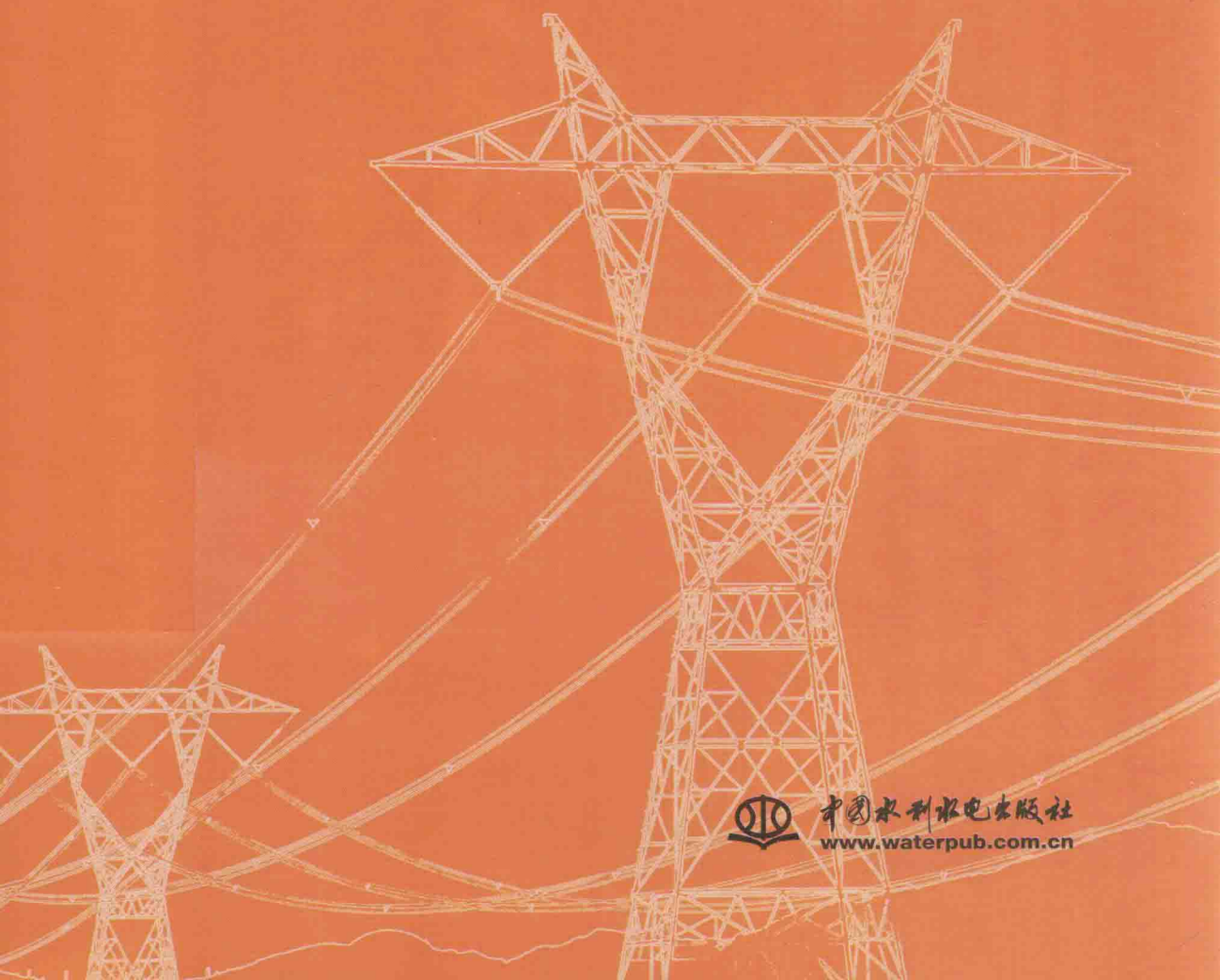




普通高等教育“十二五”规划教材

电力电子技术与运动 控制系统综合实验教程

主编 周京华 张贵辰 章小卫



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

电力电子技术与运动 控制系统综合实验教程

主编 周京华 张贵辰 章小卫



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是电气工程专业《电力电子技术》《运动控制系统》等相关课程的实验教材,内容主要分为电力电子技术实验、直流调速系统实验、交流调速系统实验、全数字化调速实验系统以及运动控制系统课程设计。各实验指导教师可根据实际课程教学大纲,对实验内容进行选择及调整,培养学生利用理论知识分析实际问题的能力。

