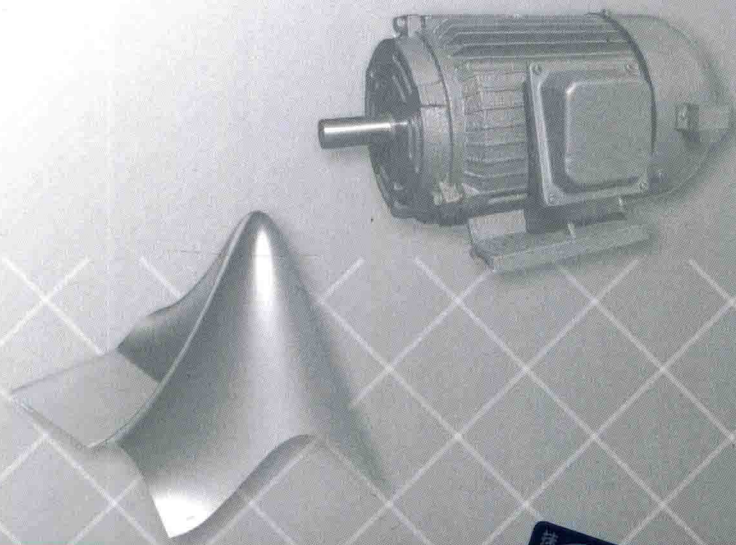


电机模型分析及拖动仿真

——基于MATLAB的现代方法

陈 众 编著



清华大学出版社

电机模型分析 及拖动仿真

——基于MATLAB的现代方法

陈 众 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以剖析 SimPowerSystems 电力系统工具箱电机模型为基础,介绍了使用状态方程描述直流电机和异步电机动态运行过程的基本方法,并在此基础上介绍了 MATLAB 的编程入门、电力系统有关的基本概念和常用变换方法等相关基础知识,最后以 MATLAB 的纯 M 文件形式,通过解算状态方程的形式,演示了直流电机和异步电机的工作特性、启动过程和相关控制的方法。

与传统的电机学或电力拖动教材不同,本书注重介绍电机的数学建模,所有电机运行特性和工作特性的图形绘制均以模型计算定量给出,便于读者深入学习相关概念。

本书可作为自动化和电力系统相关专业的本科和研究生教材,也可作为专业技术人员研究电机内部短路等复杂过程时的基础模型参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电机模型分析及拖动仿真:基于 MATLAB 的现代方法/陈众编著. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-48187-4

I. ①电… II. ①陈… III. ①电机—计算机仿真—Matlab 软件 IV. ①TM306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 209721 号

责任编辑:王一玲 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:22

字 数:533 千字

版 次:2017 年 9 月第 1 版

印 次:2017 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

产品编号:075789-01

“电机学”是电力系统及其自动化专业的主干课程,也是该专业师生普遍认为的一门难教难学的专业基础课。随着专业教学改革的深入,该课程学时大幅度减少,三相交流电、电磁耦合等抽象复杂的概念,越来越难以在规定课时内达到期望的教学效果。

与传统教科书将三相对称电路转换为单相电路的讨论方式不同,本书主要从数学建模的角度出发,通过电磁暂态方程来学习和研究电机,将传统教科书难以展现的电磁暂态过程,通过 MATLAB 编程形式实现时间相量、空间矢量的动态变化过程演示,使学生在学 MATLAB 电力系统工具箱 SimPowerSystems 的同时,也能够通过跟踪程序源代码的实现来了解电机的运行原理。

本书首先介绍了 MATLAB 编程基础,然后用程序实例演示了与三相交流电有关的基本概念和与电机控制密切相关的 Clarke 和 Park 变换等基础知识,接下来通过学习电力系统工具箱 SimPowerSystems 的直流电机和异步电机模型,深入学习由数学模型进入到仿真模型的基本过程,要求学生不仅要学会使用工具,而且要学会开发需要而没有现成模型的方法。最后以 MATLAB 的纯 M 文件形式,通过解算状态方程的形式,演示了直流电机和异步电机的工作特性、启动过程和相关控制的方法。

本书受国家重点研发计划项目“大型交直流混联电网运行控制和保护,课题 5: 含高密度新能源发电的电网源荷端动态响应与自愈控制(2016YFB0900605)”“湖南省教育厅高校创新平台开放基金项目: 基于 ART2wNF 网络的风向图式感知方法研究与应用(14k002)”“‘可再生能源电力技术’湖南省重点实验室开放基金: 基于 ART2wNF 网络的风机偏航系统自适应控制方法(2014ZNDL003)”的资助。

