



可视化图形编程在新工科实验教学中的应用

徐 航, 印 月, 孙 曼, 朱英伟, 沈 烨

(四川大学 电气工程学院, 成都 610065)

摘要: 在新工科人才培养的新要求下, 工程实践教学改革的目标是培养更多卓越的工程创新型人才。实践设计是新型人才创新实践能力培养的重要载体, 为解决课堂知识侧重基本理论与创新思维人才培养之间的矛盾。四川大学电路实验室将基于 LABVIEW 可视化图形编程软件开发的具有信号分析、数据采集、数据处理、数据保存、数据图形化显示等功能的实验教学系统应用在本科电路实验教学当中。通过固纬 GDS-1000B、AFG-2225、科睿源 KA3010P 硬件平台以及 LABVIEW 软件, 对串联谐振以及单管放大电路的电压、频率以及波形数据进行采集和处理, 实现了谐振频率的自主分析和波形数据的有效存储。实验结果表明该系统性能稳定, 具有较高的测量精度, 并且可以应用到其他实验以及科研项目当中, 具有较好的移植性。

关键词: 新工科; 可视化编程; 自主分析; 串联谐振; 单管放大

中图分类号: TP391

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220562

Application of Visual Graphical Programming in the Teaching of New Engineering Experiments

XU Hang, YIN Yue, SUN Man, ZHU Yingwei, SHEN Ye

(College of Electrical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Under the new requirements of cultivating talents in new engineering disciplines, the objective of the reform of engineering practice teaching is to cultivate more outstanding engineering innovative talents. In order to solve the contradiction between classroom knowledge focusing on basic theory and the cultivation of innovative thinking talents, Sichuan University Circuit Laboratory has applied the experimental teaching system based on LABVIEW visual graphical programming software, which has the functions of signal analysis, data acquisition, data processing, data saving and data graphical display, etc. to the experimental teaching of undergraduate circuits. The GDS-1000B, AFG-2225 hardware platform and LABVIEW software are used to collect and process voltage, frequency and waveform data from series resonant and single-tube amplification circuits, enabling independent analysis of resonant frequencies and effective storage of waveform data. The experimental results show that the system is stable, has high measurement accuracy, and can be applied to other experiments and research projects with good portability.

Key words: new engineering; visual programming; autonomous analysis; series resonance; single tube amplification

高效的实验教学非常重要, 尤其是工科实验教学^[1-3]。按照英国高等教育质量保证局(Quality Assurance Agency, QAA)的定义, 培养生理学本科生的实验技能是其教育的一个重要组成部分^[4]。此外, 在代表数学和工程软件开发商 Math Works 进行的一项调查中, 学术界和雇主都认为, 缺乏实验经历是造成英国 STEM 毕业生技能差距的一个重要因素^[5]。据此英国布里斯托尔大学要求学生独立完成 1~2 个实验设计研究项目之后, 才能开

始毕业答辩论文的撰写^[6]。我国近些年也越来越注重实验教学, 四川大学电路电工实验室疫情期间不断开拓创新, 同时采用口袋实验室、虚拟实验平台、远程实物实验以及可视化图形技术等多种方式为全校工科院系学生开展各类高效的实验课程。

传统的实验设备在实验教学中暴露出各种弊端, 比如没有实验模拟、数据智能测量分析以及可视化界面等功能, 可视化图形编程极有可能解

收稿日期: 2022-09-12; 修回日期: 2023-06-20

基金项目: 四川大学第十期教改项目(SCU10093, SCU10284); 2022 年实验技术立项(SCU221043, SCU221040)。

作者简介: 徐航(1987-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事高温超导方面的研究。E-mail: xh_scuedu@163.com

决这些问题。近年来 LABVIEW 在多领域得到了迅猛的发展,如电力行业中的风机叶片状态监测系统^[7]、电厂回热系统设计^[8]、复合绝缘子自动清洗和监测系统^[9];机械行业中的输送机动态参数监控^[10]、液压缸监测设计^[11]、叉车动力测试系统^[12];航空航天行业中的航天器电源系统测试^[13]、无人机地面监测系统^[14]、飞机起落架收放系统^[15]。这些领域都大量采用 LABVIEW 控制,但至今可视化图形控制在新工科实验教学应用中还比较欠缺。因此,开发一个完整的具有先进性的可视化图形编程与传统实验设备相结合的智慧教学平台,与时俱进地对学生进行实验教学,以提高学生的动手和创新能力,是一个不可或缺的目标。

