

正弦信号激励下 RL 电路暂态过程的 Multisim 仿真实验分析

王艳梅

(渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 正弦信号激励下的 RL 一阶电路, 正弦激励信号的初相位角和电路的阻抗角满足一定关系时其换路瞬间的暂态过程会出现过电流现象。由于硬件实验仪器的正弦信号发生器不能随意设置初相位角, 无法对这种过电流现象进行实验验证。基于探索 RL 一阶电路过电流现象仿真实验技术的目的, 用 Multisim14 软件对 RL 一阶电路的过电流现象进行了仿真实验验证, 并给出实验原理和方法, 结论是仿真实验可直观形象地描述暂态过程及过电流现象, 有利于系统地研究电路元件参数的选择。

关键词: 正弦激励信号; RL 电路; 暂态过程; 过电流; Multisim

中图分类号: TN702

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2017)09-0046-03

Multisim simulation experiment analysis of transient process of RL circuit under sinusoidal excitation

WANG Yan-mei

(College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121000, China)

Abstract: Sinusoidal excitation signal RL first order circuits, sinusoidal excitation circuit and the initial phase angle signal impedance angle satisfy certain relations, in transient circuit changing moment will appear over-current phenomenon. Since the hardware laboratory instruments sinusoidal signal generator can not arbitrarily set the initial phase angle, can not this over-current experimental verification. Objective To explore based on the first order RL over-current circuit simulation technology with Multisim14 software over-current RL first order circuits simulation experiments, and experiments are given principles and methods, concluded that the simulation can describe the visual image transient and over-current phenomenon is conducive to systematic study of the selection circuit element parameters.

Key words: sinusoidal excitation signal; RL circuit; transient process; over-current; Multisim

由电阻、电感构成的 RL 一阶电路, 在换路时由于储能元件中的能量不能突变, 电路的响应会出现暂态过程。正弦激励下的 RL 一阶电路, 正弦激励信号的初相角和电路的阻抗角满足一定关系时其换路瞬间的暂态过程会出现过电流现象^[1]。一些文献, 对这种过电流现象仅从理论上进行了分析而缺少实验验证, 原因是硬件实验仪器的正弦信号发生器不能随意设置初相位角, 用 Multisim 软件仿真可解决上述问题。

仿真实验的目的, 是给出正弦信号激励下 RL 一阶电路在换路瞬间的暂态过程中电感元件过电流现象的实验原理和方法。

以下分析用 Multisim14 版本, 所述方法亦适于其他版本。

1 RL 一阶 Multisim 仿真电路的构建及工作原理

在 Multisim14 软件^[2-5]中构建的正弦信号激励 RL 一阶仿真电路如图 1 所示。其中, $u_s(t)$ 为输入正

收稿日期: 2016-04-01 稿件编号: 201604004

基金项目: 辽宁省教育厅一般项目(L2015007)

作者简介: 王艳梅(1972—), 女, 辽宁锦州人, 副教授。研究方向: 计算机应用技术。

弦激励信号, XSC1 为双踪示波器, R 为电阻元件, L 为电感元件。 $u_L(t)$ 为电感两端电压, $u_R(t)$ 为电阻两端电压, 电感电流即 RL 串联回路的电流 $i_L(t)$ 为响应电流。

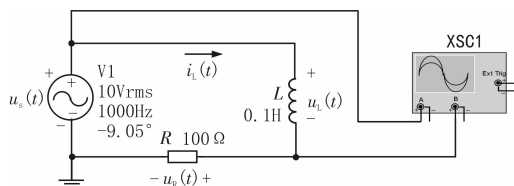


图1 RL一阶 Multisim 仿真测试电路

Multisim 仿真测试电路的构建关键点如下。

1) Multisim 仿真测试电路没有设置换路开关, 用 Multisim 仿真软件的仿真开始按钮 Run 或计算机键盘的 F5 按键替代换路开关, 按下 Run 按钮或 F5 按键电路开始工作, 相等于换路开关闭合。按下 Multisim 仿真软件的 Stop 按钮结束仿真。

2) 信号电压源的选择

产生最大过电流时对正弦激励信号的初相角有要求, 仿真实验电路中的信号电压源必须能设置初相角。

Multisim14 软件虚拟仪器库中的函数信号发生器, 输出产生正弦波时只能对工作频率、幅度和直流偏置等参数进行设置, 不能设置初相角。因此, 不能选用虚拟仪器库中的函数信号发生器。

Multisim14 软件的元器件库(元器件工具栏)中的电源/信号源库的信号电压源为虚拟器件, 可通过自身的属性对话框对其相关参数进行设置, 由 Voltage(RMS) 设置有效值、Frequency(F) 设置频率、Phase 设置初相角。

