

虚拟仿真技术深入融入强电类课程教学的研究与实践

——以《电力电子技术》为例

黄 玉, 姜义强, 李亚男

安徽电子信息职业技术学院机电工程学院, 安徽 蚌埠

收稿日期: 2026年7月31日; 录用日期: 2026年8月28日; 发布日期: 2026年9月4日

摘 要

《电力电子技术》作为电气专业核心主干课程, 是一门通过弱电控制强电的课程, 课程主体内容覆盖电力电子器件与整流、逆变、斩波、交交变换四大变换电路, 知识点兼具抽象性、动态性与工程性, 且实验环节具有高电压大电流属性, 常规实验实训具有一定的局限性。本文以《电力电子技术》课程为切入点, 探讨MATLAB/Simulink仿真平台深度融入强电课程教学的可行路径。通过融合仿真平台的教学方式, 可显著提升学生学习兴趣与电路设计、参数调试与分析能力, 也可为其他强电类课程的教学模式改革提供一定的思路。

关键词

MATLAB/Simulink, 电力电子技术, 虚拟仿真

Research and Practice on the Deep Integration of Virtual Simulation Technology into Strong Electricity Course Teaching

—Taking “Power Electronics Technology” as an Example

Yu Huang, Yiqiang Jiang, Yanan Li

School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Vocational College of Electronics and Information Technology, Bengbu Anhui

Received: July 31, 2026; accepted: August 28, 2026; published: September 4, 2026

文章引用: 黄玉, 姜义强, 李亚男. 虚拟仿真技术深入融入强电类课程教学的研究与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 162-170. DOI: 10.12677/ae.2026.1691890

Abstract

“Power Electronics Technology” is a core and fundamental course in electrical engineering, focusing on the control of high voltage through low voltage. The main content of the course covers power electronic devices and four major conversion circuits: rectification, inversion, chopper, and AC-AC conversion. The knowledge points are abstract, dynamic, and engineering-oriented, and the experimental part involves high voltage and large current, making conventional experimental training somewhat limited. This article takes the “Power Electronics Technology” course as a starting point to explore the feasible path of deeply integrating the MATLAB/Simulink simulation platform into the teaching of high voltage courses. By integrating the simulation platform into teaching methods, it can significantly enhance students’ interest in learning and their abilities in circuit design, parameter debugging, and analysis. It can also provide some ideas for the reform of teaching modes in other high voltage courses.

Keywords

MATLAB/Simulink, Power Electronics Technology, Virtual Simulation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

随着我国新型电力系统、新能源发电与储能、工业自动化、轨道交通电力装备等技术不断发展，电力行业对电气工程专业毕业生的工程素养提出了更高的要求。当前企业更看重学生是否具备电路分析、系统调试、参数优化、设备排故等专业素养，这促使高校专业课程转向工程化、实战化教学[1]-[3]。

《电力电子技术》是电气工程及其自动化、能源与动力工程、自动化等专业的核心必修课程，主要研究各类电力电子器件与交直流电能控制变换技术。课程涵盖的知识广泛应用于新能源发电并网、电动汽车电控系统、工业变频调速等工程场景，是学生后续开展专业实训及岗位就业的核心课程[4]-[6]。

传统电力电子教学教师多以板书课件进行，电力电子器件开关动作、电路动态响应、谐波产生过程等瞬时工况无法体现，学生难以理解电能变换的本质，分析电路运行规律。实践教学中，强电实验存在一定的安全隐患，大功率器件设备造价高、损耗大、参数单一，实体实践教学存在一定的局限性。

教办〔2025〕3号《教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见》¹强调，高等教育、职业教育建设覆盖各学科的精品数字课程、虚拟仿真实习实践、学位论文与实践成果等资源。国家级政策为虚拟仿真技术融入专业课程提供了坚实的政策支撑。MATLAB/Simulink平台搭载的Simscape Electrical工具箱，内置丰富的电路器件、调制控制、检验检测模块，能够全面精准的复现各类电力电子电路。依托该平台，可将抽象的电力电子器件开关变换过程、电能动态流转规律转化为可观测、可调试优化的仿真结果，显著提升学生电路设计建模、参数调试与工况分析能力[7][8]。针对《电力电子技术》课程开展系统性教学改革，将MATLAB/Simulink平台贯穿于学生课前预习、课中验证理论、课后实训考核全过程，形成符合学生学情、贴合工程实际的新型授课体系。本文系统总结了传统电力电子教学的不足，结合真实教学案例，提出针对性优化方案，为同类强电课程教学改革提供了一定的参考。