本书可以作为全日制高等院校电气类专业(电气工程及其自动化、新能源科学与工程、自动化等)《电力电子技术》《电力拖动自动控制系统》《运动控制系统》《交直流调速系统》等课程的实验指导书,也可供研究生、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术与运动控制系统综合实验教程 / 周京华, 张贵辰, 章小卫主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 10
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2614-3

I. ①电… II. ①周… ②张… ③章… III. ①电力电子技术—高等学校—教材②自动控制系统—高等学校—教材 IV. ①TM1②TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第236716号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 电力电子技术与运动控制系统综合实验教程
作 者	主编 周京华 张贵辰 章小卫
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 8.5印张 202千字
版 次	2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	18.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书是根据电气工程专业《电力电子技术》、《运动控制系统》课程的实验教学大纲要求，配合课程教材《电力电子技术》、《直流调速系统》、《交流调速系统》、《电力拖动控制系统》编写的实验教材，供电气类相关专业的学生使用。

本书内容具有以下特点：①课程内容紧密配合教学体系改革和实验教学改革的要求；②内容详细完整，能与大多数高等学校的机电实验设备配套；③引进基于 Matlab 的计算机仿真技术，丰富学生实验手段，使学生深入理解所学习的理论知识。

本书由周京华、张贵辰、章小卫编写。

本书的编写及出版得到 2013 年北方工业大学校级教改重点项目、2013 年北方工业大学自动化专业综合改革项目、2014 年北方工业大学实验室建设项目的资助。

由于编者水平有限，编写时间又很仓促，书中难免存在疏漏及错误，敬请广大读者批评指正。

编者

2014 年 6 月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 《电力电子技术》课程特点与基本要求	1
1.2 《运动控制系统》课程特点与基本要求	1
1.3 实验特点和要求	2
1.4 实验预习	2
1.5 实验过程及注意事项	3
1.6 实验报告的要求	3
第 2 章 Matlab 在电力电子技术及运动控制系统中的应用	5
2.1 Simulink 仿真模块的操作及使用	6
2.2 子系统的制作与封装	20
第 3 章 电力电子技术与运动控制系统实验单元	23
3.1 给定与给定积分单元 LY101	23
3.2 零速封锁、速度调节器及速度反馈单元 LY102	24
3.3 电流调节器、电流反馈及反向器单元 LY103	25
3.4 转矩和零电流电平检测及逻辑控制电路单元 LY104	26
3.5 三相脉冲移相触发单元 LY105	27
3.6 锯齿波移相触发单元 LY106	28
3.7 PI 调节电容箱单元 LY107	29
3.8 单相交流调压触发电路单元 LY109	30
3.9 负载实验挂箱单元 LY112	31
3.10 电源面板单元 LY121	31
3.11 测量仪表面板单元 LY122	32
3.12 两组可控整流桥单元 LY123	32
3.13 控制电源面板单元 LY124	33
3.14 交流变频面板单元 LY125	34

第4章 电力电子技术实验	35
4.1 全控型电力电子器件特性与驱动电路	35
4.2 晶闸管锯齿波同步移相触发电路	39
4.3 单相桥式全控整流电路	50
4.4 三相半波整流电路	54
4.5 三相桥式全控整流电路	57
4.6 单相交流调压电路	64
4.7 三相逆变电源实验	66
4.8 电力电子技术综合设计及仿真	68
第5章 直流调速系统实验	70
5.1 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定	70
5.2 晶闸管直流调速系统主要单元调试	74
5.3 速度负反馈单闭环晶闸管不可逆直流调速系统	75
5.4 双闭环晶闸管不可逆直流调速系统	83
5.5 逻辑无环流可逆直流调速系统	87
第6章 交流调速系统实验	90
6.1 双闭环三相异步电动机调压调速系统	90
6.2 双闭环三相异步电动机串级调速系统	92
第7章 全数字化调速实验系统	95
7.1 三相异步电动机变频调速系统	95
7.2 直流PWM可逆调速系统	101
第8章 运动控制系统课程设计	104
8.1 课程设计题目及设计要求	104
8.2 课程设计内容	105
8.3 系统的计算机仿真	106
8.4 课程设计提交的成果材料	106
第9章 模块化电力电子技术综合实训平台	107
9.1 实训平台特点	107
9.2 电力电子基本模块	107
9.3 由基本模块组成的典型电力电子变换电路	113
9.4 电力电子技术综合实训设计示例	123
附录 DS1000E、DS1000D 系列示波器初级操作指南	125
参考文献	129

