

# “电工与电子技术”项目式课程仿真教学

## ——以制作晶体管串联型稳压电源为例

涂娜 吴怡倩

(武汉城市职业学院 湖北武汉 430070)

**摘要:**在“电工与电子技术”项目式课程教学的过程中,教师以项目或实际产品为载体,对理论知识进行具象化梳理,引导学生在学习理论知识的同时,一步步完成产品制作,从而达到教学目的。但在实际产品制作过程中却存在元件拆装不便、查找故障点困难以及产品元件型号单一无法做出对比分析等缺点,本文以晶体管串联型稳压电源为具体案例,随着项目式教学产品制作过程的推进,将软件仿真与理论知识点有机结合,利用仿真软件可重复性高,元器件易获得、易更换,仪器仪表资源丰富等优点,设计对应实际产品制作过程的层层递进的仿真教学,提升教学效果。

**关键词:**电子技术 项目式课程 稳压电源

**中图分类号:** G712 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2023.29.088

### 一、晶体管串联型稳压电源项目

在各种电子设备和自动控制装置中,一般需要非常稳定的直流电源供电。直流电源可以由直流发电机或各种电池提供,但比较经济实用的办法是利用各种半导体器件将交流电转换为直流电<sup>[1]</sup>。其工作过程为,将电网供给的交流电压经电源变压器降压后,得到符合电路需要的交流电压,然后由整流电路变换成方向不变、大小随时间变化的脉动电压,再用滤波电路滤去其交流分量,就可得到比较平直的直流电压。但这样的直流输出电压,会随交流电网电压的波动或负载的变动而变化,因此还需要使用稳压电路,以保证输出直流电压更加稳定。在晶体管串联型稳压电源项目中,将项目划分为四个典型电路来进行教学,分别是:(1)电源变压器电路;(2)整流电路;(3)滤波电路;(4)稳压电路<sup>[2]</sup>。通过这个四个电路基础知识的串联,最终汇总成完整的项目产品。

### 二、仿真教学设计

仿真软件具有可重复性高、元器件及检测仪器仪表不受实际条件及资源限制、元件接拆线易操作等优点,在教学过程中,一方面可以对晶体管串联型稳压电源主要性能指标进行验证学习,另一方面还能结合晶体管串联型稳压电源的典型电路模块设计仿真教学,加深学生对单一理论知识的理解。本文设计四个模块,分别对应晶体管串联型稳压电源项目的典型电路,以及项目整体。根据课程讲授知识点及实际硬件电路组装的先后顺序,将晶体管串联型稳压电源的原理电路以层层递进、组合叠加的形式依次进行仿真教学设计。选用的仿真软件为Multisim, Multisim作为以Windows为基础

的仿真工具,具有丰富的仿真分析能力以及完整的电路原理图图形输入方式<sup>[3]</sup>。引入Multisim软件帮助学生快速且轻松地将刚学到的理论知识用计算机仿真真实地再现出来,帮助学生更快、更好地掌握教学内容<sup>[4-6]</sup>。

本文根据实际项目式教学中选用的某一型晶体管串联稳压电源为例进行仿真教学设计,其实物材料表见表1。

表1 晶体管串联型稳压电源材料表

序号	名称	型号及数量
1	电阻	27×1、100×2、2k×1
2	电容	470μ×1、47μ×1、100μ×1
3	二极管	1N4007×4、1N4148×2
4	三极管	9014×1、9013×2
5	电位器	1
6	电源变压器	220v 50Hz 9v

#### 1.电源变压器模块

电源变压器是一种软磁电磁元件,几乎在所有的电子产品中都要用到电源变压器,变压器的功能主要有:电压变换、阻抗变换、功率传送、隔离等。在晶体管串联型稳压电源项目中,主要利用变压器的电压变换功能,在仿真教学设计中,可利用软件的虚拟特性对讲授内容进行扩展。

#### (1)电压变换

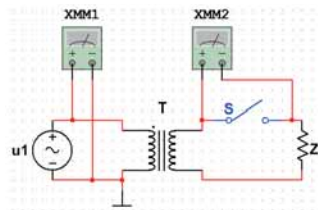


图1 电源变压器模块仿真电路

第一步引导学生搭建电路如图1所示, 根据实际硬件型号, 在仿真软件中选取变压器的变比 $K$ 为220: 9, 实验时将仿真电路中的开关 $S$ 断开, 此时变压器处于空载状态, 使用软件内万用表测得一次绕组电压值 $U_1$ 和二次绕组电压值 $U_2$ , 在理论知识点的学习中, 学生已经掌握了变压器一次、二次绕组的比值与电压的关系, 通过软件仿真, 得到:  $\frac{U_1}{U_2}=220: 9$ ; 第二步, 在仿真软件中更换变压器原件参数, 改变变压器变比, 重复第一步内容, 即可通过数据直观验证变压器一次侧与二次侧电压的比值为变压器变比 $K$ 。

