



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

MATLAB

控制系统仿真教程

唐穗欣◎主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

MATLAB

控制系统仿真教程



主 编 唐穗欣

副主编 王 磊 苏明霞 吴艳玲

邹 熙 熊薇薇 王 斌

参 编 吕德芳 左 堃 肖 利

李凤旭 黄 汉



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书根据自动控制系统的特点和实践需要,从 MATLAB/Simulink 基础知识、控制系统数学模型、控制系统分析、控制系统工具箱、控制仿真实验等几个方面讲述了运用 MATLAB 进行自动控制系统分析和设计的方法。

全书分为 9 章,包括:自动控制系统仿真概述、MATLAB 语言基础、Simulink 仿真工具、自动控制系统数学模型、控制系统仿真分析、控制系统校正、控制系统工具箱、自动控制仿真实验、自控系统仿真实验室设计,其中自动控制仿真实验为学生设置了 17 个课程实验(每个实验可以安排学生 2 学时上机完成)。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、测控技术、控制工程等相关专业学生的教学参考用书,也可作为相关领域的工程技术和研究人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 控制系统仿真教程/唐穗欣主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016. 5

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-1672-8

I. ①M… II. ①唐… III. ①自动控制系统-系统仿真-Matlab 软件-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 073675 号

MATLAB 控制系统仿真教程

MATLAB Kongzhi Xitong Fangzhen Jiaocheng

唐穗欣 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:狄宝珠

封面设计:原色设计

责任校对:刘 竣

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19

字 数:520 千字

版 次:2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

控制系统仿真技术是近几十年发展起来的,建立在控制理论、系统科学与辨识、计算机技术等学科上的综合性很强的实验科学技术,它为自动控制系统的分析、设计和综合研究提供了先进的手段。同时,仿真实验作为一种科学研究手段,具有不受设备和环境条件限制、不受时间和地点限制、投资小等优点而得到人们越来越多的重视。

在众多仿真软件中,适用于控制系统计算机辅助设计的软件很多,MATLAB(矩阵实验室)以其模块化的计算方法,可视化与智能化的人机交互功能,丰富的矩阵运算、图形绘制、数据处理函数以及模块化图形组态的动态系统仿真工具 Simulink,成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统,是目前高等院校与科研院所广泛使用的优秀应用软件。

本书以控制系统的分析和设计为对象,以 MATLAB 为工具,既介绍了控制系统的特点与分析方法,又介绍了 MATLAB 的应用问题。结合目前大学教育的现状,本书在内容上采取了以下的几种处理方法。

(1) 内容的安排紧扣自动控制原理课程的内容,因此,本书既可以独立存在,也可以作为自动控制原理课程的辅助教材。

(2) 注重上机实践,本书设置了大量的实验内容和练习题。为适应上机教学需要,本书第 8 章设计了 17 个实验项目。通过编程和上机练习,学生可以进一步理解控制系统的基本理论和计算机辅助工具的用法及作用。

(3) 理论内容尽量少而精,重点阐述如何利用 MATLAB 工具解决实际工程问题,从而适应有限学时的教学要求。

(4) 结合教学科研工作实践,本书以教案为蓝本编写而成,书中所述的大部分内容和例子,是编者多年来从事教学与科研的成果。

本书由武昌理工学院唐穗欣担任主编;由青岛理工大学琴岛学院王磊,武汉华夏理工学院苏明霞、熊薇薇,武昌理工学院吴艳玲、邹熙,武汉平煤武钢联合焦化有限责任公司王斌工程师担任副主编。全书分为 9 章,唐穗欣编写了第 1 章、第 3 章、第 8 章,王磊编写了第 4 章,苏明霞编写了第 5 章,吴艳玲编写了第 2 章,熊薇薇编写了第 6 章和第 7 章,邹熙编写了第 9 章,王斌工程师对课后习题

与答案进行了整理,完成教材的校对,全书由唐穗欣老师统稿。本书的编写过程中,涉及工程设计实践部分的第9章的内容吸取了武昌理工学院自动化专业11级学生林梦娟学士毕业设计论文的部分思路;作者的多位同事也给予了不同形式的帮助和支持。在此,作者一并表示衷心的感谢,本书的编写还参考了大量相关文献,在此向这些文献的作者表示感谢!