第1章 绪 论

1.1 《电力电子技术》课程特点与基本要求

《电力电子技术》为电气工程及其自动化本科专业、新能源科学与工程本科专业的专业基础必修课。本课程为学生从事电气工程领域的研究奠定初步的理论基础。目的是让本专业的学生掌握常用电力电子器件的原理和使用方法、四种电力电子变换电路的原理、波形分析及控制方法,了解电力电子技术在工业领域中的具体应用,培养学生分析问题和解决问题的能力,为后续专业课打下坚实的基础。

1. 基本内容

电力电子器件方面:掌握不可控器件、半控型器件和典型全控型器件和工作原理、基本特性(包括静态特性和动态特性)、主要类型、主要参数计算和选型等;理解半控型器件和典型全控型器件的驱动与保护电路。电力电子变换电路方面:掌握单相、三相整流电路和逆变电路的电路结构、基本工作原理、波形分析、参数计算;掌握交流调压、交-交变频电路的基本工作原理、波形分析、参数计算;掌握直流-直流变换电路的基本工作原理、波形分析、参数计算;掌握 PWM 控制技术的基本原理、控制方法、波形分析;了解软开关技术的基本原理及实现方法。

电力电子技术应用方面:了解电力电子电路及控制技术在交直流调速系统、不间断电源、开关电源、功率因数校正及电力系统中的具体应用。

2. 课程教学的基本要求

学完本课程后,学生应掌握电力电子器件的原理特性及参数,电力电子变流电路的基本拓扑及其控制方法,以及日常生活和工业生产中应用的电力电子技术;应掌握电力电子变换电路的实验、调试方法。

学生应能够利用所学的电力电子器件特性、变流电路和控制技术,对电力电子变流电路换流过程、工作原理以及输入输出波形进行分析,可以对电力电子变换系统进行主回路参数计算和器件选型。

1.2 《运动控制系统》课程特点与基本要求

《运动控制系统》是电气工程及其自动化本科专业、新能源科学与工程本科专业的专业基础必修课。在学生学习了电机与电力拖动、电力电子技术、自动控制原理等课程的基础上,本课程主要讲述了应用电力电子器件组成的一些常用的交直流电机控制系统。并以

控制理论为指导,提出改善电机控制系统调速精度和动态特性的控制策略及具体措施。通过学习,学生能应用理论分析和设计典型的运动控制系统。

1. 基本内容

掌握以直流电动机为控制对象组成的运动控制系统,包括转速单闭环调速系统,转速、电流双闭环控制调速系统,可逆调速系统基本组成和控制规律、静态、动态性能分析及工程设计方法,直流调速系统的数字控制。掌握以交流电动机为控制对象组成的运动控制系统,包括调压调速系统和变频调速系统的基本组成、工作原理和性能特点。

2. 课程教学的基本要求

学完本课程后,重点要求学生掌握调速系统的工作原理及系统的静动态性能分析,使学生能够掌握控制系统分析测试的理论、方法,以达到理论和实践有机结合的目的。

1.3 实验特点和要求

电力电子技术与运动控制系统这些课程实践性很强,对实验环节要求较高。

通过课程实验,加深学生对理论知识的学习,强化理论知识的实际应用能力,建立系统设计与调试的基本概念、基本方法。通过完成课程实验,学生应具备以下能力。

(1) 理解掌握典型电力电子器件的性能特点及使用方法,培养学生理论联系实际的能力。

(2) 理解掌握常用典型电力电子电路的组成及工作原理,巩固课堂理论知识。

(3) 培养学生的实际操作、分析问题和解决问题的能力,使学生掌握常用仪器仪表的使用方法。

(4) 使学生了解交流电机、直流电机的工作原理、特点及具体应用。

(5) 使学生了解交流电机、直流电机的工作特性、机械特性的测取方法,培养学生的动手能力及分析问题、解决问题的能力。

(6) 使学生理解熟悉各种交直流调速系统和位置随动系统的基本组成、工作原理及系统的静、动态分析。

(7) 使学生掌握典型运动控制系统的工程设计方法并掌握一定的系统调试方法。

(8) 培养学生综合运用控制理论和专业知识分析、研究并设计运动控制系统的能力。

1.4 实验预习

对于某些涉及强电专业实验,由于实验设备操作较复杂,学生有畏难情绪,因此,实验预习环节变显得非常重要。认真的实验预习过程可以提高学生的积极性、主动性,提高实验质量与效率,是保证实验顺利进行、完成实验要求的重要环节。实验预习的主要要求如下。