¹https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7019045.htm

2. 传统《电力电子技术》课程教学短板

2.1. 课程内容抽象，传统教学手段单一

电力电子技术主要教学内容为电力电子器件与整流、逆变、斩波、ACAC 四大变换电路，电路负载性质不同，电路的电压电流波形变化较大。电路涉及到的电力电子器件关断过程，换相方式、负载突变响应等知识点，均属于瞬时动态过程。从学生的反馈来看，多数学生能够记住典型电路的拓扑结构与基础公式，但无法理解电力电子器件触发角以及负载性质变化对输出电压电流波形的影响。例如桥式整流电路学习中，多数学生可以识记输入输出电压关系式，但无法理解触发角偏移为何会导致波形畸变。静态教学无法支撑动态知识的理解，学生难以建立完整的动态电路思维。

2.2. 强电实验受限，实践教学存在短板

强电实验的高电压大电流属性是制约课程实践教学质量的重要因素。常规电力电子实验需接入有效值 220 V、380 V 交流电源，实验过程中学生接线虚接错接、参数设置不当极易引发短路、设备损毁、电弧放电等问题，存在一定安全隐患。为了规避风险，高校很少开放极限工况、故障模拟等高危实验项目，学生仅能完成基础性验证实验。

同时，电力电子大功率器件(如晶闸管、MOSFET、IGBT)、可调负载、示波器等设备购置与维护成本较高，实验室设备数量有限，难以满足大批量学生同步实操需求。且实体实验无法精准复现不同参数下电路功率因数、谐波含量、损耗等变化，学生无法开展多组参数对比优化等进阶实训，实践教学长期停留在浅层验证阶段，学生的工程设计思维与优化能力培养受限。

3. MATLAB 仿真融入课程教学的适配性优势

3.1. 动态可视化呈现，消解理论认知壁垒

相对于传统教学，MATLAB/Simulink 平台最大的优势在于即时动态可视化演示。教师可依托 Simscape Electrical 工具箱，选取所需电路模块，实时搭建仿真模型，呈现电力电子电路各物理量的完整工作波形，直观展示功率器件通断瞬间的电压、电流变化过程。在课堂教学中，可通过实时修改电源幅值、功率器件的触发角与开关频率、负载性质与参数等变量，直接观测功率因数、波形畸变率、输出电压大小、谐波含量的变化，将抽象的动态机理转化为直观的视觉效果。

3.2. 零风险全工况仿真，拓展实训教学边界

MATLAB/Simulink 平台仿真的引入大大规避了强电实验的安全风险，不受场地、硬件设备、安全条件的限制，平台可轻松实现传统实验无法开展的短路故障、负载突变、极限参数运行、多工况对比、谐波频谱分析等实训内容。学生可自主反复调试模型、修改参数配置、模拟故障运行，无需担心设备损坏与安全事故，实训自由度得到大幅提升。同时，仿真实验无硬件器材损耗，可大大减少实验室维护成本，适配学生大批量常态化实训需求。

3.3. 对接行业专业工具，提升学生工程思维

MATLAB/Simulink 是电力系统、电力电子、轨道交通等电气自动化行业研发、设计、调试的核心工具，企业在做交直流电网暂稳态分析、短路故障、电能质量优化、变流设备研发、电气传动系统调试等工作中，均以该软件为核心仿真平台。将仿真训练融入日常课堂，能够让学生在校期间了解行业主流工具与工程标准，熟悉系统建模、仿真调试、分析优化的仿真流程。长期训练可加深学生对各种电力电子

电路运行原理的理解,摆脱传统死记硬背的思维模式,逐步建立系统、完整的工程设计思维,养成量化分析问题的习惯,有利于快速适配企业基于模型开发的工作模式。

4. 仿真融入课堂的立体化教学改革实施路径

4.1. 构建全流程理实一体化授课模式

通过 MATLAB/Simulink 平台,建立课前预习、课中验证理论、课后实训考核的教学流程。课前,教师依托学习通等线上学习平台,发布对应章节相关电路的电路拓扑、仿真指导书与预习任务,让学生提前熟悉电路结构与仿真逻辑,带着问题参加课堂授课,加深对知识点的印象。课中阶段,针对整流、逆变、斩波、ACAC 变换电路等重难点内容,通过实时调试参数、展示波形变化、对比工况差异,验证电路理论原理和基本公式。课后阶段下发仿真作业,巩固相关知知识,综合课程设计发布任务,要求学生自行设计电路结构,调试参数、总结变化规律,实现知识的灵活运用。通过对近两年学生的问卷调查,这种教学方式可帮助学生快速建立对动态电路认知,同时大幅降低课程学习难度,激发学生的学习兴趣。