3) 电流量的测试

RL 一阶电路中电感元件中的电流量即 RL 串联回路的电流量是过电流现象的主要测试电量, 而显示仪器示波器只能显示和测量电压量, 不能显示和测量电流量。因此, 实验测试电流量 $i_L(t)$ 由暂态过程到稳态过程的变化情况只能通过电压量间接进行。RL 一阶电路中, 电阻 R 又是电流检测电阻, 其两端电压的波形与电感中电流的波形形状相同, 再用欧姆定律将电压量转换成电流量。考虑到示波器要求所测量的电压量必须是一端接地, 因此, 仿真实验测试电路中电阻 R 必须是一端接地。

4) 显示仪器的选择

仿真测试时, 需用波形显示的方式直观地反映

电路由暂态到稳态的变化过程, 需要同步显示的信号有输入正弦激励电压信号和电阻两端的电压, 因此选用 Multisim14 软件虚拟仪器库中的双踪示波器、四踪示波器(用其中的 2 路)均可。图 1 中, 双踪示波器 XSC1 用于观测正弦激励输入信号 $u_s(t)$ 、电阻两端电压 $u_R(t)$ 的波形。

2 正弦信号激励下 RL 一阶电路的完全响应及过电流现象

图 1 所示电路, 设正弦激励信号为

$$u_s(t) = U_{sm} \sin(\omega t + \phi) \quad (t \geq 0) \quad (1)$$

其中: U_{sm} 为输入正弦激励信号的最大值; ω 为角频率; ϕ 为接通电源时的初相角, 以按下仿真开始按钮 Run 或计算机键盘的 F5 按键作为 $t \geq 0$ 仿真开始的时刻为电路换路时刻。

以电感电流 $i_L(t)$ 为变量, 建立 $t \geq 0$ 开关闭合电路微分方程, 可求出在初始条件为 $i_L(0) = 0$ 的条件下, 由正弦稳态分量和暂态分量上相叠加的电路存在过电流现象的完全响应为^[1]

$$i_L(t) = I_{lm} \sin(\omega t + \phi - \theta) - I_{lm} \sin(\phi - \theta) e^{-\frac{R}{L}t} \quad (t \geq 0) \quad (2)$$

其中, I_{lm} 为 RL 一阶电路稳态时电感电流的最大值, θ 为 RL 一阶电路的阻抗角。

$$I_{lm} = \frac{U_{sm}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad (3)$$

$$\theta = \arctg \frac{\omega L}{R} \quad (4)$$

工程上认为, 暂态分量的持续时间为电路时间常数 $\frac{L}{R}$ 的 3~5 倍。

分析式(2), 显然接通电源换路时若初相角为

$$\phi = \begin{cases} \theta + \frac{\pi}{2} \\ \theta - \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (5)$$

电路的完全响应为

$$i_L(t) = I_{lm} \sin(\omega t \pm \frac{\pi}{2}) \mp I_{lm} e^{-\frac{R}{L}t} \quad (t \geq 0) \quad (6)$$

满足式(5)条件时, 在 $(3 \sim 5) \frac{L}{R}$ 时间内的暂态过程中指数规律衰减变化的暂态分量的幅值最大, 初相角 $\phi = \theta + \frac{\pi}{2}$ 时正弦稳态分量叠加在负向暂态分量上, 初相角 $\phi = \theta - \frac{\pi}{2}$ 时正弦稳态分量叠加在正向暂态

分量上。 $i_L(t)$ 的过电流瞬时值最大,为稳态时最大值的两倍。

3 正弦信号激励下 RL 一阶电路完全响应的 Multisim 仿真实验分析

图 1 所示仿真实验电路的参数选取及理论计算结果如下。

电阻: $R=100\ \Omega$ 。电感: $L=0.1\ \text{H}$ 。电路初始条件: $i_L(0)=0$ 。

正弦激励信号:最大值 $U_{\text{sm}}=10\sqrt{2}\ \text{V}$, 频率 $f=1000\text{Hz}$, 周期 $T=\frac{1}{f}=\frac{1}{1000}\ \text{s}=1\ \text{ms}$ 。

稳态时电感电流的最大值: $I_{\text{Im}}=\frac{U_{\text{sm}}}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}=$

$$\frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{100^2+(2\pi\times 1000\times 0.1)^2}}=0.022\ \text{A}$$

电路的时间常数: $\frac{L}{R}=\frac{0.1}{100}=0.001\ \text{s}=1\ \text{ms}$, $\frac{L}{R}=1\ \text{T}$ 。

