

基于 Matlab 的 Powergui 性能在电力工程教学中的应用

郭 琼^{1,2}

(1. 清华大学电机系, 北京 100084; 2 青海大学水电系, 西宁 810016)

摘要: 根据《电力系统分析》课程工程性较强的特点, 结合 Matlab 的 Powergui 模块的性能, 提出了将 Powergui 引入电力工程的教学, 并用实例分析了利用 Powergui 的图形化和交互功能在教学中不仅能使抽象的理论课生动、形象, 而且可以使使学生获得更具有实践意义的理论知识。同时, 教师也可以为学生设计一些与实际工程相关的复杂问题, 增强学生分析实际工程的能力。

关键词: Powergui; 线路模型; 教学

中图分类号: TM 714 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-8930(2004)02-0080-05

Using Power Graphical User Interface Capabilities of Matlab in Teaching of Power Engineering

GUO Qiong^{1,2}

(1. Dept of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2 Hydroelectric Department of Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract With the application of IT in the field of power system, computer aided design power system analysis tool software has played an important role in power system research and teaching. With the pragmatic feature of power system analysis and Powergui capabilities of Matlab, it is presented to introduce the Powergui into power system engineering class. By means of the graphics and interaction of Powergui, an example is provided which can not only visualize abstract theory, but also make students acquire the more practical knowledge. At the same time some complicated problems associated with actual engineering is designed, which can improve the ability of a student to analyze the actual engineering.

Key words: Powergui; line model; teaching

1 引言

Matlab 是由 Math Works 公司出版发行的著名数学软件。Matlab 一词由 matrix 和 laboratory 复合而成, 原意是矩阵实验室。现在的 Matlab 不仅仅是一个“矩阵实验室”了, 它已经被发展成为一种具有广泛前景的、全新的计算机高级编程语言, 有人称它为“第四代”计算机语言, 当前已成为美国和其他发达国家大学本科生、硕士生、博士生必备工具, 其优点是它不但有很好的助学性能, 而且有很好的教学性能。

2 Matlab 语言的特色

- (1) 具有强大数值计算和图形功能;
- (2) 可以在各种类型的常用计算机上运行, 即

Matlab 与机器类型和操作系统基本无关;

(3) Matlab 和其他语言的接口能够保证它可以和各种各样的强大计算机软件相结合, 发挥更大的作用;

(4) Matlab 语言具有较高的运算精度, 符合一般科学与工程科学运算的要求, 且计算结果在数值上是稳定的。

Matlab 是一个高度集成的软件系统, 它集科学与工程计算、图形可视化、图像处理、多媒体处理于一身, 并提供了实用的 Windows 图形界面设计方法, 使用户能设计出友好的图形界面^[1]。

3 Matlab 的 Powergui 模块功能简介

为了准确建立系统模型和进行仿真分析, Math Works 在 Matlab 中提供了系统模型图形输入与仿真工具——Simulink。Simulink 有两个明显

的功能: 仿真与连接。即用户只要根据所建立的数学模型和一些具体的模拟要求, 从模块库中拖放合适的模块组合在一起, 然后直接对系统仿真。这使复杂系统模型建立和仿真变得十分容易。

Simulink 中包含的电力系统模块集功能非常强大, 可以用于电路、电力电子系统、电机系统、电力传输等过程的仿真。它提供了一种类似电路建模的方式进行绘制, 在仿真前将其变化成状态方程描述的系统形式, 然后在 Simulink 下进行仿真。

电力系统图形化用户接口 (Powergui) 利用 Simulink 功能连接不同的电气元件, 是分析电力系统模型有效的图形化用户接口工具。可以拷贝此模块到系统模型窗口中, 然后双击模块打开功能菜单:

(1) Powergui 模块可以显示系统稳定状态的电流和电压及电路 (电感电流和电容电压) 所有的状态变量值;

(2) 为了执行仿真, Powergui 模块允许修改初始状态;

(3) Powergui 可以执行负载潮流的计算, 并且为了从稳态时开始仿真可以初始化包括三相电机在内的三相网络, 三相电机的类型为简化的同步电机、同步电机或异步电机模块;

