

The 3D Visual Teaching Study in the Course of Electrical Machine and Electrical Drive[#]

Zheng Li^{1,2*}, Wenhuan Yang¹, Kun Xia¹, Tieshuan Li¹

¹College of Computer and Electrical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

²College of Mechanical and Electronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai

Email: Li_zheng@usst.edu.cn

Received: May 2nd, 2011; revised: May 8th, 2011; accepted: May 13th, 2011.

Abstract: The computer simulation technology became an important method in pedagogy development. The finite element analysis software named Maxwell was applicable to the electromagnetism field analysis in electrical engineering. The electromagnetism model was involved in the course of *Electrical Machine and Electrical Drive*, and the results were made into an animation. The principle of electrical machine was clearly exhibited to the student, and the interest of the students was stirred up, thus the teaching quality was raised. The teaching practice showed the Maxwell software was effective in the electrical engineering education.

Keywords: Maxwell; Electromagnetism; Electrical Machine and Electrical Drive; the Finite Element Analysis

电机与拖动基础课程中的三维可视化的辅助教学研究[#]

李正^{1,2*}, 杨文焕¹, 夏鲲¹, 李铁栓¹

¹上海理工大学计算机与电气工程学院, 上海

²上海大学机电工程与自动化学院, 上海

Email: Li_zheng@usst.edu.cn

收稿日期: 2011年5月2日; 修回日期: 2011年5月8日; 录用日期: 2011年5月13日

摘要: 计算机仿真技术成为高等教育教学发展的一个重要技术手段, 有限元分析软件 Maxwell 适用于电机的电磁场仿真分析。按电机与拖动基础课程教材中涉及的电机类型建立相应的电磁仿真模型, 并将仿真的结果做成动画。电机运动原理就清晰地展现给了学生, 这样有利于激发学生的学习兴趣, 从而提高了教学质量。教学实践表明 Maxwell 软件在电机与拖动基础课程中的辅助教学行之有效。

关键词: Maxwell; 电磁场仿真; 电机与拖动基础; 有限元分析

1. 引言

本近年来, 计算机仿真技术成为高等教育教学发展的一个重要技术手段, 许多大学都用计算机仿真软件进行辅助教学。美国学者 Frederick C. Berry、Philip S. DiPiazza 和 Susan L. Sauer 于 2003 年提出采用新智能技术的交互式课程教学模式在教学改革中起推动作用

[#]资助信息: 上海理工大学核心课程建设项目基金的资助。

用, 如计算机仿真技术、多媒体技术、虚拟现实技术、计算机辅助设计技术等^[1]。上海大学黄苏融等人于 2005 年运用 Maxwell 软件进行混合励磁盘式电机的有限元分析设计^[2]。刘国强等人于 2005 年编著了《Ansoft 工程电磁场有限元分析》一书, 详细介绍了 Maxwell 软件使用方法^[3]。以色列学者 Naftaly Dov 于 2006 年指出了在电学和物理学中使用计算机仿真和动画有助于提高教学质量^[4]。新疆大学何山等人于 2008 年将有

限元软件 ANSYS 应用在电机教学中, 通过动画表明了旋转磁场和静态磁场的形成和分布, 便于学生理解和学习^[5]。

本文作者于 2008 年编著了教材《电机与拖动基础》^[6], 在此基础上, 本文提出以 Maxwell 软件为仿真平台, 根据课程教学要求, 将课程教材中涉及的电机类型建立相应的电磁仿真模型, 并将仿真的结果做成动画, 在课堂教学中播放电机内磁场变化的动画, 生动形象地展现了电机的电磁暂态过程。电机的三维结构部件的动画播放, 学生更容易理解电机的原理。同时, 也可以将 Maxwell 软件的操作使用过程做成动画, 学生可以随时学习 Maxwell 软件操作, 这样有利于提高学生的学习兴趣, 从而提高了教学质量, 培养了学生的分析问题解决问题的能力。

2. 有限元分析 Maxwell 软件与电机设计

Maxwell 2D/3D 是 Ansoft 公司机电系统设计解决方案的重要组成部分。Maxwell 2D 是一个功能强大、结果精确、易于使用的二维电磁场有限元分析软件。它包括电场、静磁场、涡流场、瞬态场和温度场分析模块, 可以用来分析电机、传感器、变压器、永磁设备、激励器等电磁装置的静态、稳态瞬态、正常工况和故障工况的特性。它包含了自上而下执行的用户界面、领先的自适应网格剖分技术、用户定义材料库等特点。Maxwell 2D 在易用性上遥遥领先, 具有高性能矩阵求解器。Maxwell 3D 包括 Maxwell 2D 所有的模块并新增了 3D 应力场分析模块。