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpei-it@163.com 免费索取。

由于编者个人水平和经验有限,书中错误与不当之处在所难免,恳请专家、读者批评指正。

编者

2015年11月

目
录

CONTENTS

第 1 章 控制系统仿真概述	(1)
1.1 系统模型与仿真的概念	(1)
1.1.1 系统模型	(1)
1.1.2 系统仿真	(2)
1.2 控制系统仿真的类型及实现	(4)
1.2.1 控制系统仿真分类	(4)
1.2.2 控制系统仿真的实现	(5)
1.3 系统仿真的应用与发展	(5)
1.3.1 系统仿真的应用	(5)
1.3.2 系统仿真的发展现状	(6)
1.3.3 系统仿真技术的发展趋势	(6)
习题 1	(7)
第 2 章 MATLAB 语言基础	(8)
2.1 MATLAB 开发环境	(8)
2.1.1 安装与启动	(8)
2.1.2 组成与界面	(9)
2.1.3 MATLAB 的常用命令	(15)
2.1.4 两个简单实例	(18)
2.2 MATLAB 数值计算	(20)
2.2.1 数据类型	(20)
2.2.2 矩阵运算	(21)
2.2.3 数组运算	(24)
2.2.4 常用的基本数学函数	(28)
2.2.5 符号运算	(29)
2.3 MATLAB 绘图	(35)
2.3.1 图形窗口与坐标系	(35)
2.3.2 二维绘图	(37)
2.3.3 三维绘图	(41)



2.3.4	图形输出	(44)
2.4	MATLAB 程序设计	(45)
2.4.1	M 文件	(45)
2.4.2	程序控制结构	(48)
习题 2		(53)
第 3 章	Simulink 仿真	(54)
3.1	Simulink 应用环境	(54)
3.1.1	Simulink 简介	(54)
3.1.2	Simulink 工具箱的运行	(55)
3.1.3	常用模块介绍	(55)
3.2	Simulink 功能模块操作	(58)
3.2.1	模块基本操作	(58)
3.2.2	模块的连接	(59)
3.2.3	模块参数设定	(61)
3.3	模型仿真设置	(62)
3.3.1	概述	(62)
3.3.2	设置解法器(Solver)选项卡参数	(63)
3.3.3	设置数据输入/输出(Data Import/Export)选项卡参数	(63)
3.3.4	仿真结果图形输出处理	(65)
3.4	Simulink 仿真简明实例	(66)
3.4.1	新模型创建	(66)
3.4.2	模型模块的添加	(66)
3.4.3	模型模块的移动	(67)
3.4.4	模块参数设置	(67)
3.4.5	模型模块的连接	(67)
3.4.6	保存模型	(68)
3.4.7	模型仿真	(68)
3.5	子系统建模技术	(69)
3.5.1	子系统的建模方法	(69)
3.5.2	子系统的建模操作步骤	(69)
3.5.3	子系统的建模实例	(70)
3.5.4	Simulink 子系统的封装技术	(72)
习题 3		(73)
第 4 章	控制系统数学模型	(74)
4.1	控制系统微分方程	(74)
4.1.1	微分方程	(74)
4.1.2	微分方程建立实例	(75)
4.2	控制系统传递函数	(76)
4.2.1	传递函数的基本概念	(76)
4.2.2	传递函数的 MATLAB 描述形式	(77)
4.2.3	典型环节数学模型	(84)

4.3	状态空间描述	(88)
4.3.1	状态空间函数模型简述	(88)
4.3.2	状态空间函数的 MATLAB 相关函数	(88)
4.3.3	建立状态空间函数模型实例	(89)
4.4	模型的转换	(90)
4.4.1	模型转换关系	(90)
4.4.2	模型转换函数	(90)
4.4.3	模型转换实例	(91)
4.5	模型的连接	(95)
4.5.1	串联方式	(95)
4.5.2	并联方式	(96)
4.5.3	反馈连接	(97)
4.5.4	模型连接综合实例	(99)
	习题 4	(99)
第 5 章	控制系统仿真分析	(101)
5.1	自动控制系统概述	(101)
5.1.1	自动控制系统的组成	(101)
5.1.2	自动控制系统的控制方式	(102)
5.1.3	控制系统的基本要求	(104)
5.2	时域分析	(104)
5.2.1	时域分析的一般方法	(104)
5.2.2	稳定性分析	(109)
5.2.3	常用时域分析函数	(111)
5.2.4	应用实例	(114)
5.3	根轨迹分析	(127)
5.3.1	根轨迹分析的一般方法	(127)
5.3.2	常用分析函数	(129)
5.3.3	应用实例	(132)
5.4	频域分析法	(139)
5.4.1	频域分析的一般方法	(139)
5.4.2	基于频域分析法的系统性能分析	(146)
5.4.3	常用分析函数	(148)
5.4.4	频域分析的实例	(157)
	习题 5	(168)
第 6 章	控制系统校正	(170)
6.1	控制系统设计指标	(170)
6.1.1	控制系统的性能指标	(170)
6.1.2	控制系统的时域性能指标	(170)
6.1.3	控制系统的频域性能指标	(171)
6.2	控制系统校正方法	(172)
6.2.1	串联校正	(172)

