



高等职业教育自动化类专业“十二五”规划教材

自动控制原理

主 编 陈立胜 王凤杰
副主编 冯博楷 吴修彬

• 面向就业
• 能力培养
• 案例导入
• 情景教学



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育自动化类专业“十二五”规划教材

自动控制原理

主 编 陈立胜 王凤杰
副主编 冯博楷 吴修彬
主 审 孙召瑞

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分为8个学习情境:自动控制系统概述、自动控制系统的数学模型、控制系统的时域分析法、控制系统的根轨迹分析法、控制系统的频率分析、控制系统的综合校正、非线性系统、采样控制系统,每个学习情境又分为若干个学习任务和实训环节。本书从实际应用出发,介绍了经典控制理论的基本概念、基本分析方法及其应用,力求突出物理概念,尽量减少繁琐的数学推导,叙述深入浅出,通俗易懂。

本书可作为高职院校电气自动化、机电一体化、冶金技术及相关专业教材,也可作为成人高校相关专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理 / 陈立胜, 王凤杰主编. —北京: 国防工业出版社, 2011. 8

高等职业教育自动化类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07523-6

I. ①自... II. ①陈... ②王... III. ①自动控制理论—高等教育—教材 IV. ①TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 140547 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 12½ 字数 286 千字

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

随着科学技术的进步,自动控制技术在各个领域中的应用已日趋广泛,不但使得生产设备或生产过程实现自动化,大大提高了劳动生产率和产品质量,改善了劳动条件,还在人类征服大自然,改善居住、生活条件等方面发挥了重要作用。

自动控制原理是研究自动控制基本规律的科学,是分析和设计自动控制系统的理论基础。本书是为适应应用型职业院校电气自动化及机电类专业教学需要而编写的。自动控制原理一般分为经典控制理论和现代控制理论。考虑到实际工程中大量应用的仍是经典控制理论,本书以经典控制理论及其应用为主要内容。全书分为8个情境,包括自动控制的一般概念、控制系统的数学模型、控制系统的时域分析法、根轨迹分析法、频率特性法、控制系统的综合校正、非线性系统、采样控制系统,每个情境又分为多个任务、实训环节、小结等,是基于工作过程的一本教材。

编者根据多年讲授本课程的经验,力求突出重点,精简篇幅,强调物理概念,减少繁琐的数学推导;加强理论和实际相结合,在应用上下功夫。本书的特点是:以简明的语言介绍概念,简化教学推导,增加实例说明,方便自学。

本书由莱芜职业技术学院陈立胜、王凤杰担任主编,冯博楷、吴修彬担任副主编。陈立胜编写学习情境1和学习情境8,并负责全书的统稿;王凤杰编写学习情境2、学习情境3和学习情境7;冯博楷编写学习情境4和学习情境5;吴修彬编写学习情境6。本书由莱芜职业技术学院孙召瑞教授担任主审,仔细阅读了全书并提出了宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。同时,向所有为本书的出版给予支持和帮助的同志致以诚挚的谢意。

由于编者的水平有限,书中不妥与错误之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

编者

目 录

学习情境1 自动控制系统概述	1
【技能目标】	1
【知识目标】	1
【情感目标】	1
【学习任务】	1
【相关知识】	1
学习任务1 引言	1
学习任务2 自动控制的基本原理与方式	3
学习任务3 自动控制系统组成和分类	7
学习任务4 自动控制系统的性能要求	8
【小结】	9
【思考和练习】	10
学习情境2 自动控制系统的数学模型	12
【技能目标】	12
【知识目标】	12
【情感目标】	12
【学习任务】	12
【相关知识】	12
学习任务1 控制系统的动态微分方程	13
学习任务2 传递函数	15
学习任务3 系统结构框图及其等效变换	20
学习任务4 信号流图及梅逊公式	26
【实验模块】	28
实验 典型环节的模拟研究	28
【小结】	29
【思考和练习】	29
学习情境3 控制系统的时域分析法	32
【技能目标】	32
【知识目标】	32
【情感目标】	32
【学习任务】	32
【相关知识】	32
学习任务1 典型输入信号和阶跃响应性能指标	33
学习任务2 一阶系统的时域分析	36
学习任务3 二阶系统的时域分析	38

