

高等学校规划教材

自动控制原理辅导与习题

谭得健 谢宝瑞 徐兴群 侯媛彬 编

中国矿业大学出版社

高等学校规划教材

自动控制原理辅导与习题

谭得健 谢宝瑞 徐兴群 侯媛彬 编

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内 容 简 介

本书是与魏泽国教授主编的《自动控制原理》相配合的教学用书。内容包括：自动控制系统的基本概念、自动控制系统的数学模型、时域分析法、根轨迹法、频域分析法、自动控制系统的设计、非线性系统的分析、采样控制系统、系统的状态空间模型及系统分析、系统的能控性、能观性及稳定性、极点配置与状态观测器。根据以上内容，全书共列写了例题 126 题，习题（包括教材中绝大部分习题）290 题。

本书除与《自动控制原理》配合使用外，也可以作为从事自动控制、工业自动化、电气自动化等专业的科技人员，大专院校师生的自学参考用书。

责任编辑 胡玉雁
技术设计 马景山
责任校对 马景山

高等学校规划教材
自动控制原理辅导与习题

谭得健 谢宝瑞 徐兴群 侯媛彬 编

中国矿业大学出版社出版

江苏省新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 20.5 字数 495 千字

1995 年 1 月第一版 1995 年 1 月第一次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-81040-348-6

TP · 15

定价：11.60 元



前 言

本书是与魏泽国教授主编的《自动控制原理》(1993年版)相配套的教学辅导书。我们在教学中感到,为帮助学生在 学习过程中,能够正确理解和运用课程的基本概念、基本理论和基本方法及解题技巧,非常需要出版一本与教材配套使用的学习辅导与习题集。根据教学大纲的要求和多年来在教学工作中积累的资料,特别是吸取了国内外有关教材、习题集及教学指导书中的精华部分,编写了这本面向一般工院校电气自动化,工业自动化等专业本科大学生使用的习题集。本书每一章均简明扼要、深入浅出的总结了该章的基本概念、主要内容和计算公式,具有工具书的功能。为了帮助初学者与自学者掌握分析问题和解决问题的基本方法,每一例题都先进行了题意分析,并指出解题的思路和步骤。为满足报考硕士研究生需要,本书还增加了现代控制理论基础内容及部分研究生试题。

本书共分十一章,前八章与教材内容相同,第九、十、十一章为现代控制论内容。每一章的结构基本相同,分为基本概念及要点、基本要求、例题分析、习题与提示四节。书末附有精选的六份近年来有关院校报考硕士研究生入学试题及大部分习题参考答案。

本书第一、二、八章由徐兴群编写;三、五章由谢宝瑞编写;四、六、七章由谭得健编写;九、十、十一章由侯媛彬编写,全书由谭得健主编,谢宝瑞副主编。

本书在编写过程中承蒙魏泽国教授、黄章教授的指导,并提出许多宝贵意见,对此编者表示衷心感谢。

由于编者水平所限,在编写过程中,难免出现疏漏和错误,敬请广大读者批评、指正。

编者

1994年3月

目 录

第一章 自动控制系统的基本概念	(1)
第一节 基本概念及要点	(1)
第二节 基本要求	(4)
第三节 例题分析	(4)
第四节 习题与提示	(9)
第二章 自动控制系统的数学模型	(13)
第一节 基本概念及要点	(13)
第二节 基本要求	(24)
第三节 例题分析	(24)
第四节 习题与提示	(38)
第三章 时域分析法	(45)
第一节 基本概念及要点	(45)
第二节 基本要求	(53)
第三节 例题分析	(54)
第四节 习题与提示	(74)
第四章 根轨迹法	(81)
第一节 基本概念及要点	(81)
第二节 基本要求	(86)
第三节 例题分析	(86)
第四节 习题与提示	(98)
第五章 频率响应法	(104)
第一节 基本概念及要点	(104)
第二节 基本要求	(115)
第三节 例题分析	(115)
第四节 习题与提示	(133)
第六章 自动控制系统的设计	(142)
第一节 基本概念及要点	(142)
第二节 基本要求	(153)
第三节 例题分析	(153)
第四节 习题与提示	(171)
第七章 非线性控制系统的分析	(178)
第一节 基本概念及要点	(178)
第二节 基本要求	(188)

第三节	例题分析	(189)
第四节	习题与提示	(198)
第八章	采样控制系统	(203)
第一节	基本概念及要点	(203)
第二节	基本要求	(218)
第三节	例题分析	(219)
第四节	习题与提示	(229)
第九章	系统的状态空间模型及系统分析	(233)
第一节	基本概念及要点	(233)
第二节	基本要求	(236)
第三节	例题分析	(236)
第四节	习题与提示	(248)
第十章	系统的能控性、能观性及稳定性	(251)
第一节	基本概念及要点	(251)
第二节	基本要求	(257)
第三节	例题分析	(257)
第四节	习题与提示	(268)
第十一章	极点配置及状态观测器	(272)
第一节	基本概念及要点	(272)
第二节	基本要求	(278)
第三节	例题分析	(278)
第四节	习题与提示	(286)
附录一	硕士研究生试题选编	(289)
附录二	部分习题参考答案	(299)
附录三	研究生试题答案	(317)

