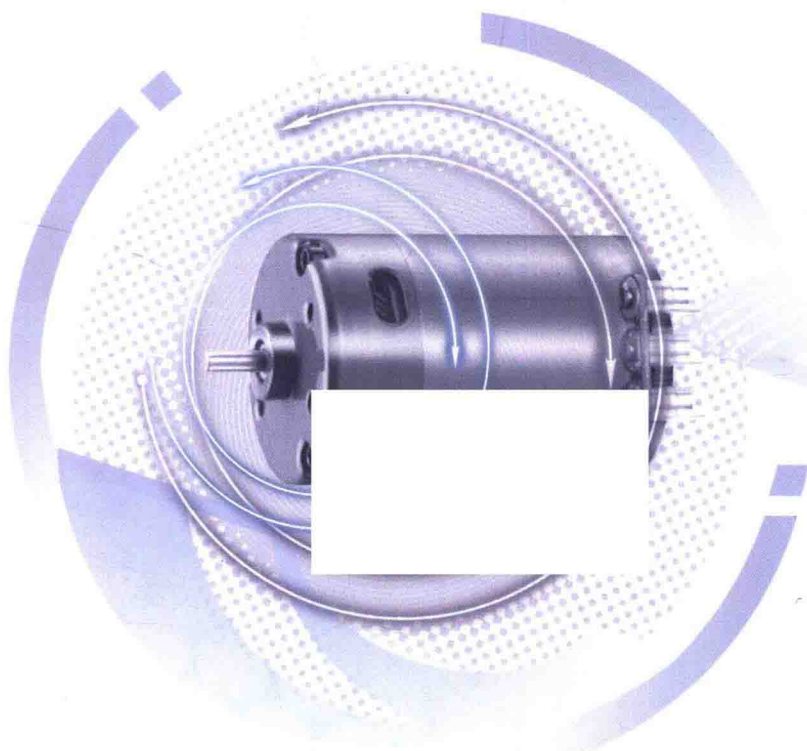




普通高等教育“十三五”规划教材

自动控制元件

郑玉航 周 鑫 杨艳丽 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材

自动控制元件

郑玉航 周鑫 杨艳丽 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书介绍了常用自动控制元件的功能、组成、基本工作原理、特性和使用,主要包括电磁类元件、液压控制元件和气动控制元件。电磁类元件部分包括直流电动机、交流电动机、同步电动机、步进电机、直线电动机、测速发电机、旋转变压器及感应同步器、常用传感器、电磁铁和继电器;液压控制元件部分包括电液伺服控制阀、电液比例控制阀和电液数字控制阀;气动控制元件部分包括压力控制阀、方向控制阀和流量控制阀。为了方便学习,本书还编写了附录、小结和思考练习题。

本书可作为高等学校自动化、自动控制专业和相关专业的教材和教学参考书,也可供从事上述专业的科研人员、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制元件/郑玉航,周鑫,杨艳丽编著. —西安:西安交通大学出版社,2016.12

ISBN 978-7-5605-9162-9

I. ①自… II. ①郑… ②周… ③杨… III. ①自动控制-控制元件 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 280976 号

书 名 自动控制元件
编 著 郑玉航 周 鑫 杨艳丽
责任编辑 屈晓燕 季苏平

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 25 字数 605 千字
版次印次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-9162-9/TP·743
定 价 52.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82669097 QQ:8377981

读者信箱:lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

前 言

自动控制元件是构成自动控制系统的基础,其性能在很大程度上决定着整个系统的工作。随着科技的进步,高性能的自动控制元件不断出现,以满足控制系统飞速发展的需要。常见的自动控制元件教材主要讲述控制电机方面的知识,对于电磁类元件中的常用传感器、电磁铁和继电器,以及与电专业紧密相关的液压和气动控制元件,一般不作说明。本书将上述内容包含在内,按照先易后难、相同原理和相同类型元件分别对待的原则,按章节依次进行论述,内容相对比较完整。