本书在撰写过程中,得到了长沙理工大学李晓松教授、王旭红教授的大力支持,研究生文亮、余思维、张丰鸣、罗通、伍雅娜参与了部分章节的文字编辑和程序编写工作,本科生胡真迈、黄雅婧、张特能、欧阳波、贺可意等人参与了后期的审核和文字修订工作。由于作者学识和编程水平有限,书中难免存在一些错误和瑕疵,敬请批评指正。

作者

2017 年 6 月于长沙

第 1 章 绪论	1
1.1 MATLAB 概述	1
1.2 Simulink 平台与 MATLAB 工具箱	2
1.2.1 Simulink 平台	2
1.2.2 MATLAB 工具箱	3
1.2.3 SimPowerSystems 工具箱	4
1.3 安装与启动	5
1.3.1 安装	5
1.3.2 启动 Simulink	5
1.3.3 启动 SimPowerSystems 工具库	7
1.4 MATLAB 在电力系统仿真和教学中的作用	8
1.4.1 电力系统仿真	8
1.4.2 在电力系统专业教学中的作用	9
1.5 本书的读者及其应具备的基本知识	10
第 2 章 MATLAB 编程基础	11
2.1 数据类型	11
2.1.1 整型	12
2.1.2 浮点数	12
2.1.3 逻辑	13
2.1.4 字符	15
2.1.5 日期和时间	17
2.1.6 结构体	18
2.1.7 单元格数组	20
2.1.8 函数句柄	21
2.2 基本语法规则	22
2.2.1 变量的使用	22
2.2.2 分支判断语句	24

2.2.3 循环语句	26
2.3 文件类型	27
2.4 小结	28
第3章 MATLAB 编程入门	29
3.1 基本绘图与变换	29
3.1.1 圆与椭圆	29
3.1.2 比例变换	31
3.1.3 旋转变换	33
3.1.4 二次型	34
3.2 函数应用	38
3.2.1 函数的定义	38
3.2.2 函数的输入与输出参数数量控制	39
3.3 小结	40
第4章 Simulink 基础	41
4.1 电路分析实例	41
4.1.1 二阶电路原型	41
4.1.2 二阶电路数学模型	42
4.2 基本建模过程	45
4.3 子系统与封装	50
4.3.1 创建子系统	50
4.3.2 封装子系统	51
4.4 小结	55
第5章 系统分析方法	56
5.1 时域分析	56
5.1.1 直接求解微分方程	56
5.1.2 拉普拉斯变换求解	57
5.2 频域分析	59
5.2.1 频率特性	59
5.2.2 伯德图	60
5.2.3 伯德图绘制方法	60
5.2.4 实例解读	63
5.3 小结	67
第6章 SimPowerSystems 基础	68
6.1 二阶电路分析	68
6.1.1 电路原型	68

6.1.2	搭建电路模型	68
6.1.3	仿真参数设定与运行	71
6.2	系统分析	72
6.2.1	电路的稳态分析	72
6.2.2	电路的暂态分析	73
6.2.3	电路的频域分析	74
6.3	输电系统等效电路与模型	80
6.3.1	简单的输电系统	80
6.3.2	输电系统仿真模型	81
6.3.3	系统状态分析	84
6.3.4	仿真方式比较	86
6.4	小结	91
第 7 章	电力相关基本概念	92
7.1	交流电的时间相量和空间矢量的概念	92
7.1.1	时间相量	92
7.1.2	空间矢量	104
7.2	容性与感性负载	108
7.2.1	电路原型	108
7.2.2	电容的特性	110
7.2.3	电感的特性	112
7.2.4	电压降低与无功交换	115
7.3	正序、负序和零序分量	118
7.3.1	相序的概念	118
7.3.2	正负零序的计算方法	119
7.4	小结	126
第 8 章	Clarke 变换和 Park 变换	128
8.1	Clarke 变换(3S/2S)	128
8.1.1	Clarke 变换	128
8.1.2	Clarke 变换仿真	131
8.2	Park 变换(3S/2R)	141
8.2.1	Park 变换的由来	141
8.2.2	经典 Park 变换	141
8.2.3	经典 Park 变换仿真模块	144
8.2.4	正交 Park 变换	149
8.2.5	正交 Park 变换等效性认证	151
8.3	工程上的 Park 变换	156
8.3.1	初始相对对变换结果的影响	156