4

8.17 实验 17 自动控制原理仿真实验室	(275)
第 9 章 自控系统仿真实验室设计	(278)
9.1 图形用户界面(GUI)简介	(278)
9.2 仿真实验设计介绍	(280)
9.2.1 自动控制原理实验方法	(280)
9.2.2 仿真实验总体结构设计	(280)
9.2.3 仿真实验的实现	(280)
9.3 仿真实验界面的建立	(281)
9.3.1 引入通道的建立	(281)
9.3.2 操作通道的建立	(284)
9.3.3 实验界面制作的总结	(288)
9.4 实验的实现	(288)
9.4.1 二阶系统模型建立	(288)
9.4.2 二阶系统阶跃响应曲线	(289)
9.4.3 课本实验的演示	(289)
9.5 实验平台设计总结	(291)
习题 9	(292)
参考文献	(293)

第1章 控制系统仿真概述

本章简要介绍控制系统仿真的基本知识,包括系统的概念,系统模型、系统仿真的概念;系统仿真的类型与实现方法;控制系统仿真的应用与发展趋势。



1.1 系统模型与仿真的概念

1.1.1 系统模型

1. 系统的概念

所谓“系统”(system),是指由相互联系、相互作用的实体所构成的,具有具体运动规律,实现特定功能的有机统一体。

例如,一个温度自动控制系统是由温度传感器、控制器、功率放大器和加热装置等多个实体按一定结构构成,可以实现自动控制温度的功能的有机整体。

从系统的定义可以看到,一个完整系统的描述应该包含以下几个方面。

1) 实体

系统中具有确定意义的元素称为实体,也就是组成系统的各个具体对象,一个系统中的各个实体一般都具有一定的相对独立性,比如上面谈到的温度自动控制系统里的温度传感器,控制器,加热装置等实体。

2) 属性

实体或系统所具有的具体特征称为属性,比如温度传感器的测温范围,功率放大器的功率、放大倍数等。

3) 活动

系统的活动分为内部活动和外部活动,系统内部发生的变化过程称为内部活动,系统外部发生的变化过程称为外部活动,比如温控系统中加热装置加热的过程,控制器控制算法的改变等都是内部活动,而温度控制系统中系统的初始温度、设置的目标温度等就是外部活动。

4) 事件

使系统状态发生变化的行为称为事件,比如温度控制系统中,设置报警蜂鸣器,当温度超过限定范围时蜂鸣器报警,然后系统自动停止工作,发生状态的变化,在这个过程中,蜂鸣器报警可以看作一个事件。

2. 系统模型概念

系统模型(model)是对实际系统进行简化和抽象、能够揭示系统元素之间关系和系统特征的相关元素实体。通过模型可以分析系统的结构、状态、动态行为和能力。

以系统之间的相似性原理为基础建立的系统模型是进行系统仿真的基础,所谓的“相似性原理”是指:对于自然界的任何一个系统,存在另外一个系统,这两个系统在某种意义上具有并可以建立相似的数学描述。一个系统可以用模型在某种意义上来近似,这就是系统模型建立的意义,也是整个系统仿真的理论基础。

3. 系统模型分类

系统模型可以分为以下三类。

1) 物理模型(physical model)

物理模型是根据相似性准则,把实际系统加以缩小或者放大,采用特定的材料和工艺制作的系统模型,通过对物理模型的试验可以完成对实际系统的某些具体性能的估测。

例如:在进行新型船只研制时,需要根据相似性准则,制作缩小的船只模型,同时设计并制造模拟的航行环境,进行船只航行的实验和测试,从而研究船只的各种性能。

2) 数学模型(mathematical model)