(4) 当电路中出现阻抗测量模块时, Powergui 也可以显示阻抗随频率变化的波形;

(5) 如果用户拥有控制工具箱, Powergui 模块可以产生用户自己的系统的空间模块, 自动打开 LTI 相对于时域和频域的观测器接口;

(6) Powergui 可以产生扩展名为 rep 的结果报告文件, 这个文件包含测量模块、电源、非线性模块等系统的稳定状态值^[2]。

4 Powergui 模块性能应用实例

《电力系统分析》课程是“电力系统及其自动化”专业的主要专业课, 在教学计划中起着承前启后的作用。电力系统是由大量元件组成的复杂系统, 因而它的设计、建设、运行和发展是一项庞大的系统工程, 《电力系统分析》便是这项系统工程的理论基础, 它综合运用数学、物理、电路、电机、电子、自控和计算机等一系列学科的知识, 对电力系统的一些主要问题: 潮流、故障、稳定和运行调度进行分析计算。由于它研究的对象是实际的电力系统, 因此带有明显的工程特点。这意味着在教学中, 一方面要介绍很多工程实际中的知识和概念, 另一

方面在很多问题的处理上要从工程实际的角度出发, 进行适当的简化^[3]。

由于 Powergui 模块具有可视化的功能, 还具有一个非常优秀的特点: 改变系统中的参数, 可以通过图形来观察由于参数改变而引起的变化。这个特点可以进一步提高课堂上学生讨论和思考问题的积极性, 也可以帮助研究者进一步研究在复杂问题中不同参数对系统的影响及不同参数间的相互作用关系。

4.1 电力线路的数学模型

灵活地使用电力线路的数学模型是非常重要的, 它是《电力系统分析》课程的基础知识之一。如果仅仅用概念和文字介绍这些数学模型, 学生对它的理解停留在表面, 不能深入理解电力线路的特性和等值电路的用法。采用 Matlab 中的电力系统模块库中的电气元件仿真, 则能克服以往教学中的不足, Powergui 的特有功能, 更能使教学中以往不敢触及的问题得到扩展和深入。

输电线特性由 4 个参数表征: 导体电阻率引起的串联电阻 R , 相与地间漏电引起的并联电导 G , 导体周围磁场引起的串联电感 L 及导体之间电场引起的并联电容 C ^[4]。

通常将电力线路等值成均匀分布参数电路和 π 型等值电路, 均匀分布参数电路精确度较高, 而 π 型等值电路简单。严格说来, 电力线路的参数是均匀分布的, 即使是极短的一段线段, 都有相应大小的电阻、电抗、电纳、电导。但即使等值成如此复杂的线路, 也不能认为精确^[5]。

4.2 模型的设计

模型设计思路是: 既要反映电力线路等值模型的特点, 在电路中如何使用, 还要比较两种等值模型的精度, 从而得出两种模型的应用范围。

针对这种思想, 作者在介绍电力线路等值模型内容时利用 Simulink 设计了两条参数、长度一样, 位置对称的并联运行架空线路: 一条线路采用均匀分布参数进行等值; 另一条线路采用 π 型电路进行等值。用示波器分别观察这两条物理特性相同, 但数学模型不同的架空线路的电流、线路末端的电压的异同, 同时利用 Powergui 的“Impedance vs Frequency Measurement”性能观察等值输电线路随频率变化的阻抗特性, 使学生对输电线路的各项特性在理论上有一个更清晰的认识。由于架空线路一般都已经过完整的换位, 为了研究的方便且突出问题的重点, 该电路采用单相等值电路, 两条架空