(1) 认真复习与实验内容相对应部分的理论知识,深刻理解理论计算公式、理论波形,明确课程实验是对理论知识的验证。

(2) 阅读实验指导书中本次实验内容,了解实验要求及实验目的,掌握本次实验所用

的实验设备及测试仪器。

(3) 认真完成实验预习报告, 报告内容包括实验系统的实验接线图、实验步骤、数据记录表格等。

(4) 与同组成员进行实验预习内容的讨论。

1.5 实验过程及注意事项

在完成实验预习环节后, 实验过程中实验教师与学生应注意以下几点:

(1) 实验正式开始前, 实验教师要详细检查学生的实验预习报告, 要对具体的实验内容与要求在本次实验进行前点名提问。

(2) 在开始新的实验时, 实验教师应对上一次实验出现的问题做总结, 指出实验报告以及实验过程中所出现的问题并进行纠正。

(3) 实验教师对本次实验所用到的实验装置进行介绍, 要求学生熟悉本次实验使用的实验设备、测试仪器, 掌握这些仪器设备的测试原理、使用方法。

(4) 按实验预习报告上的实验系统接线图进行接线。完成实验系统接线后, 先自查, 然后实验教师复查。检查无误后, 方可上电。

(5) 实验系统上电顺序为先控制电路, 再主电路; 下电顺序为先主电路, 再控制电路。

(6) 在实验进行中, 要仔细观察实验现象, 并对实验数据、实验波形进行详细分析, 并与理论结果进行对比分析, 找出记录数据产生误差、理论波形与实验波形不完全一致的原因, 给出分析结果。

(7) 完成本次实验的全部内容后, 经实验教师检查实验数据、实验波形符合实验指导书要求后, 本组学生拆除接线, 整理好连接线、测试仪器、工具, 并物归原位。

(8) 实验教师为实验报告给出详细评分标准。评分标准一定要有依据, 要有具体的量化指标。

(9) 如有条件, 实验教师要对已完成实验的学生进行抽查, 以巩固实验效果, 强化学生对理论知识的学习效果。

1.6 实验报告的要求

1.6.1 实验报告封面

(1) 实验题目。

(2) 所属课程名称。

(3) 班级、姓名及学号。

(4) 分组号及小组成员。

(5) 实验日期及地点。

1.6.2 实验报告内容

(1) 实验目的。明确实验目的, 理解实验操作与理论知识之间的关系。通过实验, 验

证在理论教学中掌握的原理、公式、算法，并在实验中进行验证、分析，强化对理论学习中知识要点的理解、掌握、应用。在实践上，掌握使用实验设备的技能和程序的调试方法、测试设备的使用方法。

(2) 实验线路及原理。要抓住重点，可以从理论和实践两个方面考虑。这部分要写明依据何种原理、定律算法或操作方法进行实验，给出详细的理论计算过程。

(3) 实验设备及材料。

(4) 实验方法及步骤。只写主要操作步骤，不要照抄实验指导书，要简明扼要。还应该画出实验流程图（实验装置的结构示意图），再配以相应的文字说明，这样既可以节省许多文字说明，又能使实验报告简明扼要，清楚了。

(5) 实验结果及分析。根据相关的理论知识对所得到的实验结果进行解释和分析。如果所得到的实验结果和预期的结果一致，那么它可以验证什么理论？实验结果有什么意义？说明了什么问题？如果有误差，误差产生的原因是什么？这些是实验报告应该讨论的。但是，不能用已知的理论或生活经验硬套在实验结果上；更不能由于所得到的实验结果与预期的结果或理论不符而随意取舍甚至修改实验结果，这时应该分析其异常的可能原因。如果本次实验失败了，应找出失败的原因及以后实验应注意的事项，不要简单地复述课本上的理论而缺乏自己主动思考的内容。

(6) 结论。结论不是具体实验结果的再次罗列，也不是对今后研究的展望，而是针对这一实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结，是从实验结果中归纳出的一般性、概括性的判断，要简练、准确、严谨、客观。另外也可以写一些本次实验的心得以及提出一些问题或建议等。