8.3.2	频率波动对变换结果的影响	156
8.3.3	三相不对称对变换结果的影响	158
8.3.4	线电压/线电流作为输入	159
8.3.5	参考轴与有功无功解耦	162
8.4	小结	164
第9章	直流电机仿真模型	165
9.1	直流电机模块	165
9.2	励磁回路	166
9.3	电枢回路	167
9.4	机械部分	168
9.4.1	仿真模型	168
9.4.2	电磁转矩 T_e	168
9.4.3	转矩平衡方程	169
9.4.4	电枢电势 E_a	170
9.5	电机铭牌参数	171
9.6	仿真模型参数计算与设置	171
9.7	启动电流限制仿真	176
9.8	小结	179
第10章	直流电机工作特性与控制	180
10.1	工作特性	180
10.1.1	转速特性	180
10.1.2	转矩特性	181
10.1.3	效率特性	181
10.1.4	工作特性曲线绘制	181
10.2	直流电机启动控制	183
10.2.1	电枢回路串电阻启动	184
10.2.2	降压启动	186
10.3	启动过程仿真	186
10.3.1	状态方程编写	186
10.3.2	直接启动	187
10.3.3	串电阻启动	190
10.3.4	降压启动	193
10.4	直流电机调速仿真	196
10.4.1	改变电枢回路电阻调速	196
10.4.2	改变励磁电流调速	200
10.4.3	改变端电压调速	205
10.5	制动方式仿真	210

10.5.1	能耗制动	210
10.5.2	反接制动	214
10.6	小结	217
第 11 章	异步电机仿真模型	218
11.1	异步电机的 $dq0$ 分析	218
11.1.1	旋转磁场	218
11.1.2	定子静止坐标系变换	218
11.1.3	转子旋转坐标系变换	219
11.2	异步电机的电磁方程	220
11.2.1	ABC 静止相坐标系下数学模型	220
11.2.2	$dq0$ 坐标系下数学模型	223
11.3	异步电机的机械平衡方程	231
11.4	异步电机的仿真模型	232
11.4.1	模型内部参数初始化	232
11.4.2	电磁模型仿真	239
11.4.3	转矩平衡方程仿真	250
11.4.4	异步电机模型输出信号	251
11.5	小结	251
第 12 章	异步电机的运行与控制	253
12.1	等效电路	253
12.1.1	时空矢量图	253
12.1.2	T 型等效电路	264
12.1.3	Γ 型等效电路	269
12.2	参数测定	271
12.2.1	空载试验	271
12.2.2	短路试验	275
12.2.3	相关参数计算	278
12.3	工作特性	278
12.3.1	转差率特性	279
12.3.2	效率特性	279
12.3.3	功率因数特性	279
12.3.4	转矩特性	280
12.3.5	定子电流特性	280
12.3.6	工作特性曲线绘制	280
12.4	机械特性	285
12.4.1	电磁转矩与转速差关系	285
12.4.2	额定转矩与最大电磁转矩	285

12.4.3	启动转矩	288
12.4.4	最大电磁转矩与临界转速差	288
12.4.5	机械特性曲线绘制	290
12.5	启动过程仿真	292
12.5.1	启动过程中的问题	292
12.5.2	直接启动	293
12.5.3	降压启动	298
12.5.4	转子串电阻启动	306
12.6	调速过程仿真	315
12.6.1	基本原理	315
12.6.2	相关理论公式	315
12.6.3	绕线式转子的变阻调速	316
12.6.4	定子绕组的变压调速	319
12.6.5	变频调速	323
12.7	制动过程仿真	334
12.7.1	两相反接的反接制动	334
12.7.2	能耗制动	338
12.8	小结	338
	参考文献	339

绪 论

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 环境(或语言)由美国的 Cleve Moler 博士及其同事在美国国家科学基金的资助下于 1980 年研制成功。自 1980 年问世以来, MATLAB 以其学习简单、使用方便及其他高级语言所无可比拟的强大的矩阵处理功能越来越受到世人的关注。

MATLAB 是 MATrix LABoratory 的缩写, 早期主要用于现代控制中复杂的矩阵、向量的各种运算。控制理论领域的研究人员首先注意到了它的这一特点和巨大的发展潜力, 并在它的基础上开发了控制理论与 CAD 专门的应用程序集(即工具箱), 使得 MATLAB 在国际控制界很快地流行起来。

由于 MATLAB 提供了强大的矩阵处理和绘图功能, 且使用简单, 扩充方便, 因此很多专家不停地在自己的科研过程中扩充 MATLAB 的功能, 在自己擅长的领域用它编写了许多专门的 MATLAB 工具箱, 如控制系统工具箱(Control Systems Toolbox)、系统辨识工具箱(System Identification Toolbox)、信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox)、鲁棒控制工具箱(Robust Control Toolbox)、最优化工具箱(Optimization Toolbox)等。由于 MATLAB 功能的不断扩展, 因此现在的 MATLAB 已不仅仅局限于现代控制系统分析和综合应用, 它已成为国际控制界最流行、使用最广泛的系统仿真与计算工具。