RL 电路的暂态过程经历 $((3\sim 5)\frac{L}{R})=(3\sim 5)\times 1\ \text{ms}=3\sim 5\ \text{ms}$ 结束,对应输入信号变化 3~5 个周期。

电路的阻抗角: $\theta=\arctg\frac{\omega L}{R}=\arctg\frac{2\pi\times 1000\times 0.1}{100}\approx 80.95^\circ$

正弦激励信号的初相角为 $\phi=170.95^\circ$ 时,电路的完全响应为

$$i_L(t)=I_{\text{Im}}\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})-I_{\text{Im}}e^{-\frac{R}{L}t}=0.022[\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})-e^{-10^3t}]\text{A}$$

正弦激励信号的初相角为 $\phi=-9.05^\circ$ 时,电路的完全响应为

$$i_L(t)=I_{\text{Im}}\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})+I_{\text{Im}}e^{-\frac{R}{L}t}=0.022[\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})+e^{-10^3t}]\text{A}$$

分别以初相角分别为 $\phi=\theta+\frac{\pi}{2}=80.95^\circ+90^\circ=170.95^\circ$ 、 $\phi=\theta-\frac{\pi}{2}=80.95^\circ-90^\circ=-9.05^\circ$ 两种情况进行仿真测试。

$\phi=\theta+\frac{\pi}{2}=170.95^\circ$ 时 Multisim 仿真测试的波形如图 2 所示,

$\phi=\theta-\frac{\pi}{2}=-9.05^\circ$ 时 Multisim 仿真测试的波形如图 3 所示。图 2、图 3 中,由上至下依次为输入正弦激励信号 $u_s(t)$ 、电阻电压 $u_R(t)$ 的波形。

图 2、图 3 中表明,换路后暂态过程中电路产生

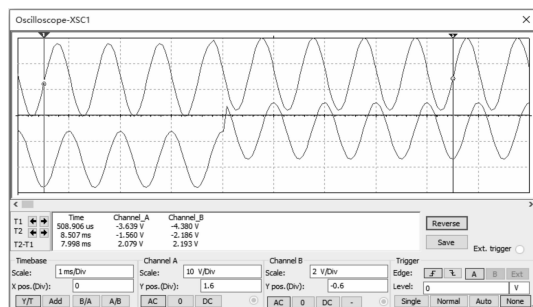


图 2 $\phi=\theta+\frac{\pi}{2}$ 时的仿真波形

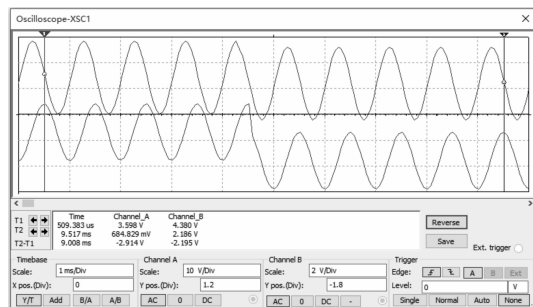


图 3 $\phi=\theta-\frac{\pi}{2}$ 时的仿真波形

了过电流现象,经过约 5 个输入信号变化周期暂态过程结束; $\phi=\theta+\frac{\pi}{2}=170.95^\circ$ 时正弦稳态分量叠加在负向暂态分量上, $\phi=\theta-\frac{\pi}{2}=-9.05^\circ$ 时,正弦稳态分量叠加在正向暂态分量上。

由游动标尺读取的实验数据是: $\phi=\theta+\frac{\pi}{2}=170.95^\circ$ 及 $\phi=\theta-\frac{\pi}{2}=-9.05^\circ$ 时,暂态过程电阻电压最大瞬时值为 4.380 V,稳态时电阻电压的最大值为 2.186 V。可计算出,暂态过程电感电流最大瞬时值为 $\frac{4.380}{100}=0.0438\ \text{A}$,稳态过程电感电流最大瞬时值为 $\frac{2.186}{100}=0.02186\ \text{A}$ 。暂态过程电感电流最大瞬时值为稳态过程电感电流最大瞬时值的 2 倍。

Multisim 仿真测试的结果与理论分析相一致。

4 结束语

文中的讨论,可以清楚地全面了解正弦信号激励下 RL 一阶电路的完全响应情况,以及接通电源换路后在暂态过程中正弦信号初相角 ϕ 与过电流现象的关系。

RL 一阶电路的过电流现象虽然时间很短暂,但在工程上却有着十分重要的意义,在实际工程中应引起足够的重视。

(下转第 53 页)

