

基于 LabVIEW 的电源电动势及内阻的测定仿真实验设计

王文祥 成海英 王 帅

(上海电子信息职业技术学院公共基础学院, 上海 201411)

摘要: 基于 LabVIEW 进行创新探索研究, 设计开发了电源电动势及内阻测定仿真实验平台, 实现了电源电动势和内阻的测定、外电路输出功率的显示等功能。平台设计了可调内阻及电动势的电源、旋转滑动变阻器等可操作界面, 并加入操作故障报警灯及声音保护; 设计了实验数据自动记录、绘图、拟合等多功能一体的显示界面; 外电路输出功率动态变化的动态化界面。通过测试平台运行稳定, 可以实现基本的测量需求, 可以帮助学生避免在真实测量中因操作失误造仪器的损坏等问题, 在物理虚拟仿真实验以及创新教学中都具有重要的借鉴意义。

关键词: 电源电动势及内阻; LabVIEW; 创新教学; 虚拟仿真

在教学过程中应用电源电动势及内阻的测定实验进行仿真设计, 增加学生对电源知识的认识, 同时提高学生利用理论知识解决实际问题的能力以及创新能力, 培养学生的创新思维。电源电动势及内阻的测定实验已经有了多年的探索与研究, 包括实验仪器、实验方法、教学角度等。但已有的实验大都基于“实”的方面进行研究, 使用真实的电源、电学元件进行实验探索虽然更加真实, 但是由于电流表与电压表自身内阻的影响, 不同的连接方式会误差也会不同, 不利于学生的理解; 而虚拟实验在设计时可以更理想化, 与理论知识可以做到非常吻合, 易于理解。因此“实”的实验可以增加学生的体验和感受, 但理解方面需要“虚”的实验来进行过渡。虚拟实验在设计过程中可以实现从理想走向现实, 从简单走向复杂, 在设计时从不考虑电压表和电流表的内阻, 到逐渐增加内阻, 最后到接近真实的仿真, 以更加平滑的方式, 帮助学生在探索的过程中克难。

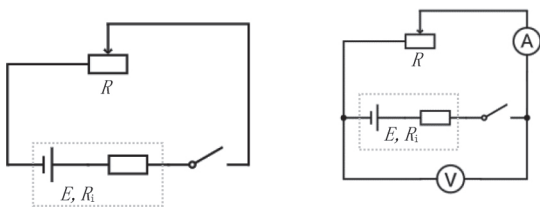
LabVIEW 是实验室虚拟仪器集成环境的简称, 是美国国家仪器公司的创新软件产品, 也是目前应用最广、发展最快、功能最强的图形化软件开发集成环境之一, 又称为 G 语言。LabVIEW 程序为框图形式, 具有清晰直观易于学习、功能强大、易于调试和维护等特点, 并且生成的独立可执行程序 (EXE) 可以共享在网络平台上, 有助于实现信息化教学, 目前已有诸多高校使用 LabVIEW 开发基础类实验项目, 但还未针对电源电动势和内阻测定实验进行开发。针对此项空缺, 利用 LabVIEW 编程创新性地设计了一套集电源电动势及内阻测定、外电路功率显示等功能一体的虚拟仿真实验系统。

一、实验原理

电源电动势及内阻的测定原理是全电路欧姆定律。图 1 (a) 是全电路图, R_i 可以视作电源内阻。将电路按照图 1 (b) 进行连接, 接入电流表和电压表图 1 (b), 根据串联电路特点, 可知

$$E = U_{外} + U_{内} \quad (1)$$

其中 E 为电源电动势, $U_{外}$ 为外电路电压, $U_{内}$ 为内电路电压。



(a) 全电路图 (b) 及电源电动势及内阻测定实验图

图 1

$U_{外} = IR$, $U_{内} = IRi$, 因此电压表示数为 $U_{外}$, 有:

$$U_{外} = E - IRi \quad (2)$$

通过测定并记录电流表和电压表读数 (如表 1), 进而利用公式 (2) 即可以得到电源电动势和内阻。

表 1 实验测量数据

次数 \ 相关量	1	2	3	4	5	6	7
I							
$U_{外}$							

在实际测量过程中由于电压表及电流表都存在内阻, 内阻在测量过程中会产生实验误差, 因此多采用电流表内接法或外接法来减小误差, 具体内接还是外接取决于电流表的阻值与电源内阻的大小关系。

