

基于 Matlab/GUI 的电力电子虚拟仿真平台设计

王 盼, 孙世杰, 袁 雷, 郭常斌, 方仕航, 徐岸非

湖北工业大学电气与电子工程学院, 太阳能高效利用及储能运行控制湖北省重点实验室 湖北武汉

【摘要】文章基于 Matlab 软件, 将电力电子仿真实验作为研究对象, 有效结合 Simulink 搭建仿真模型和 App Designer 的 GUI 界面设计功能并实现了二者的联动和数据交互, 搭建了电力电子虚拟仿真平台。平台预设了整流、逆变、DC-DC 变换、AC-AC 变换、PWM 控制及多个典型应用电路在内共计 51 项仿真实验, 能够实现项目选择、参数调节、波形展示、实验说明、参考链接查阅等多种功能。所设计的平台使用方便, 只需调节实验电路参数并仿真, 便可完成波形输出与展示。通过仿真实例, 验证了平台的可靠性与便捷性。实验表明, 学生可以在该平台自主实验和重复性学习, 快速掌握电力电子课程的相关知识, 分析和研究参数设置对电路电压、电流等波形的影响, 进一步提升创新探索和解决复杂问题的能力。

【关键词】 Matlab APP Designer; 电力电子; 虚拟仿真; 数据交互

【基金项目】教育部协同育人项目 (202102449069); 湖北省新工科项目 (XGK02063); 湖北工业大学教学研究校级重点项目 (2024XZ17)

【收稿日期】2026 年 6 月 12 日

【出刊日期】2026 年 7 月 15 日

【DOI】10.12208/j.jer.20260041

Design of a power electronics virtual simulation platform based on Matlab/GUI

Pan Wang, Shijie Sun, Lei Yuan, Changbin Guo, Shihang Fang, Anfei Xu

Hubei University of Technology, School of Electrical and Electronic Engineering, Hubei Collaborative Innovation Center for High-efficiency Utilization of Solar Energy, Wuhan, Hubei

【Abstract】 Based on the MATLAB software, this paper takes power electronics simulation experiments as the research object. It effectively integrates Simulink for building simulation models and App Designer for GUI interface design, achieving interconnection and data interaction between the two. A power electronics virtual simulation platform has been constructed. The platform includes 51 predefined simulation experiments, covering rectification, inversion, DC-DC conversion, AC-AC conversion, PWM control, and multiple typical application circuits. It supports various functions such as project selection, parameter adjustment, waveform display, experimental instructions, and access to reference links. The designed platform is user-friendly and allows users to complete waveform output and visualization simply by adjusting circuit parameters and running simulations. Through simulation examples, the reliability and convenience of the platform are verified. Experiments demonstrate that students can conduct independent experiments and repetitive learning on this platform, enabling them to quickly master relevant knowledge in power electronics courses, analyze and study the influence of parameter settings on voltage and current waveforms, and further enhance their abilities in innovative exploration and solving complex problems.

【Keywords】 Matlab APP Designer; Power electronics; Virtual simulation; Data interaction

电力电子技术作为电气工程及其自动化专业的一门核心基础课^[1], 现已被广泛地应用于光电通信、电动汽车等多重领域。通常电力电子技术课程的理论讲解要与实践环节相互配合, 传统实验教学模式受限于实

体硬件平台, 使用不便、系统调试容错性低、安全性难以保证等问题, 导致教学投入产出比失衡, 难以适应当前课程教学的需求^[2]。如何能在有限的课堂时间内高效展示电力电子电路仿真结果, 让学生更好地理解电路

第一作者简介: 王盼 (1987-) 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为功率变换器、新能源发电技术、电能质量控制以及新型配电网技术等相关研究。

原理和基础知识,培养学生的自主学习、创新探索和动手实践能力,是目前教育工作者需要解决的一个实际问题^[3]。

作为提高教学效率和改善教学质量的一种手段,本文设计的电力电子虚拟仿真平台,将复杂的电力电子实验虚拟可视化,不仅安全高效,还能补充完善该课程的实践教学环节^[4]。因其具有可指导实验操作、提高学生动手实践能力和学习兴趣等优势^[5],在电力电子教学应用中日趋广泛。