时,就可以调用与其相应的逻辑模块,可以模块化管理维护计算机软件程序,也可在未来有新需求时开放式拓展软件功能,发挥积极应用价值。

4 结 论

综上所述,本篇研究证实,基于逻辑语言设计计算机软件,应用 JAVA 逻辑语言进行物业管理计算机开放软件设计,能够提升软件开放性,确保计算机软件的耦合性增强,提升软件在应用过程中的维护性,发挥积极研究价值。

参考文献:

- [1] 朱晓瑞,陶先平,谢宏伟等.一种面向无线传感网应用重编程的逻辑式编程语言[J].软件学报,2014,25(2):326-340.
- [2] 曾彦燕. 计算机软件开发中逻辑语言的应用研究[J].科技风,2015(16):11.
- [3] 马战宝. 基于程序开发的计算机语言对比分析[J].东方教育,2014(9):12-16.
- [4] 任国英.计算机C语言编辑程序技巧探讨[J].赤峰学院学报:自然科学版,2012(1):45-46.
- [5] 曾爱林.基于逻辑语言的计算机软件开发[J].湖南科技学院学报,2014(10):86-87.

- [6] 李翔. 计算机软件开发技术的应用及未来展望[J]. 电脑知识与技术:学术交流,2013(6):1495-1496.
- [3] 张玉,余奇明.计算机语言的逻辑开发与软件开放设计应用[J].电脑编程技巧与维护,2014(12):28-29.
- [8] 徐立艳. 计算机语言的逻辑开发与软件开放设计应用研究[J].电脑编程技巧与维护,2015(24):41-42,61.
- [9] 朱南扬. 计算机软件开发的基础架构原理分析[J]. 电子技术与软件工程,2015(9):67.
- [10] 谢国珍,马晓星. C语言程序动态更新中的逻辑正确性[J]. 计算机工程与应用,2013:39-44.
- [11] 王浩. 加强计算机软件设计可维护性的措施探究[J]. 电子技术与软件工程,2014(8):80.
- [12] 潘振宇. 探讨计算机信息系统的网络管理和安全管理[J].科技风,2011,14(12):76-77.
- [13] 蔡昕.毕婧互网络信息安全防范浅议[J];信息与电脑(理论版),2010,21(14):56-57.
- [14] 耿际华.计算机C语言编辑程序技巧探讨[J].硅谷,2012(16):171-171,151.
- [15] 王莹.金融业计算机信息系统的安全隐患与防范[J].浙江金融,2012,7(18):41-42.

(上接第 48 页)

参考文献:

- [1] 李瀚荪.电路及磁路[M].北京:中央广播电视大学出版社,1994.
- [2] 腾香.RC电路正弦稳态特性的Multisim仿真分析[J].电子设计工程,2012,20(10):10-12.
- [3] 任骏原.74LS161异步置零法构成任意进制计数器的Multisim仿真[J].电子设计工程,2011,19(14):135-137.
- [4] 任骏原.用Multisim仿真软件分析触发器的状态变化过程[J].实验科学与技术,2011,9(1):53-56.
- [5] 任骏原.555单稳态触发器的触发特性分析[J].吉林大学学报:信息科学版,2013,31(2):170-172.
- [6] 任骏原.RC桥式正弦波振荡电路的输出幅值分析[J].电子设计工程,2013,21(14):107-108.
- [7] 腾香.大学物理实验中RC电路时间常数的Multisim仿真测试[J].电子设计工程,2012,20(5):100-102.
- [8] 腾香.RLC正弦交流电路电量的Multisim仿真测试[J].

- 渤海大学学报:自然科学版,2013,34(2):126-130.
- [9] 马敬敏.基本RS触发器工作状态的Multisim仿真[J].电子设计工程,2011,19(17):24-26.
- [10] 马敬敏.基本放大电路工作波形的Multisim仿真[J].电子设计工程,2014,22(3):133-135.
- [11] 马敬敏.非对称式多谐振荡器的Multisim仿真[J].电子设计工程,2014,22(9):11-12.
- [12] 马敬敏.CMOS传输门工作特性的Multisim分析[J].电子设计工程,2014,22(21):8-10.
- [13] 马敬敏.多路竞赛抢答器电路的仿真设计[J].电子设计工程,2015,23(6):20-23.
- [14] 马敬敏.基于74LS161的扭环形计数器自启动设计[J].吉林大学学报:信息科学版,2011,29(5):477-480.
- [15] 马敬敏.基于集成移位寄存器的扭环形计数器自启动设计[J].浙江大学学报:理学版,2013,40(1):47-50.