可以毫不夸张地说, 你只要真正理解了一个工具箱, 那么就是理解了一门非常重要的科学知识。科研工作者通常可以通过 MATLAB 来学习某个领域的科学知识, 这就是 MATLAB 真正在全世界推广开来的原因。

在欧美大学里, 如应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书都把 MATLAB 作为内容。这几乎成了 20 世纪 90 年代教科书与旧版教科书的区别性标志。MATLAB 是攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具。

在国际学术界, MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多国际一流学术刊物上(尤其是信息科学刊物), 都可以看到 MATLAB 的应用。在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被认作进行高效研究、开发的首选软件工具, 如美国 National Instruments 公司信号测量、分析软件 LabVIEW, Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等, 或者直接建筑在 MATLAB 之上, 或者以 MATLAB 为主要支撑。又如 HP 公司的 VXI 硬件, TM 公司的 DSP, Gage 公司的各种硬卡、仪器等都接受 MATLAB 的支持。

可以说, 在我国的高等教育和研究中, MATLAB 成为本科生和研究生的必修课之一已经成为大势所趋。同时科研人员掌握这门工具对学习各门学科也都具有非常重要的推进作用。

1.2 Simulink 平台与 MATLAB 工具箱

1.2.1 Simulink 平台

MATLAB 产品体系的演化历程中最重要的一個体系变更是引入了 Simulink。这是一个可用于多个学科领域的、基于模型的、交互式操作的动态系统建模、仿真和分析集成环境。它支持线性、非线性(包括连续、离散或者混杂)系统的仿真和分析。

Simulink 是一个图形化的动态系统建模与仿真环境, 提供图形用户界面(GUI)对系统进行建模。采用鼠标拖曳方式用系统模块搭建模型, 其方便程度不亚于用纸和笔进行系统设计。而在这以前的仿真包, 则要求用语言或程序来描述动态系统的微分方程或差分方程式。

Simulink 有一套完整的模块集合, 包括 sinks、sources、linear and nonlinear components 和 connectors 等子模块库。它具有数百种预定义的系统环节模型, 精确可靠的积分算法和直观的图形建模工具。依托 Simulink 强健的仿真能力, 用户能够建立逼真的系统仿真模型, 对设计进行评估并及时修正错误。同时也能定制并且建立自己的模块库。

在 Simulink 中搭建的模型是可以分等级的, 可以使用由上至下或者由下至上的方式来搭建模型。首先在较高层次上观察系统, 然后双击对应模块进入模型的下一层次来了解模型的细节。这种方式有利于了解模型的组织结构及各部分是如何相互作用的。

它的出现使人们有可能考虑许多以前不得不做简化假设的非线性因素、随机因素, 从而大大提高了人们对非线性、随机动态系统的认知能力。其框图化的设计方式和良好的交互性, 对工程人员本身计算机操作与编程的熟练程度的要求降到了最低, 工程人员可以把更多的精力放到理论和技术的创新上去。近些年来, Simulink 已经成为了科研和工程人员用来对动态系统进行建模和仿真分析的最为广泛使用的软件包。

Simulink 主要应用在嵌入式系统的开发与模拟。Simulink 的主要特色在于将完整的模型基础设计环境的概念(Model-Based Design)导入复杂的设计项目, 如包含许多大型模型或涵盖多个设计团队的设计方案, 使这些横跨不同研发团队的工作, 在设计流程、实现和验证等工作方面的性能能够大为改善。尤其在控制、信号处理与通信等方面所增加的新功能, 让 Simulink 支持的应用范围更为广泛。

Simulink 包含许多新功能, 能支持更大型的、嵌入式系统开发项目。利用新的

Component-Based 的模型化和统一的 Data-Dictionary 管理的功能,研发团队能跨组织的、有效率地建立与分享多样的结构和子系统的设计。这项新功能也能大幅提升工程师于整合、模拟及优化的工作性能,尤其是优化内含数千种以上参数与模块的大型复杂模型时。

Forward Concepts 总经理 Will Strauss 表示,“MathWorks 所引进的 Model-Based Design 概念,一改传统并大幅提升嵌入式系统的开发方式,替换了以往纸本文件操作、实体化模型原型(Prototype)、手动转码等工作,以完整的 Model-Based Design 设计环境,让工程师在设计阶段即能用实际可行的模型进行去耦测试、模拟、自动产生代码,以及将测试与设计紧密地结合在一起,随时进行修正。”同时他也指出,借助将 Model-Based Design 设计环境带入大型开发项目中,因适应当前 Real-time 的需求,以及让不同工程团队能在一个共同平台上操作,Simulink 6 将让许多大型或跨组织的研发团队,在进行嵌入式系统的设计、实现与测试时如虎添翼。