电磁分析软件 Maxwell 的应用领域包括电机、电力电子、交直流传动、电源、电力系统、汽车、航空、航天、船舶、军事等。已经在通用电气、Rockwell、ABB、西门子、通用汽车、宝马、NASA 等世界知名企业及机构得到广泛应用和验证。

3. 3D 可视化的电磁仿真辅助教学设计

3.1. 3D 可视化电磁仿真辅助教学设计的目的

《电机与拖动基础》理论涉及面宽, 学科发展历史悠久, 有系统的经典理论, 对于电机的诸多问题的研究必须进行综合分析, 这对于基础知识薄弱又不善于将各学科进行综合的大多数学习者来讲是具有挑战

性的。由于传统的教学过多地依赖于课堂教学, 学习电机课程显得抽象而枯燥, 导致理论与对象的脱节, 削弱了学习者对研究各种电机应有的兴趣和自学的动力。Maxwell 软件仿真刚好可以弥补这些不足。Maxwell 软件仿真不像实践实验有教学时间限制, 学生安装好软件后随时可以做仿真研究。

3.2. 3D 可视化电磁仿真辅助教学设计的内容

《电机与拖动基础》是电气工程及其自动化专业的一门专业基础课, 主要研究电机与电力拖动系统的基本理论, 也研究其联系到生产实际和科学实验的内容。通过本课程的学习, 学生应掌握电机与拖动的基本理论、基本分析方法和基本实验技能。为学习后续课程和从事专业工作打下坚实的基础。本课程具有概念多、理论性强、与工程实际联系密切的特点, 因此学习本课程对培养学生具有科学的思维能力, 以及使学生树立理论联系实际的工程观点等方面都有着重要的作用。

《电机与拖动基础》基本内容有: 电机中的电磁学、电力拖动系统动力学、变压器、直流电机原理及其电力拖动、交流绕组的电动势和磁动势、三相异步电机的原理及各种运行方式、交流电机拖动系统的速度调节、同步电动机的运行原理、电力拖动系统电动机的选择, 控制电机、特种电机等。

电磁仿真辅助教学设计内容如表 1 所示。

Table 1. The teaching item of the electromagnetism simulation
表 1. 电磁仿真辅助教学设计项目

项目名称	项目内容
项目 1	直流电机的电磁仿真
项目 2	变压器的电磁仿真
项目 3	三相鼠笼式异步电动机的电磁仿真
项目 4	三相绕线式异步电动机的电磁仿真
项目 5	同步电动机的电磁仿真
项目 6	永磁同步电动机 PMSM 的电磁仿真
项目 7	永磁无刷直流电动机 BLDM 的电磁仿真
项目 8	开关磁阻电机 SRM 的电磁仿真
项目 9	步进电机的电磁仿真
项目 10	直线感应电机 LIM 的电磁仿真

3.3. 3D 可视化电磁仿真辅助教学设计的实例分析

Maxwell 2D 软件进行两维电磁场分析，图 1 表示了简单直流电机的定子磁力线分布，图 2 表示了简单直流电机的转子磁力线分布。Maxwell 3D 软件进行三维电机建模及电磁场分析。图 3 表示了简单直流电机的电磁场分布云图，图 4 表示了直流电机的三维结构示意图，图 5 表示了鼠笼式异步电机的三维结构示意图，图 6 表示了同步电机的三维结构示意图，图 7 表示了永磁同步电机的三维结构示意图。图 8 和图 9 分别表示了无刷直流电机的二维和三维电磁场分布云图。

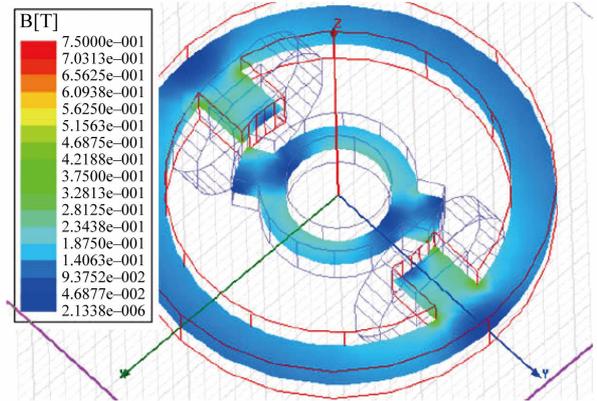


Figure 3. The electromagnetic cloud atlas of the simple DC machine
图 3. 简单直流电机的电磁场分布云图