线路分别选取了 100 km 和 600 km 的长度进行仿真。

4 3 仿真系统的实现

在 Comm and window 下键入 Powerlib, 打开

窗口后建立新文件, 用鼠标将要用到的图标拖放到新建的窗口文件, 然后将各模块连接, 构成图 1 所示的系统模拟框图。

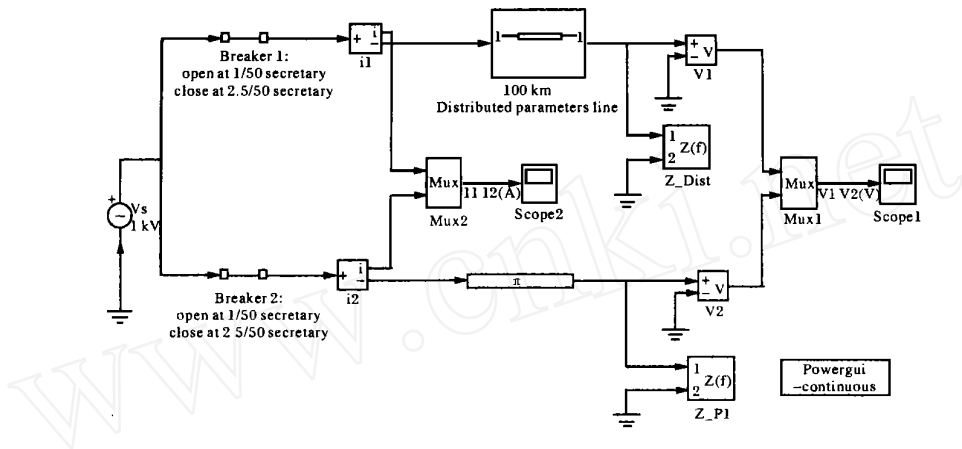


图 1 电力线路两种模型性能比较的仿真电路

Fig 1 Simulation circuit on performance comparison of two models for power transmission lines

4 4 仿真电路分析过程

操作界面如图 2 所示。

(1) 双击图 1 右下角的 Powergui 模块, 打开的

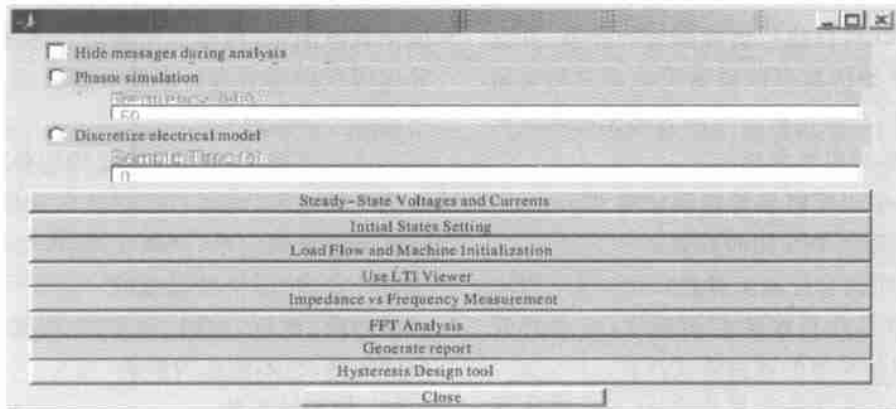


图 2 Powergui 的功能菜单

Fig 2 Function menu of Powergui

(2) 点击 “Steady-State Voltage and Currents”; 可以观察到所获得的两种线路模型上的电流和线路终端电压向量值是一样的 (图 3), 波