本书主要是为高等学校自动化、自动控制专业和相关专业本科生学习自动控制元件课程编写的,主要内容包括电磁类元件、液压控制元件和气动控制元件,主要说明其功能、组成、分类、基本原理、工作特性和典型应用。电磁类元件是自动控制系统中常见的元件,在系统中进行信号的传递和调理,实现检测、变换放大、执行和校正功能,该部分包括直流电动机、交流电动机、同步电动机、步进电机、直线电动机、测速发电机、旋转变压器及感应同步器、常用传感器、电磁铁和继电器。为方便控制类及相关专业的学生学习,本书还从控制的角度出发简要讲述了液压与气动控制元件,作为教材内容的有效补充,从工程的角度来看相对比较完善。为了方便学习,本书还编写了附录、小结和思考练习题。

全书共 11 章。第 1~7 章为各类电机,第 8 章为继电器与接触器,第 9 章为常用传感器,第 10 章为液压控制元件,第 11 章为气动控制元件,附录包括电磁学基本概念与定律、液压基本概念与定律和气动基本概念与定律。

本书是在第二炮兵工程学院原有教材体系架构基础上,为适应新形势下教学任务需求,根据相关部委和行业协会对课程的要求,调研了各大高校采用的教材,参考近几年出版的相关教材和大量国内外资料,贴近自动化、自动控制专业和相关专业本科生所需专业知识的需求编写的。本书主要由郑玉航、周鑫和杨艳丽编著,邵军勇、张国良、张合新、张维平等同志也对本书的编写提出了宝贵的意见。

编写过程中,参考和引用了很多优秀的教材与著作,得到了火箭军工程大学相关部门的大力支持,在此一并表示真挚的谢意。

由于编著者水平有限,难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

2016 年 3 月

目 录

绪论	(1)
0.1 自动控制系统的基本构成原理	(1)
0.2 自动控制元件的作用及分类	(2)
0.3 自动控制系统对元件的主要要求	(3)
0.4 本书的主要内容	(3)
0.5 课程特点及学习要求	(4)
第1章 直流电动机	(5)
1.1 直流电动机的基本结构	(5)
1.1.1 定子铁芯和激磁绕组	(5)
1.1.2 电枢绕组和电枢铁芯	(6)
1.1.3 换向器和电刷	(7)
1.2 直流电动机的工作原理	(8)
1.2.1 电磁力定律和电磁感应定律	(8)
1.2.2 直流电动机的工作原理	(9)
1.2.3 电机磁场、电枢反应与换向	(12)
1.3 直流电动机的特性与控制方法	(14)
1.3.1 电磁转矩和转矩平衡方程式	(14)
1.3.2 反电势和电压平衡方程式	(16)
1.3.3 直流发电机	(19)
1.3.4 直流电动机的静态特性与控制方法	(22)
1.3.5 直流电动机在过渡过程中的工作状态	(28)
1.3.6 直流电动机的过渡过程	(30)
1.4 直流电动机的选择和使用	(35)
1.4.1 直流电动机的选择	(35)
1.4.2 直流电动机的使用	(40)
1.5 直流伺服电动机	(45)
1.5.1 低惯量型直流伺服电动机	(46)
1.5.2 宽调速直流伺服电动机	(48)
1.6 直流力矩电动机	(49)
1.6.1 结构特点	(50)
1.6.2 为什么直流力矩电动机转矩大、转速低	(51)
1.6.3 直流力矩电动机的技术指标	(52)
1.7 无刷直流电动机	(54)
小 结	(56)