Matlab 是一种功能强大的工程仿真软件,在虚拟仿真平台设计方面具有重要的实践意义^[6]。借助 Matlab 软件,可以快速构建动态系统仿真模型^[7],进行实时仿真和优化;其交互式开发环境 APP Designer 可通过拖拽式界面设计器快速布局控件并设置属性;自动生成结构清晰的代码框架,并通过 app 对象封装数据和回调函数,实现安全的数据共享^[8]。能够显著提升开发效率、代码可维护性,并简化了复杂界面的构建流程。

本文以 Matlab 软件为基础,旨在为电力电子仿真

实验设计出离线虚拟仿真的实验平台。该实验平台依托 APP Designer 形象的 GUI(Graphical User Interface)界面设计及 Simulink 强大的数字仿真功能,可以完成实验项目选择、参数设置、虚拟仿真展示和说明指导资料查看等功能,满足验证性、设计性、创新性等不同层次实验的要求,为用户在线仿真和教师教学提供便利。

1 虚拟仿真平台设计思路

虚拟仿真平台在设计时以 Matlab Simulink 和 APP Designer 的功能为基础,Simulink 主要提供各实验内容所需要的仿真模型,APP Designer 用于设计虚拟仿真系统的整体功能、各层级界面以及子层级功能^[9]。该虚拟仿真平台由电力电子实验项目群 Simulink 仿真、APP 平台 GUI 界面设计以及 Simulink 和 APP 之间的数据交互三部分组成。在开始主体内容设计之前,需要先把握平台的功能设计并完成界面的布局草图,再根据平台功能和布局草图分别进行仿真模型搭建和界面设计,最终实现二者的数据交互。虚拟仿真平台设计流程和整体结构框图如图 1 和图 2 所示。

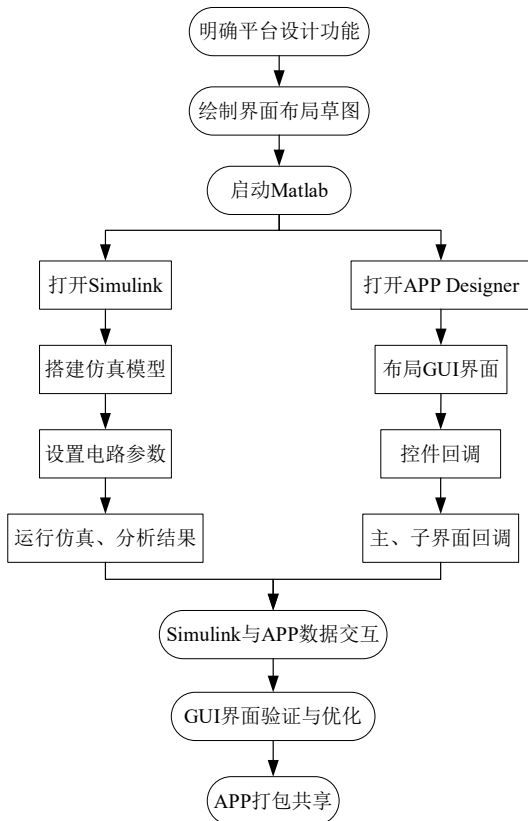


图 1 虚拟仿真平台设计流程

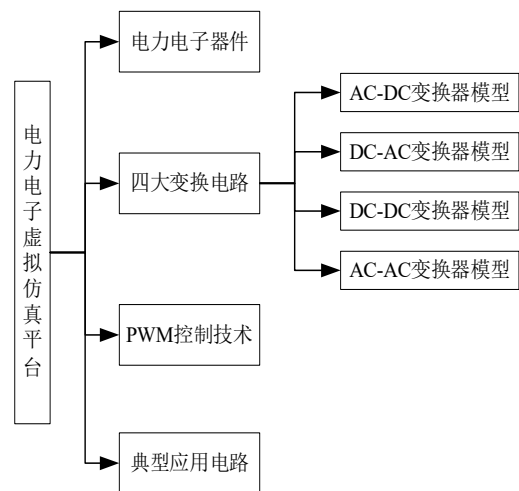


图 2 虚拟仿真平台整体结构框图

为满足电力电子虚拟仿真实验的要求,本文设计的电力电子虚拟仿真平台包含多种功能。第一是实验

项目选择,本平台设计了多个辅助导航界面帮助用户正确进入实验主界面。第二是电路参数设置及仿真结

果展示, 用户可根据自身实验需要配置电路参数并实时查看仿真波形。第三是实验说明和资料链接, 通过主界面中的说明区, 用户可查看 Simulink 仿真模型、电路基本原理讲解视频链接以及参考文献等资料。