1.6.3 波形截图、坐标图的规范

(1) 坐标图。每个图要有图名，每个坐标轴都要标注所代表的物理量及其单位。

1) x 轴：一般为时间 t [s]。

2) y 轴：电压 [V] 或电流 [A] 等。

(2) 波形截图。对每个波形截面加以说明。

1) 说明给出的图为在何种实验条件下的波形截图。

2) 说明给出此图的原因。

3) 结合理论知识对给出的图加以分析，并与教材上的图形比较说明。

4) 在给出的图中找出核心部分（或加以说明的部分）作标记并加以说明。

第2章 Matlab 在电力电子技术及运动控制系统中的应用

Matlab (Matrix Laboratory) 是一种以矩阵为基础的交互式程序计算语言。Matlab 由功能各异的工具箱组成, 其基本数据结构是矩阵。与 Basic、Fortran 以及 C 语言比较, Matlab 的语法规则更加简单, 编程特点更贴近人的思维方式, 用 Matlab 写程序有如在便签上列公式和求解。

Simulink 是 Matlab 为模拟动态系统而提供的一个交互程序。Simulink 允许用户在屏幕上绘制框图来模拟一个系统, 并能够进行动态控制。Simulink 采用鼠标驱动方式, 能够处理线性、非线性、连续、离散等多种系统。作为 Matlab 的一个重要组成部分, Simulink 具有相对独立的功能和使用方法。确切地说, 它是对动态系统进行建模、仿真和分析的一个软件包。它支持线性和非线性系统、连续时间系统、离散时间系统、连续和离散混合系统, 而且系统可以是多进程的。

从 Simulink4.1 版加入了电力系统模块库 (Power System Blockset), 该模块库主要是由加拿大 HydroQuebec 公司和 TECSIM International 公司共同开发的。在 Simulink 环境下用电力系统模型库的模块可以方便地进行 RLC 电路、电力电子电路、电机控制系统和电力系统的仿真。

由于 Simulink 必须依托 Matlab 运行, 所以软件生产商也就把它与 Matlab 捆绑到一起销售。也就是说, 用户得到的 Matlab 实质上是两个软件, 一个是 Matlab, 另一个就是 Simulink, 在使用时, 用户必须先启动 Matlab, 然后在 Matlab 中再启动 Simulink。

在 Matlab 中可以使用下列三种方法之一进入 Simulink:

- (1) 使用 Matlab 菜单栏命令 File→New→Model。
- (2) 使用 Matlab 命令工具条中的按钮 , 如图 2-1 所示。
- (3) 在 Matlab 命令窗口键入命令 Simulink, 并在打开的模型库浏览窗口中单击新建按钮 .

仿真模型库 Simulink 一出现便受到了广大工程技术人员的注意和欢迎, 很快各个不同领域的技术人员就在自己的技术领域中对 Simulink 进行了扩展, 从而在 Simulink 中产生了大量的以 Simulink 通用库为基础的专业模型库。这些专业库都与 Simulink 库并列存在, 如图 2-1 所示。

SimPowerSystems 就是电力电子领域的专业模型库。它提供了电力电子工作者所需要的各种电力电子模型, 用户可以使用它们建立自己的系统模型, 并进行仿真实验。对于进行电力电子系统仿真的人来说, 所需要使用的库主要为基本库 Simulink 和专业库 SimPowerSystems。

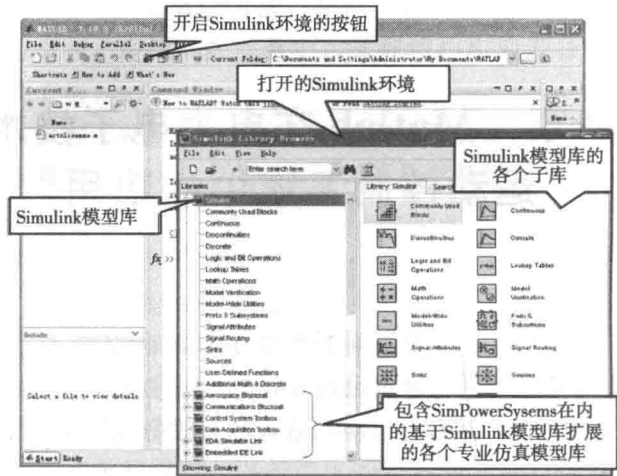


图 2-1 SimPowerSystems、Simulink 与 Matlab 之间的关系

SimPowerSystems 包含表 2-1 所列出的子库。

表 2-1 SimPowerSystems 的子库

子库名称	库内容
Electrical Sources（电源库）	交流电压源、交流电流源、直流电压源、受控电压源、受控电流源、电池、三相电源、三相可编程电压源
Elements（通用元件库）	开关、传输线、电阻、电感、电容、变压器等
Machines（电机库）	同步、异步、永磁、步进等电机的 SI 单位制模型和标么值模型
Measurements（测量仪器库）	电压、电流、阻抗测量，三相电流电压测量，万用表等
Power Electronics（电力电子器件库）	二极管、晶闸管、理想开关、通用桥、IGBT 等电力电子器件
Application（应用库）	整合的应用小系统，有风力发电机、特种电机等
Extra（附加库）	保有一些后扩展的模型，很多是可以用其他器件搭建起来的的等价模型。例如 PLL、单稳态、PWM 发生器、FFT、有功无功测量、有效值、平均值、相量测量等

