



自动控制 原理与应用

● 主编 张 燎

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

自动控制原理与应用

主 编 张 燎

副主编 金文进 金佛荣 周小军

内容简介

本教材按照“项目引领,任务驱动”的工学结合人才培养模式的要求,以典型的工作任务为载体,以培养分析能力为重点,以控制系统的分析为主线,结合多年的一线教学经验编写而成。

全书共分6个项目,其内容主要包含了自动控制系统的组成和工作原理、建立控制系统的数学模型、分析控制系统的常用方法、分析控制系统的基本性能、改善控制系统性能的途径和 MATLAB 在控制系统分析与仿真中的应用等。通过具体任务的实施,加强学生系统思维能力、逻辑思维能力和实践动手能力的培养。

每个项目有“项目目标、项目小结和项目习题”,项目中的每个模块/任务都有“任务目标、任务描述、相关知识、任务实施过程和任务小结”,通过对自动控制原理内容的梳理,使其条理更加清晰,分析过程更加细致,内容更加通俗易懂,具有较强的针对性,符合高职高专学生的教学现状。本书图文并茂,便于学生自学。

本书可供应用型本科及高职高专院校自动化类、电气类、机电一体化类和应用电子专业教学使用,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理与应用/张燎主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2014.2

ISBN 978-7-5661-0766-4

I. ①自… II. ①张… III. 自动控制理论
IV. ①TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023724 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东市一兴印刷有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 14.25
字 数 362 千字
版 次 2014 年 2 月第 1 版
印 次 2014 年 2 月第 1 次印刷
定 价 29.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着我国高等职业教育的不断发展,国内一些高职院校率先采用了“基于工作过程的项目化教学方法”,比较成功地解决了高等职业教育课程改革中的一些难题,编者根据这一发展趋势,结合高职学校学生实际状况,编写了《自动控制原理与应用》项目化教材。

高职“自动控制原理”课程是电气自动化、机电一体化、计算机控制和应用电子等专业的核心课程,在课程体系中占有重要的位置,但由于该课程比较抽象,对数学、物理和专业基础课的要求较高,学生不容易掌握,增加了教师授课的难度。为此,根据专业岗位技术技能的需要,在保证知识够用的前提下,按照“项目引领,任务驱动”的教学理念,以培养学生的分析能力和实践能力为主线,结合编者多年的工程经验和一线教学实践,对课程的内容、教学方法进行了全面的改革和设计,精心组织六个教学项目,加强了实践环节的教学,使教材的分析思路和分析过程更加清晰、更加贴近工程实际,突出了教材的高职教育特色。

全书共分六个项目:

项目1介绍了自动控制系统有关的基本概念,着重培养学生对实际控制系统的组成和工作原理的分析能力。

项目2以传递函数和结构框图为重点,介绍了控制系统的数学模型,通过简单任务的实施,初步培养学生的建模能力,为学生后续学习打下基础。

项目3以绘制Bode图为主线,介绍了时域分析法和频率特性法,培养学生Bode图绘制的能力,为系统分析和改善系统性能奠定基础。

项目4介绍了稳定性、稳态性能和动态性能分析等内容,以分析思路和分析过程为切入点,较为细致地介绍了系统性能分析的全过程,强化学生系统思维和系统分析能力的培养。

项目5以串联校正为重点,介绍了串联校正、反馈校正和顺馈补偿等改善系统性能的措施和工程方法,培养学生解决问题的能力。

项目6为综合实训项目,通过利用MATLAB软件,进行系统分析和仿真,加深学生对控制系统有关概念的理解,进一步强化学生提出问题、分析问题和解决问题的能力。

在教材编写过程中,甘肃天水红山试验机有限公司正高级工程师张建卫、天水电气传动研究所有限公司高级工程师马双富、甘肃工业职业技术学院副教授薛岩和杨轶霞等同志为教材的编写提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

编者在编写的过程中虽然耗费了大量精力,但由于水平有限,书中难免出现疏漏和错误,恳请广大读者批评指正,以期修订更新。

编 者

2013年11月20日

目 录

项目 1 自动控制系统的组成与工作原理	1
任务 1 认识自动控制系统	1
任务 2 认识自动控制系统的基本组成	6
任务 3 分析实际自动控制系统的组成与工作原理	9
任务 4 自动控制系统的分类	12
任务 5 认识控制系统的性能与指标	14
项目 2 建立自动控制系统的数学模型	20
任务 1 拉普拉斯变换	20
任务 2 应用拉氏变换解微分方程	25
任务 3 建立系统的微分方程模型	27
任务 4 建立系统的传递函数模型	30
任务 5 典型环节及其时域特性	34
任务 6 典型环节的模拟	43
任务 7 建立自动控制系统的结构图模型	49
任务 8 结构框图的等效与化简	54
综合任务 RC 电路的模型建立及其结构图的化简	59
项目 3 分析自动控制系统性能的常用方法	66
任务 1 时域分析方法	66
任务 2 频率特性分析法	70
任务 3 典型环节的对数频率特性	76
任务 4 绘制系统的开环对数频率特性曲线	86
项目 4 分析自动控制系统的基本性能	93
模块 1 稳定性分析	93
任务 1 稳定的基本概念与充要条件	93
任务 2 稳定性判据	99
任务 3 计算自动控制系统的稳定裕量	102
模块 2 稳态性能分析	107
任务 1 计算系统的稳态误差	107
任务 2 影响系统稳态性能的因素	111
模块 3 动态性能分析	117