Simulink 的最新版本也让工程师能够建立模型、模拟及实现于更多即时系统(Real-time)的形态与组件,包括无线射频电子系统及声音与图像处理系统等。此外,Simulink 也可实际应用于汽车、航天和工业设备的模型化和模拟工作。利用 Simulink 6 和 MATLAB 所支持的定点(Fix-point)数学运算,可以让更多的工程团队,也能进行支持定点设计的硬件和软件系统的设计。此外,这项最新版本也让 Simulink 的用户使用 MATLAB 语言的子系统来写演算法,并可利用 The MathWorks 的另一项软件工具 Real-time Workshop 来自动产生 C 代码。

The MathWorks 资深经理人 Jim Tung 指出,“Simulink 6 充分展现 The MathWorks 一贯对于工程师的承诺,始终致力于提供和满足工程师们对于建立与测试更复杂和高性能嵌入式系统之所需。”“借由支持更大型模型,也将控制与信号处理设计整合在一起,又增加了许多设计、实现与验证的新功能,Simulink 6 毋庸置疑地将是比较完整完美的 Model-Based Design 设计环境和系统模拟的最佳平台。”

1.2.2 MATLAB 工具箱

在 MATLAB 产品家族中,MATLAB 工具箱是整个体系的基座,它是一个语言编程型(M 语言)开发平台,提供了体系中其他工具所需要的集成环境(如 M 语言的解释器)。同时由于 MATLAB 对矩阵和线性代数的支持使得工具箱本身也具有强大的数学计算能力。MATLAB 工具箱的应用如图 1-1 所示。

在 MATLAB/Simulink 基本环境之上,MathWorks 公司为用户提供了丰富的扩展资源,也就是大量的工具箱(Toolbox)和模块集(Blockset)。从 1985 年推出第一个版本以后的近 20 年发展过程中,MATLAB 已经从单纯的 Fortran 数学函数库演变为多学科、多领域的函数包和模块库的提供者。用户在这样的平台上进行系统设计开发就相当于已经站在了巨人的肩膀上,众多行业中的专家、精英们的智慧结晶可以信手拈来。

同时,MATLAB 开放的体系结构允许用户在平台上进行自由扩展,目前在全世界范围内已经有大量商业的或者免费的 MATLAB 二次开发产品发布(如 FEMLAB 和 PSS)。换句话说,用户购买一套 MATLAB,获得的是世界范围的专家支持。而对于用户自己开发的算法包,MATLAB 也提供了包括 Compiler 应用发布和 Web 网络发布在内的众多方式的发布途径,使得用户一方面能够充分地利用 MATLAB 的算法资源形成技术成果,同时又可以

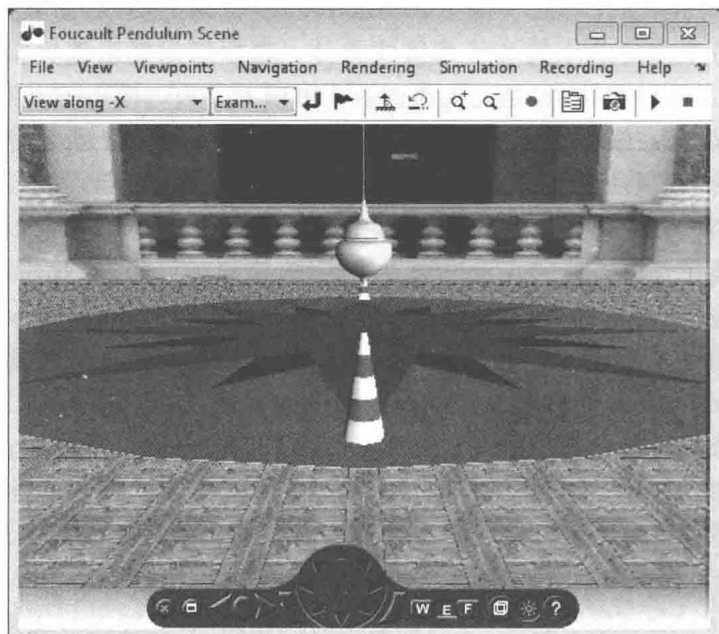


图 1-1 MATLAB 工具箱的应用

有效地保护自己的知识产权。

在这样一个产品体系中,我们可以看到,由于 MATLAB 及其丰富的 Toolbox 资源的支持,使得用户可以方便地进行具有开创性的建模与算法开发工作,并通过 MATLAB 强大的图形和可视化能力反映算法的性能和指标。所得到的算法则可以在 Simulink 环境中以模块化的方式实现,通过全系统建模,进行全系统的动态仿真以得到算法在系统中的动态验证。