2.1 Simulink 仿真模块的操作及使用

在 Simulink 中，一个仿真模型单元叫做一个模块，它是构成模型的基本元素，用户用它们来构造较大规模的系统模型。下面以使用 Simulink 库中模块进行仿真为例介绍仿真模块的常规操作方法。

在构建仿真模型之前，用户需要按图 2-2 所示新建并打开一个仿真工作空间。



图 2-2 新建仿真工作空间

在 Simulink 中, SimPowerSystems 库的位置如图 2-3 所示。

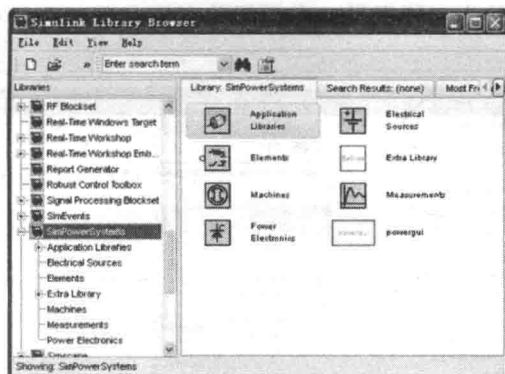


图 2-3 SimPowerSystems 库

该库包含了电力电子器件库 (Power Electronics)、电源库 (Electrical Sources)、电气元器件库 (Elements)、电机库 (Machines) 等多个子库。

SimPowerSystems 库的模块与 Simulink 库的模块有些区别, Simulink 库的模块都是一些运算模块, 有输入信号, 也有输出信号, 但 SimPowerSystems 库的模块大部分都为电力或电子器件, 通常只有电的接线端子, 在模块图上表示为小正方形。为了仿真运算的方便, 有些模块也可以输出一些测量信号, 这些信号端子则如同 Simulink 模块, 是一个向外的 “>” 符号。

另外, SimPowerSystems 库是一个后扩展的专业库, Simulink 只是为这个专业库中的模型提供了运算平台, 并不具备对这个专业库中模块所形成的数学模型进行管理的能力, 因此在 SimPowerSystems 库中还有一个叫做 “Powergui” 管理模块。因此, 凡是使用 SimPowerSystems 库模块搭建的仿真模型都需要一个 “Powergui”。由于这个模块不与其他模块连接, 所以用户在使用 SimPowerSystems 模型库中的模块搭建仿真模型时, 最好先把它加入仿真工作空间。

2.1.1 电源库 (Electrical Sources)

电路中最重要部件便是电源, 为此, SimPowerSystems 库使用了一个单独的电源库

(Electrical Sources) 来提供电源仿真模型，库中包含了电力系统常用的直流电源和交流电源。电源库在 SimPowerSystems 库的位置如图 2-4 所示。

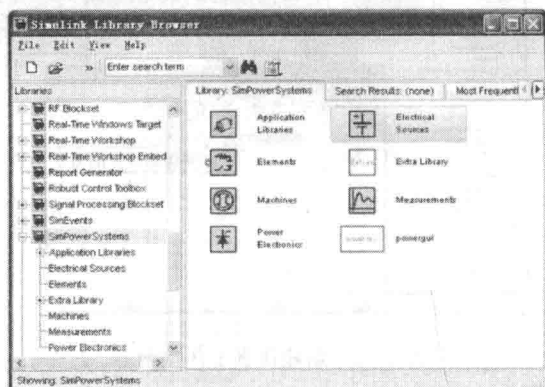


图 2-4 电源库 (Electrical Sources)

直流电压源的功能就是为电路提供一个理想的直流电压，在库中的位置及其图标如图 2-5 所示。

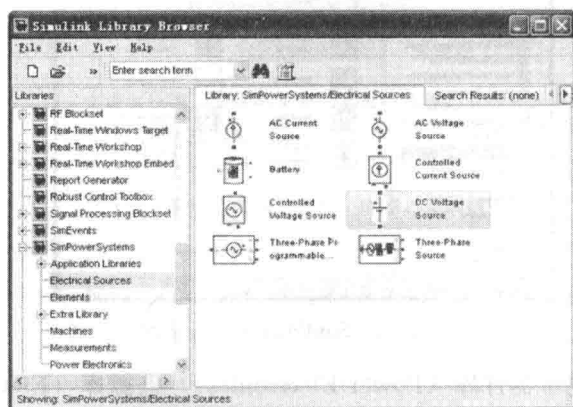


图 2-5 直流电压源 (DC Voltage Sources)