模块 4 系统开环频率特性与系统性能之间的关系	122
综合任务 分析直流调速系统的基本性能	124
项目 5 改善自动控制系统性能的途径	132
模块 1 校正的分类及常用校正装置	132
模块 2 串联校正	137
任务 1 比例(P)校正	137
任务 2 比例微分(PD)校正	142
任务 3 比例积分(PI)校正	145
任务 4 比例积分微分(PID)校正	150
模块 3 顺馈补偿	155
项目 6 MATLAB 在控制系统分析中的应用	166
模块 1 MATLAB 的基本操作	166
任务 1 认识 MATLAB 软件	166
任务 2 MATLAB 软件的开发环境	168
任务 3 MATLAB 的命令函数和 M 文件	172
任务 4 MATLAB 的数值、变量、运算符和表达式	176
任务 5 应用 MATLAB 解微分方程	180
模块 2 MATLAB 在自动控制系统时域分析中的应用	185
模块 3 MATLAB 在频域分析中的应用	190
任务 1 绘制系统的频率特性曲线	190
任务 2 应用 MATLAB 进行系统校正	193
模块 4 Simulink 动态仿真	198
附录 常用 MATLAB 函数表	211
参考文献	220

项目1 自动控制系统的组成与工作原理



项目目标

【知识目标】

1. 掌握自动控制系统的基本概念。
2. 掌握自动控制系统的组成与工作原理。
3. 了解自动控制系统的分类。
4. 掌握自动控制系统的基本要求及指标。

【能力目标】

1. 具备分析自动控制系统组成、工作原理的能力。
2. 具备绘制自动控制系统控制框图的能力。



项目描述

自动控制技术是控制理论的技术实现与应用,是自动化技术的核心。自动控制技术是20世纪发展最快、影响最大的技术之一,也是21世纪最重要的高新技术之一。自动控制技术自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。所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,利用外加的设备或装置(控制装置),使机器、设备或生产过程(控制对象)的某个工作状态或参数(被控量)自动按照预定的规律运行。

自动控制系统是指能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统。它是控制对象以及参与实现其被控制量自动控制的装置或元部件的组合,一般由控制元件和被控对象组成,它包括三种元件:反馈元件、比较元件、执行元件。自动控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系统,控制系统是由一定的物理元件组成的,这些元件按照既定的原理进行工作,完成相应的控制任务。

通过本项目的知识学习和能力训练,掌握自动控制系统的基本概念、组成、调节原理和系统控制框图的绘制方法,形成相应的分析能力,为后续项目的学习打下基础。

任务1 认识自动控制系统



任务目标

【知识目标】

1. 掌握开环控制和闭环控制的概念。
2. 掌握开环控制系统和闭环控制系统的概念。
3. 了解开环控制系统和闭环控制系统的优缺点。

【能力目标】

初步具备分析系统的组成及工作原理的能力。

**任务描述**

自动控制系统的类型较多,如果按照系统是否设有反馈元件来对系统进行分类,就有开环控制系统和闭环控制系统,未设有反馈元件的系统是开环控制系统,反之则为闭环控制系统。通过对典型实际系统的学习,掌握开环控制和闭环控制的概念,掌握自动控制系统的控制任务、组成和原理,并了解开环控制系统和闭环控制系统各自的优缺点。本书所涉及的控制系统中,检测元件(或测量变送元件)均称为反馈元件。

**任务实施****一、开环控制和闭环控制的概念导入**

在人骑自行车行驶的过程中,大脑、眼睛、手臂等器官与自行车构成了自动控制系统。自行车偏离预定方向的偏差会被眼睛观察到,并反馈到大脑,与大脑事先确定的位置进行比较,形成了自行车偏差及偏差纠正的指令,然后通过神经系统将指令发送给手臂,手臂执行大脑指令,修正自行车偏差。在这个系统中,眼睛起到了“连接大脑和自行车的作用”,是反馈元件(测量与变送元件),这样人与自行车组成了闭合的控制系统,人对自行车的控制就是闭环控制。如果用一块不透明的布条遮挡眼睛,自行车的运动与大脑的联系便中断,自行车偏离预定方向的偏差将无法纠正,偏差可能越来越大,人对自行车的控制是开环控制。因此,设有反馈元件的系统称为闭环控制系统,未设反馈元件的系统称为开环控制系统。

二、认识开环控制系统**(一)开环控制系统的概念**

开环控制系统是指系统的输出量不参与控制,对控制过程无影响的系统。系统中信号的传递具有单向性,控制作用直接由系统的输入产生,输出量对系统的控制作用不发生影响,没有形成一个闭合的回路。