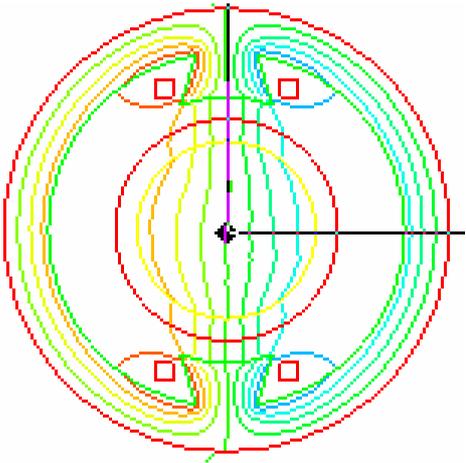


Figure 1. The flux lines of the stator in the simple DC machine
图 1. 简单直流电机的定子磁力线分布

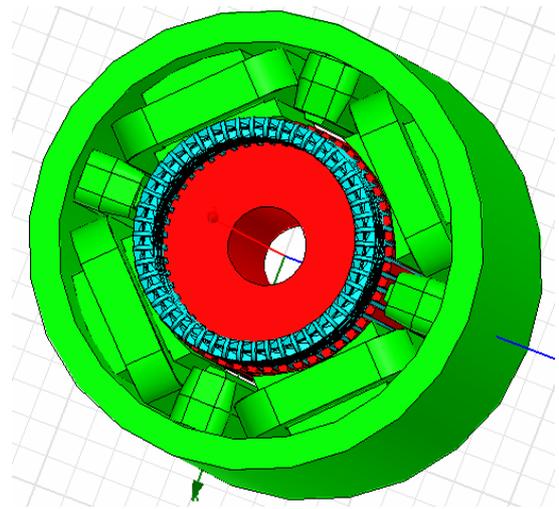


Figure 4. The 3D structure of the DC machine
图 4. 直流电机的三维结构示意图

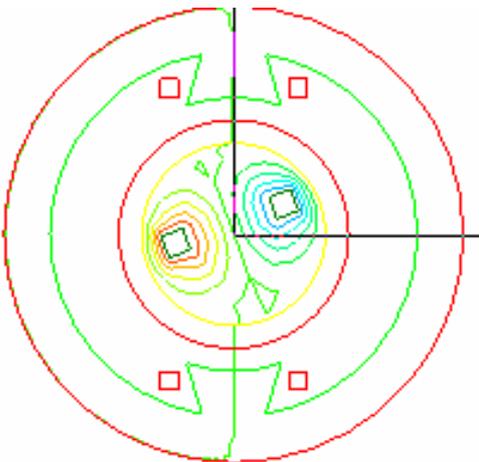


Figure 2. The flux lines of the rotor in simple DC machine
图 2. 简单直流电机的转子磁力线分布

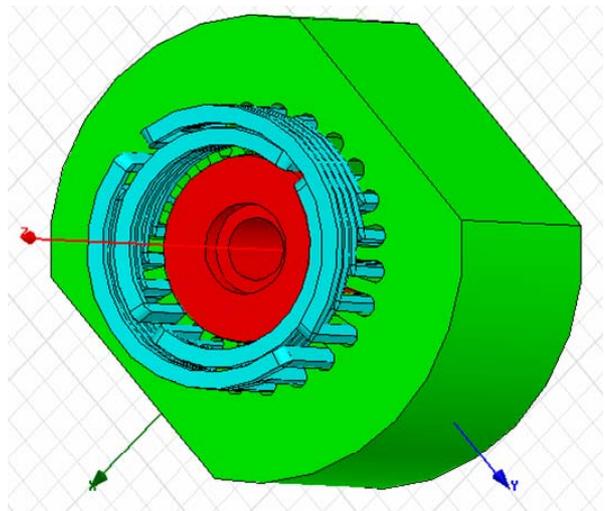


Figure 5. The 3D structure of the AC motor
图 5. 鼠笼式异步电机的三维结构示意图

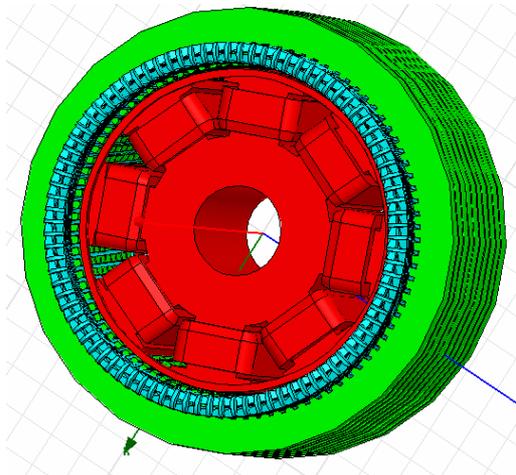


Figure 6. The 3D structure of the synchronous motor
图 6. 同步电机的三维结构示意图

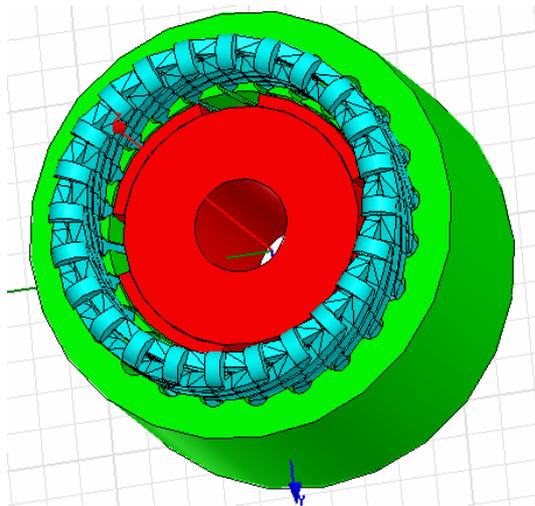


Figure 7. The 3D structure of the synchronous motor with magnetism
图 7. 永磁同步电机的三维结构示意图

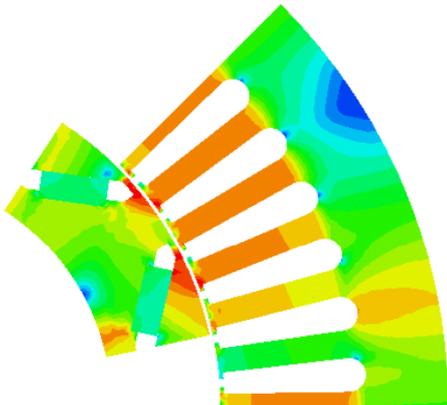


Figure 8. The 2D electromagnetic cloud atlas of the BLDC
图 8. 无刷直流电机的二维电磁场分布云图

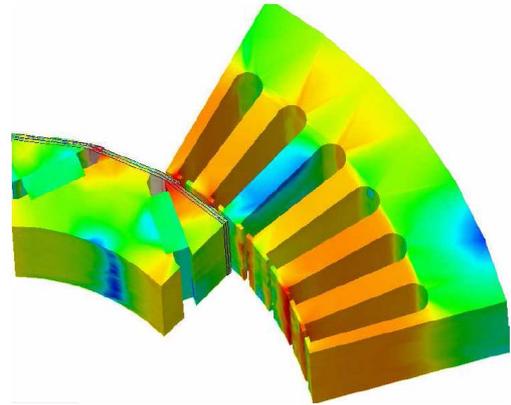


Figure 9. The 3D electromagnetic cloud atlas of the BLDC
图 9. 无刷直流电机的三维电磁场分布云图

4. 电磁仿真辅助教学设计的特点

电磁仿真辅助教学是提高学生对本专业知识的系统的应用能力，因此具有如下特色：

(1) 使学生能了解电机系统设计的完整过程和各个环节；

(2) 培养学生理论联系实际的设计思想，训练学生综合运用“电气工程及其自动化专业”的理论和运用现代仿真工具解决实际问题的能力；