形图可通过图 1 的示波器观察。可见这两种模型在架空线路长度为 100 km 的条件下是可以等值的。



图 3 两种模型在线路中产生的电压、电流稳态值

Fig 3 Steady-state voltages and currents on the lines

(3) 点击 Powergui 的 “Impedance & Frequency Measurement” 项, 观察两种模型的阻

抗特性和相频特性, 通过图形可以看到两种模型在 0 ~ 750 Hz 的频率范围内有很好的近似。

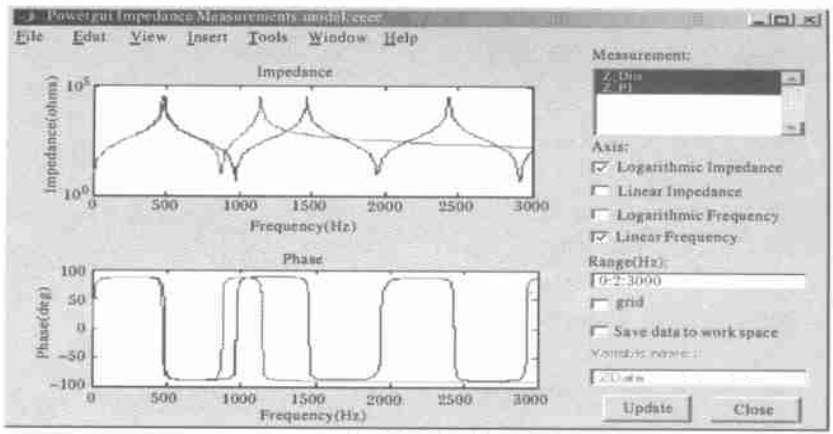


图 4 两种模型频域特性和相域特性的比较

Fig 4 Comparison of frequency-domain characteristic and angle-domain characteristic on models

(4) 分别双击图 1 的两种线路模型, 将线路的长度由 100 km 改为 600 km, 重复(1)至(3)的步骤, 重新仿真, 如图 5 可以观察到两种模型在线路中的电压和电流值已不等值。

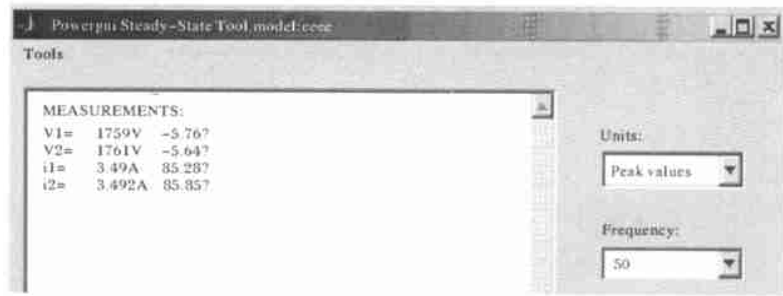


图 5 600 km 线路的两种线路模型的稳态值

Fig 5 Steady state values on 600 km line

(5) 为了对本题的整个仿真过程有一个清晰的认识, 还可以使用 Powergui 的“User LTI Viewer”性能观察输入输出变量, 并通过“Generate report”得到稳态计算的报告。

4.5 体会

在输电线路等值模型的教学过程中, 使用了 Matlab 的 Powergui 模块的图形可视化和交互功能。通过仿真电路, 改变关键参数观察该参数对整个系统的影响过程, 使学生对新知识印象深刻, 不仅使学生了解电气参数变化对电力系统运行的影响, 同时验证了书本的结论: 架空线长度不超过 300 km 时, 在某段频率范围内用 pi 型等值电路代替分布参数型等值电路不仅简化电路模型而且对分布型等值电路有一个较好的近似; 基于 Powergui 提供的可视化图形, 使学生对于交流电路中频率变化引起阻抗变化的这类抽象难懂的概念也有了深刻的理解。

5 总结

本文以《电力系统分析》课程中的电力线路的

数学模型为例, 介绍了 Matlab 的 Powergui 在电力工程教学中的应用, 利用 Matlab 的电力系统模块库可方便地对所研究的对象进行各种暂态和稳态数字仿真。依靠 Powergui 的图形化的帮助和交互仿真, 了解电气参数变化对电力系统分析、运行的影响, 验证理论分析结果, 可以加深学生对理论的理解和记忆, 同时引导学生进行更复杂的系统分析, 增加学生学习的兴趣。由于 Powergui 的帮助, 教师教学变得更加主动, 可以根据学生的学习情况设计较为复杂的、与实际工程密切相关的问题。

随着科学技术的不断发展, 各行各业对各类专业人才的计算机技能要求越来越高, 这就督促教师要加强这方面的教学内容。电力工程从教学角度来讲, 教学难度大, 学生不易掌握; 从实验角度讲, 由于现代电力系统是一个超高压、大容量、跨区域的巨大联合动力系统, 许多大型电力实验一则实际条件难以满足, 二则系统的安全运行也不允许进行实验。将 Matlab 的 Powergui 性能引入教学, 可以改变该课程在教学中以往面临的脱离实际工程的困难, 减少实验量, 提高教学趣味性。由于该软件是免