第一章 自动控制系统的基本概念

第一节 基本概念及要点

一、自动控制和自动控制系统

控制对象 在控制理论和控制技术中,运动规律或状态需要控制的装置称控制对象。控制对象可以是很复杂、庞大的生产机械、科技设施或武器系统,例如矿井提升机、轧钢机、发电机组、飞行器、火炮、天文望远镜和化工反应塔等等;也可以是很小的电路或装置,例如稳压电源、自动记录仪、录像机磁头、电冰箱等等;它甚至是生物、社会和经济的某些过程。

被控制量 表征控制对象运动规律或状态的物理量称为被控制量或输出信号。其量纲或单位常用的有位移(m)、角位移($^{\circ}$)(ard)、转速(ard/s)、温度($^{\circ}\text{C}$)和电压(V)等。

自动控制 在无人直接参与的情况下,利用一组装置使控制对象的被控制量按预定的规律运动或变化。自动控制区别于有人参与实施的控制而言。

自动控制系统 控制对象以及参与实现其被控制量自动控制的装置或元件的组合。

控制系统分析 已知系统的结构和参数,分析系统的稳定性、求取系统的动态、静态性能指标并据此评价系统的过程称为系统分析。

控制系统设计(或综合) 根据控制对象和给定系统的性能指标,合理地确定控制装置的结构和参数,称为系统设计。

二、开环控制、闭环控制和复合控制

开环控制、闭环控制和复合控制是控制系统的三种基本控制方式。

开环控制 只有输入量对输出量的单方向控制作用的控制方式。开环控制系统的优点或特点是:由于不检测被控变量,只根据给定值和干扰进行控制和补偿,因此系统结构简单、成本低廉和易于实现。其缺点是抗干扰能力差、控制精度低。开环控制的原理方框图如图1-1所示。

反馈 指将系统或元件的输出信号直接(或经过变换后)引回到其输入端与输入信号进行比较(即相加或相减)。当反馈信号与输入信号符号相反(即相减)时,称负反馈;符号相同(即相加)时,称正反馈。当反馈回路包围整个系统时称主反馈;而包围系统内部分元件或装置时称副反馈或局部反馈。局部反馈通常为负反馈;而主反馈一定为负反馈。一种可能的具有主反馈和局部反馈的系统原理

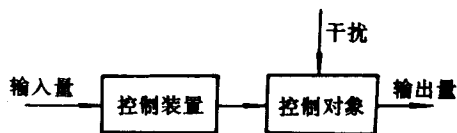


图 1-1 开环控制原理方框图

方框图如图 1-2 所示。

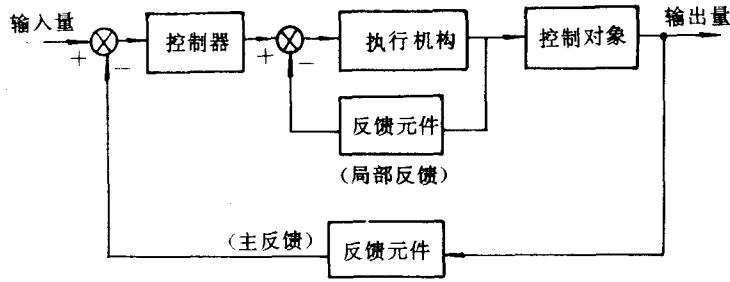


图 1-2 具有主反馈和局部反馈系统的原理方框图

反馈在自动控制理论中是一个很重要的概念。因此,经典控制理论又称反馈控制理论。

闭环控制 既有输入量对输出量的控制,同时输出量经过主反馈也参与控制的控制方式,因此闭环控制也称反馈控制,它是控制理论中研究的主要控制方式;具有闭环控制方式的系统称闭环控制系统。闭环控制的主要优点是,具有自动补偿由于系统内部和外部干扰所引起的系统误差(偏差)的能力,因而有效的提高了控制系统的精度。

复合控制 既有开环控制又有闭环控制的系统称为复合控制系统,工程上,复合控制系统有两种典型结构形式,即按输入补偿的复合控制和按干扰补偿的复合控制。如图 1-3a、b 所示。

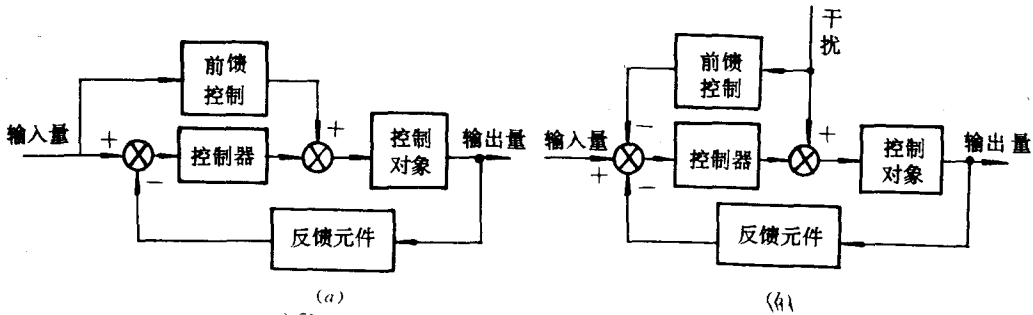


图 1-3 复合控制系统原理方框图

a—参考输入前馈复合控制;b—扰动前馈复合控制

复合控制的突出优点是,能在不影响闭环控制系统稳定性的条件下,有效地提高控制系统的精度,或者说,前馈控制有效地解决了闭环控制系统的控制精度与稳定性之间的矛盾。由于复合控制在理论上日趋成熟,技术上容易实现,在工程上已获得广泛应用。