思考题和习题	(57)
第2章 交流异步电动机	(60)
2.1 交流电动机的基本结构与工作原理	(60)
2.1.1 异步电动机的分类及应用	(60)
2.1.2 异步电动机的结构特点	(60)
2.1.3 异步电动机的工作原理	(62)
2.1.4 旋转磁场	(62)
2.2 交流电动机的磁场分析	(67)
2.2.1 单相绕组的脉振磁场	(67)
2.2.2 两相和多相绕组的圆形旋转磁场	(71)
2.2.3 两相和多相绕组的非圆形旋转磁场	(72)
2.3 交流电动机的特性	(73)
2.3.1 基本方程	(73)
2.3.2 等效电路图	(75)
2.3.3 圆形旋转磁场时的电磁转矩表达式	(76)
2.4 三相异步电动机	(77)
2.4.1 三相异步电动机的基本知识	(77)
2.4.2 三相异步电动机的调速	(80)
2.4.3 异步电动机的电气控制	(88)
2.5 两相异步电动机	(90)
2.5.1 两相电动机的分类	(90)
2.5.2 圆形旋转磁场时两相电机的机械特性	(90)
2.5.3 非圆形旋转磁场的机械特性	(91)
2.5.4 两相伺服电动机的控制方法与特性	(94)
2.5.5 两相伺服电动机的动态特性	(96)
2.5.6 两相伺服电动机与直流伺服电动机性能比较	(98)
2.6 单相异步电动机	(98)
2.6.1 工作原理	(99)
2.6.1 起动方法和基本类型	(99)
小结	(101)
思考题和习题	(102)
第3章 交流同步电动机	(104)
3.1 概述	(104)
3.2 永磁式同步电动机	(106)
3.3 磁阻式同步电动机	(108)
3.3.1 工作原理	(108)
3.3.2 同步电动机的振荡	(110)

3.3.3 结构型式	(111)
3.4 磁滞式同步电动机	(112)
3.4.1 磁滞电动机的结构	(112)
3.4.2 磁滞电动机的工作原理	(113)
3.4.3 材料的磁滞角和反复磁化时的磁滞损耗	(114)
3.4.4 磁滞电动机的转矩和机械特性	(117)
3.4.5 磁滞同步电动机的特点	(120)
3.5 电磁减速式同步电动机	(120)
3.5.1 反应式电磁减速同步电动机	(121)
3.5.2 激磁式电磁减速同步电动机	(122)
小 结	(124)
思考题和习题	(125)
 第4章 步进电动机	(126)
4.1 概述	(126)
4.2 磁阻式步进电动机的结构和工作原理	(127)
4.2.1 典型结构和工作原理	(127)
4.2.2 基本特点	(131)
4.3 磁阻式步进电动机的静态特性	(134)
4.3.1 单相通电	(134)
4.3.2 多相通电时的矩角特性	(136)
4.4 磁阻式步进电动机的运行特性	(139)
4.4.1 单步运行状态	(139)
4.4.2 步进电动机的动态特性	(144)
4.5 步进电动机的驱动器	(150)
4.5.1 对驱动器的基本要求	(150)
4.5.2 驱动器的组成	(151)
4.5.3 驱动器的分类	(152)
4.5.4 分配方式对步进电动机性能的影响	(155)
4.6 步进电动机的选择和使用	(155)
4.6.1 步进电动机的选择	(155)
4.6.2 步进电动机的使用	(156)
4.7 永磁式和混合式步进电动机	(158)
4.7.1 永磁式步进电动机	(158)
4.7.2 混合式步进电动机	(159)
小 结	(160)
思考题和习题	(161)

第 5 章 直线电动机	(162)
5.1 概 述	(162)
5.2 直线感应电动机	(162)
5.2.1 直线感应电动机的主要类型和基本结构	(162)
5.2.2 直线感应电动机的工作原理	(164)
5.2.3 直线感应电动机的工作特性	(165)
5.3 直线直流电动机	(166)
5.3.1 直线直流电动机的工作原理	(166)
5.3.2 直线直流电动机的特性与传递函数	(167)
5.4 直线和平面步进电动机	(168)
5.4.1 直线步进电动机	(168)
5.4.2 平面步进电动机	(170)
5.5 直线电动机应用举例	(170)
5.5.1 高速列车	(171)
5.5.2 电磁炮	(171)
5.5.3 高速切削与精密加工	(171)
小结.....	(172)
思考题及习题.....	(172)
第 6 章 测速发电机	(173)
6.1 直流测速发电机	(173)
6.1.1 直流测速发电机的结构与分类	(173)
6.1.2 基本关系式与输出特性	(173)
6.1.3 输出特性的误差分析	(176)
6.1.4 直流测速发电机在控制系统中的应用	(181)
6.1.5 直流测速发电机的选择	(182)
6.2 异步测速发电机	(185)
小结.....	(188)
思考题和习题.....	(188)
第 7 章 旋转变压器与感应同步器	(189)
7.1 变压器的工作原理	(189)
7.1.1 变压器的用途	(189)
7.1.2 变压器的结构	(189)
7.1.3 变压器的工作原理	(190)
7.1.4 变压器的空载运行	(190)
7.1.5 变压器的负载运行	(193)
7.1.6 变压器的等值电路	(195)
7.1.7 副边折算值与变压器相量图	(197)