二、基于 LabVIEW 的电源电动势及内阻仿真实验系统设计

在程序设计时, 设置电源电动势为 0-15V, 电源内阻在 0-30Ω 之间随机, 滑动变阻器为 50Ω/0.5kW, 为达到理想状态, 电压表及电流表内阻均未考虑, 为获取更精确读数, 在表盘旁边放置数字显示盘。

系统前面板设计及运行说明

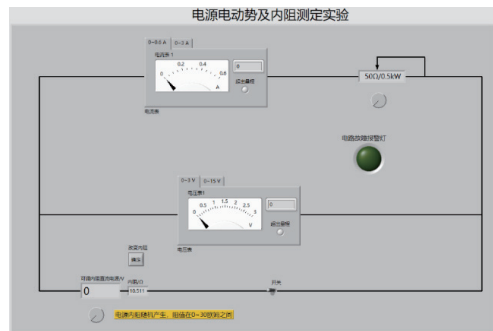


图 2 系统前面板 - 电源电动势及内阻测定实验

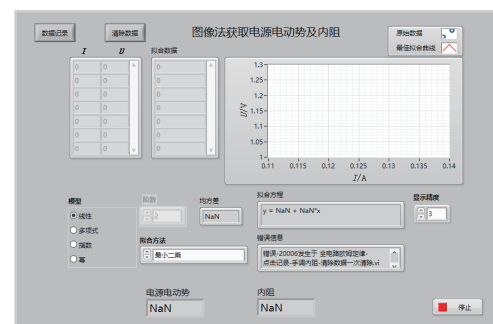


图 3 系统前面板 - 图像法获取电源电动势及内阻

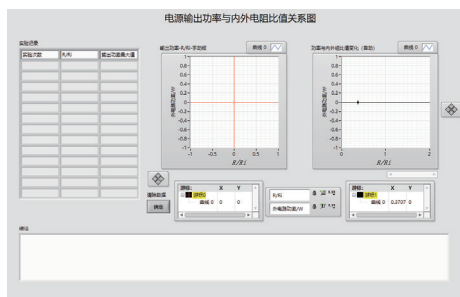


图4 系统前面板 - 电源输出功率与内外电阻比值关系

图2是系统前面板 - 电源电动势及内阻测定实验部分。主要包括可调内阻电源、内阻改变按钮、0-3A和0-0.6A可选量程电流表、0-3V和0-15V可选量程电压表，超出量程指示灯及故障报警灯。

图3是系统前面板 - 图像法获取电源电动势及内阻部分。主要包括数据记录、清除数据、拟合以及获取电源电动势及内阻等功能，其中模型可以选择线性、多项式、指数以及幂函数，通过选择合适的模型对图像进行拟合进而得到结果。

图4是系统前面板 - 电源输出功率与内外电阻比值关系探究部分。图中实验记录部分主要记录外电阻与内电阻比值 (R/R_i) 为何值时电源输出功率达到最大；中间图像显示区是“输出功率- R/R_i ”关系曲线手动显示；右边图像显示区是“输出功率- R/R_i ”关系曲线自动显示，是将外电阻等分为500份后电源输出功率与每一个 R/R_i 的对应结果，可以通过改变内阻或电源电动势实时了解电源的最大输出功率特点。在图像中插入游码，可以手动寻找最大电源输出功率。

实验过程：

(1) 图2中电源旋钮调至最小，滑动变阻器旋钮调至最大，打开电源开关，运行程序，此时电源内阻0-30之间随机出现一个值作为电源内阻。

(2) 调节电源电动势，注意观察故障报警灯是否报警，如果报警灯指示灯亮起并且出现报警声音，意味着电表超出量程，观察电表指示灯，将对应电表调至合适量程或调节滑动变阻器以及电源旋钮，确保指示灯熄灭，报警声音消失。

(3) 点击图3中“数据记录”按钮，记录此时的 U (纵坐标) 及 I 值 (横坐标)。固定电源电动势及内阻不变，调节滑动变阻器阻值，记录7组数据，通过选择“线性”模型和“最小二乘法”拟合方法得到拟合方程，根据公式(2)可知，拟合方程中截距即为电源电动势，斜率的绝对值即为电源内阻 (图7)，可以通过观察图中的均方差来判定拟合结果的偏差。