(二)典型开环控制系统

步进电机被广泛应用到各种自动化设备中,是机电一体化的关键产品之一。如果没有特殊要求,步进电机一般采用开环控制,步进电机控制系统的原理见图1-1。

1. 系统的控制任务

该系统的控制任务是控制负载的位移和运动速度,按照控制器给定的规律变化。负载的位移可以是角位移或线位移(如数控车床工作台移动的距离),运动速度可以是角速度或线速度(如数控机床工作台的移动速度)。

2. 系统的工作原理

在图1-1中,控制器(PLC或单片机)主要用来产生控制电机的脉冲指令信号,是指令的给定元件,步进电机驱动器的作用是对控制器发送过来的控制脉冲进行环形分配、功率放大,使步进电机绕组按一定顺序通电,控制电机转动,是指令的放大元件,放大后的环型

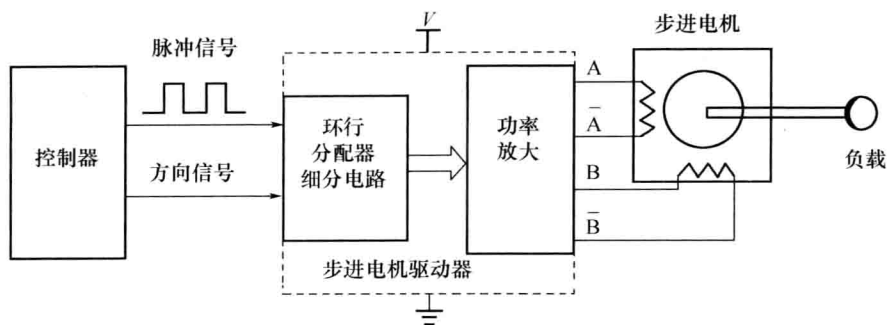


图 1-1 步进电机开环控制系统原理图

脉冲驱动步进电机带动负载转动,因此,步进电机为执行元件,负载为控制对象,负载产生的角位移或线位移不被引入到控制器中,不参与控制,一旦由于负载发生变化而产生误差,系统就无法纠正。将系统中的每个物理部件都用方框抽象表示,则可将步进电机控制系统的原理图转化为控制框图(见图 1-2)。

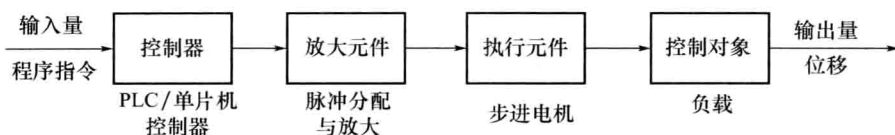


图 1-2 步进电机控制系统控制框图

3. 开环控制系统的特点及应用场所

优点:系统不设反馈元件,其优点是系统结构简单,稳定性好,成本较低。

缺点:当系统受到扰动影响时,系统的输出量偏离希望值而产生误差,这个误差系统无法自动补偿。因此,开环控制系统抗干扰能力较差。一般开环控制系统的控制精度不是很高。如果采用高精度的部件,开环控制系统也可以达到较高的控制精度,但系统的成本将大幅升高。

应用场所:当系统的输入量和输出量之间的关系固定,而且系统所受干扰的变化规律和量值已知,且能够采用补偿装置消除因干扰产生的误差时,则尽量用开环控制系统,因此,该系统适用于结构与参数稳定、干扰很弱或对被控量要求不高的场合,如家用电风扇的转速控制,自动洗衣机、包装机以及某些自动化流水线等。当干扰未知时,则尽量用闭环控制系统。

三、认识闭环控制系统

(一) 闭环控制系统的概念

若系统的输入量通过反馈元件(测量元件)引入到系统的输入端,参与系统的控制,输出量对系统的控制有明显影响,这样的系统称为闭环控制系统。由于设有反馈元件,闭环控制系统也被称为反馈控制系统。