三、控制系统的分类

自动控制系统有多种分类方法,如按控制方式分,有开环控制、闭环控制和复合控制系统;按执行元件不同,有机械、电气、液压和气动控制系统;按数学模型是否满足叠加原理来分类,有线性控制系统和非线性控制系统;按系统中传递信号的性质分类,有连续控制系统和离散控制系统等。工程上,一般按照系统输入信号的特性或变化规律来分类,则有三种:

1. 定值控制系统

或称恒值控制系统,指系统的输入信号为常值的自动控制系统,此常值对应着系统输出量的期望值。这类控制系统的功能是,当出现干扰时,系统的输出量仍能保持在期望值上,即

能消除干扰的影响。这类系统如,稳压电源、水位控制、飞行器的姿态稳定系统等。

2. 程序控制系统

指输入信号是预知和确定的时间函数的自动控制系统。该系统的功能是实现输出量按预定的规律变化或运动。如石化工业中的反应塔和某些加热炉中的温度控制、弹道式导弹在主动段的飞行轨迹的控制、矿井提升机一个提升循环的速度控制等。

3. 随动控制系统

又称跟踪系统。指输入信号是未知时间函数的自动控制系统。其功能是要要求系统的输出量按一定关系和精度跟随输入信号而变化。如仿型铣床实现铣刀对于模型的跟踪系统、雷达天线跟踪系统、自动火炮随动系统等。

四、自动控制系统的组成,变量和原理方框图

1. 自动控制系统的组成

自动控制技术广泛应用于生产、科研、国防和生活等各个领域。由于众多控制系统的功能不同,组成系统的元件和装置种类繁多,结构各异。但是根据工作原理和组成部分的功能来划分,自动控制系统的组成有:控制对象、执行元件、控制器、比较元件和反馈元件等;其原理方框图如图 1-4 所示。

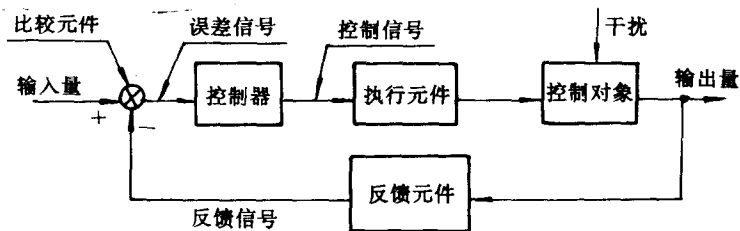


图 1-4 典型自动控制系统原理方框图

其中

执行元件 或称执行机构,是用来按照控制信号的规律、极性和大小驱动被控对象运动的装置;

控制器 或称校正装置(元件),是用来对误差信号进行变换(运算),并产生控制信号的装置;

反馈元件 是对系统的输出量进行测量、变换和产生反馈信号的装置,它构成反馈回路;

比较元件 是将输入信号与反馈信号进行比较(相减)并产生偏差信号的装置。比较元件的各输入变量量纲(单位)应相同;

参考输入元件 或称给定元件,是产生输入信号的装置;

指令 系统初始输入,是产生输入信号和系统运动的依据。

2. 自动控制系统的变量

在控制理论中,变量或称信号,为用来表征系统或部件运动的物理量,通常为时间的函数,在图 1-4 所示系统原理方框图中主要变量有:

输入信号 或称参考输入和给定量,是对控制对象实施控制的依据或基准;

输出信号 或称被控制量,是表征控制对象运动或状态的物理量;

误差信号 或称作用信号,是输入信号与反馈信号比较(相减)所得到的信号;

控制信号 是误差信号经过控制装置放大和变换后所获得的信号,用于驱动执行元件;
干扰信号 或称扰动信号,指除给定量以外,所有使被控制量偏离给定值的因素。存在于系统内部的干扰称为内扰,存在于系统之外的干扰称为外扰。干扰所引起的系统输出分量,均表现为系统误差。

3. 系统原理方框图 是用来表示系统的组成及其联系、系统的变量及其传递方向和系统工作原理的图形。绘制原理方框图是分析控制系统的第一步。

五、对自动控制系统的—般要求

1. 稳定性要求

控制系统稳定是其能够正常工作的必要条件,因此,控制系统的稳定性分析是控制理论的重要内容之一。关于系统稳定的严格定义见第三章。

2. 动态性能要求

动态性能是指系统在实现跟踪或消除干扰影响的快速性和平稳性。快速性可以用过渡过程时间来度量,而平稳性可以用振荡次数和超调量来表示。注意,不要把稳定性和平稳性相混淆。

3. 控制精度要求

系统进入稳定状态后,由参考输入所确定的输出量的要求值(期望值)与实际值之差称为稳态误差,它反映系统的精度。误差越小,系统精度越高。

第二节 基本要求

- 1) 了解自动控制技术在工业生产、科研、国防以及日常生活中的广泛应用;
- 2) 理解自动控制、自动控制系统、自动控制系统的分析与设计(或综合)等术语和概念;
- 3) 理解开环控制、闭环控制和复合控制三种控制方式及其特点,理解反馈、负反馈、正反馈、主反馈和副反馈等术语和概念;
- 4) 了解控制系统的不同分类方法及类别,即了解线性系统和非线性系统,连续系统和离散系统以及定值控制系统、程序控制系统和随动系统等术语;
- 5) 了解闭环系统的基本组成及其基本功能,了解闭环控制系统的主要变量及其意义;
- 6) 掌握绘制控制系统原理方框图的方法和步骤;掌握将开环控制系统改为闭环控制系统的方法;
- 7) 了解对控制系统的基本要求。