数学模型采用抽象的符号、数学方程、数学函数或数据表格等来描述系统内部各个物理量之间的关系和内在规律,利用对数学模型的试验可以获得实际系统的性能与特征。

数学模型一般可以分为机理模型、统计模型和混合模型。使用计算机对一个系统进行仿真研究时,利用的就是系统的数学模型。

例如:国家中长期环境经济预测模型、大型数控机床可靠性预测模型、公路交通安全事故预测模型……

3) 物理-数学模型(physical-mathematical model)

物理-数学模型也称为半物理模型,是一种混合模型,这种模型综合了物理模型和数学模型的优点。

例如:航空、航天仿真训练器,铁路调度仿真训练器,发电厂调度仿真训练器……

1.1.2 系统仿真

1. 系统仿真概念

仿真(simulation)是一种基于模型的活动,是利用系统模型对实际系统进行实验研究的过程,是一种研究已存在的或设计中的系统性能的重要手段、方法及技术。

通过系统仿真,可以再现实际系统的状态、动态过程及性能特征,用于分析系统结构的合理性、性能特征能否满足要求,同时评估系统的缺陷,从而为系统设计提供科学依据。

要实现仿真,首先要寻找一个实际系统的替代物,这个替代物就是系统模型。它并不是原型的简单复现,而是按研究需要对系统进行的简化与提炼,以利于研究人员抓住本质问题或主要矛盾。计算机仿真技术是当前应用最为广泛的实用仿真技术之一。

系统仿真所遵循的基本原则是相似原理,相似原理主要表现在以下几方面。

(1) 模型与描述原型的数学表达式在形式上是完全相同的。

(2) 变量之间存在着——对应的关系并且成比例。

(3) 表达式的变量被另一个表达式的相应变量替换后,表达式中各项的系数保持相等。

2. 系统仿真的优点

系统仿真是涉及多学科的综合性的技术,是集控制论、系统理论、相似原理、计算机技术于一体的综合性高科技。其过程是利用综合性技术设计出实际系统的可以计算的模拟模型,将模型在计算机上进行试验,运用各种策略进行定性分析和定量计算,以了解系统行为或评估系统。仿真技术虽然才仅仅出现几十年,却在社会、经济、科学、军事、航天航空、教育和企业管理等各个领域得到了广泛的应用。

为什么不直接在实际系统上进行试验,而采用模型做试验? 其原因是基于系统模型的

仿真试验具有以下几个优点。

(1) 如果新系统还处于开发的初始阶段,此时尚没有可供试验的真实系统,系统仿真就成为一个非常可行的方式,系统仿真也是解决问题的唯一方法。例如:新型导弹、汽车等新产品的研制等。

(2) 基于系统仿真的系统开发试验成本低。因为系统往往需要多次的试验,才能得到真实、有效的性能指标,而且在试验的过程中,实物的系统有可能会损坏,失去实验价值,所以使得基于实物的试验成本高、试验周期长。

(3) 利用仿真技术研究新的系统,具有可靠的安全性,对真实系统的试验可能会引起系统故障或损坏,给系统、环境、研究人员带来危害,造成重大损失,这时,可以采用模拟系统进行试验和操作训练。例如:采用新技术的火箭的发射,船舶系统的操作培训等。

(4) 系统试验结果的准确性和可信性的重要保证是试验条件、试验过程的一致性,基于实物的试验在此方面存在较大难度。利用仿真技术研究的试验可以很好地保证这一点,仿真系统灵活方便,因为是在模型上的试验,所以系统的结构和参数往往很容易改变,同时能够避免环境的外在因素的干扰,使试验过程很好控制,也就是说仿真实验操作性强,可以进行量化研究,作为实际工作中重要的决策辅助工具。

(5) 仿真技术可以方便地捕捉、观察、保存和重现实际系统中的动态特性和不确定性,这种特点使仿真技术对于动态系统甚至是综合、复杂动态系统的研究变得很容易,仿真技术可以完成复杂逻辑的试验,并能较为方面的重构新的模型系统,所以系统仿真可以有效地应用于众多领域。