学习任务4 控制系统的稳定性分析	44
学习任务5 控制系统的稳态误差分析	47
【实验模块】	51
实验1 典型系统的动态特性与稳定性测试	51
实验2 二阶系统特征参数对系统性能的影响	54
【小结】	57
【思考和练习】	58
学习情境4 控制系统的根轨迹分析法	61
【技能目标】	61
【知识目标】	61
【情感目标】	61
【学习任务】	61
【相关知识】	61
学习任务1 根轨迹的基本概念	62
学习任务2 绘制根轨迹的基本方法	64
学习任务3 广义根轨迹	68
学习任务4 控制系统的根轨迹分析	71
【实验模块】	75
实验 闭环零极点对系统性能的影响	75
【小结】	79
【思考和练习】	80
学习情境5 控制系统的频率分析	82
【技能目标】	82
【知识目标】	82
【情感目标】	82
【学习任务】	82
【相关知识】	82
学习任务1 频率特性的基本概念	83
学习任务2 典型环节的频率特性	86
学习任务3 控制系统的开环频率特性曲线的绘制	92
学习任务4 频率特性法分析系统的稳定性	94
学习任务5 开环频率特性与性能指标的关系	101
【实验模块】	104
实验 典型系统的频率特性测试	104
【小结】	106
【思考与练习】	107
学习情境6 控制系统的综合校正	109
【技能目标】	109
【知识目标】	109
【情感目标】	109
【学习任务】	109

【相关知识】	109
学习任务1 系统校正的基础	109
学习任务2 串联超前校正	111
学习任务3 串联滞后校正	114
学习任务4 串联滞后-超前校正	116
学习任务5 反馈校正	118
【实验模块】	122
实验 线性系统的串联校正	122
【小结】	126
【思考和练习】	126
学习情境7 非线性系统	128
【技能目标】	128
【知识目标】	128
【情感目标】	128
【学习任务】	128
【相关知识】	128
学习任务1 非线性控制系统概述	129
学习任务2 非线性系统的相平面法	132
学习任务3 非线性系统的描述函数法	136
学习任务4 改善非线性系统性能的措施	144
【实验模块】	146
实验1 非线性系统的相平面法分析	146
实验2 非线性系统的描述函数法分析	149
【小结】	151
【思考和练习】	151
学习情境8 采样控制系统	155
【技能目标】	155
【知识目标】	155
【情感目标】	155
【学习任务】	155
【相关知识】	155
学习任务1 采样控制系统的基本概念和数学基础	156
学习任务2 采样控制系统的脉冲传递函数	170
学习任务3 采样控制系统的动态性能分析	175
学习任务4 采样控制系统的稳定性分析	180
学习任务5 采样控制系统的稳态误差分析	183
【小结】	186
【思考和练习】	186
附录	189
参考文献	192

学习情境 1 自动控制系统概述

G 技能目标

- (1) 了解本课程所讲述的大概内容
- (2) 掌握自动控制的基本方式与分类
- (3) 掌握对自动控制系统的性能要求

Z 知识目标

- (1) 自动控制的基本原理与方式
- (2) 自动控制系统的组成和分类
- (3) 自动控制系统的性能要求

Q 情感目标

- (1) 培养独立思考能力
- (2) 培养自主学习能力
- (3) 能够通过网络资源查找所需资料

X 学习任务

- (1) 自动控制的基本原理与方式
- (2) 自动控制系统的组成和分类
- (3) 自动控制系统的性能要求

X 相关知识

自动控制技术从 20 世纪中叶以来逐渐在工农业生产、交通运输、国防和宇航等领域发挥越来越大的作用。例如,温室的温度和湿度能自动保持恒定,导弹能够准确命中目标,人造卫星能按预定的轨道运行并返回地面,宇宙飞船能准确地在月球上着陆并重返地球等,都是自动控制技术迅速发展的结果。再如在工业生产过程中,对诸如压力、流量、频率、速度、物位、成分等方面的控制,也都离不开自动控制技术。可以说,自动控制技术已渗透到人们生产、生活的各个领域。

学习任务 1 引言

1.1 自动控制理论及应用

自动控制理论是研究自动控制共同规律的一门科学,目前已形成工程控制论、生物控

制论、经济控制论和社会控制论等多个分支,其中工程控制论是控制论中的一个重要分支。本课程主要研究工程领域的自动控制。

所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使整个生产过程或设备自动地按预定规律运行,或使其某个参数按要求变化。