### (2) 电流变换

电流变换仿真电路如图2所示, 第一步, 闭合开关 $S$ , 将负载电阻接入实验电路, 测得一次绕组与二次绕组中的电流值, 得出一、二次绕组之间的电流变换关系为:  $\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{K}$ ; 第二步, 根据调整变压器参数得到另一组电流变换关系的数据, 即可通过数据直观验证变压器一、二次绕组的电流之比与它们的匝数成反比, 并且一次绕组的电流由变压器所接负载的电流决定。

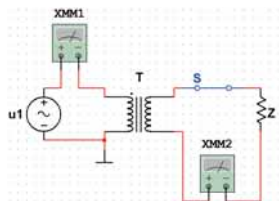


图2 电流变换实验

### (3) 阻抗变换

验证阻抗变换关系时, 要分别测得一次侧、二次侧的电流和电压, 在实际硬件教学的过程中, 由于仪器仪表教学资源或课堂教学时间的限制, 不便对变压器的阻抗变换这一特性进行详细验证, 即使有验证过程, 也无法进行多次对比实验。利用仿真软件的虚拟特性, 可以简单快捷地改变图2的连线关系以及仪表接入情况, 如图3所示。

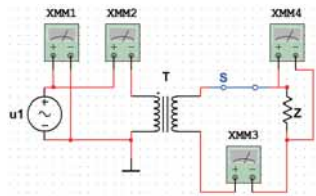


图3 阻抗变换实验

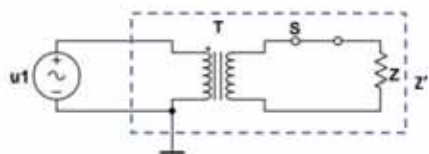


图4 输入阻抗与负载阻抗的等效变换示意图

输入阻抗与负载阻抗的等效变换如图4所示, 闭合开关

$S$ , 设置多组不同的负载阻抗值 $|Z|$ , 测量不同负载阻抗值对应的电流、电压数据, 记录测量结果并代入关系式:

$$|Z|=\frac{U_2}{I_2}、|Z'|=\frac{U_1}{I_1}$$

可验证一、二次绕组之间的阻抗变换关系为 $\frac{U_1}{I_1}=\kappa^2\frac{U_2}{I_2}$ , 即 $|Z'|=\kappa^2|Z|$ 。在本模块的仿真课程学习中, 学生可以根据实际电路搭建仿真电路, 使用仿真软件中的虚拟元件及仪器仪表, 对理论知识点进行验证, 除了按老师给定的元件数据进行测试计算之外, 还可以尝试更换不同型号的元件, 进行对比实验及数据分析, 对变压器的主要功能进行更为直观、动态的认识。

### 2. 整流电路模块

整流电路是利用半导体器件的单向导电性将电源变压器电路输出的交流电压转换成单向脉动性直流电, 整流电路主要由整流二极管组成。经过整流电路之后的电压已经不是交流电压, 而是单向脉动性直流电压。电源电路中的整流电路主要有半波整流电路、全波整流电路和桥式整流三种, 本项目中使用的是桥式整流电路。

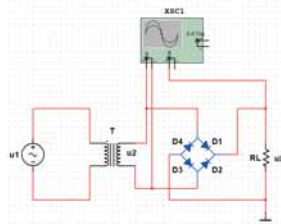


图5 叠加整流电路后的电路图

通过电源变压器模块的学习, 学生对电源变压器模块的电路的组成和工作原理有了一定的认识, 在整流电路模块的学习中, 直接在变压器电路之上叠加整流电路模块, 如图5所示, 使用虚拟示波器仪器对变压器二次侧电压以及经整流后的输出电压进行波形观察, 其原理知识为: 220V交流电压 $u_1$ 经过电源变压器降压输出交流电压 $u_2$ 。 $u_1$ 的正半周极性表现为上正下负, 二极管反向不能通过, 故开始只有 $D_2$ 、 $D_4$ 导通, 经过二极管有压降,  $D_4$ 正向电压低于 $D_4$ 负向电压, 故 $D_4$ 不导通,  $D_2$ 同理;  $u_1$ 负半周极性表现为上负下正, 故开始只有 $D_1$ 、 $D_3$ 导通, 经过二极管有压降,  $D_1$ 正向电压低于 $D_1$ 负向电压, 故 $D_1$ 不导通,  $D_3$ 同理。观察到的波形如图6所示。

