

思政理念下 RC 电路响应仿真分析*

张明芹 李广志

(黑龙江职业学院通识教育学院 黑龙江 哈尔滨 150080)

(收稿日期:2022-08-18)

摘要: 高职电路分析课程以课程思政教育理念为指导,运用“成果导向+行动学习”教学模式,感知教学过程,提升学习成效.用仿真操作分析动态电路,理论和实践相统一,培养学生科学分析方法,实事求是、不断创新的工程思维,提升用软件设计制作应用电路的能力,解决实际问题,实现科技创新振兴乡村.

关键词: 课程思政;RC 动态电路;零状态响应;瞬态分析;仿真分析

1 引言

电路分析课程是高职工科类专业基础课,是一门实践性、工程性较强的学科,主要培养学生分析和解决电路问题的能力,为后续专业课程和科研实践提供坚实基础.

教学实践中将系统观念、工程的观念、科学进步的观念、辩证法、定性定量相结合等融入教学中,将立德树人内化在知识学习中,引导学生形成正确的价值观,养成认真求实的工作态度,提升工程实践能力和创新意识.

结合电路分析学科特点及高职生的学情,研究分析课程思政的建设与设计案例.围绕立德树人的根本任务,挖掘思政元素,培养学生学会用科学分析法研究问题,养成理论联系实际的思维方式,提升职业素养和专业能力.

在动态电路时域分析时,利用微分方程求解电流、电压的瞬时值,涉及对一阶动态电路方程的列写、分析和计算.高职单招及文科生的数学基础薄弱,在学习中有畏难情绪,用直观仿真进行 RC 动态电路分析,从“内容导向”转向“成果导向”,能坚定学习自信,激励自主学习,培养踏踏实实做人做事的务实精神.

2 设计理念与思政元素

电路分析课程教学内容多,学时数几乎无弹性,思政学习资源分布零散,要求教师精心设计教学,构建高效课程思政课堂,实现智慧教学,提升课程双育人功能.在学习活动中以学生的学习为中心,以仿真操作为载体,以可视化的学习成果为导向,遵循实践、认识、再实践、再认识,学生在实验探究中发现电路之美,学习电路之用,融电路之趣,实现用心学、精心练,用知识服务于社会.

善用学生的语言,学生的思维方式,灵活巧妙融入思政元素,先用仿真操作记忆分析一阶动态电路响应,再现科学探索过程,培育科研精神,再简单说明理论上的微分方程求解过程,直接给出零状态响应公式,引导学生学会理论和实践融会贯通.

引导学生观看科学家视频,学习科学家的卓越贡献与科学精神,激励工匠精神,奋发向上,把个人理想和国家需求紧密结合在一起.如动态电路列写回路电压方程时,用到德国物理学家基尔霍夫的伟大发明;求时间常数时需要戴维南定理求等效电阻的变换;求解电压、电流响应时用到牛顿-莱布尼茨的微分方程.

在课程教学中将马克思主义立场、观点、方法的

* 黑龙江省教育科学“十四五”规划 2022 年度重点课题“高职工科类专业基础课课程思政的实践研究”,课题编号:ZJB1422014.

作者简介:张明芹(1968-),女,教授,研究方向为电工电子技术实验教学.

教育与科学精神的培养结合起来,提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力^[1].用变化发展观点,客观认识动态电路的性质及应用;用全面、客观、正确的观点理解过渡过程(又称暂态过程),既要利用过渡过程产生特定波形的电信号,也要预防产生的过电压、过电流损坏电气设备;用瞬态分析观看在换路瞬间储能元件的能量不会跃变,能量的储存和释放都需要一定的时间来完成,遵循能量守恒定律;用工程思维方式辩证地分析电路过渡过程进行的快慢,理论上认为过渡过程需要的时间是无限长,而在工程实际中,通常认为过渡过程经过 $3 \sim 5\tau$ 的时间, τ 为时间常数.引导学生尊重实验结果,体会工程分析法,如“实验调整”“估算法”等,常用实际测量和微调电路参数来解决工程实际问题.