当前,自动控制技术已在工农业生产、交通运输、国防建设和航空、航天事业等领域中获得广泛应用。例如:人造地球卫星的发射成功与安全返回;运载火箭的准确发射,导弹的准确击中目标;数控车床按照预定程序自动地切削工件;化学反应炉的温度或压力自动地维持恒定以及冰箱、洗衣机、微波炉等家用电器温度、通断电等的自动控制。随着生产和科学技术的发展,自动控制技术已渗透到各种学科领域,成为促进当代生产发展和科学技术进步的重要因素。

1.2 自动控制理论的发展史

按发展的不同阶段,通常可把自动控制理论分为经典控制理论和现代控制理论两大部分。

经典控制理论是20世纪40年代到20世纪50年代形成的一门独立学科。它的发展初期,是以反馈理论为基础的自动调节原理,主要用于工业控制。第二次世界大战期间,由于生产和军事的需要,各种控制系统的理论研究和分析方法应运而生。1932年奈奎斯特(H. Nyquist)在研究负反馈放大器时创立了著名的稳定性判据,并提出了稳定裕量的概念。在此基础上,1945年伯德(H. W. Bode)提出了分析控制系统的一种图解方法即频率法,使研究控制系统的方法由初期的时域分析发展到频域分析。随后,1948年伊文斯(W. R. Evans)又创立了另一种图解法,即有名的根轨迹法。追溯到1877年,劳斯(E. Routh)和1895年赫尔维茨(A. Hurwitz)分别独立地提出了关于判断控制系统稳定性的代数判据。这些都是经典控制理论的重要组成部分。20世纪50年代中期,经典控制理论又增加了非线性系统理论和离散控制理论。至此,形成了比较完整的经典控制理论体系。

由于空间技术的发展,各种高速、高性能的飞行器相继出现,要求高精度地处理多变量、非线性、时变和自适应等控制问题,20世纪60年代初又形成了现代控制理论。现代控制理论的基础是:1956年庞特里亚金提出的极大值原理,1957年贝尔曼(R. Bellman)提出的动态规划,1960年卡尔曼(R. E. Kalman)提出的最优滤波理论以及状态空间方法的应用。从20世纪60年代至今40多年来,现代控制理论又有巨大的发展,并形成了若干学科分支,如线性控制理论、最优控制理论、动态系统辨识、自适应控制、大系统理论等。

经典控制理论以传递函数为数学工具,研究单输入单输出自动控制系统的分析与设计问题,主要研究方法有时域分析法、根轨迹法和频率特性法。而现代控制理论则以矩阵理论等近代数学方法作为工具,不仅研究系统的输入、输出特性,还研究系统的内部特性。它适于研究多输入多输出的复杂系统,这些系统可以是线性的、非线性的、定常的或时变的,其主要研究方法为状态空间法。目前,自动控制理论还在继续发展,正向以控制论、信息论、仿生学为基础的智能控制理论深入。

学习任务2 自动控制的基本原理与方式

1.3 自动控制的基本概念

在工业生产中,为了提高产品的质量和效率,需要对机器、设备或生产过程的某个工作状态或参数进行自动控制。自动控制是指在没有人直接参与的情况下,利用控制装置操纵被控对象,使被控对象的被控量自动地按预定的规律运行。

下面举例说明自动控制的概念。

例 1-1 水位人工控制装置如图 1-1 所示。控制任务是使水位的高度 $h(t)$ 按一定的要求变化。水位的高低受到进水量 $q_i(t)$ 和出水量 $q_o(t)$ 的影响,调节进水阀门的开度,可以控制水位的高低。采用人工操纵,靠人眼观察实际水位和要求水位的差,用手不断调节阀门,以保持水箱内水位的高度满足要求,显然,这种控制方式的控制实时性和精度都难以满足要求。