1.2.3 SimPowerSystems 工具箱

SimPowerSystems 的模块函数库及模拟方法是由加拿大厂商 TransEnergie Technologies Inc. of Montreal 所开发的,该公司为即时电力系统模拟器解决方案的提供者,满足全世界多家电力系统及设备制造业界先驱厂商的模拟设计需求。

SimPowerSystems 为电子和电力工程师提供了一套能在 Simulink 环境下建立并同时模拟电力系统及其控制器模型的最有效工具。这项最新版本工具箱建立于物理模型架构之上,能提供一个功能强大的软件环境,以协助许多产业的工程师在建造昂贵的实体原型之前,预先分析与了解电力系统。

SimPowerSystems 包含了电力系统中根据电磁和机电暂态方程建立的一般元件数学模型,其模块函数库内建了多种电子电力网络中常见的零组件及相关设备,并采用电力系统的标准图标表示。它为电力系统的发电、输电、配电系统的设计提供了强有力的解决方案。

SimPowerSystems 可协助用户在 Simulink 环境下建立及模拟电子电力系统,提供强大功能对电力系统的发电、输送、分配与消耗等进行建模。对于复杂而又独立的电力系统(如汽车、飞机、工厂与电力设施)来说,它无疑也是一个理想的工具。利用 SimPowerSystems,工程师可以建立并模拟复杂、自给自足的电力系统,大幅节省了时间与预算成本,并提升了

系统性能。

1.3 安装与启动

2004 年底, Mathwoks 公司宣布 R14 新版产品 (Release 14 with Service Pack 1 CD, R14SP1) 在全球正式上市。该新版本为 R14 全面改版产品, 包含针对 MATLAB 7、Simulink 6 的功能更新与其他 66 项产品更新, 以及 R14 所发表的两项新产品, 其中包括 SimPowerSystems 4 版本。

1.3.1 安装

MATLAB 的安装非常简单, 运行 Setup 后, 输入正确的序列号, 选择好安装路径和安装的模块, 然后一直按 Enter 键即可。启动后安装界面如图 1-2 所示。

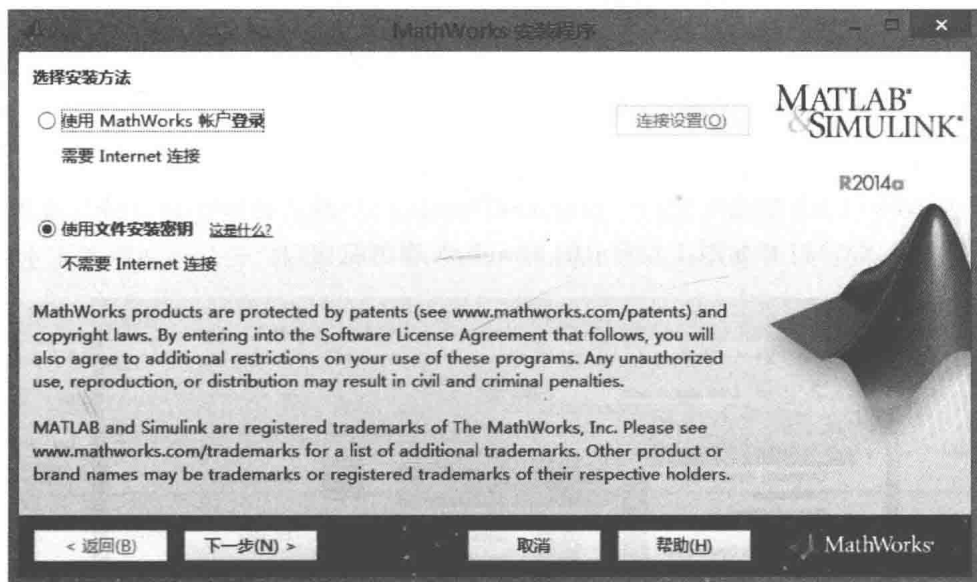


图 1-2 MATLAB 2014 安装界面

这里有一点要注意的是, 由于不同操作系统设置, 可能会出现一些相关提示, 如在 Windows 98 下安装会提示 MATLAB Web Server 等选项不能使用, 原因是该功能需 Web 服务器的支持。

