

基于 MATLAB GUI 的电力电子技术虚拟实验 仿真平台的设计与构建

宗哲英¹, 张旭¹, 郝永强², 王帅¹, 张春慧¹

(1. 内蒙古农业大学 机电工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 河海大学 能源与电气学院, 江苏 南京 210000)

摘要 电力电子技术课程具有实用性强、理论与实践并重的特点,为解决教学中理论与实践脱节的现象,该文利用 MATLAB 图形用户界面 GUIDE,设计了一种电力电子技术虚拟实验仿真平台。该平台包括登录界面、电路选择界面及仿真界面等,通过以上人机交互界面,实现对多种电力电子电路的仿真。实践表明,该平台可以对电路参数进行设置和修改,以图形化显示实验结果,直观反映参数改变对仿真结果的影响,且具有学生自主创建器件库的功能,可自主搭建电路并实现综合创新实验的仿真。

关键词 电力电子技术; 图形用户界面; 虚拟仿真平台; 人机交互界面

中图分类号 TP311 文献标志码 A doi: 10.3969/j.issn.1672-4550.2018.03.037

Design and Realization of Virtual Experimental Platform of Power Electronics Technology Based on MATLAB GUI

ZONG Zheyang¹, ZHANG Xu¹, HAO Yongqiang², WANG Shuai¹, and ZHANG Chunhui¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China;

2. College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210000, China)

Abstract The course of power electronics technology has the characteristics of strong practicability, equal importance on theory and practice. In this paper, a virtual experimental platform for power electronics technology is established in order to get better teaching effect. The platform based on MATLAB GUIDE (graphical user interface development environment) has three interactive interface, including login interface, circuit select interface and simulation interface. Through the above human-machine interaction interface, it can realize circuit simulation and parameter setting, display the results using graphics. Students not only can analyze the influence of parameter variation, but also create device library and circuit through the platform.

Key words power electronics technology; GUI; virtual simulation platform; interactive interface

电力电子技术^[1-3]是电气类专业重要的专业基础课程,该课程主要在介绍电力电子器件特性的基础上,研究如何实现对不同形式的电能进行变换和控制。该课程实用性很强,具有理论与实践并重的特点。由于电力电子器件具有非线性的特性,使得学生在学习过程中对电力电子电路的分析较为困难,需加重实践比重,以增强对相关问题的理解。但受实践教学学时要求和实验设备更新的限制,要在实验室完成所有实验项目并不现实,因此在教学实践中会出现理论与实践相脱

节的现象。因此,设计一个电力电子虚拟实验仿真平台,补充和完善该课程的实践教学环节,提高学习兴趣,改善教学效果,是必要且可行的^[4-10]。

要构建电力电子技术虚拟实验仿真平台,电力电子电路的计算机仿真方法是它的基础。美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件 MATLAB 是当今科研领域最常用的应用软件之一,它在提供强大的计算功能的同时,还大力发展了图形用户界面功能。GUI^[11-12](graphical user interface 图形用

收稿日期: 2017-04-14; 修改日期: 2017-05-22

基金项目: 内蒙古农业大学实验教学仪器设备研制与标本制作项目(JDSYSJS201302)。

作者简介: 宗哲英(1975-),男,硕士,副教授,主要从事电力电子与电力传动等方面的教学与科研。

通信作者: 张春慧(1979-),女,硕士,副教授,主要从事控制理论与控制工程等方面的教学与科研工作。Email: zhchunhui1979@126.com

户界面)是 MATLAB 的一个工具集,其图形化的界面极大的简化了设计过程中界面的布局操作,方便使用者执行交互式的任务。本文利用 MATLAB GUI,设计开发了一种包括登录界面、电路选择界面和仿真界面,可用于课堂教学演示、辅助实验教学的电力电子技术虚拟实验仿真平台。

1 虚拟实验平台总体设计

本文设计的电力电子虚拟实验仿真平台是在 MATLAB 的语言环境平台上开发的,在设计中采取从上到下层层递进分析的思路。首先确定整个实验系统的框架结构,然后将每个实验项目作为本结构框架下的子实验系统,最后确定统一的接口。在代码的实现上,通过编写所需功能模块的回调函数以达到预期的功能,之后对程序进行修改与调试。如图 1 所示,为 GUI 程序运行流程图。