(6) 有一些系统,很难依靠仅仅建立物理模型或数学模型来进行分析与设计,这时也可通过仿真模型进行混合仿真来顺利地解决预测、分析和评价系统等问题。

3. 系统仿真的三要素

实际系统是仿真的研究对象,系统模型是实际系统在某种程度和层次上的抽象和简化,而仿真的作用是通过系统模型的试验以便分析、评价和优化并最终完成系统的设计。系统、模型、仿真这三者构成完整的系统仿真过程,因此,系统仿真的三要素是:实际系统、系统模型、计算机,其三者的关系如图 1-1 所示。

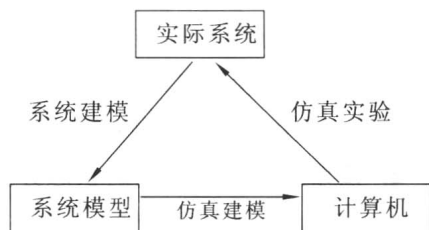


图 1-1 系统仿真三要素

系统仿真有三个基本活动,其特点如下。

系统建模:这一活动过程也称为系统辨识,即是将实际系统抽象简化为数学模型,它一直是系统仿真研究的重点,目前研究技术已经比较成熟,包括抽象的公式、定理等,系统建模需要结合相关专业知识。

仿真建模:数学模型并不能直接输入计算机上进行处理,为把模型输入到计算机上进行处理,必须通过开发的一些仿真算法将实际系统的数学模型转换为仿真模型,仿真建模的难点在于设计合理的算法使系统模型能被计算机正确接受,经过几十年的仿真技术的发展,这方面的技术也已经较为成熟了。

仿真试验及结果分析:系统经过数学建模、仿真建模后,利用计算机的强大运算处理能力,把实际系统的性能特征显示出来,进行分析,用于指导实际系统,是最有实际意义的,其技术难点也很多。



1.2 控制系统仿真的类型及实现

1.2.1 控制系统仿真分类

控制系统仿真是系统仿真的一个重要分支,它涉及控制理论与控制工程、计算技术、计算机技术、系统辨识和系统科学等学科。控制系统仿真的类型按照不同的分类方法有不同的分类结果。

1. 按仿真所采用的模型划分

按仿真所采用的模型划分,可以将系统仿真分为物理仿真、数学仿真和物理-数学仿真。

1) 物理仿真

物理仿真也称为实物仿真,这时仿真中采用的模型是物理模型,它是在根据实际系统的物理特性生产出一个新的样机后,将系统样机实物引入回路进行的仿真,由于物理仿真能将系统的实际参数引入仿真回路,因此相对于数学仿真,物理仿真更接近系统的运行特性,通过物理仿真可以更为准确地得到系统的参数,检验实物系统工作的可靠性。

很明显可以看出,物理仿真的缺点在于模型制造的费用高,同时模型的参数与结构修改困难,测试时也容易受外部条件的干扰。

2) 数学仿真

数学仿真采用的模型是数学模型,也称为计算机仿真或数字仿真,其过程是将数学模型编排为数字计算机的程序,也就是将原始数学模型转换成仿真模型,然后通过对计算机仿真模型的运行达到对实际系统分析、研究的目的,在实际系统分析和设计阶段,数学仿真的重要性体现在它可以检验理论设计的正确性。

3) 物理-数学仿真

物理-数学仿真也称为半实物仿真,是将系统的物理模型(或实物)和数学模型有机地连接在一起进行实验研究的仿真方法。显然,这个仿真方法具有物理仿真和数学仿真各自优点的结合,常用于特定的场合及环境中的仿真。

2. 按系统随时间变化的状态分类

按系统随时间变化的情况进行分类,可以将控制系统仿真分为连续系统仿真和离散事件系统仿真。

1) 连续系统仿真

连续系统的仿真是指系统的输入、输出信号都为时间的连续函数,此时系统可以用一组微分方程或者状态方程来描述。某些使用巡回检测装置的系统,在特定时刻对信号进行测量的场合中,得到的信号可以是间断的脉冲序列,此类系统虽然是采用差分方程来描述的,但是由于其被控量是连续变化的,因此也将其归类于连续系统,此类系统的仿真也归类于连续系统的仿真。