3 RC 一阶电路响应仿真分析

RC 一阶电路时域分析,主要是分析电路中电压或电流随时间变化的规律,用 Multisim12 进行 RC 电路的暂态过程分析,可以分析和观察起始时刻到终止时刻时间段内电路的响应^[2].零状态响应是指若储能元件的初始状态为零,电路中的响应仅由外加激励信号引起的响应.

3.1 RC 零状态响应瞬态分析与测试

在学习活动中,用 Multisim12 中的瞬态分析功能,从中获得的学习成果为:电压、电流响应曲线;电压瞬时值、时间常数;影响过渡过程快慢因素.引领学生刻苦学习,科学严谨做学问,养成求真务实的工匠精神、开拓创新的科学思维.

(1) 设计搭建如图 1 所示的仿真电路

设置电容的初始值为零,输出取自电容两端电压 u_C ,计算时间常数为 $\tau = RC = 10 \text{ ms}$.

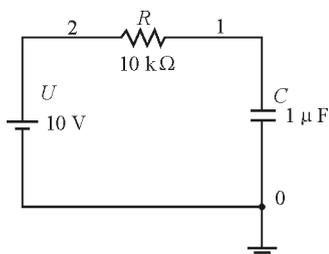


图 1 RC 零状态响应仿真电路

(2) 选择瞬态分析按钮进行暂态仿真分析

启动菜单命令“Simulate/Analyses/Transient Analysis”^[3],即单击以下按钮:仿真→分析→瞬态分析,在弹出的 Analysis Parameter(分析参数)选项设置对话框中,选择初始条件为置零,设置仿真起始、终止时间分别为零和 0.08 s,最大时间步长设置为 0.01 s,在 Output(输出)选项中设置分析的输出节点为 V1.单击 Simulate 按钮运行仿真,进行暂态仿真分析,得出如图 2 所示的 $u_C(t)$ (电容电压的瞬时值)零状态响应曲线.

图中横轴表示时间单位为 ms,两条竖线表示两个读数游标.将鼠标指向读数游标带数字标号的三角处并拖动,可测试时间和电压值.左边读数游标和曲线交点处坐标值为(10 ms, 6.32 V),测得的时间即为时间常数 $\tau = 10 \text{ ms}$ (测试读数图略).

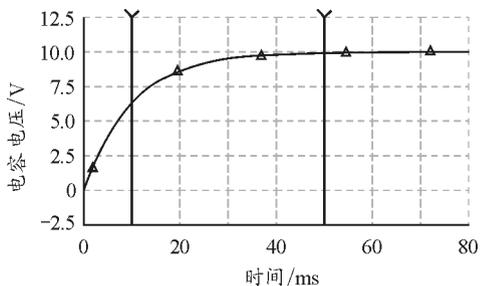


图 2 RC 零状态响应电容电压波形

从波形图上看:电容器的电压从零按指数规律上升,最终趋于稳定值,即电源电压 10 V.

从仿真结果可得,时间常数越大,电容电压增长越缓慢,零状态响应曲线越平缓,过渡时间越长;反之,时间常数越小,过渡过程所用时间越短.

RC 电路的零状态响应,可看成是一个电源向电容充电的过程,电容储能从无到有的增长过程,充电快慢,取决于时间常数的大小.

(3) 观看电阻两端电压响应波形

将图 1 中的电阻和电容的位置互换,输出取自电阻两端的电压 u_R ,电路参数及瞬态分析设置的参数都不变化,再运行瞬态分析仿真按钮,得到电阻电压响应波形如图 3 所示.从图中看出,随着时间的增加,电阻电压则逐渐降低,其随着时间的增加而成指数衰减,当时间在 $30 \sim 50 \text{ ms}$ 时,电阻电压趋近于零,说明动态电路的暂态过程结束而进入新的稳定状态,此时电容电压等于电源电压.