第三节 例题分析

例 1-1 图 1-5 所示为直流电动机调速系统。图中 E_r 和 E 均为稳压电源; RP_1 、 RP_2 和 RP_3 均为电位器; K 是脉冲触发电路与晶闸管整流器组合; M 和 SM 均为电动机, TG 为测速发电机; L_1 和 L_2 为减速器; U_{gd} 是给定电压、 U_{TG} 是测速发电机的电压; H 为工作机械。

- (1) 指出该系统的输入量、输出量和干扰输入;

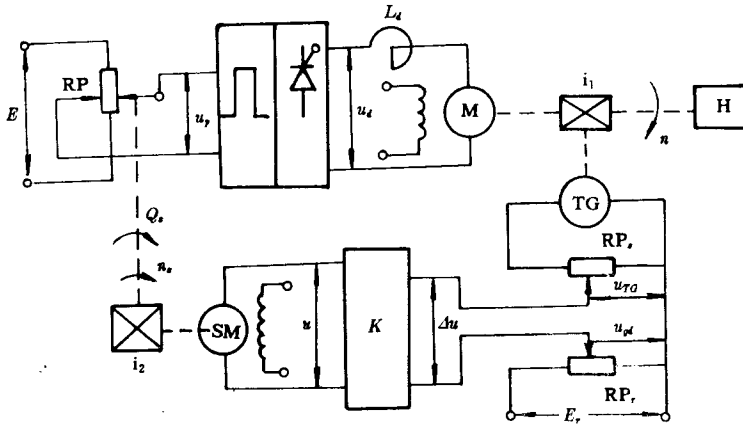


图 1-5 直流电动机转速控制系统

(2) 简述系统的工作原理；

(3) 绘出系统的原理方框图，并指出该系统属于何种控制方式。

题意分析：本题旨在通过对直流转速控制系统的原理分析，加深对控制理论中若干基本术语和概念的理解，练习掌握绘制控制系统原理方框图的方法。

思路及要点：绘制控制系统原理方框图的步骤是，首先，明确系统的功能、输入量和输出量；其次，将系统划分为若干相对独立的部分，并将它们用一个个方框来表示，方框前后带箭头的线段分别表示该环节的输入和输出，箭头表示信号传递方向；第三，从输入量开始，按照信号传递顺序和方向连接各部件的方框，即构成系统原理方框图。

解题步骤

(1) 本系统的功能是控制工作机械的转速；输入量是给定电压（对应期望转速）、输出量是工作机械的转速；干扰输入，可能来自负载力矩的变化、电源的波动和放大器增益的变化等。

(2) 工作原理：给定电压 U_{gd} 确定电动机 M 及工作机械的期望转速值；测速发电机 SM 被电动机 M 所带动，所产生的电压 U_{TG} 与工作机械的转速 n 成比例，并用来做反馈信号。 $\Delta U = U_{gd} - U_{TG}$ 构成误差信号。当 $U_{gd} = U_{TG}$ 时（即 $n = n_0$ ） $\Delta U = 0$ ，SM 停止转动，此时与 SM 机械相联的电位器 RP（通过滑动臂）所产生的电压 U_p 恰好使电动机 M 及工作机械的转速保持在期望值上，即无静差。当 $U_{gd} \neq U_{TG}$ 时， $\Delta U \neq 0$ ， ΔU 经过放大器 K 获得 $U = K\Delta U$ ， $U \rightarrow SM \rightarrow L_2 \rightarrow n_s$ ， $\int n_s = \theta_s$ ， $\theta_s \rightarrow RP \rightarrow U_p \rightarrow K_s \rightarrow M \rightarrow H$ ，重新到达期望转速。

(3) 据上工作原理，绘出系统原理方框图如图 1-6 所示。该系统为闭环控制系统。

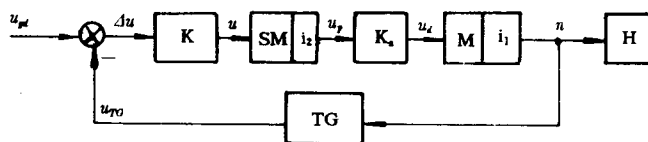


图 1-6 直流电动机转速控制系统原理方框图

例 1-2 图 1-7 所示为液位稳定系统原理图；该系统用来保持液位 H_r 恒定。在结构上保证，当电位器滑动臂位于零电位时，液位恰好为给定值 H_r 、图中 E_1 和 E_2 为恒定电源，RP

为电位器、K 为放大器，M 为电动机，i 为减速器，V 为阀门，F 为浮球，L 为杠杆。(1)试指出：控制对象及被控量、输入量与干扰输入；(2)简要说明该稳定系统工作原理；(3)绘出系统原理方框图。