在反馈控制系统中,系统的输出量经过反馈元件引入到系统的输入端,与系统的输入量进行比较,形成偏差信号,反馈控制系统就是按照偏差信号进行控制和调节的,系统调节

结束的标志是偏差信号为零或接近于零。

(二) 典型闭环控制系统

电炉箱恒温控制系统就是一个典型的闭环控制系统(原理图见图 1-3),经常用于工业生产的过程控制。

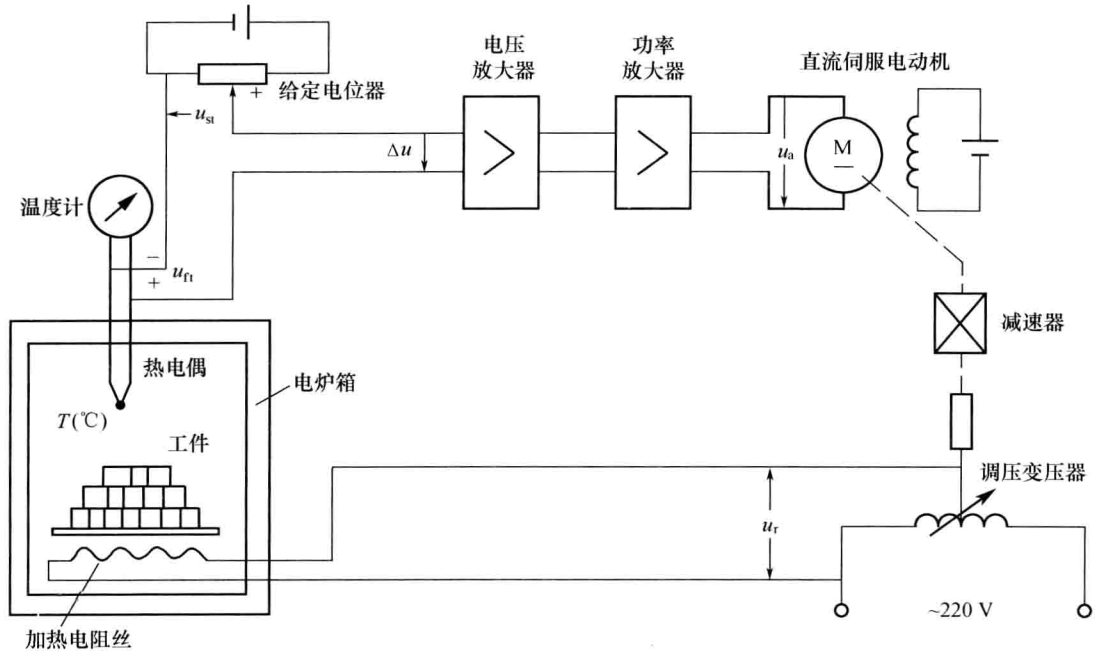


图 1-3 电炉箱恒温控制系统示意图

1. 系统的控制任务

该系统的控制任务就是保持电炉箱内的温度恒定,确保工件的热处理质量。

2. 系统的工作原理

由图 1-3 可以看出,当炉壁散热和增、减工件时,会使炉内温度发生变化,温度的变化被热电偶传感器检测,并将温度转化为电压信号,这个电压就是反馈电压 u_{fi} ,反馈电压 u_{fi} 被热电偶反馈到系统的输入端,与系统的输入量 u_{st} (u_{st} 也被称为控制量,它由给定电位器给出)进行比较,产生偏差电压 Δu ($\Delta u = u_{st} - u_{fi}$)。由于是采用负反馈控制,因此 u_{st} 和 u_{fi} 两者的极性相反,偏差电压 Δu 经电压放大和功率放大后(Δu 的数量级比 u_{st} 和 u_{fi} 还要小),去驱动直流伺服电动机 M(控制电动机电枢电压),电动机经减速器带动调压变压器的滑动触头,来调节电炉丝两端的电压 u_r ,进而改变炉温 T (系统的输出量或被控制量)。当炉温 T 达到预定温度时,系统的输入电压和反馈电压相等,偏差电压 Δu 为零或接近于零,电机停止转动,系统的调节过程结束,进入了稳定运行状态。由于有些工件进行热处理时,对温度要求较高,因此电炉箱恒温控制系统采用了闭环控制。

在电炉箱恒温控制系统中,热电偶是反馈元件,它将系统的输出量(温度 T)引入到系统的输入端,使系统的输出量参与了控制,从而形成了一个闭环的控制回路。将图 1-3 中的各物理部件用方框抽象表示,则系统的原理图转化为控制框图(见图 1-4)。

3. 系统的调节过程

由图 1-4 电炉箱恒温控制系统控制框图可分析系统的调节过程,当系统受到干扰(如

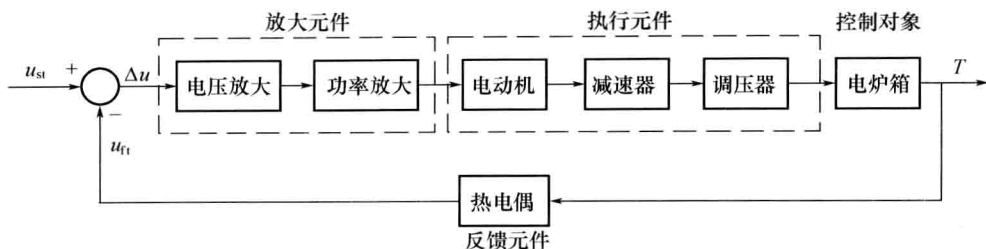


图 1-4 电炉箱恒温控制系统控制框图

炉门打开、环境温度变化、电网电压变化)时,电炉箱内的温度都会升高或降低,图 1-5 是温度降低时的系统自动调节过程。

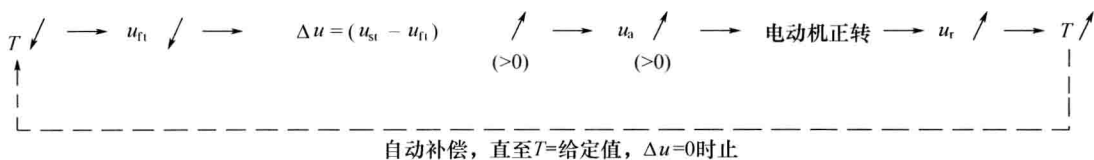


图 1-5 系统的调节过程示意图

4. 闭环控制的优缺点和应用场所

优点:闭环控制(或反馈控制)可以自动进行补偿系统输出量偏离预定值的偏差,这是闭环控制的一个突出的优点。

缺点:闭环控制要增加反馈、比较、调节器等部件,会使系统结构复杂、成本提高。而且闭环控制会带来副作用,使系统的稳定性变差,甚至造成不稳定,这是采用闭环控制时必须重视并要加以解决的问题。