如果已安装 MATLAB, 但找不到对应工具箱, 只需要重新执行安装, 选中对应工具箱即可, 如图 1-3 所示。

越高版本的 MATLAB 对计算机系统的要求也越高。根据所选的是 32 位还是 64 位的 MATLAB, 由于需要对应不同的系统, 对计算机也有一定要求。因此根据自身情况选择适合的版本安装, 最好是在操作系统初安装后就安装, 避免出现意外。

1.3.2 启动 Simulink

Simulink 提供了一个建立控制系统的方框图, 并对系统进行模拟仿真的环境。启动过

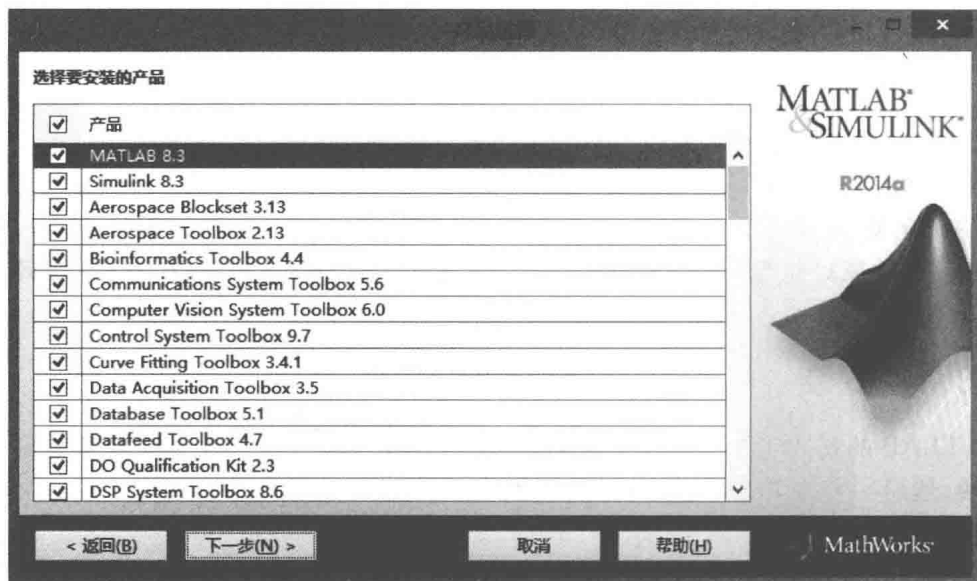



图 1-3 安装 SimPowerSystems 工具箱

程如下。

(1) 在 MATLAB 的命令窗口(Command Window)中输入命令“simulink”,或单击工具栏中的  图标,即可打开如图 1-4 所示的 Simulink 库浏览窗口。

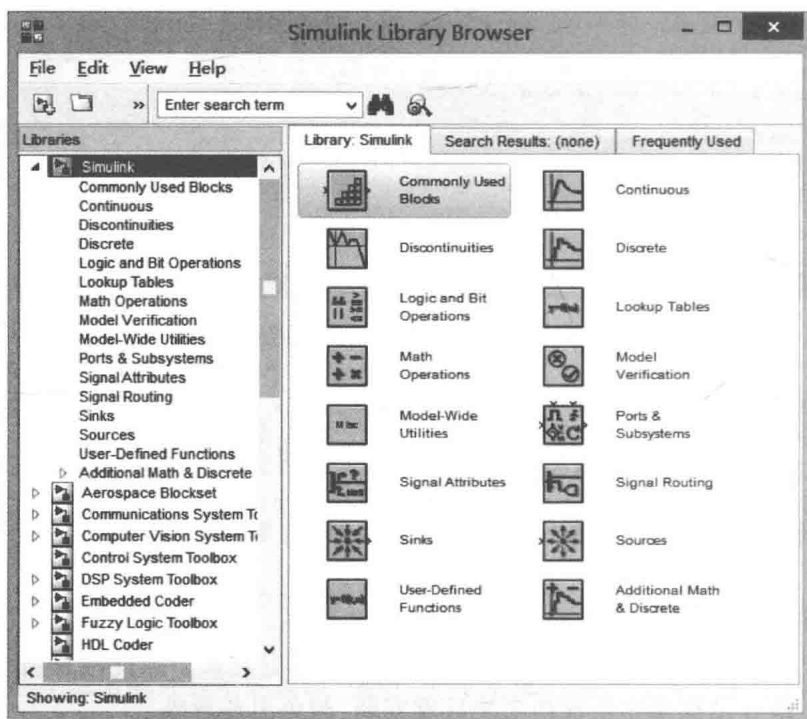


图 1-4 Simulink 库浏览窗口

(2) 右击图 1-4 中的 Simulink,选择打开 Simulink 工具箱(Open the Simulink Library),可得到图 1-5 所示的 Simulink 窗口。

