

Multisim在电路仿真实验教学中的应用

西安石油大学 陈 晨 马虎山 刘 健 刘 昕

【摘要】电路实验教学旨在将抽象的理论知识以具体的实验电路和直观的实验数据呈现在学生面前，是电子类专业教学中不可或缺的实践环节。以二阶微分电路的Multisim仿真分析为例，说明在电路实验教学中应用Multisim仿真可有效地进行电路特性的研究，并且可以使学生在脱离实验室的情况下，进行自主性学习，对电子电路等课程的教学起到极好的辅助作用，对电路实验教学的展开有着很大的意义。

【关键词】Multisim；电路实验；仿真

电路实验是高等教育电类专业教学中必不可少的环节，随着电子技术的高速发展，电子元器件更新速度很快，传统电路实验教学中仪器设备几经很难满足现代化的教学所需，仿真软件与实验教学的结合可以很好地解决这个问题^[1-2]。Multisim是美国NI（National Instruments）有限公司推出一款包含电路原理图搭建、电路特性分析等功能的仿真软件。利用Multisim强大的元器件库以及设计和仿真功能，可以构建出最稳定，最丰富的电路实验系统，因此对于一些设备老旧，元器件更新速度慢，设备损耗大的实验教学系统，Multisim电路仿真教学的引入可以弥补这些不足，同时还可以激发学生的自主学习、研究兴趣，提高创新意识^[3,4,5]。

1 Multisim的功能

(1) 器件的建模及仿真

可以建模及仿真器件：模拟器件（二极管，三极管，功率管等）；数字器件（74系列，COMS系列，PLD，CPLD等）；FPGA器件。能够在软件原有的基础上添加各类满足不同使用者要求的自定义器件。

(2) 电路的构建及仿真

拥有丰富的元器件库，可以快速实现单元电路、功能电路、单片机硬件电路的构建及相应软件调试的仿真。

(3) 系统的组成及仿真

它很适用于如‘信号与系统’、‘通信’、‘网络’等课程，适合能力一般的学生进行基础学习，也适合基础扎实的学生进行深入地创新性研究。

(4) 仪表仪器原理及制造仿真

可以任意制造出适用于自己的虚拟仪器、仪表，并在计算机仿真环境和实际环境中进行使用。

2 Multisim仿真的优点

结合Multisim10.0的功能可以看出它具有以下功能：不仅拥有丰富的元件库，用户还能根据自己的具体要求构建仪器；可以通过计算机输出各种虚拟信号作

为实际硬件电路的输入；所有硬件电路运行的结果都可以回送到计算机，进而对各类结果进行处理和分析。

3 二阶的零输入响应

当电路中含有两个动态元件时，建立的电路方程为二阶微分方程，用二阶微分方程描述的动态电路成为二阶电路。RLC串联电路时最简单的二阶电路之一，如图1所示。

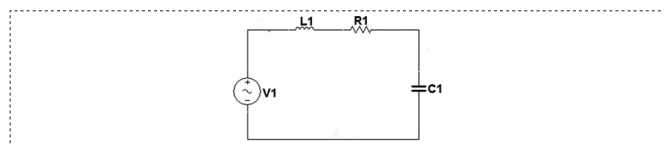


图1 RLC串联电路

分析二阶电路时，先选择适当的电路变量，一般选电容端电压 u_c 或流过电感的电流 i_L 作未知量，然后根据KCL、KVL、VCR列出电路的微分方程。

根据KCL、KVL及元件的VCR写出以 u_c 或 i_L 为变量的二阶微分方程：

$$LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + RC \frac{du_c}{dt} + u_c = s(t) \quad (1)$$

当 $s(t)=0$ 时，方程为齐次方程；当 $s(t) \neq 0$ 时，方程为非齐次方程。

由 $u_c(0^+) = u_c(0^-)$ 或 $i_L(0^+) = i_L(0^-)$ ，确定电路的初始状态：

$$u_c(0^+)、\frac{du_c}{dt}\bigg|_{t=0^+} \text{ 或 } i_L(0^+)、\frac{di_L}{dt}\bigg|_{t=0^+} \text{ 的值。}$$