7.1.8	变压器的额定值	(198)
7.2	旋转变压器	(199)
7.2.1	概述	(199)
7.2.2	旋转变压器的结构	(199)
7.2.3	正余弦旋转变压器的工作原理	(200)
7.2.4	线性旋转变压器	(204)
7.2.5	旋转变压器的应用	(206)
7.2.6	多极旋转变压器	(207)
7.2.7	旋转变压器的特性指标和技术数据	(211)
7.3	感应同步器	(212)
7.3.1	感应同步器的结构	(212)
7.3.2	感应同步器的工作原理	(214)
7.3.3	感应同步器的信号处理方式	(218)
7.3.4	鉴相型数字编码装置	(220)
7.3.5	鉴幅型数显表	(223)
	小结	(225)
	思考题和习题	(226)
第8章	继电器和接触器	(227)
8.1	概述	(227)
8.1.1	继电器的定义及作用	(227)
8.1.2	继电器的分类	(228)
8.1.3	对继电器的主要要求	(229)
8.1.4	继电器的使用环境条件	(230)
8.2	直流电磁继电器	(231)
8.2.1	直流电磁继电器的基本结构	(231)
8.2.2	工作原理及静态特性	(233)
8.2.3	电磁继电器的主要参数	(234)
8.2.4	触点及灭火花电路	(235)
8.2.5	继电器的时间特性及其调整	(241)
8.3	交流继电器	(250)
8.3.1	交流继电器中电压、磁通和电流间的关系	(251)
8.3.2	继电器的电磁吸力与分磁环	(252)
8.3.3	磁滞损耗和涡流损耗	(254)
8.3.4	温升	(254)
8.4	继电器的使用	(254)
8.4.1	继电器的型号	(255)
8.4.2	继电器的选择	(255)
8.4.3	继电器的使用	(257)

8.4.4 继电器的故障及维修	(260)
8.5 接触器	(262)
8.5.1 对接触器的要求	(262)
8.5.2 接触器的工作原理和结构特点	(262)
8.5.3 接触器的应用举例	(264)
小结	(265)
思考题和习题	(266)
第9章 常用传感器	(268)
9.1 微动同步器	(269)
9.1.1 十二极微动同步器的结构	(269)
9.1.2 十二极微动同步器的工作原理	(270)
9.1.3 十二极微动同步器的输出特性	(271)
9.1.4 主要性能指标	(276)
9.2 电位器式传感器	(278)
9.2.1 线绕电位器	(279)
9.2.2 接触式非线性绕电位器	(283)
9.2.3 光电电位器	(283)
9.3 电感式传感器	(284)
9.3.1 电感传感器的结构、工作原理和输出特性	(284)
9.3.2 差动式电感传感器的测量电路和工作特性	(287)
9.3.3 电感传感器的主要性能指标	(294)
9.4 电容式传感器	(296)
9.4.1 电容传感器的结构和工作原理	(296)
9.4.2 差动电容传感器电桥的输出灵敏度	(298)
9.4.3 电容传感器实际使用中的一些问题	(300)
9.4.4 静电力和静电力矩	(301)
小结	(303)
思考题和习题	(306)
第10章 液压控制元件	(307)
10.1 电液伺服控制和电液控制技术概述	(308)
10.1.1 比例技术与伺服技术的比较	(308)
10.1.2 电液控制系统的特点及分类	(311)
10.2 电液比例控制阀	(313)
10.2.1 概述	(313)
10.2.2 典型结构与工作原理	(315)
10.2.3 电液比例控制阀的特性	(321)
10.2.4 电液比例控制阀的应用	(324)