直流电压源参数设置窗口如图 2-6 所示。

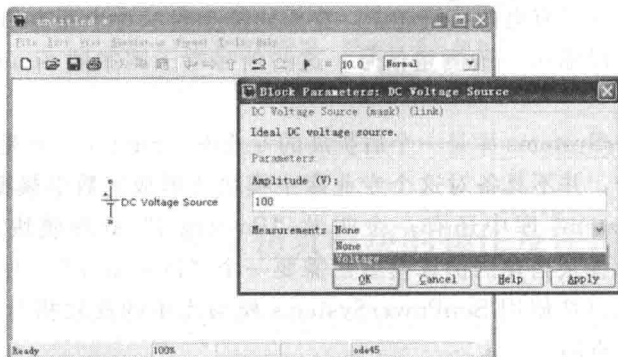


图 2-6 直流电压源图标及参数设置对话框

从直流电压源的参数设置对话框中可见，它只有一个需要设置的参数，即电压源的电压值。除此之外就是需要用户在下拉列表 Measurements 的菜单中选择“None”或“Voltage”，选中前者意味着本电源不需要测量，选中后者则意味着该电源可以在仿真时使用 Multimeter 等外部具有测量功能的模块来测量其电压值。

交流电压源也是一种理想电源，它在库中的位置如图 2-7 所示。



图 2-7 交流电压源 (AC Voltage Source)

交流电压源的图标与参数设置窗口如图 2-8 所示。

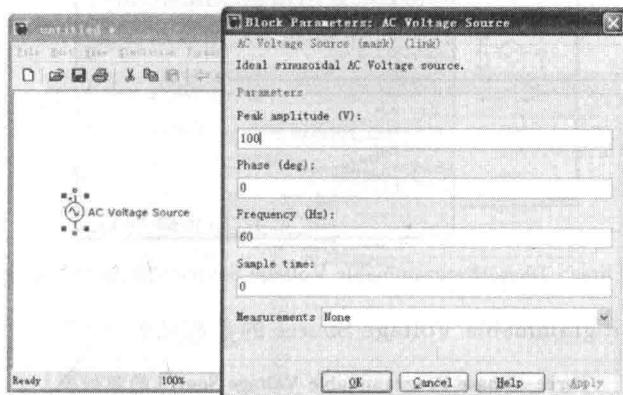


图 2-8 交流电压源的图标与参数设置对话框

交流电压源的可设置参数见表 2-2。

表 2-2 交流电压源 (AC Voltage Source) 的可设置参数

参数	说明
Peak amplitude (V)	交流正弦电压的幅值
Phase (deg)	初始相位
Frequency (Hz)	频率
Sample time (s)	采用离散方式仿真时的采样周期。如果该值为 0，则为连续仿真方式

SimPowerSystems 在电源库中还提供了一个三相可编程电压源（Three - Phase Programmable Voltage Source），它可以通参数设置其基波分量以及谐波分量的幅值、频率和相位，从而得到含有谐波分量的交流电压源。Three - Phase Programmable Voltage Source 在库中的位置如图 2 - 9 所示。