求稳态分量 f_p ：即非齐次方程的特解，这是由电源的特性决定。当激励为恒定电源时，稳态分量也为常数；当激励为正弦量时，稳态分量也为同频率的正弦量。

求瞬态分量 f_h ：即齐次方程的通解。求解这类方程时，设 $u_c = Ae^{pt}$ ，可解出特征根：

$p = -R/2L \pm \sqrt{(R/2L)^2 - 1/LC}$ ，则电压可写成 $u_c = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}$ ，这就是RLC串联电路的零输入响应表达式。

由于R、L、C参数的不同，特征根 P 可能出现以下三种情况，如表1所示。

表1 不同参数下特征根 P 的值

序号	参数特性	特征根	电路状态
1	$R > 2\sqrt{L/C}$	$P_1、P_2$ 为两个不等的负实根	非振荡放电过程（过阻尼放电）
2	$R = 2\sqrt{L/C}$	$P_1、P_2$ 为两个相等的负实根	临界非振荡过程
3	$R < 2\sqrt{L/C}$	$P_1、P_2$ 为共轭复数	振荡放电过程（欠阻尼状态）

4 二阶RLC串联电路的仿真分析

(1) 二阶RLC仿真电路的构建

利用Multisim10.0分别搭建RLC串联电路中电容电压、电感电压测试电路和电流测试电路分别如图2所示,图2中示波器XSC1的通道A测试电容电压,通道B测试电感电压,示波器XSC2的通道A测试电流给定 $L=1\text{H}$, $C=1\text{F}$ 。

搭建电路时,在Multisim元件库中选择相应元件及测试仪器,构建测试电路,通过改变电阻 R 的取值,研究三种情况下的电路特性。

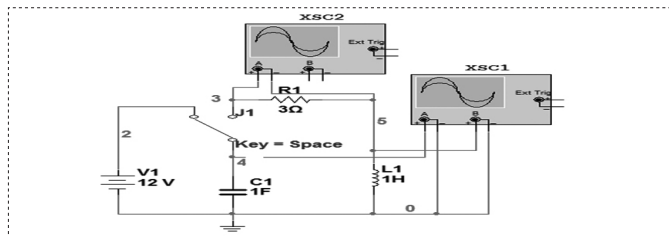


图2 RLC串联仿真电路

(2) 三种状态下电压和电流随时间变化的轨迹

①过阻尼状态

电阻 $R=3\Omega$, 满足 $R>2\sqrt{L/C}$ 。开始仿真, 利用记录仪观察示波器中波形轨迹, 非振荡放电过程中电容和电感电压 u_c 、 u_L 以及电流 i 随时间变化的曲线分别如图3、图4所示。

从图3、图4可以看出电路处于过阻尼放电过程时, $u_c \geq 0$, $i \geq 0$, 电容一直处于放电状态, 当 $t \rightarrow \infty$ 时放电结束, 在放电过程中电流由小到最大再逐渐趋于0, 电感电压在过零点之前, 电感吸收能量, 建立磁场, 经过零点时电感释放能量, 磁场逐渐衰减, 趋向消失。