10.3 电液伺服控制阀	(328)
10.3.1 概述	(328)
10.3.2 典型结构与工作原理	(330)
10.3.3 电液伺服阀的特性	(334)
10.3.4 电液伺服阀的应用	(341)
10.4 电液数字控制阀	(342)
10.4.1 概述	(342)
10.4.2 典型结构与工作原理	(342)
10.4.3 电液数字控制阀的特性	(346)
10.4.4 电液数字控制阀的使用	(349)
小结	(350)
思考题和习题	(350)
第 11 章 气动控制元件	(351)
11.1 概述	(351)
11.1.1 气压传动系统的组成	(351)
11.1.2 气压传动的主要优点	(351)
11.1.3 气压传动的主要缺点	(352)
11.1.4 气压传动的应用与发展	(352)
11.2 压力控制阀	(352)
11.2.1 气动调压阀	(352)
11.2.2 其他类压力控制阀	(355)
11.3 方向控制阀	(356)
11.3.1 单向型控制阀	(356)
11.3.2 换向型控制阀	(358)
11.4 流量控制阀	(363)
11.4.1 排气节流阀	(363)
11.4.2 其他节流阀	(364)
11.5 气动比例阀及气动伺服阀	(364)
11.5.1 气动比例阀	(364)
11.5.2 电-气伺服阀	(365)
小结	(367)
思考题和习题	(367)
附 录	(368)
附录 A 电磁学的基本概念与定律	(368)
A.1 磁场基本概念	(368)
A.2 磁路定律	(370)
A.3 电磁感应定律	(372)

A.4	电磁力与电磁转矩	(373)
附录 B	液压基本概念与定律	(373)
B.1	液体静力学基础知识	(373)
B.2	液体动力学基础	(376)
B.3	液体流动时的压力损失	(381)
B.4	液体流经小孔的流量	(382)
附录 C	气压传动基本概念与定律	(384)
C.1	空气的物理性质	(384)
C.2	理想气体的状态描述	(385)
参考文献		(387)

绪 论

随着科学技术的不断发展,自动控制系统在国民经济和国防事业中所起的作用越来越重要。例如,没有一整套自动控制系统,一个现代化的热力发电厂的锅炉、汽轮机和发电机就无法正常运转。又如,一枚洲际导弹从发射、飞行直到击中目标,也都要有很复杂的自动控制系统予以保证。自动控制系统中一个很重要的分支就是伺服系统,这种系统的任务是按预定的要求来控制物体的位置。一般来说,复杂的控制系统一般都离不开伺服系统,例如,火炮和雷达的定位系统,飞机的自动舵机,机床的自动控制,自动记录仪表,电梯的自动升降,天文望远镜的自动控制等。这些系统都是由许多具有独立职能的“元件”有机组成的。元件的能源可以是电、气、液,也可以是混合式的,如电气作用式或电液作用式。

