > 0$, 不会发生等幅振荡。

五. 数据处理与分析

① 欠阻尼状态, $R_{\Sigma} = 200 \Omega$, $R = 0$ 。

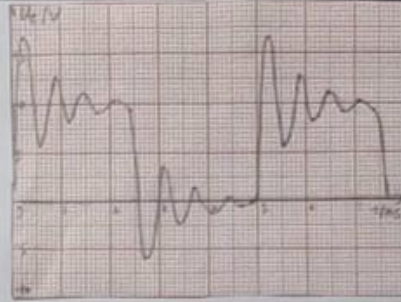


u_s 波形:



实验报告

U_C 波形:



i 波形:



测量电路处于欠阻尼状态下的振荡角频率 ω_d 和阻尼系数 α :

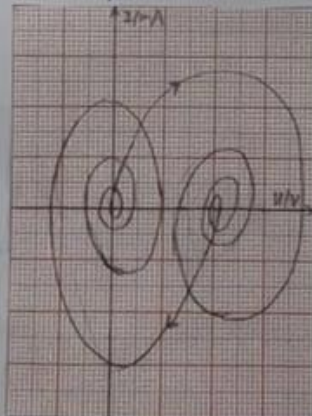
$$\text{由 } \omega_d = \frac{2\pi}{t_2 - t_1}, \quad \alpha = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{U_{Cm1}}{U_{Cm2}}$$

$$\text{得 } t_1 = 0.8 \text{ ms}, \quad t_2 = 2.8 \text{ ms}, \quad U_{Cm1} = 16.7 \text{ V}, \quad U_{Cm2} = 12.8 \text{ V}$$

$$\omega_d = \frac{2\pi}{t_2 - t_1} = 9239.9 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{U_{Cm1}}{U_{Cm2}} = 391.1$$

描绘欠阻尼状态下的状态轨迹:

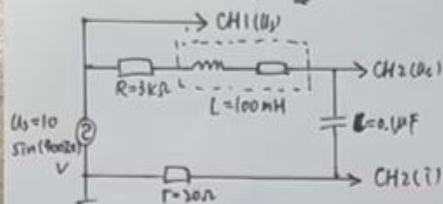


由相迹图可知, U_C 在充电的半周期内始终在稳态电压附近波动, 最后逐渐趋于稳定, i 在 0 附近振荡, 稳定后最终趋于 0.

由以上各图可看出, 当电路处于欠阻尼状态时, 各响应都是一个振荡性的过程. 这说明阻尼系数 α 小于临界阻尼系数 (谐振频率) ω_0 , 此时阻尼不足以阻止振荡越过平衡位置. 同时也看出振荡的振幅逐渐减小, 如果之后都不存在激励力, 响应最终会趋于零, 这则恢复平衡状态. 但响应时间也比临界阻尼和过阻尼情形更长, 是一个衰减振荡过程.

实验报告

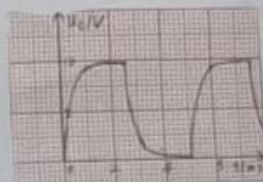
② 过阻尼状态, $R = 3k\Omega$.



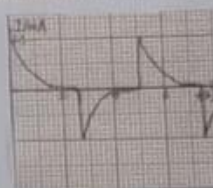
U_s 波形



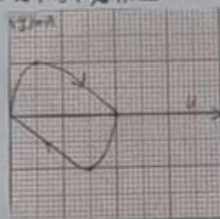
U_C 波形



I 波形



描绘过阻尼状态下的状态轨迹



由状态轨迹图可知 U_C 在充电半周期内逐渐增大, 在放电半周期内逐渐减小, 而电流 I 在充电半周期内先增大再减小, 在放电半周期内先反向增大, 再减小至零。

由以上各图可看出, 当电路处于过阻尼状态时, 响应是非振荡性的。此时系统阻尼系数 $\zeta > 1$ (临界阻尼系数 $\zeta = 1$)。阻尼系数大, 能够迅速消耗系统的振荡能量, 同时系统响应较为平缓, 没有突然的振幅变化或振荡周期性出现。

六. 实验结论

本次实验中, 我加深了对 RLC 串联电路暂态响应的形式与元件参数的了解。学习测量 RLC 串联电路的状态轨迹, 并用示波器测量了衰减振荡下的阻尼系数和阻尼系数。根据电路状态方程的列写, 可以用直观开环的方式表示出复杂的欠阻尼状态下的参数 (ζ, ω_d)。这使我对电路动态量的理解有了更深的认识。