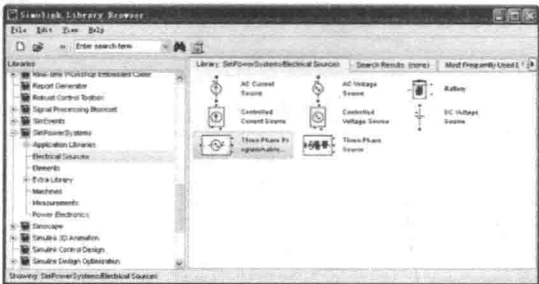


图 2 - 9 Three - Phase Programmable Voltage Source 在库中的位置

Three - Phase Programmable Voltage Source 的图标及参数设置对话框如图 2 - 10 所示。

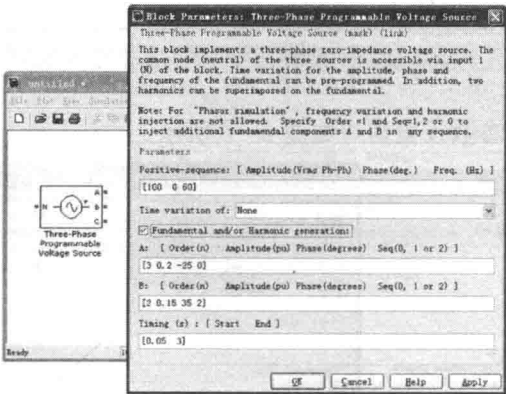


图 2 - 10 Three - Phase Programmable Voltage Source 的图标及参数设置对话框

Three - Phase Programmable Voltage Source 的参数见表 2 - 3。

表 2 - 3 Three - Phase Programmable Voltage Source 的参数表

参数	说明
Positive - sequence	为基波设置有效值（Amplitude）、相位（Phase）、频率（Frequency）
Time variation of 选项	可选择需要设定为时变的量。可选项为：None，Amplitude（幅值），Phase（相位），Frequency（频率）。如果选择了后三项之一，在对话框会上会打开相应的设置选项。 其中，Type of variation 为时变类型。选择 step 为阶跃、ramp 为斜坡、Modulation 为调制度、Table of Amplitude 为幅值表。4 种类型各自具有自己的参数设置表
Fundamental and/or Harmonic generation 选项	基波或谐波发生。选中以后可以在基波电压中注入两个频率的谐波。 A: [Order Amplitude Phase Seq] 和 B: [Order Amplitude Phase Seq]。 其中：Order—谐波阶次；Amplitude—谐波幅值（相对于基波的标么值）；Phase—谐波相位；Seq—谐波相序（1 为正序；2 为负序；设为 0 或 2 可得到不平衡三相电压）

2.1.2 测量仪器库

测量仪器是电路实验需要的重要设备，SimPowerSystems 中提供了测量仪器库 Measurements，该库在系统中的位置如图 2-11 所示。

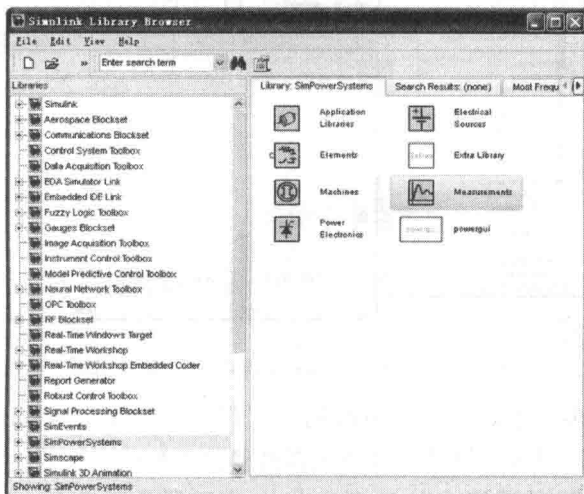


图 2-11 测量仪器库 Measurements 的位置

电流表 (Current Measurement) 与电压表 (Voltage Measurement) 是常用电工测量仪表，这两种仪表在库中的位置如图 2-12 所示。

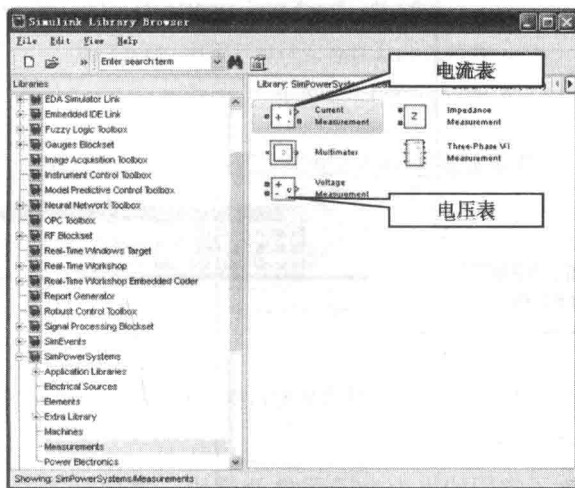


图 2-12 库中的电流表 (Current Measurement) 与电压表 (Voltage Measurement)

从使用方法上来看，这两种测量仪表与实际电流表和电压表没有什么区别，电流表需串联在被测电路支路，电压表需要并联在被测元器件或支路两端，但需要注意，Simlink 提供的电流表与电压表实质上只相当是一个表头，均没有显示装置，所以使用时需要由使用者在 Simlink 的 Sink 库中选择合适的显示器，例如 Scope。

万用表 Multimeter 在库中位置及其在仿真环境中的图标如图 2-13 所示。