2) 离散事件系统仿真

系统的状态变化不是连续发生的,只是在出现在某些离散时刻,并且状态变化是由某种随机事件驱动的,这种系统称为离散事件系统,此类系统大多结构复杂,规模庞大,通常不能用数学模型来描述,而是采用流程图或网络图来表达。例如:车间流水线控制系统、火车票订票系统、财务管理系统等。

除了以上两种分类方法,还有按计算机类型进行的分类,这时可以将控制系统仿真分为基于模拟计算机的模拟仿真,基于数字计算机的数字仿真以及两者相结合的混合仿真,基于现代先进微型计算机的数字仿真是当前主流的仿真技术方法。

1.2.2 控制系统仿真的实现

系统仿真过程即根据实际系统,依据相似性准则建立数学模型、转化为仿真模型,在计算机上运行仿真模型,进行系统检验、分析和修正的过程。与软件开发一样,系统仿真可以分为以下若干阶段。系统仿真的详细结构流程图如图 1-2 所示。

1. 定义系统

求解问题前,首先定义系统,提出明确的标准来衡量系统目标是否达到要求,其次必须明确系统的约束条件,确定系统的研究范围,即区分要研究的系统实体与系统环境之间的差别。

2. 构建模型

抽象简化实际系统,确定系统模型的结构、参数及相互关系,明确表达约束条件,使真实系统规范化;同时要求以研究目标为出发点,系统模型的性质应尽可能接近原系统,尽量简化,使其易于理解、操作和控制。