1.1 电力电子实验项目群 Simulink 仿真

本平台中所包含的电力电子实验项目群由电力电子器件分析、四大基本变换电路、PWM (Pulse Width Modulation) 控制技术和典型应用电路四部分组成, 其中四大变换电路又包含 AC-DC 变换、DC-AC 变换、DC-DC 变换、AC-AC 变换四部分^[10]。图 2 所示为虚拟仿真平台整体结构框图。根据每个电路实验项目的工作原理以及特性共设计出单相桥式整流电路、三相电压型逆变电路、Buck 电路、交流调压电路、SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation) 控制电路等五十余个电力电子 Simulink 仿真项目, 其中不仅包含基本电路拓扑的仿真, 而且搭建了光伏、风电等典型实际应用电路的仿真, 可以帮助用户更好地理解电路原理, 增强实践能力。

1.2 APP 平台 GUI 界面设计

在 Matlab 中搭建 GUI 界面主要有三种方式: 第一是利用 GUIDE 创建 GUI^[11]。允许用户通过拖放组件 (如按钮、文本框、坐标轴等) 来设计 GUI 界面, 保存 GUI 后, GUIDE 会自动生成 .fig 和 .m 两个文件, .fig 文件用来存储界面布局, .m 文件用来编写回调函数和逻辑代码^[12], 运行 .m 文件可运行 GUI 界面。该方法虽然可以快速开发, 但其灵活性差、代码可读性差。第二是通过编写 Matlab 代码, 使用 UI figure、UI control 等函数创建 GUI 界面, 该方法灵活性高, 代码清晰, 支持动态更新, 但是学习难度大, 不易上手。第三是使用 Matlab 中的 APP Designer 进行 GUI 界面设计^[13], 该方法结合了 GUIDE 的可视化设计和手动编写代码的灵活性, 代码与界面分离, 对于初学者可以快速入门。本文设计的平台主要采用第三种方法进行 APP 设计。

1.3 Simulink 和 APP 之间的数据交互

实验项目的 Simulink 仿真模型和 GUI 界面设计完成后, 通过 Simulink 中的“To Workspace”模块将仿真结果传输到工作区^[14], 再由 APP Designer 编写回调函数调取工作区的仿真数据进行绘图展示。在 Simulink 搭建仿真模型时, 需要拖动“To Workspace”模块并将其与需要的仿真输出结果连接, 此时仿真数据会传输至 Matlab 工作区。在编写回调函数时, 需要先为电路参数变量赋值, 赋值结束后利用“Assignin”函数将赋值后的数据传输至 Simulink 仿真模型中, 运行仿真后 APP

会根据工作区的仿真数据借助“Plot”函数将其绘制出来, 实现 Simulink 与 APP 之间的数据交互。

2 虚拟仿真平台的实现

根据平台设计思路与实现功能, 虚拟仿真平台主要由初始界面、导航界面、实验项目主界面和说明区界面等部分构成, 这些图形化用户界面可以帮助用户完成实验项目的选择、实验电路参数修改、仿真波形展示以及查看实验说明等功能。

2.1 初始界面设计

初始界面主要包含“介绍”, “进入仿真系统”和“退出系统”三个按钮, 分别实现虚拟仿真平台的简介、进入仿真实验项目主界面和退出 APP 功能, 如图 3 所示。其中, “退出系统”按钮点击后会弹出确认框, 再次询问用户是否退出系统。具体代码实现如下所示:

```
choice=questdlg("请问您要退出系统吗? ","关闭
","Yes","No","No");
switch choice
case "Yes"
delete(app.UIFigure);
return;
case "No"
return;
end
```



图 3 平台初始界面设计

为标明该虚拟仿真平台的制作和版权单位^[6], GUI 界面的主题背景采用湖北工业大学图书馆, 在其中央放置湖北工业大学校徽作为本平台的 LOGO, 并在其下方标明“湖北工业大学电气与电子工程学院”, 具体利用“图像”控件来实现。在界面右下角插入文本框并填入“电力电子虚拟仿真系统”文字, 注明该系统主要