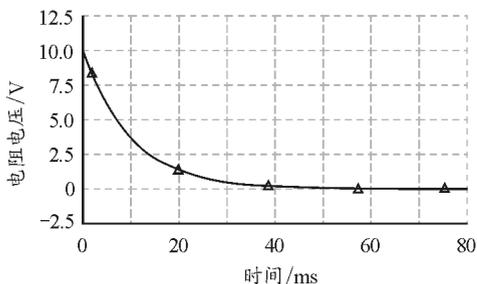


图3 RC 零状态响应电阻电压波形

由电阻电压波形,引导学生得出电容充电电流随着时间的增加而成指数衰减。

3.2 测试分析电容与电阻两端的电压

在图2、图3中,拖动游标运行到 1τ 、 3τ 、 5τ 、 6τ 时刻的位置,即10 ms、30 ms、50 ms、60 ms时刻的位置,分别检测电容与电阻的电压值(瞬态测试电压的读数图略),检测的数据如表1所示。

表1 电路瞬态分析仿真检测数据

t/ms	$t \approx 1\tau$	$t \approx 3\tau$	$t \approx 5\tau$	$t \approx 6\tau$
	9.972 0	30.073 0	49.927 0	60.081 3
u_C/V	6.292 7	9.506 5	9.927 2	9.982 8
u_R/V	3.707 3	0.493 5	0.067 7	0.024 7

由数据可得:随着时间的增加,电容电压将逐渐升高,电阻电压逐渐降低,二者瞬时值满足KVL定律,如 $(9.506 5 + 0.493 5) \text{ V} = 10.000 0 \text{ V}$;电容电压从起始时刻至 1τ 、 3τ 、 5τ 时刻,电容已分别充电至新稳态幅值10 V的约60%、95%、99%与理论计算数值基本一致;从仿真数据得出经过时间常数的3~5倍时,过渡过程即将结束。

3.3 理论计算值和检测值分析比较

从理论上再分析零状态响应,实现理论和实践相统一,拓展知识的应用.学习成果的获得是由直观认识的实践操作上升到理论计算分析,由量变到质变,熟悉动态电路的过渡过程在实际工程中具有直接的实用意义.过渡过程这一物理现象客观存在,要用辩证的观点分析利用规律.如电容充电过程和投入电机运行的磁绕组接入电源的升磁过程,汽车点火系统,电网断电电压不立即消失,有线圈的动态电路当开关断开瞬间产生高压等。

在RC动态电路中,换路时电容上的电压不能突变,电路接通直流电压源的过程也就是电源通过

电阻对电容充电的过程.在充电过程中,电源输出的能量一部分转换成电场能量储存在电容中,一部分被电阻转换为热能消耗。

零状态响应各变量瞬时值都随时间在变化,电容、电阻电压响应公式分别为

$$u_C(t) = U_S(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) (\text{V}) (t \geq 0)$$

$$u_R(t) = U_S - u_C(t) = U_S e^{-\frac{t}{\tau}} (\text{V}) (t \geq 0)$$

将 $t = 1\tau$ 代入 $u_C(t)$ 公式得

$$u_C(t) = U_S(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) =$$

$$10 \times (1 - 2.718 28^{-1}) \text{ V} \approx 6.32 \text{ V}$$

理论上电容电压上升到稳态值的63.2%所需时间是时间常数,和仿真测试数值相同。

同理,将 $t = 3\tau$ 、 5τ 、 6τ 分别代入电容电压响应公式,求出电压值分别为9.5021 V、9.9326 V、9.975 2 V;再将 $t = 1\tau$ 、 3τ 、 5τ 、 6τ 分别代入电阻电压响应公式,计算求得电压值分别为:3.6788 V、0.497 9 V、0.067 4 V、0.024 8 V,分析数据得出仿真检测的数值和理论计算值几乎相同。

4 结束语

电路分析课程以课程思政理念为指导,以理论和实践同步情景化的学习方式,以直观操作的“成果”为主线,自教、自学、自评同步运行^[4].学生动手操作能增强对客观规律的认识,激励学生自主创新.学习活动中秉持“踏实、认真、求实”的探索精神,熟悉电路的原理、定律与分析方法,夯实基础,形成专业技能,提升学生的敬业精神和劳动素质。