0.1 自动控制系统的基本构成原理

我们首先观察一个实例——火炮的跟踪系统,以了解自动控制系统是如何构成的。火炮跟踪系统的原理框图如图 0-1 所示。

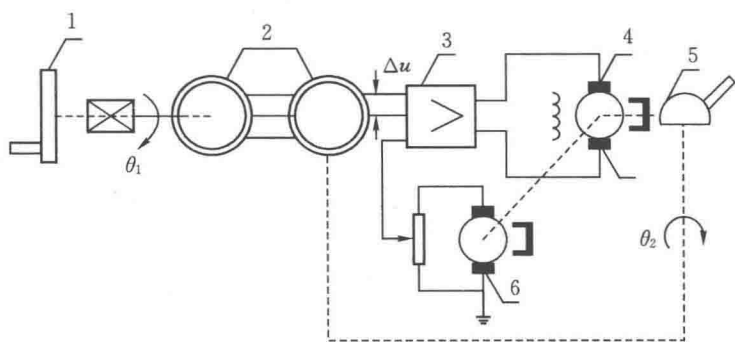


图 0-1 火炮跟踪系统

- 1—手轮(包括减速器);2—一对测量转角的自整角机;3—放大器;
4—直流伺服电动机;5—火炮;6—测速发电机

火炮跟踪系统的任务是使火炮的转角 θ_2 与手轮经减速器后所给出的指令 θ_1 相等。当 $\theta_1 \neq \theta_2$ 时,一对自整角机所构成的测角装置就输出一个与角差 $\theta_1 - \theta_2$ (记为 $\Delta\theta$) 近似成比例的电压 Δu 。此电压 Δu 经放大器 3 放大后驱动直流伺服电动机 4,从而带动炮身 5,使它向着减小角差 $\Delta\theta$ 的方向运动,这样 θ_2 就能跟踪 θ_1 。当最终 $\theta_1 = \theta_2$ 时,角差 $\Delta\theta = 0$ 。同时,测角装置的输出电压 $\Delta u = 0$,电动机停止运转,跟踪任务也相应地结束。为了减少跟踪过程中可能出现的振荡现象,在电动机的轴上连接一个测量电动机转速的发电机——测速发电机 6。测速发电机所发出的与转速成正比的电压加在一个电位器 R 上,从电位器上取出一部分电压反过来

馈送到放大器的输入端。这样,就构成了一个典型的伺服系统。

如果用一个方框图来代表图 0-1 中的每一个元件,而方框上的箭头分别代表该元件的输入与输出作用,就可以得到一个描述图 0-1 中各元件相互关系的示意图——方框图,如图 0-2 所示。

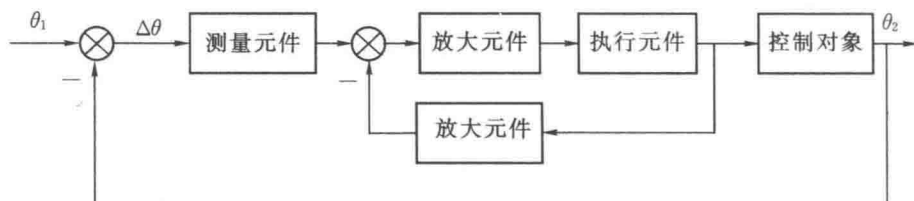


图 0-2 控制系统原理框图

0.2 自动控制元件的作用及分类

在图 0-2 中除了控制对象火炮外,其他元件都是为实现自动跟踪而由控制系统设计者所设计或选用的,按照它们在系统中各自的作用可分类如下:

(1)测量元件:又称检测元件或传感器,是指能将测量的变量(参数)直接转换成适合于测量形式的元件或器件。它们的作用是将被测量(例如转角)转换成另一种易于显示、传输或记录的物理量(例如电量)。

常用的测量元件包括自整角机、旋转变压器、感应同步器、测速发电机、传感器等。

(2)放大元件:测量元件的输出功率一般都不大,不足以驱动执行元件(如图 0-1 中的直流伺服电动机),放大元件的功能是将输入的信号进行功率放大,以达到驱动执行元件的目的。

常用的放大元件包括晶体管放大器、可控硅放大器、液压放大器等。

(3)执行元件:根据来自控制器的控制信息完成对受控对象的控制作用的元件。直接测量元件输出的电信号或把经放大元件放大后的电信号转变为机械位移或其他形式来驱动控制对象,控制或改变被控量。

常用的执行元件包括伺服电动机、步进电动机、力矩电机和马达等。

(4)校正元件:为了改善系统的品质,通常在系统中附加一些元件,以保证系统工作的稳定性,这些元件(如图 0-1 所示的测速发电机)称为校正元件。

常用的校正元件包括直流测速发电机、交流测速发电机等。

在自动控制系统中,各种元件根据输入能量的不同可分为电动、气动和液压三类。电动元件安装灵活,使用方便,在自动控制系统中应用最广。气动元件结构简单,重量轻,工作可靠并具有防爆特点,在中、小功率的化工石油设备和机械工业生产自动线上应用较多。液压元件功率大,快速性好,运行平稳,广泛用于大功率的控制系统。