4.2. 建立模块化虚拟仿真教学内容体系

结合课程教学大纲、课程实施方案以及学情分析,实现各知识点与仿真案例精准对应。整流电路模块聚焦单相、三相整流电路仿真,重点分析不同种类功率器件、触发角大小、开关频率、负载类型对输出波形的影响;斩波电路变换模块围绕 Buck、Boost、Buck-Boost、Sepic、Cuk、正激电路、反激电路在不同负载下的动态响应特性;逆变电路部分重点完成半桥电路、全桥电路、SPWM 控制仿真;ACAC 变换电路围绕交流调压和交流调功电路展开;综合设计模块结合光伏风电场景完成变流系统集成仿真。模块化的内容设计让实训教学由浅入深,更系统、更有层次,避免实训内容简单化、碎片化。

4.3. 推行项目驱动式仿真教学模式

为更好的培养学生的工程思维和工程素养,基于 MATLAB/Simulink 平台,建立项目驱动式教学案例。结合企业工业实际场景,以视频引入真实案例,发布整流电路优化设计、直流电机 PWM 调速、电力电子谐波抑制、光伏风电单元变流器系统仿真等贴合工业生产的综合实训项目。以小组为单位,要求完成模型搭建、参数匹配、仿真调试、数据分析、方案优化全流程工作。这种教学模式能够有效锻炼学生的系统设计、故障排查与团队协作能力,让课堂教学真正对接工程岗位需求,提升学生的工程素养。

5. 单相桥式整流电路仿真案例

整流电路是四大变换电路之一,所有复杂逆变、斩波、变频电路均建立在整流电路基础之上,桥式整流电路广泛应用于小型光伏整流、家电电源、UPS 设备等场景,是电力电子技术课程最核心、工程应用最广的电路之一,本文以单相整流电路教学内容为例,讨论基于 MATLAB 的仿真教学过程。

5.1. 电路结构

图 1 为单相桥式整流电路拓扑结构,电路由四支同规格晶闸管围成矩形桥式结构,VT1、VT3 为共阴极组,VT2、VT4 为共阳极组,两两配对协同工作。交流侧接入单相正弦交流输入电压,负载为纯阻性负载。交流电压处于正半周期,变压器副边上端电位高于下端电位,此时晶闸管 VT1、VT3 正向偏置导通,阳极电位高于阴极;VT2、VT4 晶闸管阴极电位更高,承受反向电压,完全截止。交流电压处于负半周期时,晶闸管 VT2、VT4 导通。

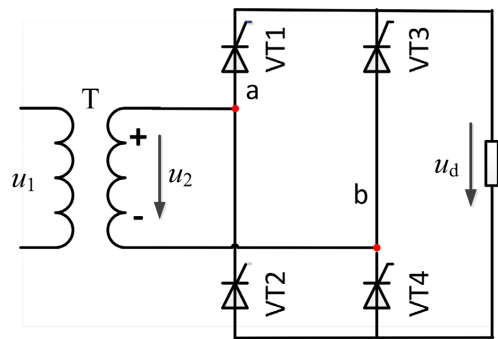


Figure 1. Single-phase bridge rectifier circuit structure
图 1. 单相桥式整流电路结构

5.2. 仿真电路建模及参数

仿真模型基于 Simscape Electrical 工具箱搭建，仿真电路核心模块包含 220 V/50 Hz 工频交流电源、四组晶闸管、门极触发脉冲模块、可调负载模块、电压电流检测模块与示波器显示模块。通过调节触发角 α ，分别开展 30°、60°和 90° 3 组典型工况仿真，观测输出电压、电流波形变化规律。表 1 为单相桥式整流电路仿真参数表，图 2 为单相桥式整流电路仿真电路图，图 3 为交流电源电压波形图。