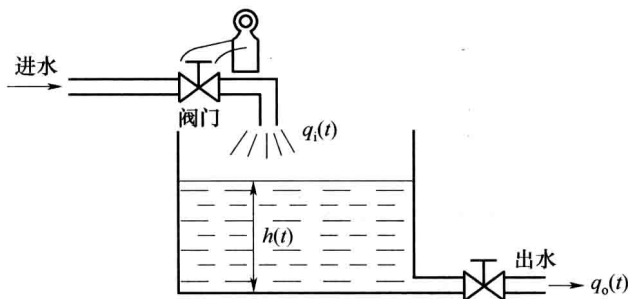


图 1-1 水位人工控制装置

例 1-2 水位自动控制系统如图 1-2 所示。水位高度的参考电压为 $u_r(t)$,水箱中的水位检测装置将水位高度 $h(t)$ 转换成电压 $u_h(t)$,控制器输出控制信号 $\Delta u(t) = u_r(t) - u_h(t)$,经执行机构调节电磁阀控制进水量,从而控制水位的高度。只要 $\Delta u(t) = 0$,系统就进行自动调节,直到水位的高度与给定高度相等为止,这就实现了水位的自动控制。采用控制系统来控制水位的高度能达到一定的速度和精度。

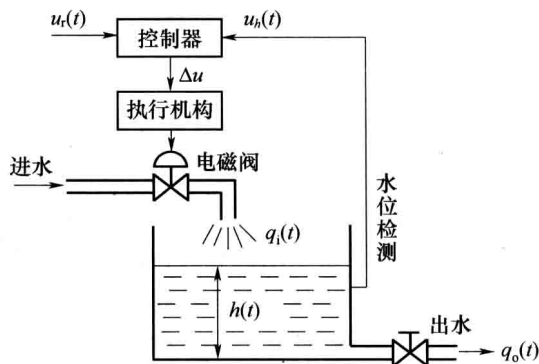


图 1-2 水位自动控制系统

由例 1-2 可知,一个控制系统包括以下几个部分:

- (1) 被控对象;
- (2) 被控量;
- (3) 控制器;
- (4) 执行机构;
- (5) 给定量;
- (6) 检测装置。

水位控制系统中,被控对象为水箱,水箱中水位的高度 $h(t)$ 是被控量,给定量为电压 $u_r(t)$ 。为了方便地分析系统,我们往往用结构图来表示系统各个部件之间的结构关系。图 1-3 为水位自动控制系统结构框图。

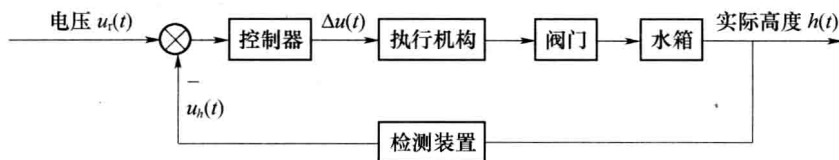


图 1-3 水位自动控制系统结构框图

为了使自动控制系统能满足工程实际的需要,必须研究自动控制系统的结构和参数与系统性能之间的关系,这就是自动控制原理的主要任务。

1.4 自动控制系统的基本构成及控制方式

不同的被控对象与不同的控制装置构成了不同的自动控制系统,所以自动控制系统的种类是很多的。自动控制系统一般有两种基本结构,对应着两种基本控制方式——开环控制和闭环控制。

1. 开环控制

控制器与被控对象之间只有顺向作用而无反向联系时,称为开环控制,如图 1-4 所示。

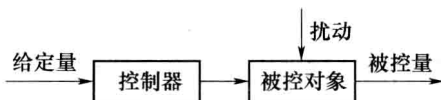


图 1-4 开环控制系统

例 1-3 图 1-5 所示为一驱动盘片匀速旋转的转台,该系统利用电池提供与预期速度成比例的电压,直流放大器将给定电压功率放大后,提供给直流电动机,直流电动机作为执行机构提供与电压成比例的转速,其结构框图如图 1-6 所示。此系统没有信号的反馈,是开环控制系统。这种转台需要在电动机和其他部件发生变化的情况下,仍然保持盘片恒定的旋转速度,否则会影响使用的效果。这种要求在开环控制下是达不到的,电动机和直流放大器的任何变化都会引起速度的改变,这种变化称为扰动。由于扰动的影响,转速 n 发生变化,而这种变化未能被反馈至控制装置并影响控制过程,则系统无法克服由此产生的偏差。