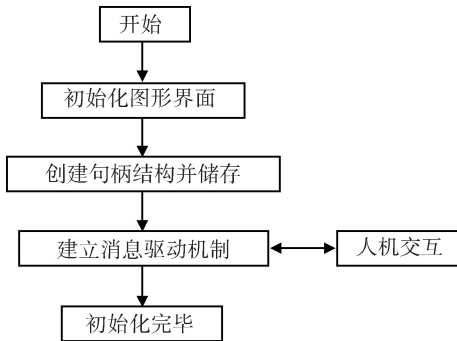


图 1 GUI 程序运行流程

该平台在满足电力电子技术课程理论和实验教学要求及课程设计、毕业设计要求的基础上,还可以辅助本科生自己进行综合实验设计。如图 2 所示,设计出的本文虚拟实验仿真平台的总体框架。

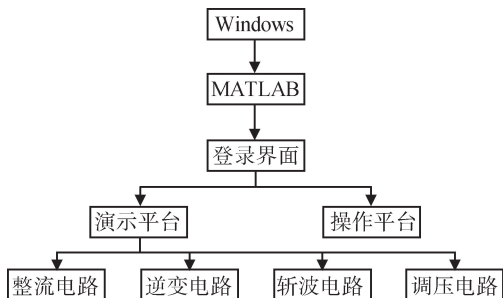


图 2 虚拟实验平台的总体框架

2 界面设计

2.1 登录界面设计

用户登录界面包括用户注册、修改密码、退出 3 个选项菜单,可完成老用户登录、新用户注

册、用户账号信息加密和修改密码等功能^[5],如图 3 所示。



图 3 登录界面窗口

为标明该虚拟实验系统的制作和版权单位,GUI 界面的左上角以内蒙古农业大学的校徽作为本平台的 LOGO。相应的 MATLAB 程序如下:

```

javaFrame = get(hObject, 'JavaFrame');
javaFrame.setFigureIcon(javax.swing.ImageIcon('icon1.jpg'));
  
```

2.2 实验电路界面设计。

1) 实验电路选择窗口的设计。

实验电路选择界面包括基本实验电路演示平台和综合创新实验操作平台两部分。基本实验电路演示平台包括整流电路、斩波电路、逆变电路和调压电路及其典型子电路系统,涵盖了电力电子技术课程的主要教学内容。此界面起过渡作用,以方便实验电路的选择,如图 4 所示。

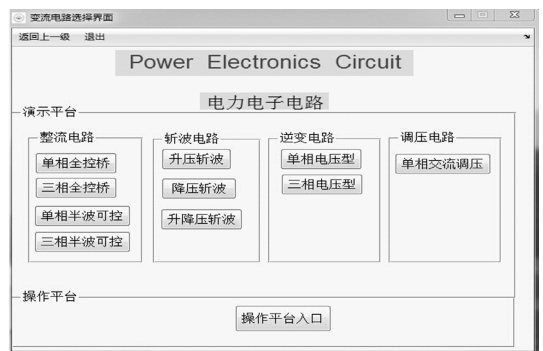


图 4 实验电路选择窗口

2) 演示平台功能简介。

基本实验电路演示平台界面里每个实验均包括实验目的、实验原理、实验电路的计算机仿真、实验结果波形显示及相关计算等。利用演示实验环节,可以快速、清晰地完成对电路工作过程模拟及分析,此部分是虚拟实验的主要内容。

3) 综合创新实验操作平台简介。

操作平台也是虚拟实验仿真系统的重要组成

之一，可满足学生自己动手设计电路的需求。操作平台需预先建立空白的 Simulink 设计界面、电力电子元器件库和常用的模块库。单击图 4 的“操作平台入口”按钮，会自动弹出自建的电力电子元器件库和空白的 Simulink 设计界面，如图 5 和图 6 所示。学生可根据需要自行设计实验并进行仿真研究。