应用场所:闭环控制系统应用于控制要求较高的场合,如跟踪系统、闭环直流调速系统、中央空调等。



任务小结

1. 开环控制和闭环控制最大的区别是开环控制系统没有反馈元件,而闭环控制系统设有反馈元件。闭环控制系统具备自我调节的能力,而开环控制系统不具备自我调节的能力。

2. 闭环控制系统是按照偏差进行控制的。当偏差为零或接近于零时,系统的调节结束,执行元件停止动作,系统的输出量将不会变化,或变化比较小。控制系统就是要对被控对象的行为进行控制,按照预定的规律运动。

3. 开环控制系统的控制准确程度不一定比闭环控制系统的准确程度低,这主要取决于开环控制采用的部件及其制造精度,还有系统的安装调试、所采用的控制方法等。

4. 分析闭环控制系统工作原理的基本步骤为:

(1)明确系统的控制任务。如电炉箱恒温控制系统的任务是要保持温度的恒定。

(2)明确系统中每个部件的用途、功能和作用及相互之间的联系。主要明确各部件输入端是什么物理量,输出端是什么物理量,各物理量之间的关系是什么。

(3)分析系统的结构。首先要找出被控制对象和产生控制指令的部件(也就找到了输

入端和输出端),然后按照从“控制对象→反馈元件→比较元件→给定元件→放大元件→执行元件→控制对象”的次序分析系统的结构,找出各元件中的物理量之间的关系。

(4)分析系统的调节过程。现有教材在分析系统的调节过程时,大多都假设控制对象或系统中其他部件参数发生变化时的一种调节过程分析,这种调节是被动调节,实际上还有主动调节过程(控制的作用),当系统的输入量(控制量)发生变化时,也存在调节过程,其分析方法同被动调节是一样的。

任务2 认识自动控制系统的基本组成



任务目标

【知识目标】

1. 掌握自动控制系统的基本组成。
2. 掌握自动控制系统中的输入量、中间量、扰动量和输出量的作用。

【能力目标】

1. 具备分析系统各元件功能的能力。
2. 初步具备根据控制系统原理图绘制控制框图的能力。



任务描述

自动控制系统是由物理元件组成的,它们在系统中具有不同的功能,完成不同的任务,这些元件均有各自的输入量和输出量。通过本任务的学习,明确系统的组成及各元件、各物理量所起的作用,为分析系统的工作原理打好扎实的基础。



任务实施

一、系统的基本组成

现以图1-3所示的电炉箱恒温控制系统为例说明控制系统的组成及术语。为便于分析和说明问题,用每一个小方框代表自动控制装置和控制对象的一个部件或几个部件的组合,并用箭头标明各作用量的传递情况,用这种方法画出的框图就是控制框图。在电炉箱恒温控制系统原理框图的基础上,画出图1-6所示的闭环控制系统基本组成框图。由图1-6看出,自动控制系统主要由以下元件组成:

(一)给定元件。由它产生系统的输入量(此处为 u_{st}),并调节系统的输出量的大小,此处为给定电位器。

(二)反馈元件。用来测量系统的输出量(此处为温度 T),把物理参数(如液位、温度、压力、流量等)转换成某种便于远距离传送,并与输出量成比例(或某种确定的函数关系)的测量信号(此处为 u_n)。

(三)比较元件。在模拟控制系统中一般为运算放大器,数字控制系统中一般为计算机(PC机、单片机或PLC),其作用是将反馈信号与输入量进行叠加,形成偏差信号(此处为 Δu)。反馈量信号的极性用“+”或“-”表示,若为正反馈则两信号的极性相同,若为负反