题意分析 本题为通过对液位稳定系统的原理分析，加深对闭环控制的理解。

思路及要点 注意不要将液体流出量误以为系统的输出。

解题步骤

(1) 液位 H_r 为给定输入量；液位实际值是系统的输出，记为 H_c ；容器液体为控制对象；液体流出量或单位时间内流出量的变化为主要干扰输入。

(2) 工作原理 当液面保持在给定值 H_r 时，电位器滑动臂位于零电位，电动机静止；当液面高度发生变化时，其变化值为 $\Delta H = H_r - H_c$ ，并为浮球所测量，浮力带动杠杆，杠杆带动电位器滑动臂产生电压信号，并通过放大器 K 放大后驱动电机 M，M 通过减速器 i 去调节阀门 V 的开度，最后通过调整流量来稳定液面高度，使 $H_c = H_r$ 。

(3) 液位稳定系统的原理方框图如图 1-8 所示，该系统为闭环控制系统。

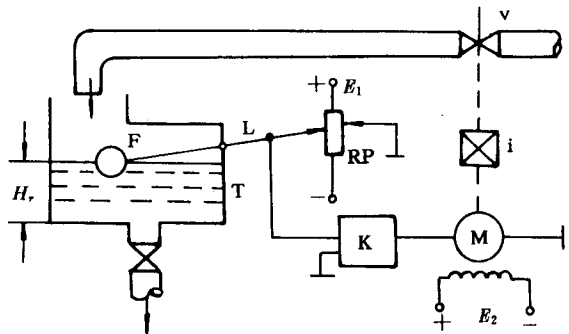


图 1-7 液位稳定系统原理图

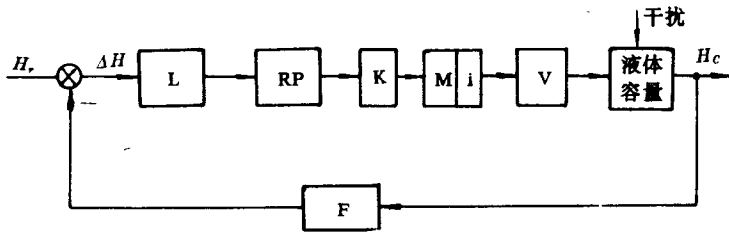


图 1-8 液位稳定系统原理方框图

例 1-3 图 1-9 所示的电压控制系统，其中 1 为发电机、2 为励磁绕组、3 为放大器、4 是测量电阻。该系统的功能是：当负载发生变化时，保持发电机的输出电压恒定。试简述系统的工作原理，并绘制其原理方框图。

题意分析 此题是开环控制系统的典型例题，通过对该系统的分析，加深对不同控制方式的理解及原理方框图的绘制。

思路及要点 该系统测量的是扰动量，负载电流 I 的变化，被控制量是发电机输出电压 U 。因而不能构成反馈控制。

解题步骤 该系统影响电压波动的主要因素是负载电流的变化，当负载电流增加时，发电机两端电压下降，测量电阻 R 上的压降增加。通过放大器使励磁电流增大，从而发电机的电势相应地升高，以弥补负载电流增大所引起的端电压下降，保持端电压基本恒定。原理方框图如图 1-10 所示。注意，该系统对由负载电流变化这一特定扰动控制有效，而当发电机转速发生变化时，它却无能为力。因此，对这种系统，比较合理的方式是把闭环控制和按扰动补偿的开环控制结合起来，对一种主要扰动采取带补偿的开环控制，再利用闭环控制消除其它扰动造成的偏差。

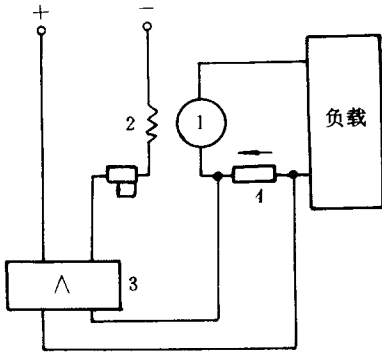


图 1-9 电压控制系统原理图

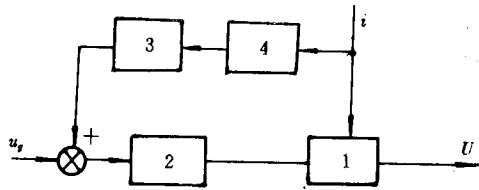


图 1-10 电压控制系统原理方框图

例 1-4 图 1-11 所示为直流稳压电源原理图。(1)指出系统的给定输入、输出量和干扰;(2)指出该系统的给定元件、比较元件、执行元件、控制对象和反馈元件;(3)据稳压工作原理或过程绘出该系统原理方框图,并指出其控制方式。

题意分析 本题试图以直流稳压电源为例,加深对系统的基本组成和主要变量的理解,同时练习掌握对具体控制系统进行原理分析和绘制原理方框图的方法。

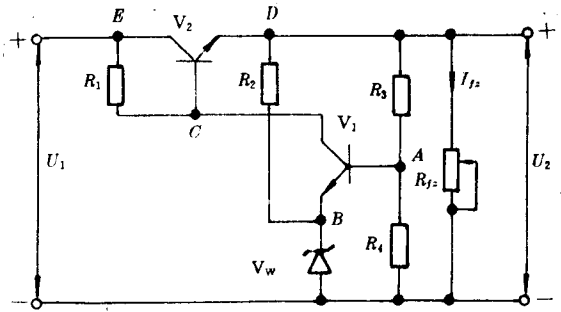


图 1-11 直流稳压电源电路图

思路及要点 本系统的功能是保持输出电压的稳定,属恒值系统。

解题步骤

(1)加于稳压管 V_w 上的负极电压 U_B 为给定电压,即为系统输入量;输出量为 U_2 ;干扰有电源的波动引起的电路输入电压 U_1 的变化,负载电流的变化和元件参数的变化等。