费软件, 语言非常简单, 将此软件介绍给学生有利于学生提高学习的自主性和学好各项工程课程^[7]。

参考文献:

[1] 薛定宇, 陈阳泉 基于Matlab/Simulink 的系统仿真技术与应用[M] 北京: 清华大学出版社, 2002

[2] MathWorks 公司 <http://www.mathworks.com>

[3] 陈怡 探索新体系形成新特色[J] 电力系统及其自动化学报, 1994, 6(3): 54- 58

[4] Prabha Kundur Power System Stability and Control [M] 北京: 中国电力出版社, 2002

[5] 陈衍 电力系统稳态分析[M] 北京: 中国电力出版社, 2000

[6] A sad A zem i, Christopher Stook Utilizing Matlab in undergraduate electric circuits courses [A] In:

Proceedings of the 26th Frontier in Education Conference Vol 1 [C] Salt Lake, UT: 1996 599- 603

[7] 彭疆南 Matlab 及其在电力系统仿真研究中的应用[J] 沈阳电力高等专科学校学报, 2000, 2(1): 28- 31

[8] A sad A zem i, Edw in Engin Yaz U sing graphical user interface capabilities of matlab in advanced electrical engineering courses [A] In: Proceeding of the 38th Conference on Decision & Control [C] Phoenix Arizona U SA: 1999 359- 361

[9] 王如玫, 石笑寒 关于电气专业基础课教学创新的讨论[J] 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(6): 82- 84

作者简介:

郭 琼(1969-), 女, 四川营山人, 硕士研究生, 讲师

(上接第 53 页)

络直接进行预测, 预测结果的比较见表 2。可见采用小波包分析的本文算法预测精度优于传统的 BP 神经网络方法。

表 1 各电力负荷分量的预测误差

Tab 1 Forecasting error of each power load component

电力负荷分量	MSE	MAPE/%	MaxPRE/%
wp30	61.094 7	0.475 68	1.100 1
wp31	29.228 8	15.54 0	200.17
wp32	0.392 1	20.425 5	255.542 9
wp33	80.612 1	108.494 1	683.805 9
wp34	36.882 5	131.146 9	590.795 3
wp35	11.608 6	2.677.481 2	-44.300.221 1
wp36	10.372 4	62.651 4	517.050 5
wp37	20.060 2	334.459 6	5.098.400 7

表 2 本文算法与 BP 神经网络预测结果比较

Tab 2 Comparison of forecasting results between the proposed algorithm and BP neural network

电力负荷预测算法	MAPE/%	MaxPRE/%
本文算法	1.180 1	-2.573 9
BP 神经网络	1.801 6	-4.508 8

6 结论

本文分析了小波包的特点及其在电力负荷预测中的优势, 提出了基于小波包分析的电力负荷预

测算法。算例表明利用本文算法可以将电力负荷数据分解为不同频率分量进行观察和预测, 而且总的预测精度优于传统的 BP 神经网络。

参考文献:

[1] 牛东晓, 邢棉, 谢宏, 等 短期电力负荷预测的小波神经元网络模型的研究[J] 电网技术, 1999, 23(4): 21 - 24

[2] 顾洁 应用小波分析进行短期负荷预测[J] 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(2): 40- 44

[3] 崔锦泰 小波分析导论[M] 西安: 西安交通大学出版社, 1997

[4] 谢宏, 陈志业, 牛东晓, 等 基于小波分解与气象因素影响的电力系统日负荷预测模型研究[J] 中国电机工程学报, 2001, 21(5): 5- 10

作者简介:

张大海(1973-), 男, 山东定陶人, 讲师, 博士, 主要从事电力自动化与小波理论研究;

江世芳(1936-), 男, 山东即墨人, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统继电保护研究。