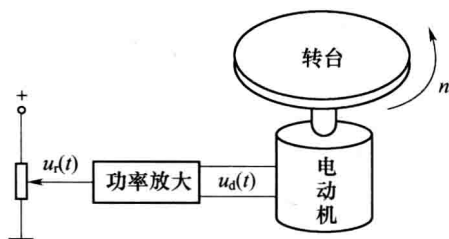


图 1-5 转台速度开环控制系统

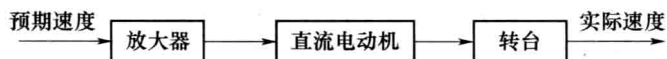


图 1-6 转台速度开环控制系统结构框图

开环控制系统的特点是系统结构和控制过程均很简单,但由于这类系统无抗扰能力,因而其控制精度较低,大大限制了它的应用范围。开环控制一般只能用于对控制性能要求不高的场合。

如果扰动能被测出来,则可以采用按扰动补偿的控制方式,如图 1-7 所示。其基本原理是,将扰动测量出来,送入控制器,以形成与扰动作用相反的控制量,该控制量与扰动共同作用的结果,使被控量基本不受扰动的影响。由图 1-7 可知,在这种控制方式中,由于被控量对控制过程不产生任何影响,故它也属于开环控制。

2. 闭环控制

被控量的输出反馈到控制器的输入端,称为闭环控制,如图 1-8 所示。

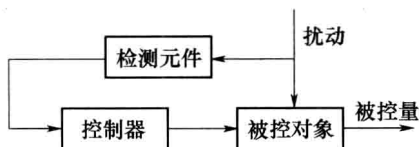


图 1-7 按扰动补偿的控制方式

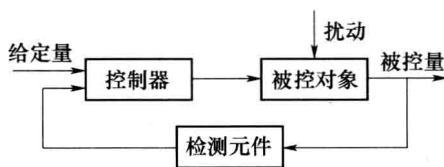


图 1-8 闭环控制系统

例 1-4 图 1-9 所示为转台速度闭环控制系统,对应的系统结构框图如图 1-10 所示。

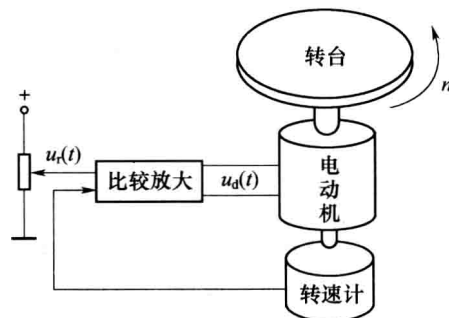


图 1-9 转台速度闭环控制系统

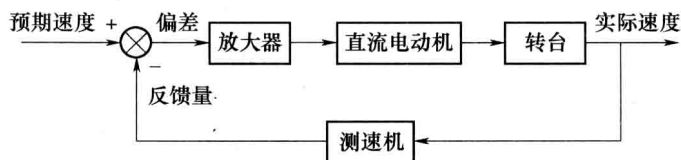


图 1-10 转台速度闭环控制系统结构框图

该系统中,转速计是一种传感器,它能提供与转速成比例的电压信号。偏差电压信号是由输入电压与转速计输出电压比较相减后得到的。当预期速度电压没有变化而实际速度受扰动的影响发生变化时,偏差电压也会随之变化,在运行中通过系统的调节不断地减小偏差,从而消除扰动对速度的影响,提高系统的精度。

例 1-5 图 1-11 所示为一个位置随动系统,其结构框图如图 1-12 所示。该系统用一对电位器作为位置检测元件,并形成比较电路。两个电位器分别将系统的输入和输出位置信号转换成与之成比例的电压信号,并作出比较。当发送电位器的转角 θ_r 和接受电位器的转角 θ_c 相等时,对应的电压亦相等,即 $U_r = U_c$,故 $U_e = U_r - U_c = 0$,因而 $U_d = 0$,电动机处于静止状态。若使发送电位器的转角逆时针方向增加一个角度 $\Delta\theta_r$,则由于 $U_r > U_c$ 而产生一个相应极性的偏差电压 U_e ,经放大器放大后得到 U_d ,供给直流电动机,使其带动负载和接收电位器的动臂一起逆时针旋转,直到 $\theta_r = \theta_c$ 为止。