用于电力电子仿真实现。

2.2 导航界面设计

本平台的导航界面主要分为两类, 一类是主导航界面, 另一类是辅助导航界面。虽然二者界面设计有所区别, 但是其引导打开具体仿真实验项目的功能一致。

(1) 主导航界面

导航界面主要起到引导作用, 如图 4 所示。



图 4 主导航界面设计

根据所有仿真实验项目的工作原理将其分为七大类, 分别对应图中“电力电子器件”, “AC-DC 变换模型”, “DC-AC 变换模型”, “DC-DC 变换模型”, “AC-AC 变换模型”, “PWM 控制电路模型”, “典型应用电路模型”七个按钮。通过点击不同按钮即可进入相对应的辅助导航界面。



图 5 AC-DC 变换模型辅助导航界面设计

(2) 辅助导航界面

根据上文所述, 一共存在七个辅助导航界面, 本文以“AC-DC 变换模型”辅助界面为例展开介绍, 其 GUI 界面如图 5 所示。该辅助界面中一共包含 12 个仿真实验项目, 均是整流电路中重要的电路仿真实验项目, 根据电路的不同特点将 12 个电路分为三类, 分别是“单相整流电路”, “三相整流电路”和“其他整流电路”, 对应三个选择区域。对于前两个部分, 不同之处在于输入信号相数, 而在“其他整流电路”中, 各个仿真实验项目都具有自身特点, 如二重化整流电路、双反星形可控整流电路、有源逆变工作的整流电路等。

2.3 实验电路主界面设计

(1) 实验电路主界面简介

以升降压斩波电路为例进行介绍, 如图 6 所示。

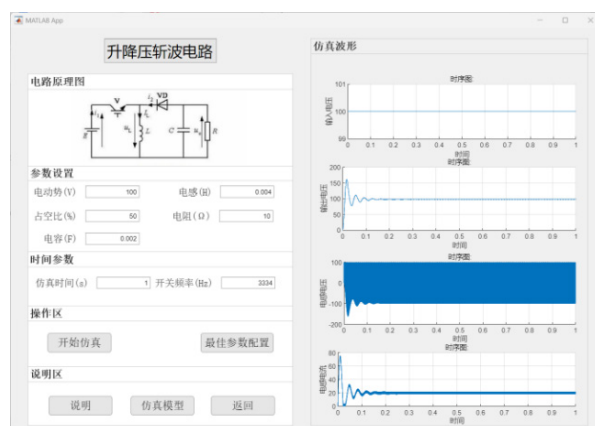


图 6 升降压斩波电路界面设计

实验电路主界面布局主要分左右两部分, 主要包括电路拓扑结构区、参数设置区、操作区、说明区和波形展示区五大部分, 通过点击操作区的按钮可以实现电路仿真和波形展示功能; 在参数设置区, 用户可以任意更改电路参数进行仿真实验; 通过说明区可以研究本实验项目的参考资料信息。为保持 APP 设计一致性, 每个实验项目的界面设计风格和布局均保持如下形式。

实验电路主界面功能实现

①电路参数设置区: 直流电压、电容、电感、电阻、占空比和仿真时间等参数的传递, 主要依靠 Assignin 函数来实现, 利用参数同名将参数的具体数值传递到相应的 Simulink 仿真模型中。电路参数的修改可直接在 GUI 界面中的相应位置进行修改, 数据会及时传递至 Simulink 仿真模型中。

②波形展示区: GUI 界面参数通过 Assignin 函数传递到升压斩波电路的 Simulink 模型中, 仿真运行结

束后, 利用 Simulink 中的 “To Workspace” 模块将仿真数据传输至 Matlab 工作区, 仿真结果会通过 sim 函数和 Plot 函数绘制在波形展示区。

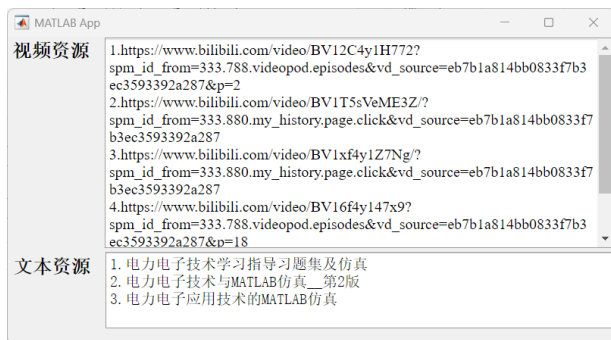
③操作区: 操作区主要包括开始仿真和最佳参数仿真按钮, 点击便可完成在 GUI 界面中进行电路仿真工作。对于最佳参数仿真按钮, 能够实现恢复初始参数配置并仿真, 便于用户返回最佳仿真波形。其对应的回调函数仅多了赋初值部分, 即 “app.VEditField.Value=100”, 可通过该语句为每一个