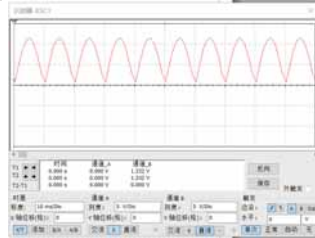


图6 整流电路输出 $u_L$ 波形图

通过仿真课程的学习, 让学生对桥式整流电路对电压的交直流转换有了更直观的认识, 同时, 使用仿真软件, 对半波整流电路、全波整流电路进行仿真, 将仿真输出波形与桥式整流电路输出波形最对比, 仿真过程简单、电路结构易转换, 有更好的对比学习效果。

### 3. 滤波电路模块

交流电经过整流后得到的是脉动直流电, 这样的直流电源由于所含交流纹波很大, 不能直接用作电源。滤波电路可以大大降低这种交流纹波成份, 让整流后的电压波形变得比较平滑。本项目使用电容滤波, 电容滤波电路是利用电容的充放电原理达到滤波的作用。在脉动直流波形的上升段, 电容充电, 由于充电时间常数很小, 所以充电速度很快; 在脉动直流波形的下降段, 电容放电, 由于放电时间常数很大, 所以放电速度很慢。在电容还没有完全放电时再次开始进行充电。这样通过电容的反复充放电实现了滤波目的。

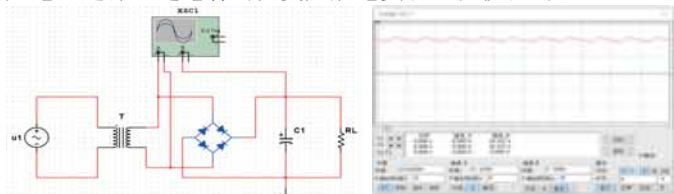


图7 叠加滤波电路后的电路图

图8 经滤波后波形图

在图5电路的基础上, 叠加滤波电路, 如图7所示。使用虚拟示波器观察经滤波后的输出波形如图8所示, 通过虚拟示波器的显示界面, 学生可以直观地观察到滤波之后的电压波形图, 进一步可对滤波电容的数值进行调整, 观察电容数值改变之后对应的波形变化, 有助于学生掌握滤波电容的选择条件。

### 4. 稳压电路模块

稳压部分为串联型稳压电路, 它由调整元件、比较放大器、取样电路等组成。整个稳压电路是一个具有电压串联负反馈的闭环系统, 其稳压过程为: 当电网电压波动或负载变动引起输出直流电压发生变化时, 取样电路取出输出电压的一部分送入比较放大器, 并与基准电压进行比较, 产生的误差信号经放大后送至调整管的基极, 使调整管改变其管压降, 以补偿输出电压的变化, 从而达到稳定输出电压的目的。

经过前面模块逐层推进式的学习, 学生已经对稳压电源的各个部分有了较为深入的认识, 最终搭建成完整的稳压电源电路, 如图9所示, 在仿真软件中调整虚拟电位器R5, 通

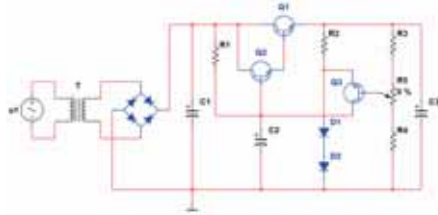


图9 叠加稳压电路后的电路图

过虚拟仪器可以直观地观察到电路各个模块关键位置的电流、电压的实时取值以及波形变换, 更进一步可以通过老师的提示调整电路中某些元器件的取值来改变电源输出电压, 达到对比学习的效果。

在“电工与电子技术”项目式课程教学的过程中, 教师不再按照传统章节规律讲授知识点, 而是以项目为中心、以实际产品为载体, 对传统理论知识进行具象化梳理, 引导学生在学习理论知识的同时, 一步步完成项目产品制作, 让学生真正的从“做中学”, 从而达到教学目的, 但由于实践条件及课堂时间的局限性, 并未达到预期教学效果。本文通过虚拟仿真教学设计, 结合项目式课程的实践动手操作, 让学生对于典型电路的工作原理以及输入输出效果有了更直观的认识, 对理论性、原理性知识点有了感性的掌握。同时, 使用软件仿真先于实践操作的课程安排, 可以有效减少直接动手实践时由于学生对电子元器件性能不熟悉, 对电路图识别不清而造成的误操作, 有效提高“电工与电子技术”课程教学质量及学生学习效率。

### 参考文献

- [1] 邹建华. 电工电子技术基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.
- [2] 韩露. 数控直流稳压电源的设计与实现[J]. 山西电子技术, 2013(04): 3-5.
- [3] 王冠华. Multisim10电路设计及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [4] 李若琼. Multisim在“电工技术”教学中的应用[J]. 电子技术, 2011, 24(2): 124-126.
- [5] 付扬. Multisim仿真在电工电子实验中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(4): 120-122.
- [6] 李玉长, 尹均萍. Multisim9在电工学教学过程中的应用[J]. 电气电子教学学报, 2010(9): 188-190.