(4) 点击图5中的“清除数据”，更改电源电动势以及内阻，重复上述过程，检验实验的稳定性，完成电源电动势及内阻的测定及检验。

(5) 探究“电源输出功率- R/R_i ”关系，遍历滑动变阻器阻值，观察图6结果，移动游码找寻顶点位置，找出电源最大输出功率时的 R/R_i 值，并记录到表格中。

(6) 通过不断调整电源电动势及内阻，探索该结果的普遍性，将结论记录到表格中，总结结论。

根据公式(1)可以得到 $E=IR+IR_i$ ，公式变形有

$$I = \frac{E}{R+R_i} \quad (3)$$

在运行程序过程中，电流表的读数按照公式(3)运算得到，而电压表的读数则由公式 $U_{\text{外}}=IR$ 得到。

由于实验过程中完全不考虑电流表和电压表的内阻影响，在电表的计算公式中未再加入任何误差干扰，因此实验的结果均方差均为零，与理论分析过程完全一致。

为方便读者进一步理解本系统的设计思路，将设计的程序框图进行展示，如图7所示。程序框图分为三个部分，分别是电源电动势和内阻测定，数据拟合，电源输出功率计算，三个部分独立编程，只有物理量彼此联通。

为更好使用本系统做几点说明：

(1) 本系统在运行前需要确保前面板开关关闭，开关断开后，电路部分程序将会终止，其他两个板块程序可以运行，但闭合开关后没办法进行电路实验，需要终止整个程序，重新开始。

(2) 上述实验(5)中在手动调节滑动变阻器遍历整个阻值寻找最大电源输出功率过程中，由于采集数据的属性问题，在实验过程中可能会出现不平滑的现象，这主要是由于在操作过程中旋转过快，两个数据间隔较远，会直接连接，处理办法：只需点击图5中“清除数据”即可清除掉手动调节部分生成的图像，重新缓慢旋转滑动变阻器即可。

(3) 点击“改变内阻”按钮会更改电源内阻阻值，同时会清空图6中“手动”部分图像，手动调节滑动变阻器阻值后会重新生成图像。

三、结语

本文以LabVIEW为工具，开发了一套电源电动势及内阻测定的系统，实现了电源电动势及内阻测定以及电源输出功率特性研究的功能。学生通过使用本系统即可以直观的了解体会全电路欧姆定律在电源电动势及内阻测定方面的应用，也可以通过查看程序框图体验程序设计的思路，提升自己的创新能力，使用本系统在操作过程中，学生可以不断试错，不用担心仪器损坏，从而加深实验过程中易错点的认识。

本系统在设计过程中不考虑电压表及电流表的内阻影响，因此可以实现实验结果与理论分析完全吻合，可以帮助学生对实验原理的理解。本系统的程序设计彼此独立，所有参与者均可进行优化，在今后可以组织学生探索开发加入电流表和电压表内阻后对实验结果的影响，以及在此情况下如何更好地设计实验来减小误差，既可提升学生的创新思维能力，又课加深学生对于电学知识的认识和理解。

参考文献：

- [1] 何勇. “测量电源的电动势和内阻”的实验探究方法[J]. 物理教师, 2012, 33(9): 23.
- [2] 卢定山, 王志斌, 柴邵霞. “闭合电路欧姆定律”实验教学创新设计[J]. 物理教学探讨, 2021, 39(8): 55.
- [3] 陈艺灵. 从场的观点看待电路——“闭合电路欧姆定律”教学设计[J]. 物理通报, 2021(5): 86.
- [4] 李青, 王志红, 徐平川. 概念教学和规律教学相结合的闭合电路欧姆定律的实验设计[J]. 物理通报, 2021(10): 99.
- [5] 王黎阳. 利用传感器定量探究物理规律的教学案例研究[J]. 教育与装备研究, 2012(11): 73.
- [6] 毛琼, 王敏等. LabVIEW 2018 虚拟仪器程序设计[M]. 三河: 机械工业出版社, 2018年: 4.
- [7] 杨铁柱, 周帅, 潘峰. 基于LabVIEW的电表的改装与校准仿真实验系统开发[J]. 大学物理实验, 2021, 34(5): 98.
- [8] 杨铁柱, 赖晓磊, 张志强, 苏明, 孟书生, 潘峰. 基于LabVIEW的单臂、双臂电桥仿真实验系统开发[J]. 大学物理, 2017, 36(6): 36.