电路参数赋初值。

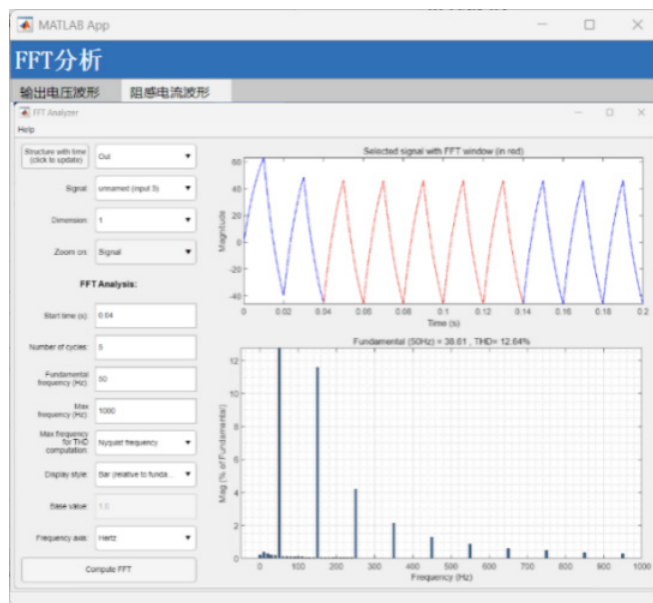
④说明区: 说明区主要包括实验说明、仿真模型查看和返回上一级菜单, 能够弹出相应的 GUI 界面辅助实现主界面功能, 包括实验参考的视频和文本资料、仿真模型展示等, 如图 7 所示。该区域中的按钮涉及到 GUI 界面的跳转, 主要通过以下回调函数实现:

```
delete(app.UIFigure); //删除当前 GUI 界面
```

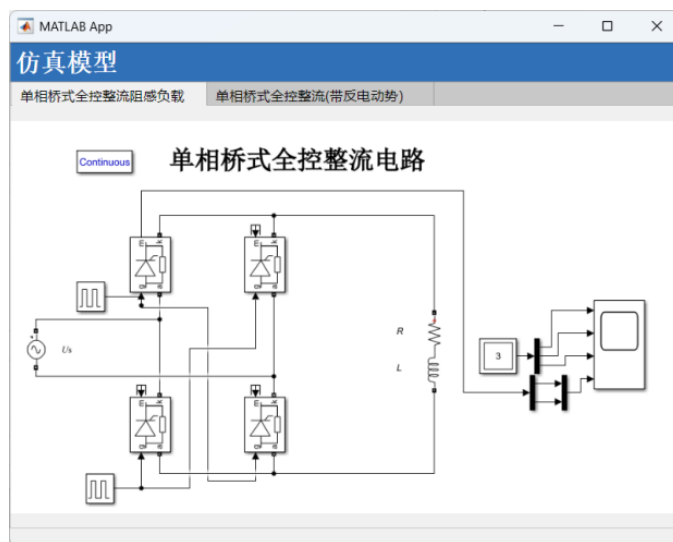
```
run app1_DCDC.mlapp; //运行上一级 GUI 界面
```



(a) 说明界面设计



(b) FFT分析界面设计



(c) 仿真模型界面设计

图 7 说明区界面设计

2.4 平台打包与发布

本虚拟仿真平台通过 Matlab App Designer 编程环

境开发, 产生的程序代码为 mlapp 格式。可打包发布的格式有 3 种: Matlab App、Web App、独立桌面 App。

由于本实验平台主要针对 Matlab/Simulink 的仿真实验, 并且与 Simulink 仿真软件进行了大量的数据交互, 方便起见, 本平台打包为 Matlab App, 在 Matlab 环境下安装。