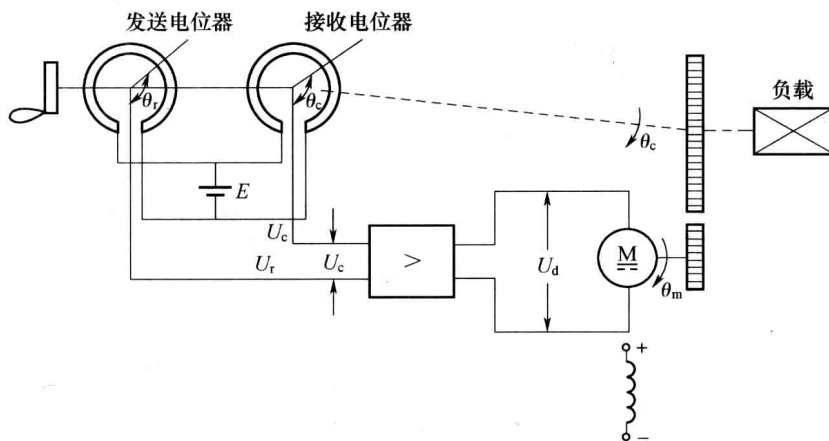


图 1-11 位置随动系统

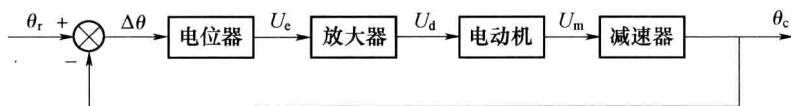


图 1-12 位置随动系统的结构框图

例 1-6 采用转速负反馈的直流电动机调速系统,如图 1-13 所示。此系统测量装置为测速发电机以及分压电位器。电动机的转速 n 被其转换成反馈电压 U_f ,并反馈至输入端,形成闭合回路。加在放大器输入端的电压 U_e 为给定电压 U_n 与 U_f 的差值,即 $U_e = U_n - U_f$ 。

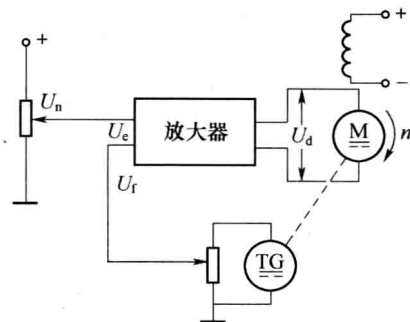


图 1-13 采用转速负反馈的直流电动机调速系统

此闭环控制系统中,输出转速 n 取决于给定的电压 U_n 。而对于由电网电压波动、负载变化以及除测量装置外的其他部分的参数变化所引起的转速变化,都可以通过自动调整加以控制。例如,如果由于以上原因使得转速下降($n \downarrow$),将通过以下调节过程使 n 基本维持恒定。

$$n \downarrow \rightarrow U_f \downarrow \rightarrow U_e \uparrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$$

由上述例子可知,闭环控制系统具有如下的特点:

- (1) 由于系统的控制作用是通过给定值与反馈量的差值进行的,因此这种控制常称为按偏差控制,又称反馈控制。
- (2) 这类系统具有两种传输信号的通道:由给定量至被控量的通道称为前向通道;由被控量至系统输入端的通道称为反馈通道。
- (3) 不论取什么物理量进行反馈,作用在反馈环内前向通道上的扰动,所引起的被控量的偏差值,都会得到减小或消除,使得系统的被控量基本不受该扰动的影响。正是由于这种特性,闭环控制系统在控制工程中得到了广泛的应用。

学习任务3 自动控制系统组成和分类

自动控制系统的分类方法较多,常见的有以下几种。

1. 线性系统和非线性系统

若一个元件的输入与输出特性是线性的,则称该元件为线性元件,否则称为非线性元件。若一个系统中所有的元器件均为线性元器件,则该系统称为线性系统;若系统中有一个非线性元器件,则该系统称为非线性系统。线性系统的数学模型为线性微分方程或差分方程,即其各项系数均不随变量的改变而变化。