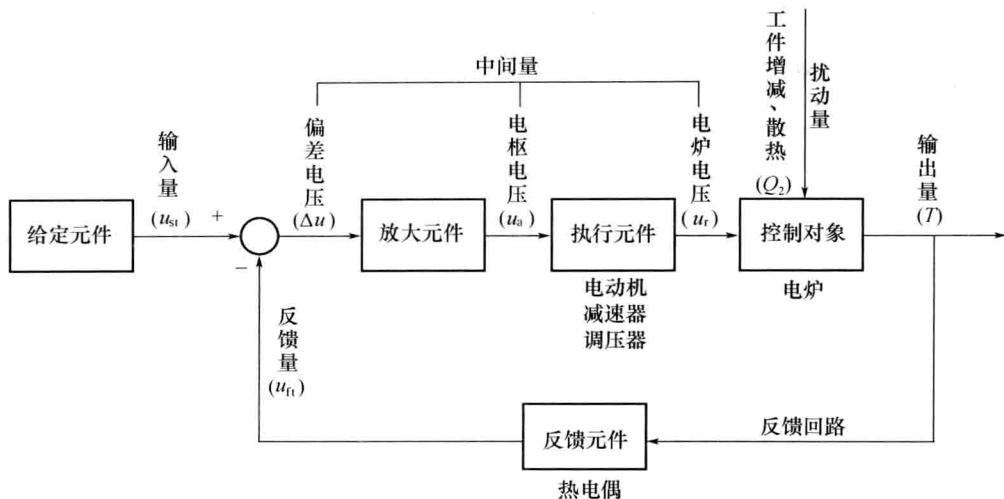


图 1-6 自动控制系统的组成框图

反馈则两信号的极性相反。

(四)放大元件。放大偏差信号,偏差信号(此处为 Δu)一般很小,不能驱动执行元件,因此需要放大。此处为晶体管放大器或集成运算放大器。

(五)执行元件。此处为伺服电动机、减速器和调压器,其作用是驱动或操纵控制对象按照预定的要求运行。

(六)控制对象。被控制的生产过程或设备称为控制对象(被控对象,受控对象),此处为电炉。

在控制框图中,各个元件的排列,通常将给定元件放在最左端,控制对象排在最右端,输入量在最左端,输出量在最右端。从左至右(即从输入至输出)的通道称为顺馈通道或前向通路,将输出信号引回输入端的通道称为反馈通道或反馈回路。

开环控制系统与闭环控制系统的组成区别是前者没有反馈元件,其他元件基本相同。

二、系统的各种作用量和被控制量

(一)输入量。又称控制量或参考输入量,输入量的角标常用 r (或 i)表示。通常由给定电压信号构成,或通过反馈元件(测量元件)将非电物理量转换为电信号。如图 1-6 中的 u_{st} 。

(二)输出量。又称被控制量,输出量角标常用 c (或 o)表示。它是被控制对象的输出,是控制的目标,如图 1-6 中的电炉温度 T 。

(三)反馈量。通过反馈元件将输出量转变成与给定信号性质相同且数量级相同的信号,如图 1-6 中,电炉的温度 T (输出量)通过热电偶转换为反馈电压 u_{fi} 。反馈量的角标常以 f 表示。

(四)扰动量。又称干扰或“噪声”,所以扰动量的角标常以 d (或 n)表示。它的作用是破坏系统的输入量和输出量之间的确定关系。实际上它是一种不希望出现的输入量。

(五)中间变量。它是系统各环节之间的作用量。前一环节的输出量,也是后一环节的

输入量。如图 1-6 中的 $\Delta u, u_a, u_r$ 等就是中间变量。

三、控制框图的基本画法

现以图 1-7 直流调速系统为例来说明控制框图的画法。

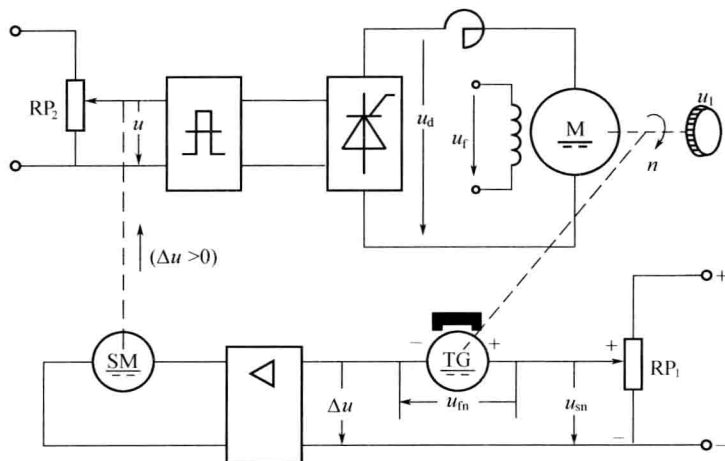


图 1-7 直流调速系统原理图

(一) 根据系统的控制任务, 先找出控制对象和系统的输出量, 同时根据控制对象可能受到的主要干扰, 找出扰动量。直流调速系统的控制任务是保持直流电机 M 的转速恒定, 由此可以确定直流电机 M 就是控制对象, 系统的输出量为电机的转速 n , 引起转速变化的主要因素一般来说是负载力矩的变化, 负载阻力矩 T_L 就是扰动量。

(二) 根据部件功能的分析和连接方式, 找出反馈元件。反馈元件的输入端连接控制对象, 输出端连接比较元件, 结合部件的功能, 就可以找出反馈元件。直流电动机 M 的输出轴连接了负载, 也连接了测速电机 TG。测速电机用以测量直流电机 M 的转速变化, 测速电机就是反馈元件, 它将转速的变化成比例地转化为电压的变化, 并反馈到系统的输入端, 这个电压就是反馈量 (反馈电压 u_{fn})。

(三) 反馈元件的输出端连接比较元件, 从而找出比较元件, 通过物理量之间关系的分析, 也能找出给定元件。测速电机 TG 的输出端与运算放大器连接, 运算放大器的输入端子有两个信号: 一个是反馈电压 u_{fn} , 另一个是给定电压 u_{sn} (系统的输入量)。两个电压在运算放大器中进行差的运算, 形成了偏差电压 Δu ($\Delta u = u_{sn} - u_{fn}$), 因此, 运算放大器就是比较元件。

