

# 基于 Ansoft 的电磁场实验仿真软件研发

郝 丽

(清华大学 电机系, 电力系统国家重点实验室, 北京 100084)

**摘 要:** 为了帮助学生更好地理解电磁场抽象的理论知识, 开发了与电磁场实验相配套的仿真软件——电磁场实验仿真软件。该软件是基于 Ansoft 有限元软件开发的第三方教学工具软件, 用户界面用 C# 语言编写实现。软件的功能包括“仿真结果查看”和“交互式学习”两部分。该软件针对电磁场实验中涉及到的一些场的模型进行仿真计算, 通过展示彩色的云图、矢量图和动画等计算结果, 帮助学生建立对电磁场现象更加形象和直观的认识。学生可以将实验测量结果、解析公式和仿真计算结果进行对比分析。理论、实验测量和仿真计算三者相结合, 可以帮助学生建立完整的电磁分析的思维体系。

**关键词:** 实验仿真软件; 电磁场; 交互式学习; Ansoft

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4956(2013)09-0104-03

## Research and development of simulation software for experiments of electromagnetic field based on Ansoft

Hao Li

(State Key Laboratory of Electric Power System, Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** In order to help students get better understandings on the electromagnetic field, the software, named “Electromagnetic experiments simulation software,” is developed based on Ansoft and its user interface is written in C#. The software has two parts which are “simulation results view” and “interactive learning.” The numerical calculation models towards the electromagnetic field experiments are set up and the simulations are completed with the software. Calculation results are shown in the software, such as colored cloud images, vector graphics and animations. The software can help students to establish a more visual and intuitive understanding of the phenomenon of electromagnetic fields. Students can also compare the experimental results with the simulation results provided by the software.

**Key words:** experimental simulation software; electromagnetic field; interactive learning; Ansoft

电磁场课程是电类专业的专业基础课, 具有重要的学科地位。分析电磁现象的方法和理论是电类专业学生掌握专业知识和技能的基础<sup>[1]</sup>。但是, 由于电磁场看不见, 摸不着, 概念非常抽象, 而且电磁场理论数学公式多, 容易让学生望而生畏<sup>[2-12]</sup>。

清华大学电机系电磁场课程多年以来一直坚持开设实验环节。目前开发出了与实验相配套的仿真软件——电磁场实验仿真软件, 并对实验中涉及到的一些场的模型进行仿真计算, 利用计算结果(彩色的场图和动画)可以更好地帮助学生理解电磁场。

收稿日期: 2013-01-07

作者简介: 郝丽(1981—), 女, 山西运城, 工学硕士, 工程师, 主要从事电子实验教学及其课程建设工作。

E-mail: haol02@mails. tsinghua. edu. cn

## 1 电磁场实验仿真软件的开发

电磁场实验仿真软件是基于 Ansoft 14 有限元软件平台开发的第三方教学工具软件, 本软件的用户界面和数据接口等功能是用 C# 语言编写实现的。

Ansoft 是目前成熟的商业有限元仿真软件, 在电磁领域中应用非常广泛。经过大量的实例验证, Ansoft 的计算结果是可靠的, 后处理功能也非常丰富。同时 Ansoft 软件除了界面操作, 还提供宏命令的功能, 这样就为实现基于 Ansoft 平台来开发第三方工具软件提供了可能。

该软件包括“仿真计算结果查看”和“交互式学习”2 个部分。

### 1.1 仿真计算结果查看

在“仿真计算结果查看”模块中分别给出了当前开设的 6 个实验模型的彩色云图、矢量场图和动画显示等结果,整体界面如图 1 所示。这 6 个实验模型分别是:汇流条转角处恒定电场、同轴电缆静电场模拟、偏心电缆静电场模拟、空心螺线圈的磁场、带铁心的螺线圈磁场和磁悬浮。

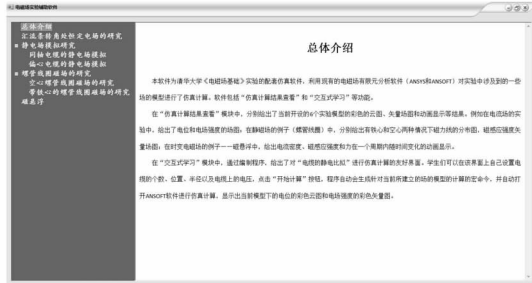


图 1 仿真计算结果查看界面

对于每个实验,都先展示出实验装置的实物照片,然后给出进行有限元仿真计算的模型,最后给出计算结果。下面以实验“汇流条转角处恒定电场的研究”为例来进行说明。界面如图 2 所示,其中第 1 幅图为实验装置的照片,有做实验需要用到的 L 形水槽、电压源和万用表等实验装置和仪器;第 2 幅图为有限元计算模型,由于具有平行平面场的特性,建立了一个 L 形的二维模型;第 3 幅图为网格剖分情况;第 4 幅图为计算结果,显示的是电位的分布云图。而此实验的测量任务就是画出等位线,这样学生在完成实验以后,可以将自己的测量结果与软件的仿真结果进行对比分析。