2. 定常系统和时变系统

从系统的数学模型来看,若微分方程的系数不是时间变量的函数,则称此类系统为定常系统,否则称为时变系统。

若系统微分方程的系数为常数,则称为线性定常系统。

3. 连续系统和离散系统

从系统的信号来看,若系统各部分的信号都是时间 t 的连续函数即模拟量,则称此系统为连续系统。若系统中有一处或多处为时间 t 的离散函数,即脉冲或数码信号,则称为

离散系统。若离散系统中既有离散信号又有模拟量,亦称为采样系统。

4. 恒值系统、随动系统和程序控制系统

若系统的给定量为一定值,而控制任务就是克服扰动,使被控量保持恒值,则此类系统称为恒值系统。例如,电动机速度控制,恒温、恒压、水位控制等。

若系统给定值按照事先不知道的时间函数变化,并要求被控量跟随给定量变化,则此类系统称为随动系统,如火炮自动跟踪系统、轮舵位置控制系统等。

若系统的给定量按照一定的时间函数变化,并要求被控量随之变化,则此类系统称为程序控制系统,例如数控伺服系统以及一些自动化生产线等。

此外,根据系统元部件的类型,还可分为机电控制系统、液压控制系统、气动系统以及生物系统等。根据系统的被控物理量,可分为位置控制系统、速度控制系统、温度控制系统等。

学习任务4 自动控制系统的性能要求

在控制系统中,一个理想的控制系统,始终应使其被控量(输出)等于给定量(输入)。但是,由于机械部分质量、惯量的存在,电路中储能元件的存在以及能源功率的限制,使得运动部件的加速度受到限制,其速度和位置难以瞬时变化。所以,当给定变化时,被控量不可能立即等于给定量,而需要经过一个过渡过程,即动态过程。所谓动态过程,就是指系统受到外加信号(给定量或扰动)作用后,被控量随时间变化的全过程。

动态过程可以反映系统内在性能的好坏,而常见的评价系统优劣的性能指标,也是从动态过程中定义出来的。对系统性能的基本要求有三个方面。

1. 稳定性

稳定性是这样来描述的:系统受到外作用后,其动态过程的振荡倾向和系统恢复平衡的能力。如果系统受外作用力后,经过一段时间,其被控量可以达到某一稳定状态,则称系统是稳定的,如图1-14所示;否则称为不稳定的,如图1-15所示。

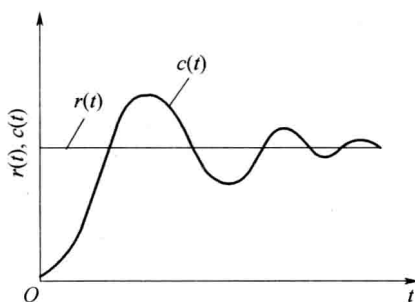


图1-14 稳定系统的动态过程

图1-15(a)所示为在给定信号作用下,被控量振荡发散的情况;图1-15(b)所示为受扰动 $d(t)$ 作用后,被控量不能恢复平衡的情况。另外,若系统出现等幅振荡,即处于临界稳定的状态,也属于不稳定。

显然,不稳定的系统是无法正常工作的。一个能在生产实际中应用的系统,不仅应具

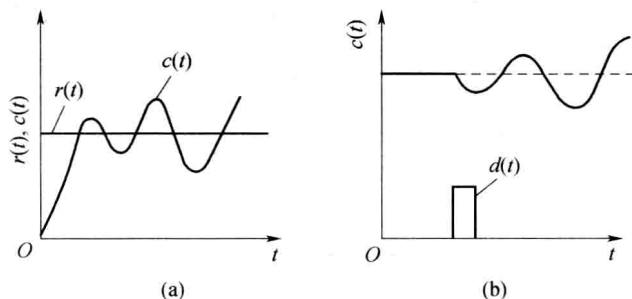


图 1-15 不稳定系统的动态过程

(a) 给定信号作用下的发散振荡；(b) 扰动 $d(t)$ 作用下的发散振荡。

有稳定性,而且在动态过程中的振荡不能太大,否则不能满足生产实际的要求,甚至会导致系统部件的松动和被破坏。

2. 快速性

快速性是通过动态过程时间长短来表征的,如图 1-16 所示。过渡过程时间越短,表明快速性越好,反之亦然。快速性表明了系统输出 $c(t)$ 对输入 $r(t)$ 的响应的快慢程度。系统响应越快,说明系统的输出复现输入信号的能力越强。