(四) 比较元件的输入端与系统的给定元件相连, 同时也与放大元件相连, 由此可找出给定元件和放大元件。运算放大器对偏差信号进行放大, 放大后的电压直接施加到伺服电动机 SM 的电枢, 由此可知运算放大器是放大元件。同时还可看出运算放大器的输入端还与电位器 RP_1 相连, 因此, RP_1 为给定元件, 它输出的电压 u_{sn} 为系统的输入量。

(五) 根据系统的连线方式, 控制对象的输入端和执行元件的输出端相连, 以此可以确定执行元件。偏差电压 Δu 经运算放大器放大后, 直接施加到直流伺服电机 SM 的电枢上, 伺服电机的轴再带动电位器 RP_2 的滑臂移动, 从而改变触发器的输入电压 U , 这样触发器开始动作, 来控制整流电路的输出电压 u_d , u_d 成为直流电机 M 的电枢电压 (电机的输入量),

用以控制电机 M 改变转速和转动方向,由此可看出,伺服电机 SM、电位器 RP₂、晶闸管触发电路和整流电路组成了执行元件,用以操纵控制对象(为直流电机 M)。

(六)找出系统的中间量,即上一环节的输出来就是下一环节的输入量关系。系统中的各物理量的传递关系为: $u_{sn} \rightarrow \Delta u (\Delta u = u_{sn} - u_{fn}) \rightarrow u \rightarrow u_d \rightarrow n \rightarrow u_{fn}$ 。

(七)进行连线,将各元件的框图连接在一起,并在连接线上标出系统中的各物理量,在元件的方框中标出元件的实际名称。在各元件方框的上部或下部标出各元件的理论定义的名称。直流调速系统的控制框图见图 1-8。

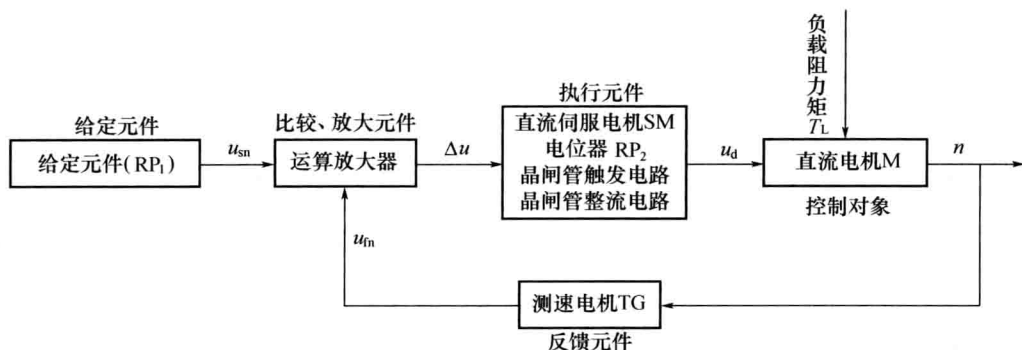


图 1-8 直流调速系统的控制框图



1. 自动控制系统由给定元件、比较元件、放大元件、执行元件、控制对象和反馈元件等组成。如果考虑到系统的校正和顺馈补偿,系统还有校正元件和补偿元件。现在的控制系统基本为数字控制系统,单纯的比较元件已不复存在,比较元件一般为计算机(PC机、单片机或 PLC)。

2. 系统中的物理量主要有输入量、输出量、扰动量、反馈量和中间量。

3. 分析控制系统的组成,要按照正确的步骤进行,同时还要对系统中各个部件的功能和作用熟悉,搞清楚系统的组成后,可画出系统的控制框图,这样便于分析系统的工作原理和调节过程。

任务3 分析实际自动控制系统的组成与工作原理



【知识目标】

1. 掌握实际控制系统的组成。
2. 掌握实际控制系统的工作原理及说明书的使用。

【能力目标】

1. 具备分析实际控制系统组成的能力。
2. 具备分析实际控制系统工作原理的能力。

3. 具备绘制实际控制系统原理图和控制框图的能力。

任务描述

通过观看实际自动控制系统的工作过程,对照实际系统的部件,查看技术说明书,可以画出系统的原理图和控制框图;分析实际控制系统的组成与原理,培养学生的实际分析能力,加深对自动控制系统有关概念的理解,增强学习兴趣,有利于后续课程的学习。本任务可根据实验室配备的情况实施。现以机床工作台位置随动系统为例,分析说明自动控制系统的组成和工作原理。