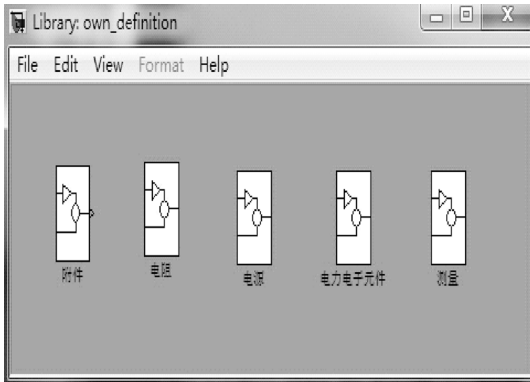


图 5 电力电子元件库

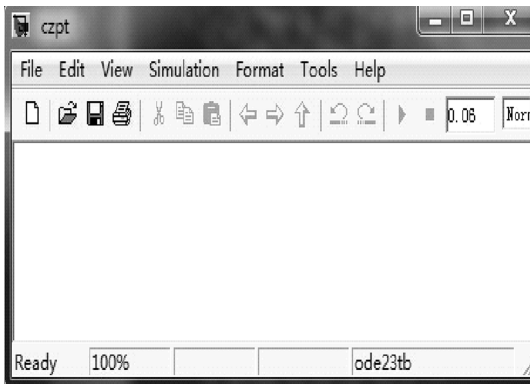


图 6 Simulink 设计界面

2.3 仿真电路界面

1) 仿真电路界面简介。

以单相交流调压电路为例进行介绍。

单击演示平台上调压电路的单相交流调压电路按钮，进入单相交流调压电路仿真平台，如图 7 所示。

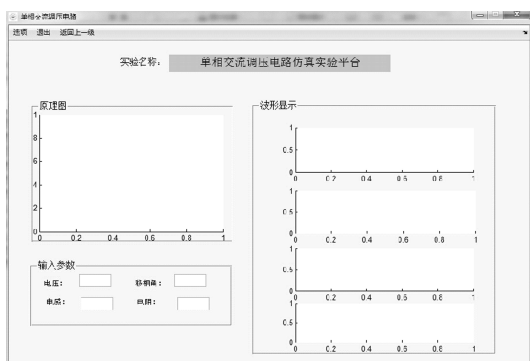


图 7 单相交流调压电路仿真平台界面

其中，左边电路原理区和输入参数区属控制部分，右边属显示部分。控制部分可实现将原理图通过选项菜单选择导入，并能够根据电路实际要求设置输入参数。显示部分可以显示电路的各相关波形。

2) 仿真电路界面功能的实现。

下面介绍界面主要功能的实现。

①电路原理区：单击选项菜单“原理图”即可显示电路原理图，分别由“imread”和“image”函数实现读取和显示电路原理图的功能。MATLAB 语言相关程序如下：

```
axes(handles.axes1);
I = imread('dxjlty.jpg');
image(I);
axis off
```

②电路参数设置区：电压、电阻、电感和移相角的传递，是由 get 函数读取 GUI 界面数值，利用参数同名传递到相应的 mdl 模型中。仿真时间的设置可通过打开“Simulink 模型”进行修改，利用 open_system() 打开相应的模型。此菜单功能除了可以修改仿真时间外，还可通过直接修改相关模块来搭建其他类似电路，并对其工作波形进行观测。

③波形显示区：GUI 界面参数通过函数 get 传递到单相交流调压电路 mdl 模型中，模型在后台进行仿真后的结果，会通过 sim、simset 函数和 plot 显示在 GUI 界面上。

④菜单区：选项菜单有电路原理图、实验原理、Simulink 模型、启动仿真及退出和返回上一级菜单，可通过菜单编辑器实现对选项菜单的编辑。

3 应用与测试

本虚拟实验平台提供了演示实验和操作实验两种实验类型，下面分别举例介绍两种实验的测试及实现。

3.1 演示实验

以单相交流调压电路为例，按 2.3 节所述操作步骤进入演示电路仿真平台，通过选项菜单导入电路原理图，根据要求在参数设置区对参数进行设置，即可在波形显示区观测到仿真波形，如图 8 所示，为触发角 $\alpha = 45^\circ$ 时的晶闸管电流、电压及负载电流、电压的波形。

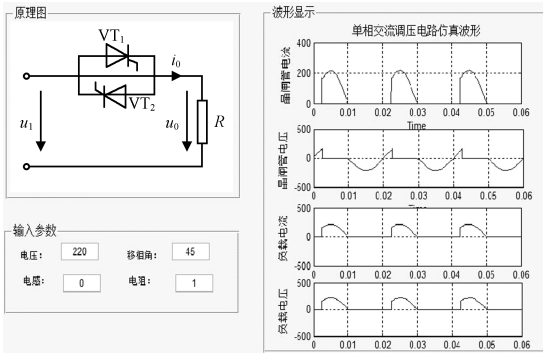


图 8 单相交流调压电路仿真波形

此外, 还可以通过“Simulink 模型”直接进入系统模型界面, 单击菜单选项下的“Simulink 模型”, 系统将在后台运行程序及模型, 也可实现此功能, 十分方便。电路及波形如图 9 所示, 与 GUI 界面的波形显示完全相同。