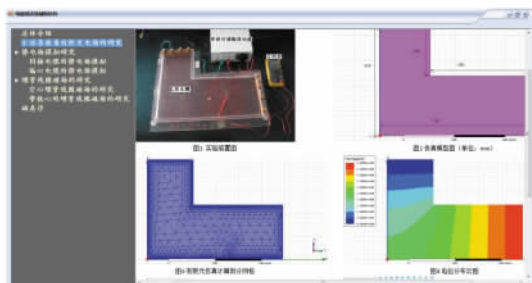


图 2 汇流条转角处恒定电场的研究界面

### 1.2 交互式学习

在“交互式学习”模块中给出了对“电缆的静电比拟”实验进行仿真计算的友好界面,如图 3 所示。

界面的右侧是 2 张“电缆的静电比拟”实验装置的照片,有做实验需要用到的内圆柱电极、外圆壳电极、电压源和万用表等实验装置和仪器,界面的中间部分是建立的仿真模型的示意图。

界面左侧是仿真模型参数设置区,学生可以在该

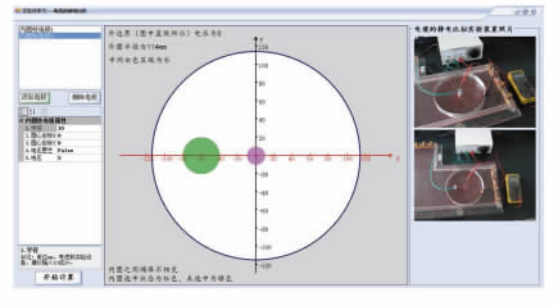


图 3 交互式学习界面

区域设置电缆的个数、位置、半径以及电缆上的电压。在界面左侧的上方有 2 个按钮,分别是“添加电极”和“删除电极”。点击“添加电极”,按钮上方的选单(菜单)中会出现“内圆柱电极 1”,按钮下方的选单中会出现该电极的属性设置,包括半径、位置以及电压等参数,同时中间的仿真模型示意区会出现一个红色的圆,圆的大小和位置由左边选单中的参数来确定,再次点击“添加电极”按钮,可以生成新的电极;若要删除电极,选中要删的电极,点击“删除电极”按钮即可。当前选中的电极在中间的示意图中用红色表示,而未被选中的以绿色表示。

模型参数设置完成以后,点击左下方的“开始计算”按钮,程序会自动生成针对当前建立的场模型计算的宏命令,并自动打开 Ansoft 运行生成的宏命令进行仿真计算(如图 4 所示),最终显示出当前模型的仿真计算结果(如图 5 所示),包括电位的彩色云图和电场强度的彩色矢量图等。

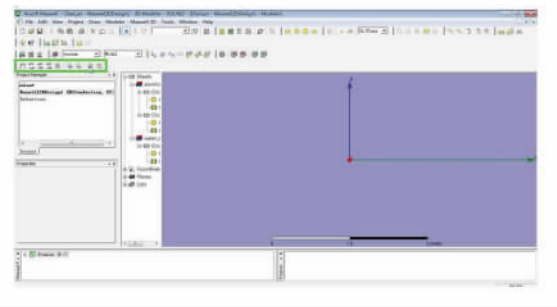


图 4 ANSOFT 运行环境

## 2 结束语

“仿真计算结果查看”模块提供的“彩色的场图和动画”可以帮助学生对电磁场现象建立起更加形象和直观的认识。“交互式学习”模块为学生得到仿真计算结果提供了友好的界面和非常方便、快速的途径。以磁悬浮为例:虽然具有实验装置,但是对于铝板中感应电流形状看不见,学生还是难以想象,而利用仿真软件画出铝板中感应的电流的矢量图,可以帮助学生建立

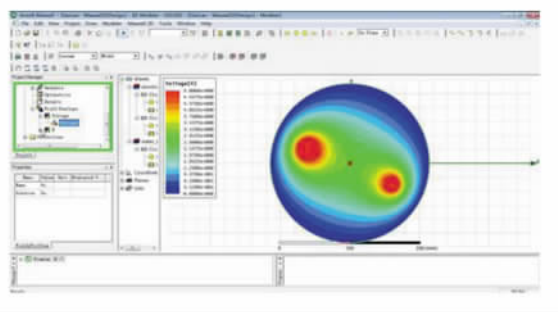


图5 仿真计算结果

起更加直观、清楚的认识。因此,仿真计算结果和实验配套起来更能加深学生对此电磁场现象的理解。

另外,学生可以将实验测量结果与解析公式和仿真计算结果进行对比分析。以空心螺线管线圈的实验为例:目前实验指导书上对空心的螺线管线圈提供了相应的理论推导,给出磁感应强度计算的解析公式,而现在将仿真计算结果添加进来,使理论、实验测量和仿真计算三者相结合,帮助学生建立了完整的电磁分析的思维体系,达到了教学目的。

(上接第 103 页)



图7 在客户机 pc2 邮件客户端接收邮件

(9) 用 nslookup 命令来诊断域名系统 (DNS) 信息是否正确。在 pc1 和 pc2 的“命令提示符”中用 nslookup 命令分别查看各个服务器的配置是否正确;如果错误,再查看是什么原因造成的。

以上详细介绍了基于 Cisco Packet Tracer 软件的 DNS 服务器实验设计过程。在给海南大学 2009/2010 两级信息安全专业本科生安排的精心设计的计算机网络实验课程中,包括了 DNS 服务器实验设计的实验内容。根据学生的反映,基于 Cisco Packet Tracer 软件的实验教学可以提供较好的教学效果。

## 5 结束语

在本实验设计中,笔者采用 Cisco Packet Tracer 软件构建了 DNS 实验平台的教学方法,突出了主要的知识点,尽量降低了教学难度,可以有效地促进学生对 DNS 实验的分析和理解,增强学生的实验兴趣。通过教学实践证明,该方法具有较好的教学效果。

## 参考文献(References)

- [1] 马信山,张济世,王平. 电磁场基础[M]. 北京:清华大学出版社,1995.
- [2] 王先冲. 电磁场理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [3] 冯慈璋. 电磁场实验与演示[M]. 北京:高等教育出版社,1987.
- [4] 赵录怀. 电路与电磁场实验[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [5] 作者不详. 麻省理工公开课:电和磁[EB/OL]. [2012-12-12]. <http://v.163.com/special/opencourse/electricity.html>.
- [6] 肖春燕. 电磁场课程教学改革的研究[J]. 南京:电气电子教学学报,2010,32(1):29-31.
- [7] Hayt W H Jr, Buck J A. 工程电磁场[M]. 7 版. 北京:清华大学出版社,2009.
- [8] 周希朗,何广强,王君艳,等. 浅谈电磁场平台课的教学改革与实践[J]. 电气电子教学学报,2012,34(3):29-30.
- [9] 凌丹,王蕾. 电磁场与微波实验教学的改革[J]. 实验技术与管理,2010,27(9):115-117.
- [10] 宗卫华,曲晓云,王英,等. Matlab 在电磁场与电磁波实验教学中的应用[J]. 实验室研究与探索,2010,29(1):53-55.
- [11] 应柏青,李瑞程. 改进电磁场课程中的静电模拟实验[J]. 高校实验室工作研究,2005,86(4):8-12.
- [12] 高翠云,汪莉丽. 利用 MATLAB 进行电磁学计算及可视化教学[J]. 电气电子教学学报,2006,28(2):90-92.

## 参考文献(References)

- [1] 刘利强,陈凯文,周细义. 计算机网络实验教学的改革与实践[J]. 实验技术与管理,2007,24(12):118-125.
- [2] 姜枫. 计算机网络实验教程[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [3] 郭秋萍. 计算机网络技术实验教程[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- [4] 冯博琴. 计算机网络实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2011.
- [5] 何增颖,陈建锐. 基于虚拟技术的计算机实验教学[J]. 实验技术与管理,2012,29(1):79-82.
- [6] 李宏儒. 虚拟化技术在计算机实验教学中的应用[J]. 实验技术与管理,2010,27(5):90-92.
- [7] 赵曼,计宏. DNS 服务器的设计与实现[J]. 科技信息,2010(5):469,510.
- [8] 吴清秀,欧军. DNS 服务器设计与实现[J]. 计算机安全,2010(7):44-47.
- [9] 王彩云. 基于 windows 2003 构建 DNS 服务器的两种方法[J]. 电脑知识与技术,2012,8(2):288-290.
- [10] 符发,邢治杏,陈静. 计算机网络实验教学改革[J]. 实验科学与技术,2007(3):80-82.
- [11] 邢牧怡. DNS 安全系统设计与研究[J]. 电脑编程技艺与维护,2009(6):98-99.
- [12] 谭明佳. DNS 技术的应用分析[J]. 计算机工程与设计,2004,25(4):596-598.
- [13] 闫国栋,王鹏. 基于 WIN2000 SERVER 的 DNS 服务器的配置与实现[J]. 赤峰学院学报,2010,26(9):26-27.
- [14] 崔北亮. CCNA 认证指南[M]. 北京:电子工业出版社,2009:82-83.
- [15] 沈鑫刻,叶寒锋,刘鹏,等. 计算机网络安全学习辅导与实验指南[M]. 北京:清华大学出版社,2012:12-18.