

RLC 串联电路的暂态过程

雷逸鸣

1 电路的暂态过程

指的是在阶跃电压的作用下，RLC 串联电路由一个平衡态跳变到另一个平衡态。

2 RC 串联电路电流电压变化规律

在 RC 串联电路的暂态过程中，充电时电流*i*和电压 u_C 均按照指数规律增大，放电的时候按照指数规律减小。 u_R 可以跃变，因为 $u_R = iR$ ，而在 RC 电路中电流是可以跃变的； u_C 不能跃变，因为电容*C*是储能元件，电路中储存的能量是

$$\epsilon = \frac{1}{2}Cu_C^2$$

故在暂态过程中能量不能跃变。

3 RC 串联电路时间常量

时间常量为：

$$\tau = RC$$

在实验中通过测量在放电过程中 u_C 从*E*衰减到 0.368*E*所用的时间，这个时间即为 τ 值。

4 RL 串联电路电流电压变化规律

在 RL 串联电路的暂态过程中，电流*i*按照指数规律增大或消失， u_R 和 u_L 都是按照指数变化。电感上的电压可以跃变，但电阻上的电压不能。因为 $u_R = iR$ ，而在 RL 电路中电流是不可以跃变的。因为电感是储能元件，电路中储存的能量是

$$\epsilon = \frac{1}{2}Li^2$$

故在暂态过程中能量不能跃变，即电流不能跃变。

5 RLC 串联电路中 u_C 的变化规律

在 RLC 串联电路中， u_C 的变化规律分为三类：

1. $R^2 < \frac{4L}{C}$ ，即阻尼较小的情况： u_C 随时间按照阻尼振动，震动的幅度服从指数衰减；
2. $R^2 = \frac{4L}{C}$ ，即临界阻尼情况，此时 u_C 变为零的速率较过阻尼情况更快。
3. $R^2 > \frac{4L}{C}$ ，即过阻尼情况：此时 u_C 以缓慢的方式

逐渐变为零：

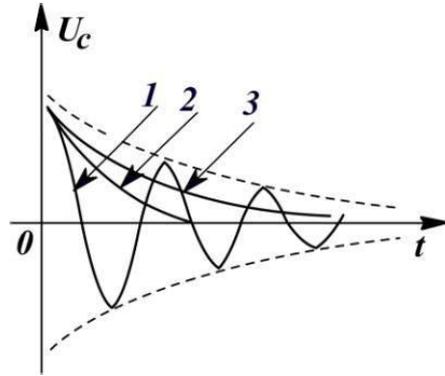


图 1 RLC 串联电路中 u_C 随*t*变化规律分情况讨论图

小阻尼的情况下，电压振幅衰减的很慢，震荡角频率：

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}} \approx \frac{1}{\sqrt{LC}} \left(1 - \frac{R^2C}{8L}\right)$$

与 LC 振荡电路角频率近似相等。故周期*T*：

$$T \approx 2\pi\sqrt{LC}$$

此时，可以直接记录 u_C 为零的时间，线性拟合得到周期。

对于振幅衰减时间常数的测量，可以通过测量各个峰值的高度和其对应的时间使用指数衰减进行拟合，得到衰减常数。即将 $-\ln u_C \sim t$ 的关系使用线性拟合，所得斜率即为 $\beta = \frac{1}{\tau}$ 。

6 实验电路

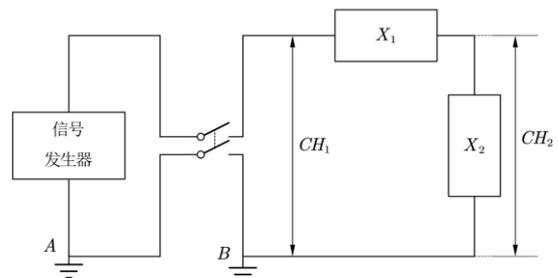


图 2 实验电路图

实验电路如图 2 所示，A、B 为电路的共地点。若在不改变其他电路的情况下让 CH_2 直接测量 X_1 ，则需要将 X_1 的一端接地，这样会使电路中部分元件被短路，装置将不能正常工作。

7 数字存储示波器

数字存储示波器是对输入信号先进行取样和数模转换，将输入的模拟型号转化为数字量并存储在存储器中，示波器内的微处理器则将存储器内的数字信号转换成可视波形，由于它的存储功能，数字存储示波器适合俘获和显示单脉冲信号。而普通的模拟示波器没有存储功能，只是实时地将输入信号放大显示，所以不能显示单脉冲信号。

在图 28-14 中，通道 1 显示的脉冲信号脉冲部分的持续时间大概是 1s，高低电平差值大概是 1.05V。右下角的 750mV 表示触发电平。