3. 准确性

准确性是由输入给定值与输出相应的终值之间的差值 e_{ss} 来表征的,如图 1-17 所示。它反映了系统的稳态精度。若系统的最终误差为零,则称为无差系统,否则称为有差系统。

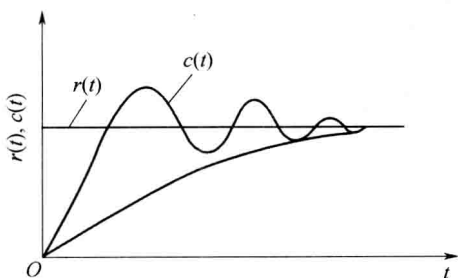


图 1-16 控制系统的快速性

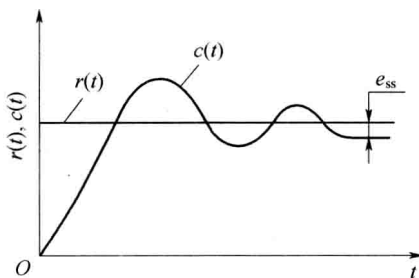


图 1-17 控制系统的稳态精度

稳定性、快速性和准确性往往是互相制约的。在设计与调试过程中,若过分强调系统的稳定性,则可能会造成系统响应迟缓和控制精度较低的后果;反之,若过分强调系统相应的快速性,则又会使系统的振荡加剧,甚至引起不稳定。

怎样根据工作任务的不同,分析和设计自动控制系统,使其对三方面的性能有所侧重,并兼顾其他,以全面满足要求,这正是本课程所研究的内容。

【小 结】

自动控制就是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置操纵被控对象,使被控量等于给定值。自动控制的基本方式有开环控制和闭环控制两种。开环控制实行起来简单,

但抗扰动能力较差,控制精度也不高。自动控制原理中主要讨论闭环控制方式,其主要特点是抗扰动能力强、控制精度高,但存在能否正常工作,即稳定与否的问题。

自动控制理论是分析和设计自动控制系统的理论基础,大致可分为古典控制理论和现代控制理论两大部分。本书主要介绍古典控制理论。

【思考和练习】

1-1 根据图 1-18 所示的电动机速度控制系统工作原理图,完成:

- (1) 将 a 、 b 与 c 、 d 用线连接成负反馈状态;
- (2) 画出系统方框图。

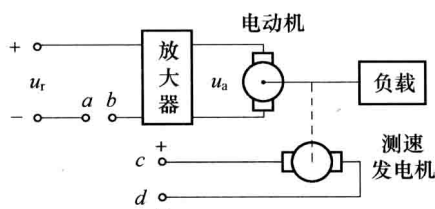


图 1-18 电动机速度控制系统原理图

1-2 图 1-19 是仓库大门自动控制系统原理示意图。试说明系统自动控制大门开、闭的工作原理,并画出系统方框图。

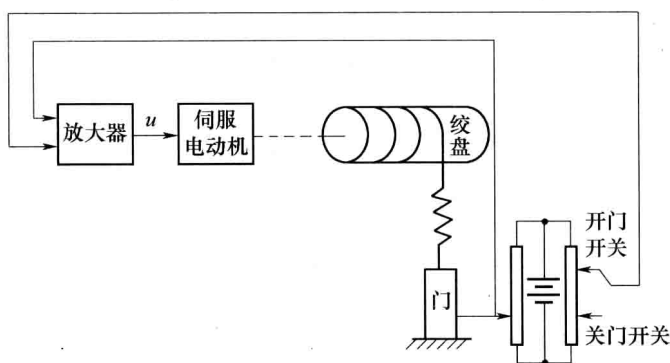


图 1-19 仓库大门自动控制系统原理图

1-3 图 1-20 为工业炉温自动控制系统的工作原理图。分析系统的工作原理,指出被控对象、被控量和给定量,画出系统方框图。

1-4 图 1-21 是控制导弹发射架方位角的电位器式随动系统原理图。电位器 P_1 、 P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端,其滑臂分别与输入轴和输出轴相联结,组成方位角的给定元件和测量反馈元件。输入轴由手轮操纵,输出轴则由直流电动机经减速后带动,电动机采用电枢控制的方式工作。

试分析系统的工作原理,指出系统的被控对象、被控量和给定量,画出系统的方框图。