打包 APP 主要分为三步, 分别是选取主文件、描述 App、打包为安装文件三步。首先要选取主文件, 以本平台为例, 即选择名为 app1_first.mlapp 的文件作为主文件, 系统会自动分析出包含的其他文件, 然后选取导航界面、实验项目主界面等文件和辅助的 Simulink 文件, 将所有文件选取完并完成系统分析之后需要对 APP 命名、描述并添加辅助运行环境, 最后选择输出文件夹进行打包。用户得到 APP 压缩包后, 首先启动 Matlab, 进入“App”选项界面, 点击“安装 App”按钮, 浏览至 APP 压缩包文件夹, 选择所需文件并打开, 随后点击“安装”完成操作^[1]。用户也可以选择直接双击 APP 压缩包直接进行安装。安装完毕后, 用户可在“我的 App”中查看新安装的电力电子虚拟仿真平台, 点击其图标即可启动平台, 进行相关仿真实验。

3 仿真实例测试-以升压斩波电路为例

电力电子技术从基本电路拓扑结构上可以分为四大类: AC-DC 变换、DC-AC 变换、DC-DC 变换和 AC-AC 变换。此处将以 DC-DC 变换中的升压斩波电路^[15]为例, 详细展示 Simulink 仿真原理、模型与 APP Designer 的配合设计, 完成 GUI 界面的搭建。

3.1 案例描述与分析

升压斩波电路原理图如图 8 所示, 主要采用全控器件 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 来实现升压斩波。该电路存在电感电流连续和电感电流断续两种工作状态, 下文将一一进行分析:

(1) 电感电流连续工作模式

当电感电流连续时, 电路在一个开关周期 T_s 内经历 V 开通状态和 V 关断状态^[16]。

V 开通状态: 假设 IGBT 在 t_0 时刻开通并保持通态至 t_1 时刻, 在这一阶段, 输入电流依次经过电感 L 和 IGBT 回到电源负极, 此时电感承受电源电压, 电感电流不断增长, 电感不断储存磁场能, 二极管 VD 处于截止状态。而电容 C 则释放上一阶段储存的能量给负载电阻供电, 负载电阻承受电容电压。 t_0-t_1 时段也叫作 t_{on} 时段, 即为开关导通时间。

V 关断状态: 假设开关 V 在 t_1 时刻关断至 t_2 时刻, 在这一阶段, 电路经过二极管 VD 导通, 此时电感释放磁场能给电容 C 充电, 电容开始储存能量, 电感电流不断减小。 t_1-t_2 时段被称为 t_{off} 时段, 即为开关断开

时间。

电感电流连续时电感两端电压在一个周期内的平均值如下:

$$U_L = \frac{U_i t_{on} - (U_o - U_i) t_{off}}{T_s} \quad (1)$$

式中, U_i 表示输入电压, T_s 为开关周期。

令 $U_L=0$, 得到

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{1}{1-D} \quad (2)$$

式中, D 表示占空比, 其定义为一个周期内开关导通时间 t_{on} 与开关周期 T_s 的比值。根据其定义可知占空比 D 的值一般小于 1。

结合公式可知, 升压斩波电路的输出电压高于输入电压。

(2) 电感电流断续工作模式

当电感电流断续时, 电路在一个开关周期 T_s 内经历 V 开通状态、V 关断状态和电感电流为零三个开关状态。

V 开通状态: 假设开关 V 于 t_0 时刻开通并保持通态至 t_1 时刻, 在这一阶段, 输入电流依次经过电感 L 和 V 回到电源负极, 此时电感承受电源电压, 电感电流不断增长, 电感不断储存磁场能, 二极管 VD 处于截止状态。电容 C 则释放上一阶段储存的能量给负载电阻供电, 负载电阻承受电容电压。

V 关断状态: 假设开关 V 于 t_1 时刻关断直至 t_2 时刻电感电流减小为零, 在这一阶段, 电路通过二极管 VD 接通, 电感释放磁场给电容 C 充电, 电容开始储存能量, 电感电流不断减小, 直至为零。

电感电流为零状态: 当电感电流减小为零时, 二极管 VD 关断, 电感电流和电感两端电压均保持为零, 此时电容释放能量向负载电阻供电。直到下一时刻 V 导通进入下一周期, 由此循环往复工作。