Table 1. Simulation parameters
表 1. 仿真参数

电路主要参数	数 值
交流电源电压峰值/V	141
交流变压器变比	314/100
晶闸管门集触发脉冲周期/s	0.02
晶闸管门集脉冲宽度/%	5
晶闸管寄生电容/ μF	0.25
负载电阻/ Ω	10
晶闸管压降/V	0.8
仿真步长	50e-5
仿真算法	ode45

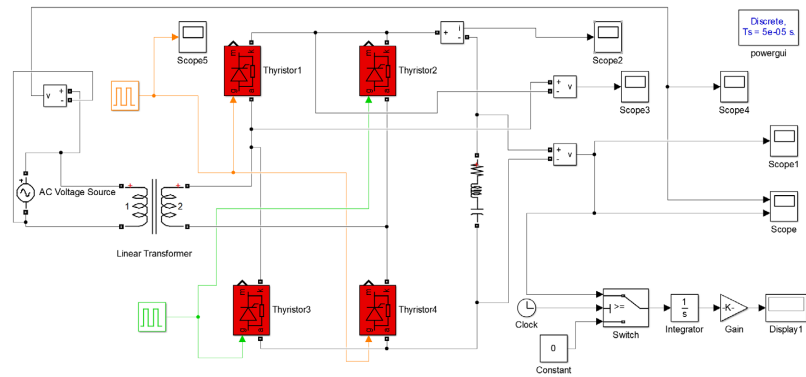


Figure 2. Simulation circuit diagram of single-phase bridge rectifier circuit
图 2. 单相桥式整流电路仿真电路图