本文研究 LABVIEW 技术助力实验教学的可能性,并开发了一个完整的可视化实验控制平台,对谐振实验、单管放大以及功率因数提高等实验进行了多次测试,结果表明这种图形化控制软件结合传统仪器更加灵活、智能。同时将该系统在高温超导闭环线圈电流控制项目中进行了应用,首次成功将闭合超导线圈中的电流以非接触的方法,将控制精度提高到了 2‰以内,达到了国际领先水平。

1 实验平台总体设计框图

实验教学系统的人机界面和系统程序是基于 LABVIEW 图形化编程语言实现的。LABVIEW 在人机界面的创建上有巨大优势,利用其众多丰富的控件可以快速实现大多数场景的图形控制设计^[16]。实验室中的硬件平台包括固纬 GDS-1000B 数字示波器、AFG-2225 任意函数发生器、科睿源 KA3010P 电源以及 RLC 串联谐振电路,这个电路也可以替换为单管放大电路或者一阶时间常数测量电路。本文主要设计完成了两个模型,系统总体结构如图 1 所示。

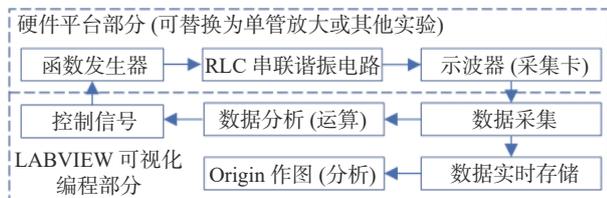


图 1 实验教学系统总体结构

该程序主要有 5 大功能:

1) 采集电路电压、频率以及波形等基本信息;

2) 对采集到的信息进行智能化处理,按照预先设定好的程序,从大量数据中找到核心数据;

3) 通过数据分析,得出或设置控制变量,使电路形成一个负反馈控制系统;

4) 将数据按照真实采集时间进行实时存储;

5) 将所采集的电压、频率等数据按照预设的格式实时存储在 excel 文件中,方便使用 origin 软件进行数据分析。

该实验系统形成了一个实时闭环控制系统,具有较强的交互性和扩展性,可以帮助学生通过自主编程,快速、准确测量出实验所需的大量数据。有助于学生在充分理解实验过程的基础上,加深对课程理论知识的理解,同时掌握相关仪器仪表的使用,最终提高学生的综合实践能力。

2 通过 LABVIEW 搭建完整的自动测试模型

2.1 实验平台在谐振实验中的应用

谐振实验在无线电技术、广播电视技术中有着广泛的应用^[17]。各种无线电装置、设备、测量仪器等都不缺少谐振电路。谐振电路的显著特点就是选择有用频率的同时滤除其他有害频率成分。当电路中电压和电流同相位时,这种情况称为串联谐振,此时的频率称为谐振频率:

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

式中: f_0 是谐振频率,单位 Hz; ω_0 是谐振角频率,单位 rad; L 为谐振电路的电感值,单位 mH; C 为谐振电路的电容值,单位 μF 。

当函数发生器输出信号的有效值保持不变,电流有效值随频率变化的特性曲线即称为 RLC 串联电路的幅频特性曲线。实验借助 LABVIEW 软件编程实时控制函数发生器信号有效值保持不变,频率在 0.1~9 Hz 之间以 0.01 Hz 的步长逐渐递增;同时控制 GDS-1000B 示波器实时读取采集到的波形有效值,并将所有实验数据自动存储在指定位置的 excel 文档中,并以时间戳自动命名。具体控制流程如图 2 所示。图 3 是谐振实验 LABVIEW 可视化程序界面,采集间隔时间 1 ms,程序可以在 18 min 内采集完 1900 个波形有效值以及对应的频率数据。最终利用 origin 画出幅频特性曲线,即可以求出准确的谐振频率以及截止频率。相较传统实物实验,学生需要重复多次同

样的步骤, 手动测量数据, 这种“LABVIEW+传统硬件电路”的实验模式可以让学生在有效预习、节省实验时间、深入理解实验过程和意义的同时, 得到更加准确的实验结果。