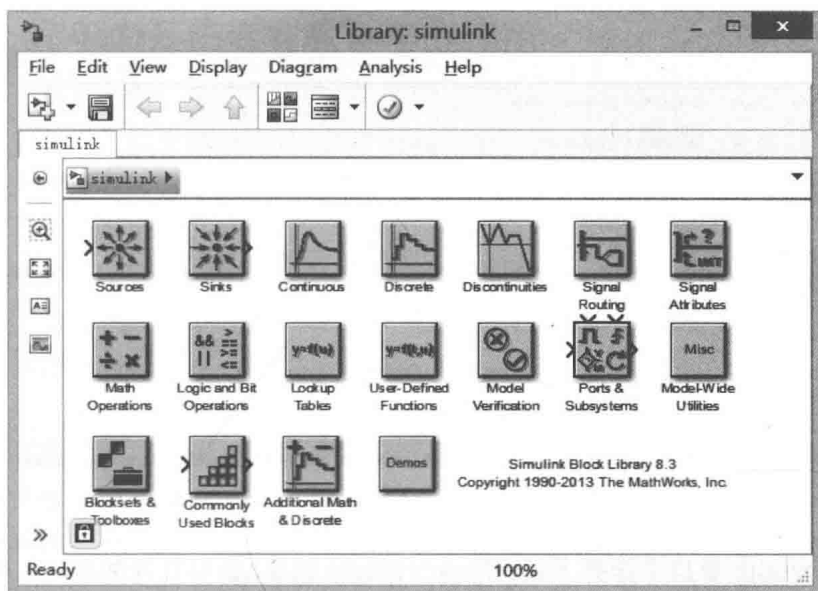


图 1-5 Simulink 窗口

(3) 在 Simulink 窗口或 Simulink 库浏览窗口中选择 File→New→Model 选项, 打开如图 1-6 所示的模型编辑窗口, 即可开始利用 MATLAB 中的工具箱进行系统建模。也可在系统的主页选项框中选择“新建”→Simulink→Simulink Model 选项, 完成本步骤操作。

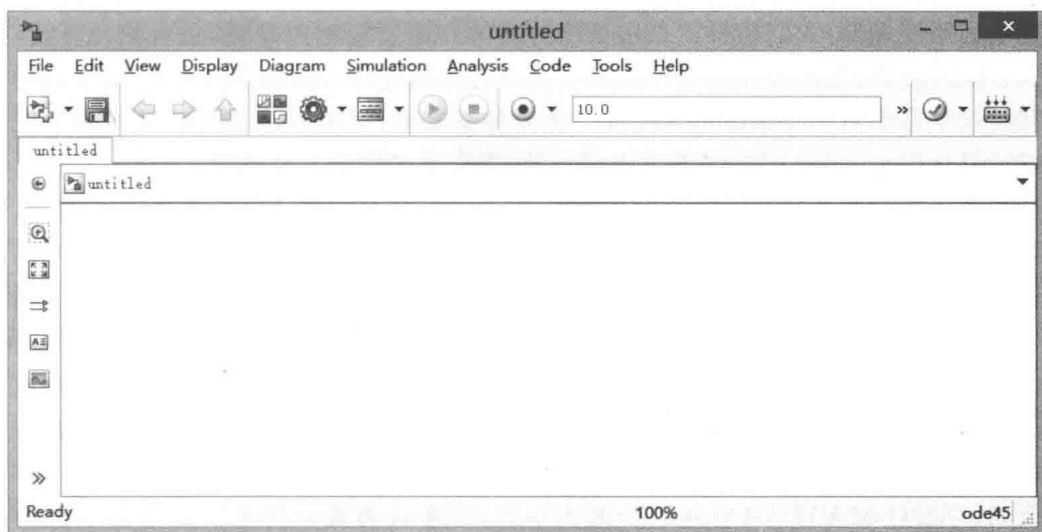


图 1-6 模型编辑窗口

1.3.3 启动 SimPowerSystems 工具箱

SimPowerSystems 工具箱的图形交互界面利用 Simulink 具备功能扩展性来完成不同电力模块的相互连接。电力系统相关元件集中在名为 Powerlib 的专业模块库中。

启动 SimPowerSystems 工具箱进行系统建模的过程如下。

(1) 在 MATLAB 命令窗口中输入“powerlib”, 将出现容纳不同电力系统子模块的