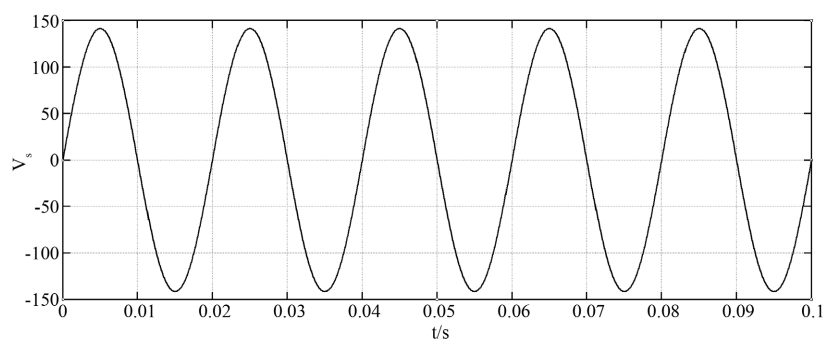


Figure 3. Waveform diagram of AC power voltage

图 3. 交流电源电压波形图

5.3. 仿真结果及分析

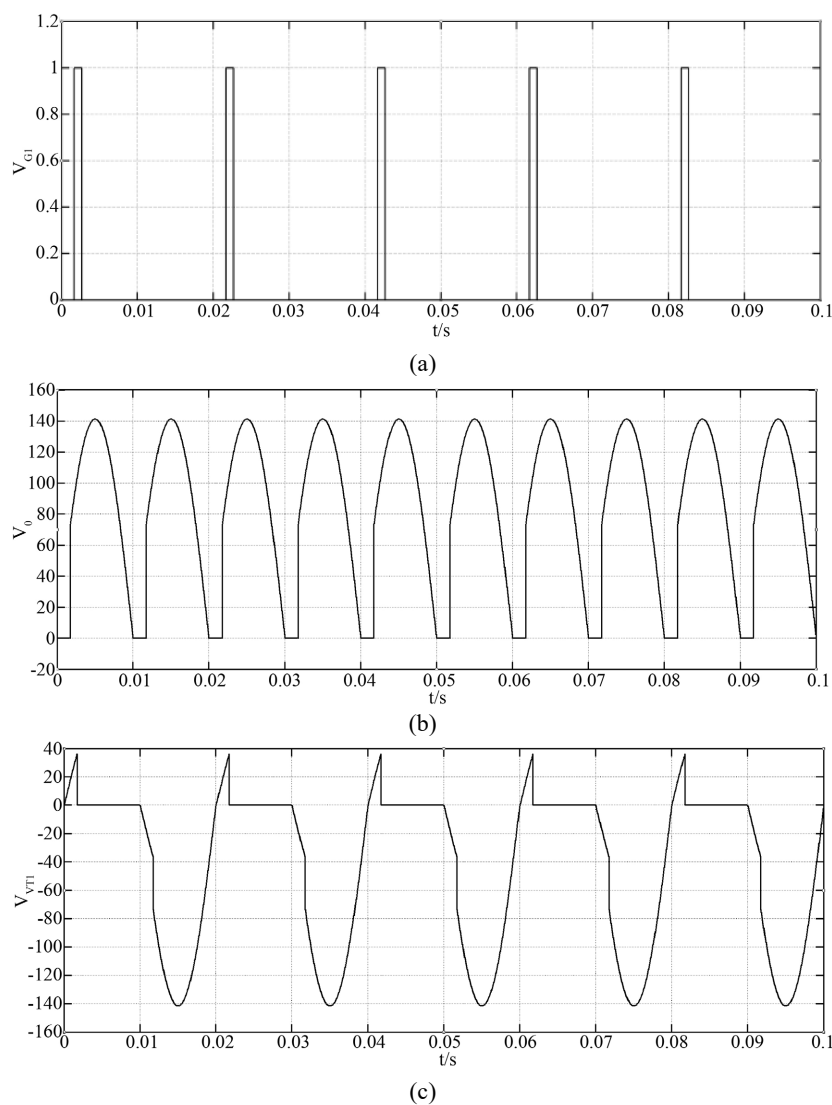


Figure 4. Waveforms of main physical quantities in the circuit with a trigger angle $\alpha = 