3. 准备数据

收集系统数据,决定使用的仿真方式,保证系统数据完整性、有效性和可能靠检验,用来确定模型参数。

4. 转换模型

将数学模型转换为仿真模型,即用计算机语言(高级语言或者其他专用仿真语言)描述数学模型。

5. 运行模型

利用计算机运行仿真模型,获取被研究系统的数据,分析系统特性,测试系统的运行情况,一般是动态过程,需要通过反复运行仿真模型以获得足够的实验数据。

6. 分析验证仿真

仿真技术往往也包括了比如抽象化、直观感觉和设想等主观的手段,所以,在提交仿真报告之前,应根据仿真实验数据全面分析和论证仿真的结果。

实际上,控制系统仿真过程总体上分为系统建模、仿真建模、仿真实验和结果验证分析这几个重要步骤。其中实际系统、系统模型和计算机就是控制系统仿真的三要素。

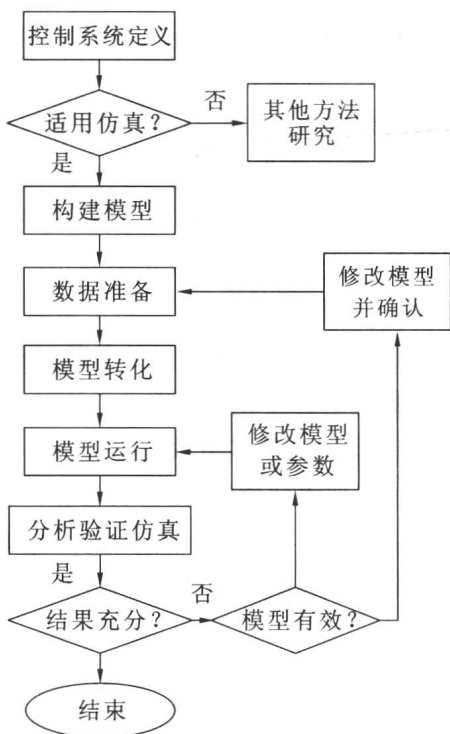


图 1-2 系统仿真的结构流程



1.3 系统仿真的应用与发展

1.3.1 系统仿真的应用

20 世纪 50 年代中期开始出现了数字仿真,经过 60 多年的发展与不断完善,特别是在计

算机技术不断发展的今天,仿真技术的作用日益明显,已经在各行各业得到越来越广泛的应用,并作出卓越贡献,是社会和科技发展的重要手段。

1. 航空与航天工业

庞大的系统、昂贵的造价、复杂的运行环境等因素促使航空航天工业的产品必须建立完备的仿真实验体系,以保证安全可靠。

2. 石油、化工及冶金工业

仿真系统是石油、化工及冶金系统分析与设计的基本手段。这是由于石油、化工生产显著的过程缓慢,预测与控制其综合效益指标比较困难造成的。

3. 电力工业

电力系统是最早采用仿真技术的领域之一。随着电力工业的发展,电力生产、运行和控制的复杂性日益增加,使得电力系统仿真软件的应用也越来越普遍。

4. 原子能工业

能源是国民经济发展的基础,原子能的安全利用在世界范围内广泛重视,几乎所有核电站都建有相应的仿真系统。

5. 日常生产和生活

仿真技术的使用,使得日常生产、生活方面的仿真实验得到大力的发展,从而加快了日常生活产品的开发或生产速度。例如,温室大棚中温湿度的恒定控制促进瓜果蔬菜种植,相机的自动调焦调光控制获得高质量的图像等,都是先经过仿真实验完成分析后进行的正确设计。

当然,控制系统仿真的应用远远不止以上简单介绍的几个方面,随着仿真技术的发展,越来越多的控制系统可能通过仿真来辅助完成分析、设计、开发和研制,从而收获更大的经济效益和社会效益。

1.3.2 系统仿真的发展现状

在计算机出现之前,仿真附属于其他相关学科中,只有物理仿真。在计算机问世之后,数学仿真中对于大量共性问题的解决能力使系统仿真发展为一门独立的学科。而相似性原理的形成奠定了系统仿真的理论基础。

随着控制技术、计算技术、电子技术和系统工程技术的发展,系统仿真得到有力的科学技术的支持,整个仿真的发展进入一个快速通道,形成了系统仿真自身独立的技术内容。鉴于仿真技术的重要性,我国于1989年成立了系统仿真学会,国内外高等院校的工科专业普遍开设了计算机仿真类课程。

工程系统仿真技术作为虚拟设计技术的重要分支之一,它与系统控制仿真、视景仿真、结构和流体计算仿真以及虚拟布置和装配维修等多种技术结合在一起,在整个系统的设计、制造、运行维护和改进,甚至退役的完整周期技术活动中,发挥着极其重要的作用,科技的发展同时也对工程系统仿真技术提出了越来越高和越来越复杂的要求。目前,工程系统仿真技术迅速地发展到了协同仿真的阶段。

1.3.3 系统仿真技术的发展趋势

仿真技术成为许多复杂工程系统分析和设计中不可缺少的工具,而且,仿真系统一旦创建,就可以重复运行,修改方便。由仿真技术的发展,也衍生了一批新的研究热点。系统仿

真技术的发展趋势和特点体现在以下几个方面。

1. 跨专业多学科仿真

单一简单的专业仿真退出系统设计的领域,跨专业多学科协同仿真是仿真发展的大趋势,把控制器和控制对象视为一体的仿真技术,满足了控制系统的所有设计特征。

2. 计算技术的发展

随着计算机软、硬件方面的发展,利用计算技术开发各个专业的库,大型工程软件系统具有更强大、优化的算法。

3. 平台化

技术的发展要求仿真工具实验平台化,能够提供建模、运算、数据处理和传输等全部仿真工作流程要求的功能,并且通过数据流集成在更大的平台上。

4. 市场的整合和细分

仿真市场的两种趋势,一个是整合:将来会开发出功能覆盖现代工业整个领域仿真需求的主流仿真工具,能够与其他主流软件通过接口完成数据交互,协同工作。另外一个专业化:将开发出非常专业的工具,对某些特定领域提供特别专业的支持。同时也将出现整合型工具和专业化工具互补的局面。

5. 智能化仿真

综合了计算机图像处理技术,引进更加友好的图形用户操作界面(GUI),让软件使用者仿佛置身于真实的环境当中,直接体验到专家开发的后台工具提供的强大功能,同时减少软件学习和使用的困难。

本章小结

本章主要介绍了与自动控制系统仿真有关的基本概念与知识,包括系统模型与仿真的定义、控制系统仿真的类型及实现、系统仿真的应用与发展等,使读者对系统模型与仿真有初步的认识。重点阐述了系统仿真的三要素,系统仿真的基本步骤。通过本章的介绍,读者可以了解本书的主要内容与任务,为后续内容的学习做好必要准备。

习 题 1

- 1.1 什么是系统模型? 系统模型一般如何分类?
- 1.2 什么是系统的物理模型,什么是系统的数学模型?
- 1.3 控制系统仿真的三要素是什么?
- 1.4 系统仿真的过程是怎样的?
- 1.5 简述系统仿真技术的发展趋势。