(3) 培养学生综合应用电、磁、计算机等知识解决问题的能力；

(4) 通过 3~4 人共同完成一项仿真实验任务，培养学生协作精神和认识协作的重要性；

(5) 通过设计、仿真调试、撰写仿真实验报告等过程，培养学生工程师的基本素质。

5. 结语

通过对电机与拖动基础课程和 Maxwell 软件的教学实践，充分调动了学生积极性、主动性、创造性，不仅使学生能掌握电机与拖动基础课程的基本理论、基本知识和基本技能，而且学会了 Maxwell 软件的应用，更重要的是培养了学生发现问题、解决问题的能力 and 创新能力。教学实践表明 Maxwell 软件在电机与拖动基础课程中的辅助教学行之有效。

6. 致谢

感谢上海理工大学核心课程建设项目基金的支持。

参考文献 (References)

- [1] F. C. Berry, P. S. DiPiazza, and S. L. Sauer. The future of electrical and computer engineering education. *IEEE Transactions on Education*, 2003, 46(4): 467-476.
- [2] 潘凤琰, 张琪, 黄苏融等. 混合励磁盘式电机的有限元分析[J]. *微特电机*, 2005, 33(1): 13-15.
- [3] 刘国强, 赵凌志, 蒋继娅. *Ansoft 工程电磁场有限元分析*[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] N. Dov, M. Frank. Work in progress: Implementing computerized simulations and animations in teaching: Improving and advancing the instruction of electricity and physics in Israeli Institutes of Higher Education. *36th Annual Frontiers in Education Conference*, 2006: 15-16.
- [5] 何山, 李勇伟, 黄嵩. 有限元软件在电机教学中的应用[J]. *现代教育技术*, 2008, 18(3): 125-128.
- [6] 杨文焕, 李正. *电机与拖动基础*[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.