30^\circ$. (a) Thyristor gate trigger signal; (b) Output voltage waveform; (c) Thyristor voltage waveform

图 4. 触发角 $\alpha = 30^\circ$ 电路主要物理量波形。(a) 晶闸管门极触发信号; (b) 输出电压波形; (c) 晶闸管电压波形

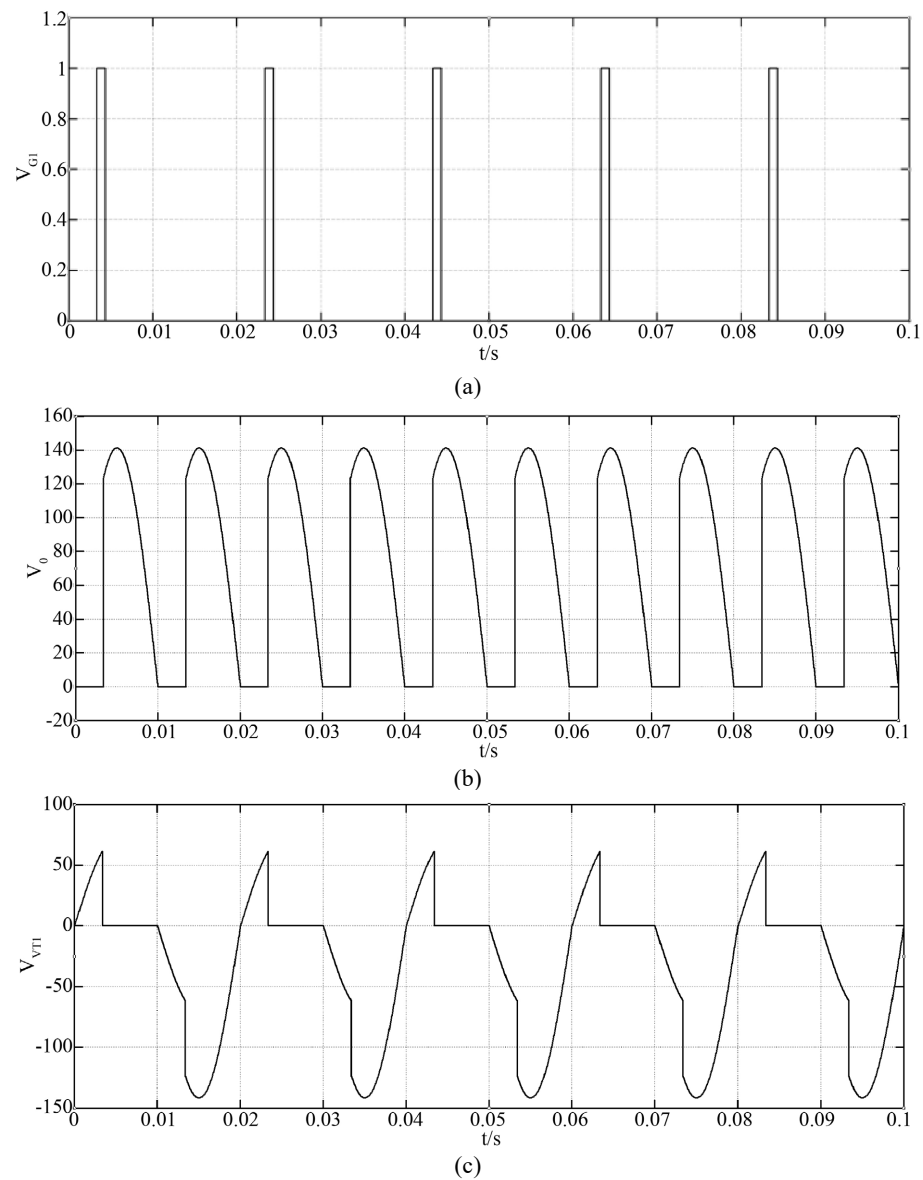
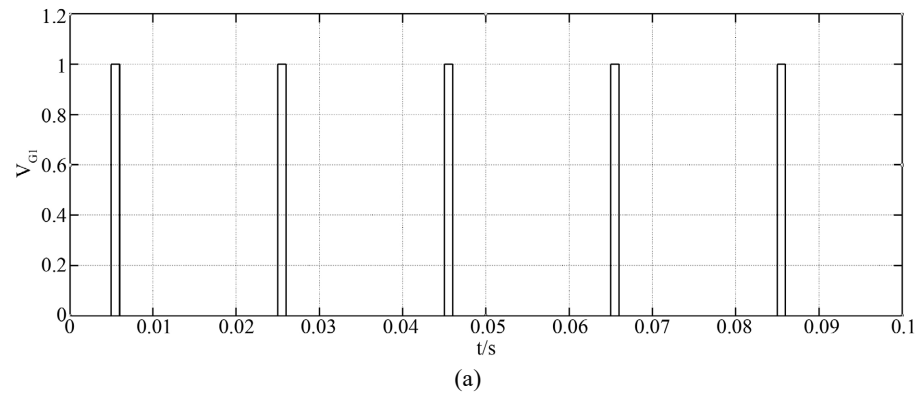