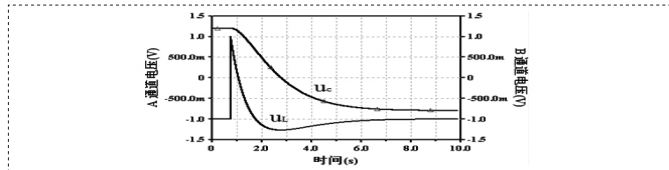


图3 过阻尼状态下电容、电感电压曲线

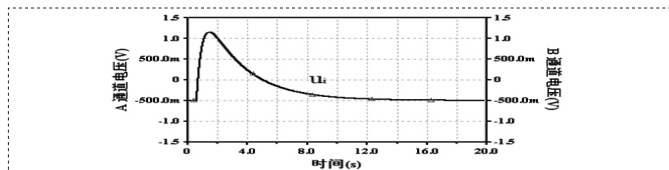


图4 过阻尼状态下的电流曲线

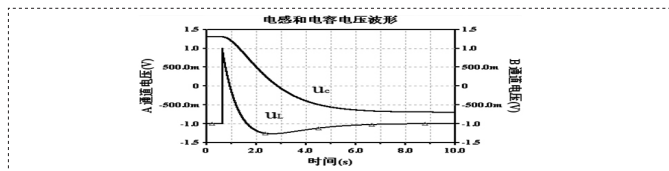


图5 临界阻尼状态下电容、电感电压曲线

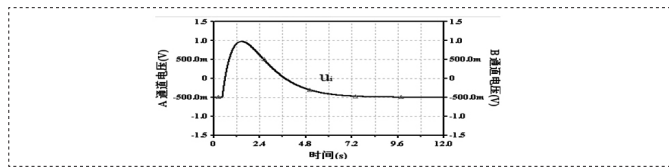


图6 临界阻尼状态下的电流曲线

②临界阻尼状态

电阻 $R=2\Omega$, 满足 $R=2\sqrt{L/C}$, 临界非振荡过程中电容和电

感电压 u_c 、 u_L 以及电流 i 随时间变化的曲线分别如图5、图6所示。

从图5、图6可以看出, u_c 、 u_L 以及 i 不作振荡变化, 具有非振荡的性质, 而且波形和非振荡非电过程的波形很相似, 但这种过程却是振荡与非振荡过程的分界线。

③欠阻尼状态

电阻 $R=1\Omega$, 满足 $R<2\sqrt{L/C}$, 振荡过程中电容和电感电压 u_c 、 u_L 以及电流 i 随时间变化的曲线分别如图7、图8所示。

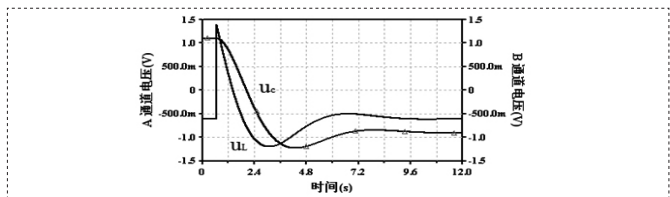


图7 欠阻尼状态下电容、电感电压曲线

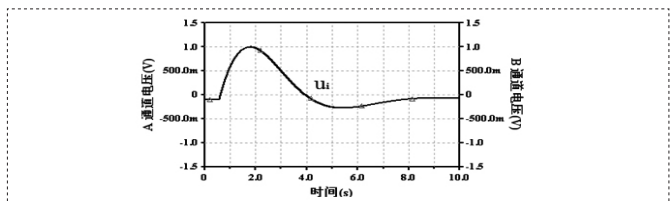


图8 欠阻尼状态下的电流曲线

从图7、图8分别可以看出, 电容电压、电感电压以及电流波形都呈现出振荡衰减的趋势, 且周期性的改变方向, 储能元件也周期性的交换能量。电路处于欠阻尼的衰减振荡过程。

4 总结

Multisim简单的操作界面、丰富的元器件库, 可以方便的搭建电路, 并且可以快速的对电路特性进行仿真分析, 尤其是对于刚接触电路的学生而言, 在仿真电路搭建的过程中, 元器件连接错误时, 电路会显示故障, 避免发生不必要的事故。

对学生进行Multisim使用教学, 让学生在课外也可以进行电路研究, 对课本外的内容进行拓展性学习。同时, 对于经费不充裕, 实验设备有限的教学单位, Multisim可以极大地解决教学资源不足的缺陷。

学生可以根据自身的能力, 设计适合自己的实验方案, 由浅及深, 逐渐巩固电路知识, 提高电路分析能力, 稳扎稳打以实现复杂电路进行设计、分析, 并不断创新。这可算是一个低成本高效率的教学辅助软件。

参考文献

- [1]李剑清.Multisim 在电路实验教学中的应用[J].浙江工业大学学报,2007(5):543-546.
- [2]雷跃,谭永红.用 Multisim10 提升电子技术实验教学水平[J].实验室研究与探索,2009(4):24-27.
- [3]杜先君.Multisim在电子设计实践课程教学中的应用[J].电子世界,2015(21):28-29.
- [4]王安娜,申燕,刘泽军,等.电路仿真设计软件Multisim在电路实验中的应用[J].实验技术与管理,2005,22(12):64-68.
- [5]颜芳,宋焱翼,谢礼堂,等.基于multisim的电路原理课程仿真实验设计[J].实验技术与管理,2013,30(5):59-62.

作者简介:

陈晨(1989—),女,陕西渭南人,西安石油大学电子工程学院助理工程师。