电路分析课程坚持立德树人的教育理念,重在价值引领、能力培养与知识传授三者相融合.将思政元素贯穿于理论课、实训课、作业、考核评量等环节,始终贯穿唯物辩证法普遍联系的观点、发展的观点、理论和实践相统一等哲学观点,使学生在思想上励志要学好知识,形成不断创新的思维意识,指导将来的工作和生活。

参考文献

- [1] 王序. 课程思政融入常微分方程课堂教学的有益实践[J]. 现代职业教育, 2022(14): 144 - 147.
- [2] 甘祥根. 电路分析基础[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2012: 182.
- [3] 刘贵栋, 张玉军. 电工电子技术 Multisim 仿真实践[M].

哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013:41.

[J]. 新时代教育,2021(7):32.

[4] 李广志,张明芹. 基于课程思政理念组合逻辑仿真设计

RC Circuit Response Simulation Analysis under the Ideological and Political Concept

ZHANG Mingqin LI Guangzhi

(School of General Education, Heilongjiang Vocational College, Harbin, Heilongjiang 150080)

Abstract: The course of circuit analysis in higher vocational education is guided by the idea of ideological and political education of curriculum, and uses the teaching mode of "Results-oriented + action learning" to perceive the teaching process and improve the learning effect. Using simulation to analyze dynamic circuits, combining theory with practice, cultivating students' scientific analytical methods, seek truth from facts and innovative engineering thinking, and enhancing their ability to use software to design and make application circuits, to solve practical problems and realize scientific and technological innovation to revitalize the countryside.

Key words: ideological and political education of curriculum; RC dynamic circuit; zero state response; transient analysis; simulation analysis

(上接第 100 页)

(7) 对“竖直向下”更深入的理解. 若以整个地球的视角来研究,生活中所见的水平面并不是平面,而是球面. 重力的方向便不是固定的,而是始终垂直于水平面向下,指向地心.

4 实验设计的优点

(1) 整个装置除水龙头外,其他部件均为透明材料,不仅美观大方,还能够使学生完整地看到水从储水瓶至水管,再从水龙头缓慢流出的整个过程,便于知识的系统理解.

(2) 用水流轨迹方向能够直观地显示重力的方向,无需借助绳子拉力来显示方向、也不需要储备二力平衡的知识,使学生对重力方向的认识自然顺畅、水到渠成,没有思维转化的障碍,便于学生对重力方向的理解.

(3) 可以取下的透明亚克力板能够让学生清晰立体地看到不同方向物体所受重力的方向,将抽象的方向可视化,便于学生更加深刻地认识到重力方向的特点——都平行向下,指向同一个方向.

(4) 透明水槽不仅仅有承接水管中流下水的作用,还能够提供一个一体化的水平面,通过调节垫板

的高度,改变水槽的放置角度,借助直角三角板的两条直角边,能够直观的得出重力的方向始终垂直于水平面向下,即重力的方向是“竖直向下”的结论.

(5) 在“探究重力的方向”时,可以任意改变水管或水槽的角度多次测量,使实验结果更具有普遍性和严谨性.

5 结束语

物理演示实验在教学中承载着活跃课堂气氛、提高学生注意力、提高学习兴趣、理解物理规律、提高思维水平等重要作用^[3]. 物理是一门以实验为基础的自然科学,实验则是学生理解物理知识最主要的方式. 日常教学中,教师在开发和演示实验时,要能充分认识学生的认知起点,对器材进行合理的加工改进,才能够大大增强学生的参与感和体验性,便于对基础概念的完整建构,实现物理的深度学习.

参考文献

- [1] 欧燕秋. 基于深度学习的概念教学初探——以“重力”教学为例[J]. 物理教学探讨,2022,40(3):10-12.
- [2] 梁荣君. 刍议“重力方向”的处理及其教学改进[J]. 中学物理,2019,37(4):52-53.
- [3] 彭梦华. 中学物理实验研究[M]. 北京:高等教育出版社,2016:50-52.