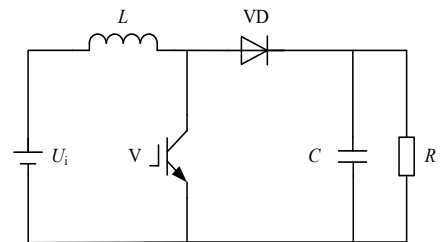


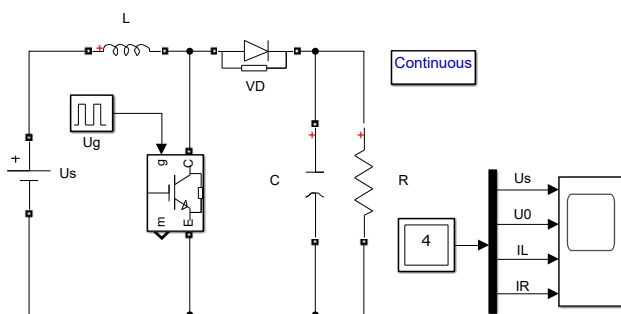
图 8 升压斩波电路原理图

3.2 Simulink 建模仿真与 GUI 界面设计

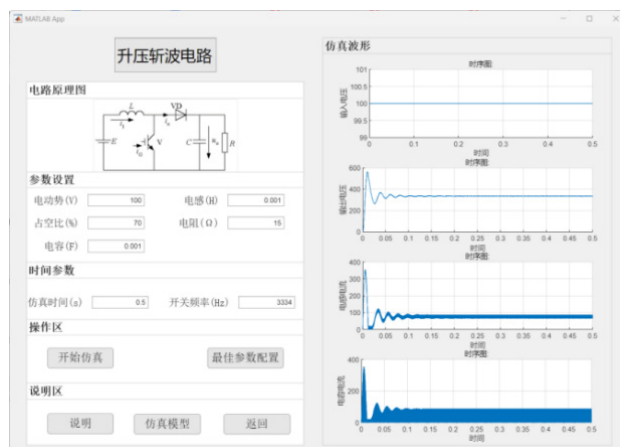
根据升压斩波电路原理图, 搭建如图 9 (a) 所示

的电路仿真模型, 其主电路由直流电压源、全控型器件 IGBT、直流电感、二极管以及负载构成。仿真模型中直流电压源设置为 100V, 采用 Pulse Generator 为开关

管 IGBT 提供触发信号, 脉冲宽度设置为 70%, 即占空比为 0.7。点击运行仿真后得到如图 9 (b) 所示的仿真结果。



(a) 电路仿真模型

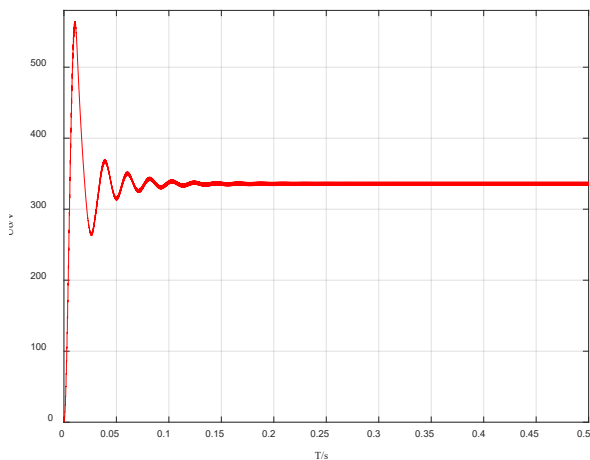


(b) GUI 界面设计

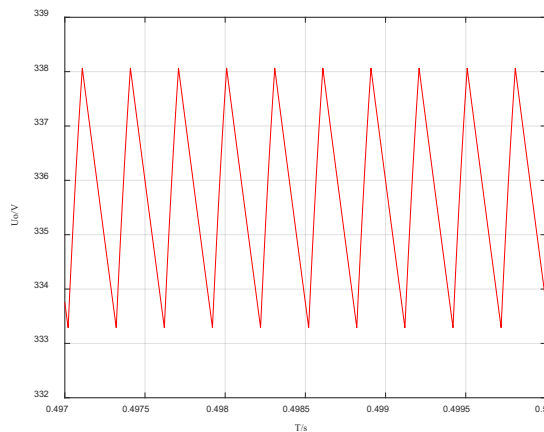
图 9 升压斩波电路仿真模型及 GUI 界面

由图 10 (a) 可见输出波形在 0.15s 后达到稳态。通过观察输出仿真波形发现, 输入电压与输出电压同极性, 输入电流脉动小, 输出电流脉动大。根据输出结果将输出电压仿真波形单独导出并截取稳态时间内输出电压波形放大图, 如图 10 (b) 所示。由于升压斩波电路只能升压不能降压, 根据输入电压为 100V, 占空