(2)电阻 R_2 和稳压管 V_w 构成给定装置,建立起给定电压 U_B ;控制对象是负载电阻 R_L ; R_3 和 R_4 构成分压器,用来检测负载电压 U_2 (以一定比例),即测量 A 点电压 U_A ,并将 U_A 加在 V_1 的基极上,即分压器既是测量元件又是反馈元件。A 与 B 两点的电位差 U_{AB} 决定 V_1 的基极电流,又进一步控制其集电极电流,因此 V_1 是比较元件,又是放大(或控制)元件。执行元件为 V_2 。

(3)由于某种原因,当负载电压高于期望值时,即 U_A 增高时,则 U_{AB} 增加(U_B 近似为常值或不变),导致其基极电流和集电极电流增加。所以,电阻 R_1 上的电压降增加,于是 C 点的电位 U_C 下降,即 V_2 基极与发射极间的电压 U_{CD} 下降;于是集电极电流变小,即等效于 V_2 管压降 U_{ED} 增加,从而引起负载电压 U_D 下降,直到恢复到期望值。因此, V_2 起着执行元件的作用。反之,当负载电压低于期望值时,上述作用过程相反,最后导致负载电压上升。基于上述过程,该系统原理方框图如图 1-12 所示。该系统为闭环控制方式,但反馈系数为 $\frac{R_4}{R_4 + R_3}$ 。

例 1-5 图 1-13 所示为角位移随动系统原理简图。图中 F 为控制电位器,其电刷与输入

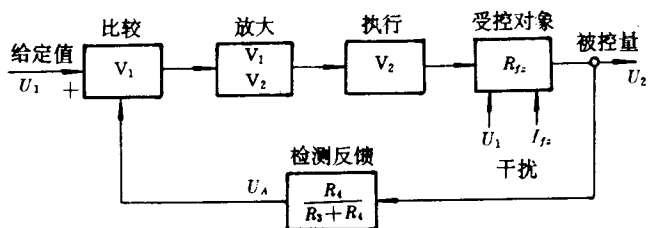


图 1-12 直流稳压电源原理方框图

转柄机械相联;J 为反馈电位器,其电刷与工作负载机械相联;K 为控制器;M 为电动机;TG 为测速发电机;KF 为反馈元件、j 为减速器;M 为工作机械。试在明确该系统的基本组成和主要变量的基础上绘出系统原理方框图,并指出控制方式。

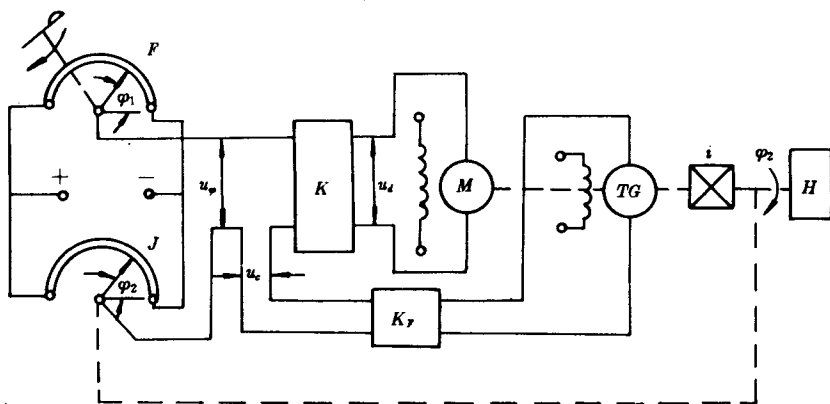


图 1-13 角位移随动系统简图

题意分析 位置随动系统是自动控制技术的典型应用,其基本组成和主要变量具有代表性;对该系统正确的原理分析将会有效地加深对闭环控制系统有关概念的理解。

思路及要点 仔细阅读控制系统的一般组成与主要变量等定义或术语。

解题步骤 此系统的功能是使工作机械角位移 φ_2 (输出量)跟踪输入角位移 φ_1 (输入量),即完成角位移跟踪。 $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$,为跟踪误差角,通过桥式电路将 $\Delta\varphi$ 转换为电信号 $U_e = K_1\Delta\varphi$, K_1 为比例系数;控制器 K 对 $(U_e - U_c)$ 信号进行放大和变换,并给出电枢回路电压 U_D , U_D 驱动电机向使误差减少的方向运转;同时带动测速发电机转动,构成速度反馈;工作机械带动电位器 J 电刷转动构成主反馈,该系统的原理方框图如图 1-14 所示。属闭环控制。

例 1-6 图 1-15 所示为电压控制系统简图,图中 1—发电机,为控制对象;2—标准电池,用来建立给定信号;3—放大器,4—执行电机,5—变阻器,6—励磁绕组;试将该系统改进为闭环控制系统,并简述系统改进后工作原理。

题意分析 系统中引入反馈是改善系统性能的有效技术措施;本题是将一个开环控制系统改进为闭环控制的初步学习。

思路及要点 注意反馈信号相对于输入信号的极性问题。

解题步骤

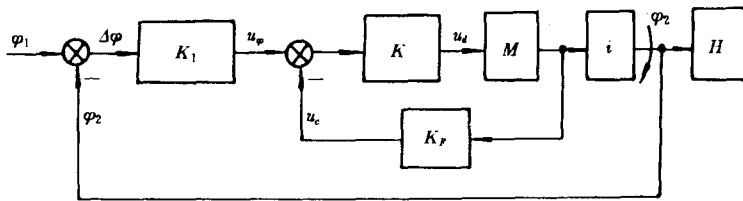


图 1-14 随动系统原理方框图

1. 设系统的给定量为 u_0 , 被控量为 u , 图 1-16 所示线路是实现反馈构成闭环控制的一种可能方案。

2. 工作原理。工作原理要求实际负反馈。当 $u > u_0$ 时, 要求 u_{ab} 的极性需保证反馈回路中的电机使变阻器的阻值增加, 从而使励磁电流减小, 于是系统的输出量 u 下降; 同理, 当 $u < u_0$ 时, 系统工作, 使 u 上升, 即该系统能自动调节输出量 u 接近 u_0 。

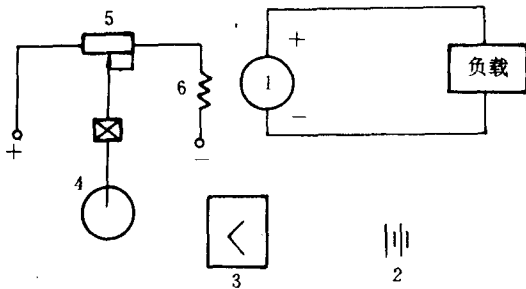


图 1-15 电压控制系统原理图

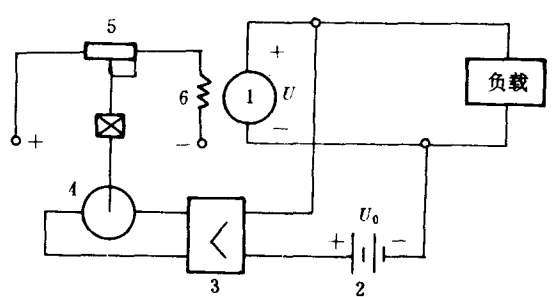


图 1-16 负反馈电压控制系统原理图

第四节 习题与提示

1·1 (1-1) 什么是正反馈? 什么是负反馈? 图 1-17 是直流调速系统简图。图中 RP_1 为给定电位器, K 为控制器, K_s 是触发电路与晶闸管整流器组合, M 是电动机, H 为负载, TG 是测速电机。若将该系统改为正反馈, 试分析能否达到自动控制的目的? 并绘制系统的原理

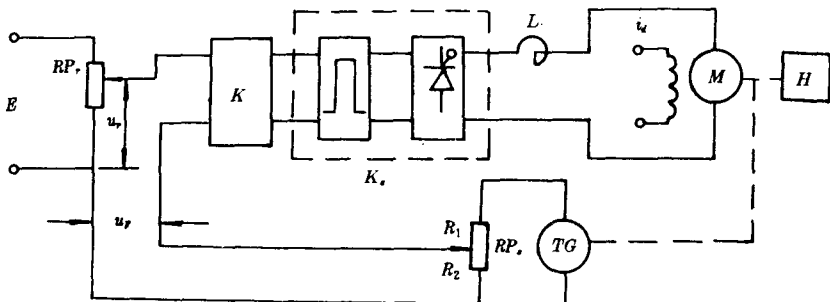


图 1-17 直流调速系统简图

方框图。

1·2 (1-2) 在日常生活和工作中, 试举出几个开环控制和闭环控制的例子, 说明它们的输入量和输出量, 简述它们的工作原理并画出它们的原理方框图。

1·3 (1-3) 图 1-18 所示为水位控制系统。试比较两系统控制方式, 并绘出两系统的原理方框图。

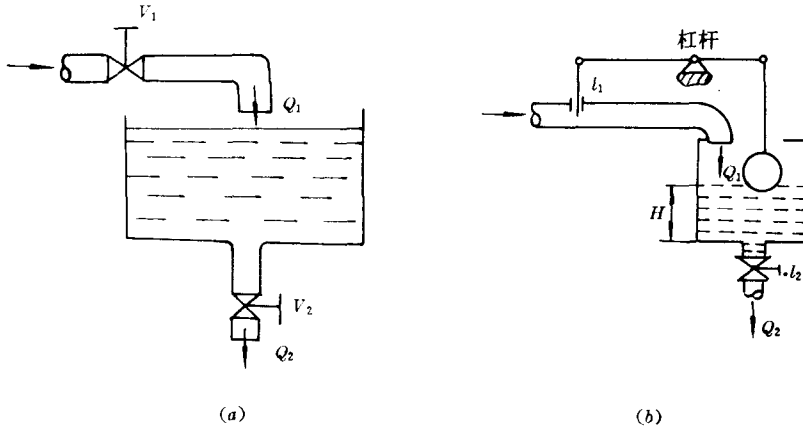


图 1-18 水位控制系统

1·4 图 1-19 所示为两个加热炉的原理示意图。图中 1—加热炉体; 2—加热电阻丝; 3—开关; J—继电器; C—热继电器; (1) 试指出两个系统的输入量、输出量和干扰; (2) 绘制两个系统的原理方框图; (3) 指出两个系统的控制方式。提示: 热继电器是温度测量元件。

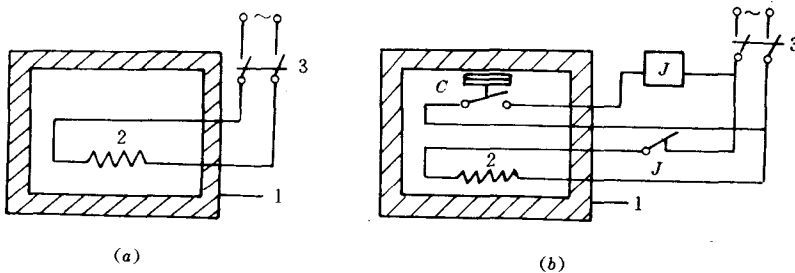


图 1-19 两加热炉示意图

1·5 图 1-20 为电动机速度控制系统原理示意图。图中, U_r 为给定电压, M 为电动机, H 为负载, U_a 为 M 的电枢电压, ω 为 M 的输出轴角速度, TG 为测速发电机, U_c 为 TG 的输出电压。(1) 试将速度控制系统接成负反馈控制系统; (2) 绘出系统的原理方框图。

1·6 图 1-21 所示电压控制系统, 图中 F 为发电机, 在反馈通路中装有开关 K , 输出量为 U , 电压设定值是 U_r , R 是负载电阻。(1) 分别绘出 K 断开和接通时的原理方框图; (2) 确定 K 断开和接通时系统的控制方式。

1·7 图 1-22 所示是最简单的稳压电路, 图中 R_L 是负载电阻, V_w 是硅稳压管。(1) 试指出给定装置及被控量和干扰; (2) 分析电路的稳压原理, 并绘出系统原理方框图; (3) 指出系统的控制方式。

1·8(1-4) 图 1-23 所示为仓库大门控制系统原理图。试说明其工作原理,并绘出其原理方框图。

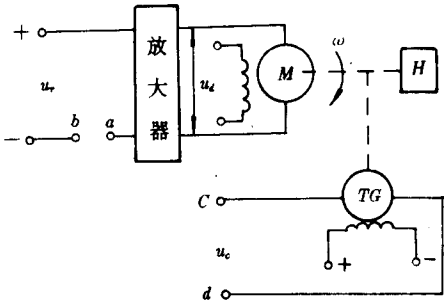


图 1-20 速度控制系统

1·9(1-5) 图 1-24 所示是瓦特当时的蒸汽机调速系统。试说明其工作原理,并绘制原理方框图。

1·10 电冰箱制冷控制系统的工作原理图如图 1-25 所示,要求(1)指出系统的输入量、输出量及干扰量;(2)简述系统的工作原理,并绘出系统原理方框图;(3)指出执行元件和受控对象。

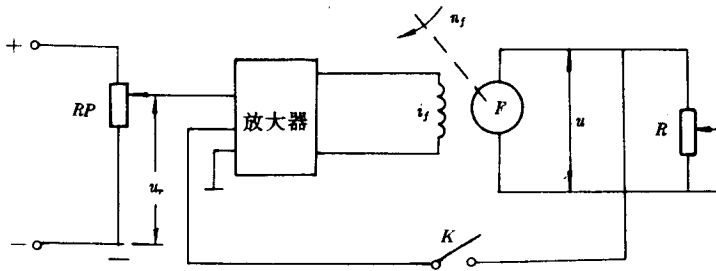


图 1-21 电压控制系统

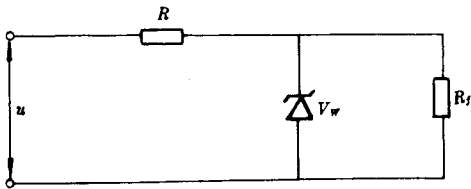


图 1-22 电子稳压电路

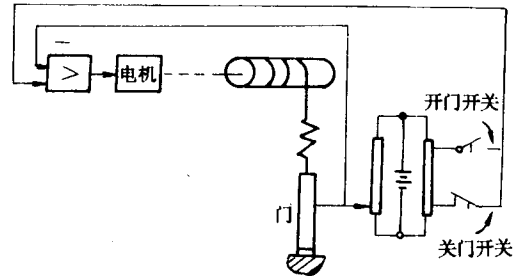


图 1-23 仓库大门自动控制系统

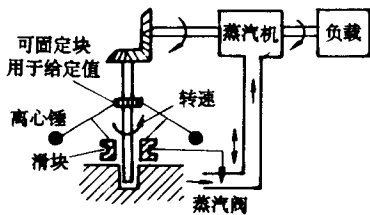


图 1-24 蒸汽机调速系统

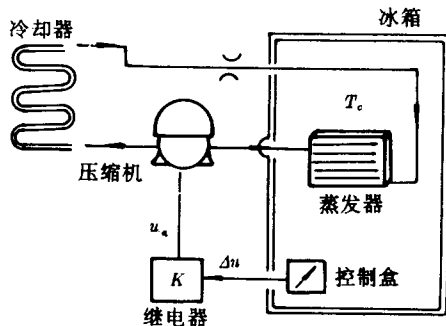


图 1-25 电冰箱制冷系统

提示:控制盒内装有双金属片热继电器,用来测量箱内温度,热继电器的接点的闭合或断开控制继电器 \$K\$ 电磁绕组电路的接通或断开,从而控制电动机供电回路接通或断开。电