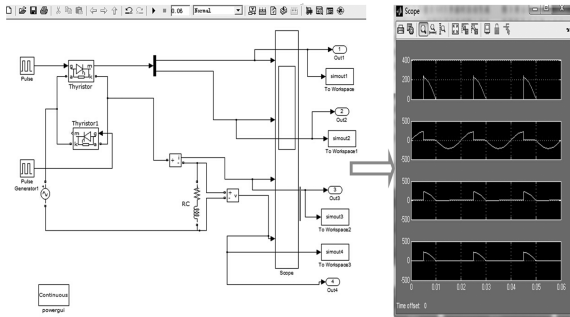


图 9 单相交流调压电路仿真模型与波形

3.2 操作实验

操作实验是学生自己搭建电路, 并可设置器件参数和属性的平台。该平台在演示实验的基础上, 为学生提供了打破原有实验的限制自己设计实验的机会。在设计和实验过程中, 可提高学生的动手能力, 培养学生思考问题及解决问题的能力。

1) 搭建电路图(以单相半波可控整流电路为例)。

①选取并拖放元器件: 搭建单相半波可控整流电路需要的基本元件交流电源 1 台、脉冲电源 1 台、晶闸管 1 个和电阻 1 个。

②器件间连线及相关参数设置如图 10 所示。

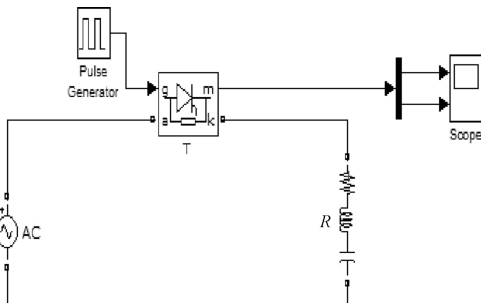


图 10 器件连线

③电路图搭建说明: 此处电路搭建类似于演示平台中的电路仿真搭建, 唯一不同之处在于参数的设置。操作实验下参数直接修改即可, 而演示实验中需要参数传递到 GUI 界面程序中, 与之相比, 操作平台更随意。

2) 电路仿真。

设置元件属性并仿真, 如图 11 所示, 为触发角 $\alpha = 0^\circ$ 时的仿真曲线。

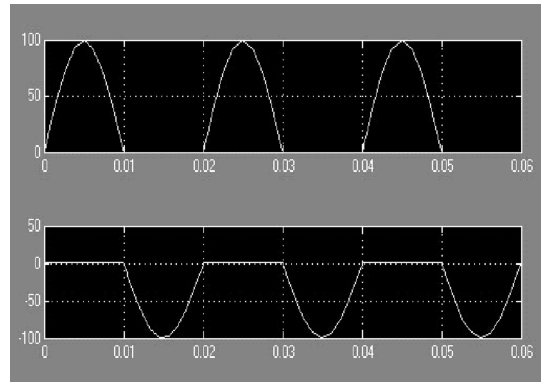


图 11 仿真结果

从仿真结果不难看出实验结果的正确性。通过此实验我们可观察到, 触发角发生改变时, 直流输出电压、负载电压波形均会发生相应的变化, 当触发角 $\alpha = 180^\circ$ 时, 平均电压为 0。

电力电子技术课程的理论计算比较繁琐, 利用上述虚拟系统进行仿真, 会准确、快速地获得工作波形, 直观、便捷, 节省了大量传统方法绘制工作波形的时间。利用该操作平台可对复杂的电路、电力电子变流系统进行建模仿真。

4 结束语

本文所述的电力电子虚拟实验仿真平台是对传统实验教学的一个必要、有益的补充, 既能节省教学的经济成本, 也使实验在时间、空间上得到有效的延长。在理论教学的课堂上, 利用虚拟实验平台进行实验验证, 既加深学生对课程内容的理解, 又能解决课程内容与传统实验脱节的问题。本实验平台的操作实验为学生提供了一个创新的平台, 充分调动学生主动性和创造性的同时, 又培养学生分析、设计和调试系统的能力。因此, 本虚拟实验平台具有通用性高、交互性能好、灵活性强的特点, 有较大的应用和推广价值。

(下转第 182 页)