Figure 5. Waveforms of main physical quantities in the circuit with a trigger angle $\alpha = 60^\circ$. (a) Thyristor gate trigger signal; (b) Output voltage waveform; (c) Thyristor voltage waveform

图 5. 触发角 $\alpha = 60^\circ$ 电路主要物理量波形。(a) 晶闸管门极触发信号；(b) 输出电压波形；(c) 晶闸管电压波形



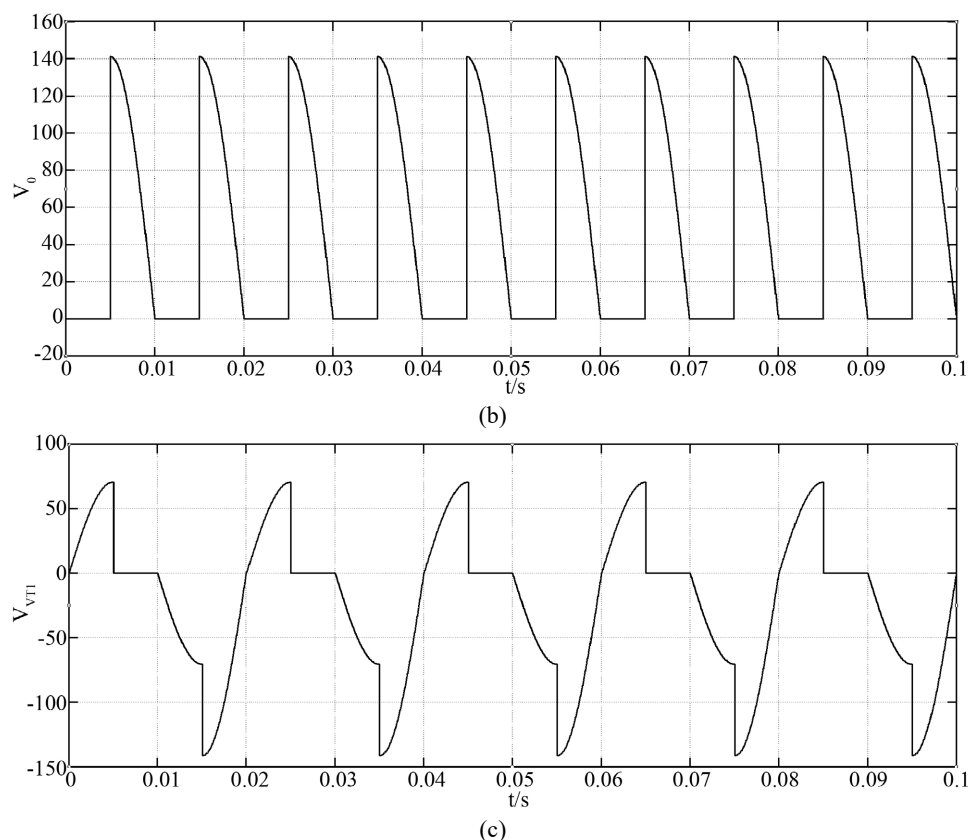


Figure 6. Waveforms of main physical quantities in the circuit with a trigger angle $\alpha = 90^\circ$. (a) Thyristor gate trigger signal; (b) Output voltage waveform; (c) Thyristor voltage waveform

图 6. 触发角 $\alpha = 90^\circ$ 电路主要物理量波形。(a) 晶闸管门极触发信号; (b) 输出电压波形; (c) 晶闸管电压波形

6. 总结

通过对图 4~6 中仿真结果图的分析, 电源电压为标准正弦波, 有效值为 100 V。当晶闸管门极触发角 $\alpha = 30^\circ$ 时, 波形开始出现局部缺失, 电压均值小幅下降; 当 $\alpha = 60^\circ$ 时输出电压均值大幅降低, 波形畸变初步显现; 当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 输出电压进一步下降, 波形只有电源电压的一半。交流正弦电压正负两半周期内, 均有一组晶闸管导通, 且流过负载的电流方向恒定不变, 桥式电路将双向变化的交流电能转换为单向脉动的直流电能。单只晶闸管截止时承受的最大反向电压等于交流副边电压峰值, 但每只晶闸管仅在半个周期导通, 负载平均电流由四只二极管两两分摊, 单管平均负载电流为总负载电流的一半。

仿真结果直观验证了纯电阻负载下单相桥式整流电路的移相调压规律: 触发角越大, 晶闸管导通时间越短, 输出电压平均值越低, 波形畸变程度越严重, 移相范围可达 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。后续实验可让学生修改负载为阻感性负载, 用示波器观测输出电压电流变化。通过自主调试参数、观测波形渐变过程, 学生可精准理解移相控制的核心原理, 解决传统教学中静态波形无法展示渐变规律的痛点, 实现仿真实验对理论原理的验证, 学生的工程思维和素养得到了一定的提升。本文中虚拟仿真平台融入电力电子技术课堂教学的案例经验也可为同类强电课程(如工厂供配电技术、电力系统分析、电力系统继电保护)的教学改革提供一定的参考。

基金项目

安徽电子信息职业技术学院 2025 年度教学研究项目“虚拟仿真技术深入融入高职强电类专业课程教

学的研究与实践——以《工厂供配电技术》课程为例”(2025JYXM010)。

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] 荣军, 童耀南, 陈松, 等. 仿真技术在“电力电子技术”教学中的应用[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45(5): 24-27.
- [3] 刘燕, 王关平, 杨婉霞, 等. 虚拟仿真在混合式教学中的应用研究——以“电力电子技术”课程为例[J]. 大众科技, 2023, 25(9): 89-91, 84.
- [4] 侯艳, 田思庆, 黄金侠, 等. 基于 Matlab 仿真技术的电力电子技术实验教学研究[J]. 电子质量, 2022(12): 50-54.
- [5] 李瑾, 王翠. Matlab 仿真在“电力电子技术实验”课程教学中的应用[J]. 湖北工程学院学报, 2022, 42(3): 46-49.
- [6] 黄冬梅, 马乐, 王树鑫, 等. Matlab 仿真软件在《电力电子技术》教学实践中的应用[J]. 软件, 2022, 43(3): 10-12.
- [7] 孙毅超, 冯树先, 姜宁秋, 等. “电力电子技术”可视化教学平台设计与实现[J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(1): 22-25.
- [8] 韩涛, 肖波, 詹习生, 等. 基于 MATLAB 的电力电子技术实验教学改革[J]. 湖北师范大学学报(自然科学版), 2021, 41(4): 103-107.