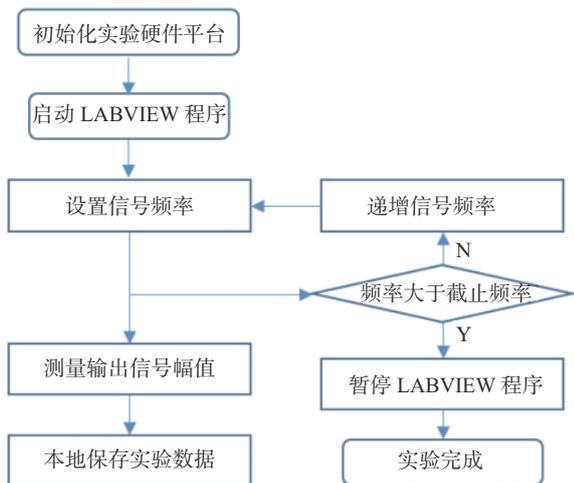


图 2 LABVIEW 实验数据采集流程图

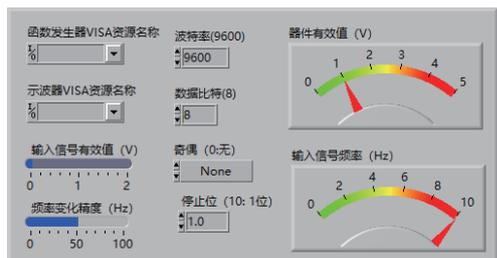


图 3 谐振实验 LABVIEW 检测程序前面板

数据采集完成后, 程序通过对不同频率值对应的电流有效值进行对比分析, 就可以得出电路的谐振频率并自动显示。利用 origin 软件分别对电阻、电感以及电容上的电压和频率数据进行作图, 可以绘制出 RLC 电路的谐振曲线, 如图 4 所示。图 5 是不同频率下电阻上的幅频特性曲线。

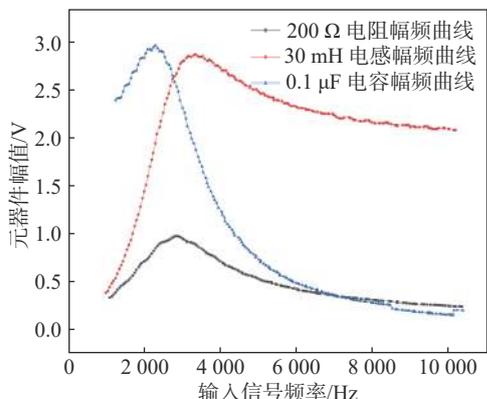


图 4 RLC 电路谐振曲线自动绘制

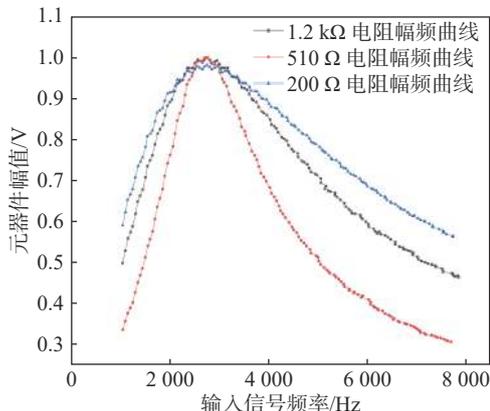


图 5 谐振电路电阻曲线自动绘制

2.2 平台在单管放大实验中的应用

同样的 LABVIEW 实验平台也可以应用在晶体管放大电路非线性失真综合实验当中。放大电路是“模拟电子技术”实验课程最基本、最重要的学习内容之一。通过调节 AFG-2225 任意波形发生器的信号幅值和基极电阻, 可以实现无失真放大、饱和失真、截止失真以及双向失真 4 种晶体管常见波形信号输出, 并直接三维作图输出, 方便学生对比观察分析。教学实践证明: 此实验较好地实现了晶体管放大电路非线性失真实验要求。对比常规实物实验, 学生可以将更多的实验时间用在数据的分析上, 而不是数据的重复测量。利用 LABVIEW 可视化实验平台可以很方便地测量出 4 种失真波形以及最大不失真波形, 波形如图 6 所示。