比为 0.7, 结合公式 $U_o = U_i / (1-D)$ 计算可知, 输出电压理论值应为 333.33V, 观察图 10 (b) 输出波形稳态平均值约为 336V 左右, 存在微量误差, 对于开环控制, 属于正常现象。图中电压波形呈现规律性的波动, 体现了输出电容周期性充放电的特征。综上所述, 仿真结果与理论分析一致, 验证了仿真的正确性。



(a) 输出电压波形



(b) 输出电压波形 (放大图)

图 10 升压斩波电路输出电压波形

4 结语

本文利用 Matlab/Simulink 和 APP Designer 模块, 完成了电力电子技术虚拟仿真平台 GUI 界面的设计。该仿真平台充分考虑教师及学生的应用需求。其项目设计全面, 覆盖电力电子技术课程中器件、四大变换、

PWM 控制、典型工程应用共 51 项仿真案例; 其二平台功能多样, 具有电路选择、参数调节、波形展示、原理说明及配套资料查阅等多种功能; 其三使用便捷, 该平台整体打包为一个 APP, 可快速嵌入 Matlab 软件, 为使用者提供了高效、灵活的电力电子仿真实验工具。

该平台交互性好、灵活度高, 不仅有利于教师的课堂教学展示, 也可显著提升学生的自主学习、动手实践和创新探索能力。此方案有效的推进了实验教学的信息化和数字化, 具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 邹梦丽, 俞彬, 张治娟. 基于 MATLAB 的“电力电子技术”仿真实验教学系统[J]. 教育教学论坛, 2024, (24): 39-42.
- [2] 赵建勇, 汤加钰, 孙丹, 等. 基于 Matlab GUI 的电气工程虚拟仿真实验平台设计[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(06): 92-97.
- [3] 李大双. “电力电子技术”虚拟仿真平台的设计与构建[J]. 装备制造技术, 2021, (12): 227-231.
- [4] 杨婷, 杨厂. 基于 Matlab 的电力电子虚拟仿真实验平台研究[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(07): 152-154+158.
- [5] 刘恒娟. 基于 MATLAB 的电力电子电路仿真实验平台[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(08): 134-137+200.
- [6] 宗哲英, 张旭, 郝永强, 等. 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[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(03): 146-149+182.
- [7] 王萍, 朱敏. 基于 MATLAB 仿真的电力电子技术实验教学改革[J]. 石家庄学院学报, 2023, 25(06): 56-60+85.
- [8] 张兴坊, 梁兰菊. 基于 MATLAB App Designer 的光学干涉实验仿真平台的设计与教学应用[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(06): 8-13.
- [9] 郝敏, 田智, 国中琦, 等. 基于 Simulink/GUI 的电力电子仿真实验[J]. 内蒙古农业大学学报, 2015, 17(2): 61-65.
- [10] 常世杰, 杜云明, 徐颖, 等. 一种基于 MATLAB GUI 的电力电子实验教学平台设计[J]. 中国科技信息, 2021, (17): 69-70.
- [11] 马勇, 查国翔, 王聪. 电力电子教学虚拟仿真实验平台的搭建与研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(12): 63-65.
- [12] 雷霞, 张华忠, 钟勉. 基于 Simulink 和 GUI 的数字电路仿真实验平台设计[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(11): 1-4.
- [13] 田思庆, 侯艳, 李金艳, 等. 基于 MATLAB_App Designer 电力电子虚拟仿真实验系统设计[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2024, 42(01): 34-37.
- [14] 蔡志端, 叶勇圣. 电力电子技术仿真平台设计[J]. 湖州师范学院学报, 2018, 40(10): 18-23.
- [15] Uthirasamy R, Kumar S V, Ananth C, et al. Design of modified reference phase modulation based boost chopper fed fifteen level stepped DC link hybrid converter[J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 2706.
- [16] 王兆安, 刘进军. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS