

ETAP 软件在电力系统教学中的应用

摘要：电力系统相关课程概念抽象，而且难以采用实物操作或演示，学生理解起来存在较大困难，采用具有智能交互式图形用户界面的仿真软件能加深学生对电力系统概念的理解。文章介绍了商用电力系统仿真软件 ETAP，并以潮流分析为核心，根据某电力系统原型，采用单线图等可视化技术建模，演示了潮流计算，从而直观、生动地阐述了电力系统运行的基本概念。最后分析了在电力系统教学中引入 ETAP 的益处，同时提出了在利用 ETAP 仿真分析时应注意掌握计算理论和重视建模的准确性。

关键词：ETAP；电力系统；潮流分析；仿真实验

中图分类号：G642.0 文献标志码：A 文章编号：1674-9324（2015）26-0128-02

电力系统运行概念比较抽象，而且难以采用实物操作或演示，学生理解起来存在很大难度。通过形象的图形界面直观反映电力系统，可以加深学生对电力系统运行原理和过程的理解，因此利用可视化的仿真软件作为辅助教学工具，加深学生对电力系统概念的理解很有必要。ETAP 是一款能够满足教学和企业使用的图形界面友好、建模直观、运行方式多样并且功能强大的电力和电气系统分析软件。

一、ETAP 简介

ETAP (Electrical Transient Analysis Program) 是由美国 OTI 公



司 (Operation Technology Inc) 开发的面向企业应用的软件, 主要用于电力系统设计、模拟、运行、监测、控制、优化和自动化, 能够为企业 提供智能电力监测、能量管理、系统优化和自动化、实时预测等应用 方案。其采用单线图等可视化技术, 模拟电力系统的各种运行状态, 直 观地阐述了电力系统运行的基本概念。其智能交互式图形用户界面给使 用带来极大方便, 元件选择及运行方式等设置丰富全面, 可以满足各种 情况下的电力系统分析的需求。ETAP 除了基本的运行分析之外, 还包含 很多功能, 使其成为一款出色的商用电力系统分析软件, ETAP 的电力系 统基本功能包括潮流分析、短路分析、电动机起动分析、暂态稳定分析、 继电保护配合、谐波分析、接地网系统等[1]。计算结束后 ETAP 不但能 够在图中直观地显示出一些基本数据, 还能形成多份不同种类的详细数 据报告。

二、应用 ETAP 建模和演示潮流分析

电力系统的潮流计算是电力系统分析的基础, 课堂教学中往往注重 解析算法的推导或计算机算法原理的讲解, 而忽视了潮流分析的实际应 用。潮流分析的目的主要有: 在电力系统规划和设计中选择系统接线方 式、选择电气设备及导线截面、确定电力系统运行方式和研究电力系统 稳定性等[2-4]。使用 ETAP 软件可以方便地实现这些应用, 使学生对电 力系统研究的问题和方法有整体了解, 而不会淹没在各种计算中把握不 到电力系统分析和应用的方向。

1. 电力系统原型及其建模。ETAP 提供了便捷的图形化使用界面用于 建立单线图, 可以添加、删除、移动、连接、缩放、设置参数等。将各



元件模块选出来、连接并设置好参数，就可以建立基于 ETAP 的电力系统仿真模型。

本文采用辐射型网络主接线系统为原型建模，建好的模型如图 1 所示，发电机 G1 为平衡节点，额定电压为 18kV，电压相角为 0°，变压器 B1 的额定容量为 360MVA，变比为 18/121， $U_k\%=14.3$ ， $X/R=2.238$ ；变压器 T2、T3 的额定容量为 15MVA，变比为 110/11， $U_k\%=10.5$ ， $X/R=0.123$ ；线路 L1、L2 长度为 80km，电阻为 $0.21\ \Omega/\text{km}$ ，电抗为 $0.4160\ \Omega/\text{km}$ ，电纳为 $2.74\times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ ；负荷 F1：20+j15MVA，负荷 F2：28+j10MVA。

发电机 G1 的运行模式选择平衡节点，设置的有功和无功数值只是迭代时的初值。母线标称电压标示在图中。负荷 F1、F2 类型选择恒容量。

2. 潮流分析。ETAP 潮流分析模块计算电力系统中的母线电压、支路功率、电流和功率等，用户能够选择不同的计算方法来提高运行效率，如牛顿-拉夫逊法、快速解耦法。潮流计算结果可以在图中直观地显示出来，也可以查看结果输出报告。

在潮流分析运行模式下，点击运行，其结果如图 2 所示，其中红色数据是运行计算的结果，黑色箭头表示功率流向，图中显示了计算所得的各支路的有功功率、无功功率和母线电压。通过潮流结果分析器可以查看潮流分析的详细结果报告，在分析报告里可以选择查看通用信息、母线结果、支路结果、负荷、电源这五种报告类型，每个类型里面可以选择所需显示的潮流结果。图 3 是支路结果报告，显示了各支路的有功和无功潮流、电压降、有功和无功损耗。

ETAP 有详尽的越线报警功能，当有母线过压、负荷或电缆等过负荷



时，ETAP 潮流分析出现报警提示，根据此提示，更改电力系统元件或接线方式使系统运行正常，该功能为电力系统设计提供了方便。学生也可以通过更改参数设置或增减元件等方法观察比较仿真结果，进一步研究有功功率和无功功率的分布特点。

三、在教学实践中引入 ETAP

《电力工程基础》及《电力系统分析》对初学者而言是一门比较抽象的课程，其知识点多，各种计算比较复杂，课堂分章节讲授，更多拘泥于概念的认知和计算过程的强调，使得学生将大量时间花在公式的记忆上，难以对电力系统从整体上把握和全面理解，导致知识割裂，很多概念无法真正理解，不能与实际应用联系起来。不但挫伤了学生学习的兴趣，而且学习起来也十分困难。电力系统作业计算过程复杂，也难以在作业题中体现想要实现的目的。引入 ETAP 仿真，通过元件参数的设计及其自身提供的帮助文件中的解释，学生联系理论知识，可以直观地巩固电力系统中的一些基本概念，把各章节的知识连贯起来理解。ETAP 以可视化的方式建立模型，直观地反映要分析的问题，计算部分都由内部程序完成，使得授课的重心更多地放在模型建立和结果分析上。

ETAP 虽然能解决不少问题，但它只是一个工具，在教学生使用前应该要求学生掌握好电力工程基础知识和电力系统分析计算理论，这样实验课才能顺利进行。用 ETAP 软件做电力系统模型分析有相当大一部分工作是建立系统模型，模型的质量直接关系到实验分析的成败。为了保证模型的正确性，建模前要先弄清楚各元件的数学模型并了解软件中元件参数代表的含义[5]。



ETAP 软件是一款商业软件，与传统电力系统教学专用软件 MATLAB 电力系统仿真模块集 (SinPower Systems Blockset, PSB) 相比，具有更多的分析应用程序功能供用户选择，其元件的参数设置和系统控制方式也较为丰富，一方面它可以更好地解决实际电力及电气的问题，另一方面这对于学生掌握该软件的使用造成一定的难度。考虑到目前学生在本科阶段学习侧重于理论，使用的软件大多也偏向于教学应用类，远不能满足培养工科应用型人才的需求，要培养与国际接轨的工程类专业人才，有必要了解和学习使用复杂一些的商用软件。通常课堂实验的设置以验证性实验为多，通过校企合作，学校为学生提供了功能强大的 ETAP 软件作为实践学习的工具，如果充分利用好该软件，有利于激发教师和学生兴趣，还为学生进一步探索更广泛的电力系统的知识及其应用提供了平台。

四、结束语

电力系统是一门实践性很强的学科，系统规模庞大，算法复杂，很多概念和运行方式需要在大系统中模拟才能更透彻地理解。ETAP 基于直观的图形显示和封装的计算运行，可以帮助学生理解电力系统相关知识概念，加深对系统运行的认识，同时由于其功能强大，可以便于学生进一步探索研究相关问题。

参考文献：

[1]李广凯, 李庚银. 电力系统仿真软件综述[J]. 电气电子教学学报, 2005, (3) .

[2]唐志平. 供配电技术[M]. 北京：电子工业出版社，2013.



[3]孙丽华. 电力工程基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[4]李升. MATLAB 和 ETAP 电力系统仿真比较研究[J]. 南京工程学院学报: 自然科学版, 2006, 4 (2) .

[5]江玉蓉, 周焕森, 戴江江. 电力系统实用分析软件 ETAP 在教学中的应用[R]. 中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十六届学术年会暨中国电机工程学会电力系统专业委员会 2010 年年会, 2011.