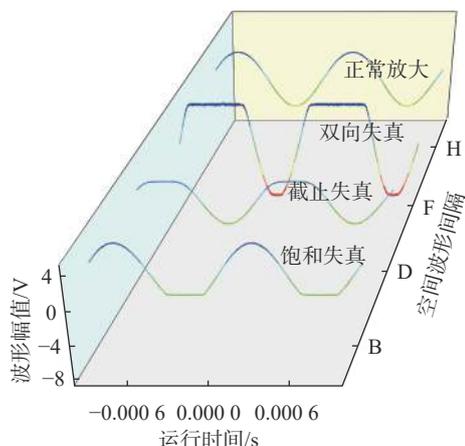


图 6 LABVIEW 自动测量放大波形

3 可视化实验平台意义

3.1 智能化测量分析实验数据

系统实现的功能可以根据不同的实验需求进

行定制,相比传统的硬件平台更加灵活、智能,并且可以快速测量出实验所需数据,同时对数据进行复杂智能处理。

在这种虚实结合的实验中,学生通过对理论知识的彻底理解,针对某个实验在较短时间内完成 LABVIEW 程序的搭建,可以通过十几分钟完成数千数据的测量与智能分析。相较传统实验,学生有更多的时间对实验过程进行升级改进,从而加深对理论知识的理解,老师也可以有针对性的解答学生的疑问。谐振实验的 LABVIEW 实物平台如图 7 所示。同时我们也在不断对平台进行改造升级,前期的半虚拟仿真平台由于实验硬件的原因只能用于实验课堂教学使用,通过进一步升级,硬件电路软件化,完成了全虚拟仿真平台的替换。现在实验平台不但可以作为实验预习使用,还可以作为理论课课堂演示使用,不受实验地点、实验仪器的限制。

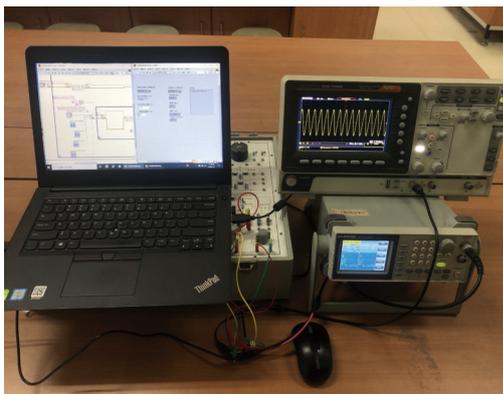


图 7 谐振实验的 LABVIEW 实物平台

3.2 可以基于此平台做远程“实物”实验

实验硬件平台包括固纬 GDS-1000B 数字示波器、AFG-2225 任意函数发生器、科睿源 KA3010P 可编程直流稳压电源、安捷伦的 34972A 采集卡以及浙江天煌公司的 KT 电路实验箱。LABVIEW 实验平台可以快速实现与实验室电源、函数发生器、示波器以及采集卡等硬件的数据交互,并且集成了数据采集、显示与智能分析模块,在此基础上学生可以快速完成简单实验数据的测量、存储和分析。实验室也基于 LABVIEW 程序完成了实验台的远程操作设计,疫情下,学生在家就可以完成实物实验的远程操作。这套“实验平台+实验报告评价系统”,基本可以让学生在家隔离期间顺利完成各种实物实验的远程操作以及网上实验报告的撰写,类似深圳市易星标技术有限公

司开发的远程硬件实物平台,相比前者,这种 LABVIEW 平台适用性更加广泛,也更加灵活,有更强的移植性。

3.3 可以应用到多学科教学和科研当中

该 LABVIEW 实验平台有以下功能:

1) 通过串行通信 VISA 口与实验室的仪器通信,实现上位机 LABVIEW 程序与实验设备之间的实时通信与数据读取和存储;

2) 对实验数据进行快速采集与定点存储,相比传统实验可以在较短时间内完成较大数据量的测量;

3) 对采集到的实验数据智能化处理,按照程序要求对数据进行处理并可视化显示,并对实验硬件进行闭环反馈控制;

4) 程序模拟硬件,用于实验预习以及理论课课堂演示。

基于以上功能,LABVIEW 程序可以很方便地应用到传统实验当中,也可以应用在科研项目当中,比如在没有反馈硬件的时候采用 LABVIEW 程序中的高级 DIP 控制对系统性能进行测试。2021 年,该实验平台成功应用到第二代高温超导发电机设计当中,将超导磁体闭合电流精度首次控制到 2% 以内^[18],如图 8 所示,进一步说明该系统的实用性以及可靠性。对比其他控制方法,本文提出的可视化图形编程在软件编程、硬件设计以及调试难度上都有很大的优势。