任务实施

一、任务

图 1-9 为机床工作台位置随动系统的原理图,分析该系统的工作原理,并画出系统的控制方框图。

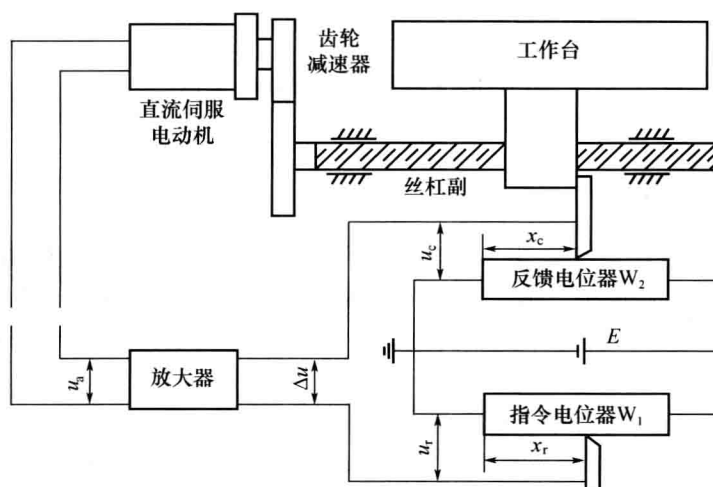


图 1-9 机床工作台位置随动系统的原理图

二、任务实施过程

(一) 系统的组成

机床工作台位置随动系统的控制任务是控制工作台的位置,使之按指令电位器给出的规律运动。由此可知,工作台就是控制对象。

1. 系统的组成元件

- (1) 指令给定元件——指令电位器 W_1 。
- (2) 反馈元件——反馈电位器 W_2 。
- (3) 比较元件——桥式电路。
- (4) 放大元件——放大器。
- (5) 执行元件——直流电机 + 齿轮减速器 + 丝杠副。

(6)控制对象——工作台。

2. 系统中的主要物理量

(1)系统的输出量——工作台的位移 X_c 。

(2)系统的输入量——工作台的给定位置电压 u_r 。

(3)反馈量——反馈电压 u_c 。

(4)中间量——放大器输出电压 u_a ,电动机轴角位移 θ_m ,丝杠副转动位移 θ_c 。

(二)系统的工作原理

由图1-9可看出,通过指令电位器 W_1 的滑动触点给出工作台的位置指令 X_r ,并转换为控制电压 u_r 。工作台(控制对象)的位移 X_c 由反馈电位器 W_2 检测,并转换为反馈电压 u_c ,两电位器连接成桥式电路。当工作台位置 X_c 与给定位置 X_r 有偏差时,桥式电路的输出电压为 $\Delta u = u_r - u_c$ 。设开始时指令电位器和反馈电位器滑动触点都处于左端,即 $X_r - X_c = 0$,则 $\Delta u = u_r - u_c = 0$,此时,放大器无输出,直流伺服电动机不转动,工作台静止不动,系统处于平衡状态。当给出位置指令 X_r 时,在工作台改变位置之前的瞬间, $X_r = 0, X_c = 0$,则电桥输出为 $\Delta u = u_r - u_c = u_r - 0 = u_r$,该偏差电压经放大器放大后控制直流伺服电动机转动,直流伺服电动机通过齿轮减速器和丝杠副驱动工作台右移。随着工作台的移动,工作台实际位置与给定位置之间的偏差逐渐减小,即偏差电压 Δu 逐渐减小。当反馈电位器 W_2 滑动触点的位置与指令电位器滑动触点的给定位置一致时,电桥平衡,偏差电压 $\Delta u = 0$,伺服电动机停转,工作台停止在由指令电位器给定的位置上,系统进入新的平衡状态。当给出反向指令时,偏差电压极性相反,伺服电动机反转,工作台左移,当工作台移至给定位置时,系统再次进入平衡状态。如果指令电位器滑动触点的位置不断改变,则工作台位置也跟着不断变化。

(三)绘制系统的控制框图

控制系统的任务是控制工作台的位置,使之按指令电位器给出的规律运动;系统的被控对象为工作台;输出量为工作台的位置;反馈元件是反馈电位器 W_2 ,它将工作台的位置 X_c 转变为相应的电压量 u_c ;系统的给定装置为指令电位器 W_1 ,其输出电压 u_r 作为系统的参考输入量,以确定工作台的希望位置;系统的偏差为 Δu ,即工作台的希望位置与实际位置之差,由 u_r 和 u_c 计算得到($\Delta u = u_r - u_c$);系统的执行机构为直流伺服电动机、齿轮减速器和丝杠副。此机床工作台位置随动系统的控制过程可用如图1-10所示方框图表示。

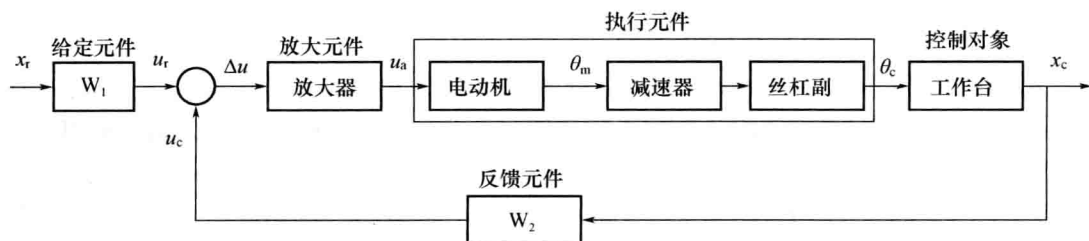


图1-10 机床工作台位置随动系统的控制框图



在分析实际控制系统的过程中,要首先熟读系统的技术说明书,理清系统的组成、工作