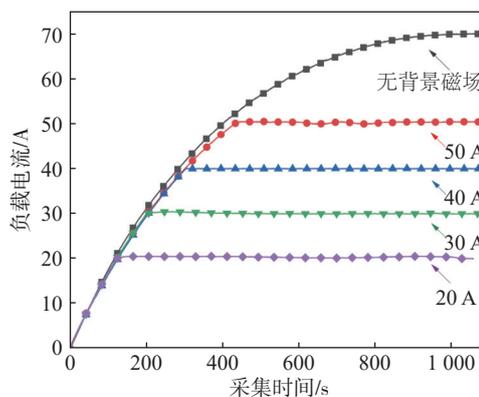


图 8 实验系统在超导电流精准控制中的应用^[18]

4 结束语

本文基于以往实验室的虚拟平台建设过程,结合一线实验员的经验,针对实验室硬件环境的不足以及疫情常态化的实验需求,设计了一套基于实验室现有硬件设备的 LABVIEW 实验平台。

该系统采用可视化虚拟仪器技术实现脉冲信号、直流电压、直流电流、数字示波器以及函数发生器等仪器数据的生成和输出,不仅实现了传统实验大量重复数据的快速测量分析和存储,并且有助于学生理解现代数据处理和传输原理,同时掌握 LABVIEW 软件的编程方法。随着虚拟仪器技术的进一步发展,此实验平台不但可以用于实验教学 and 科研,还可以用在理论课课堂演示当中,有很重要的实用价值。

参考文献

- [1] 蔡军,左俊伟,潘峰.基于LABVIEW的谐振式无线电能传输实验系统设计[J].实验技术与管理,2021,38(10):211-215.
- [2] 陈良兵,邓贞宙,王玉皞,等.基于LABVIEW的干涉仪测向实验教学系统设计[J].实验技术与管理,2020,37(3):143-146.
- [3] 李丞,卢燕飞,赖威,等.远程软件无线电开放实验平台设计与实践[J].实验技术与管理,2018,35(2):103-107.
- [4] DAVIES, DAWN, FRANCES M, et al. Developing experimental design and analysis skills in undergraduates[J]. Advances in Physiology Education, 2018, 42(4): 615-618.
- [5] BROWNEL L, SARA E, MATTHEW J, et al. Undergraduate biology lab courses: Comparing the impact of traditionally based “cookbook” and authentic research-based courses on student lab experiences[J]. Journal of College Science Teaching, 2012, 41(4): 36-45.
- [6] SEYMOUR E, ANNE-BARRIE H, TRACEE D, et al. Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study[J]. Science Education, 2004, 88(4): 493-534.
- [7] 朱香将,杜亚江,李宗刚,等.复合绝缘子自动清洗及检测系统设计[J].制造业自动化,2022,44(3):7-10.
- [8] 杨锋,王欣然,冯磊华,等.基于LABVIEW的电厂回热系统热经济性分析及故障诊断研究[J].科技风,2022(2):103-105.
- [9] 高峰,许琳.基于LABVIEW的风机叶片状态监测系统[J].电气技术与经济,2022(1):71-74.
- [10] 许敏影.基于LABVIEW的叉车动力单元总成测试系统设计[J].机械工程师,2021(7):14-16.
- [11] 曾飞,欧宏日,黄书伟,等.基于LABVIEW的带式输送机动态特性参数监测系统[J].仪表技术与传感器,2021(12):87-91.
- [12] 张建,李瑞川,杨俊茹,等.基于LABVIEW的液压缸检测试验台设计[J].内江科技,2021,42(10):25-27.
- [13] 吕伟,胡天翔,徐宇恒,等.基于LABVIEW的通用飞机电源系统的测试研究[J].现代计算机,2019(36):92-96.
- [14] 边海关.基于LABVIEW的小型无人机地面监控系统设计与应用[J].电子测试,2019(23):86-87.
- [15] 郭朋,陈勇,廖怡斐,等.MATLAB与LABVIEW的混合编程在飞机供电系统仿真中的应用[J].信息系统工程,2020(12):101-103.
- [16] 纪艺娟,高凤强,郭一品,等.基于LABVIEW和USRP的通信原理虚实结合实验平台设计[J].实验技术与管理,2019,36(3):155-158.
- [17] 叶吉丽.RLC串联电路的谐振特性探讨[J].第二课堂(J),2021(10):7-9.
- [18] XU H, WANG W, YANG C, et al. Control the output of an HTS dynamo with a DC background field[J]. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2022, 32(6): 1-5.

编辑 王燕