根据在系统中的职能不同,自动控制元件也可分为信号元件和功率元件两大类。主要用于信号转换的元件称为信号元件,如测量元件、校正元件和部分放大元件等。主要用于把信号转换为功率输出的元件称为功率元件,如部分放大元件和执行元件等。特别需要指出,通过功率元件后,能量的大小或形式会发生变化。如功率放大器,其输入为微弱的小功率信号,输出

为大功率信号,其能量形式不发生变化,但大小发生变化;如伺服电动机,其输入为电信号,输出为机械能,其能量形式发生变化。

0.3 自动控制系统对元件的主要要求

自动控制元件是构成自动控制系统的基础,其性能将在很大程度上决定着整个系统的工作。现代自动控制系统对自动控制元件除了要求其体积小、重量轻、耗电少外,还要求它具有高可靠性、高精度和快速响应(快速性)。

1. 可靠性

控制元件的工作可靠性对保证自动控制系统的正常工作极为重要,整个系统的可靠性取决于各元件的可靠性。

在各种控制系统中,特别是在航空航天系统、军事装备等系统中,对所用控制元件的可靠性总是提出第一位的要求。一套复杂的自动控制系统有时要用到多种类、数量庞大的自动控制元件,它们在系统中又往往处于关键地位,因此,强调可靠性是不容置疑的。

2. 高精度

所谓精度就是指实际特性与理想特性的差异,差异越小,则元件的精度越高。与可靠性问题相似,元件的精度在相当程度上决定了整个系统的精度,因此提高精度是对元件提出的另一个重要的要求。

3. 快速性

在自动控制系统中由于信号是经常变化的,有时变化甚至是极其迅速的,所以就要求元件特别是执行元件应能作出快速的响应。实践表明:执行元件快速性能的好与坏,严重地影响着整个系统的快速性。因此,快速性是对元件提出的又一个基本要求。

总而言之,随着科技的发展,为满足控制系统飞速发展的需要,高性能的自动控制元件正在不断出现,高品质及新系列的产品不断增加。其主要发展方向是:提高精度,提高可靠性,小型化,自主智能,高度集成化,适应数值控制的要求,以及满足特殊性能或特殊用途。

0.4 本书的主要内容

本书介绍的内容包括电磁类元件、液压控制元件和气动控制元件。

自动控制元件的教学体系可分为两种:一种是按照元件在控制系统中的分类,按照测量元件、放大元件、执行元件和校正元件的思路进行讲述;另一种是按照控制元件的工作原理进行分类教学。本书在内容安排上倾向于第二种思路。

电磁类元件是自动控制系统中常见的元件,在系统中进行信号的传递和调理,实现检测、变换放大、执行和校正功能。常见的电磁类执行元件包括直流电动机、交流电动机、同步电动机、步进电机、直线电动机等,测量元件包括测速发电机、旋转变压器及感应同步器、常用传感器。本书按照先易后难,相同原理和相同类型元件分别对待的原则对上述元件按章节依次进行论述,并增加了电磁铁和继电器的内容,主要说明其功能、组成、分类、基本原理、工作特性和典型应用。

由于在实际工作中,特别是在测控工程专业的学习中,不可避免地要用到液压元件和气动

元件,而液压与气压传动控制有专门的书籍来进行论述,为方便电专业的学生学习,在液压控制元件中讲述电液伺服控制阀与电液比例控制阀、电液数字控制阀的知识,主要原因是它们是近代电子技术与液压技术相结合发展的一类液压阀,通过电液一体化设计和电液信号变换,可以实现液压系统流量或压力的连续自动控制。在气动元件中,从控制的角度出发讲述了气动控制元件的内容。上述两类元件作为教材内容的有效补充,从工程的角度来看相对比较完善。

本书编写了附录,分别讲述电磁学基本概念与定律、液压基本概念与定律、气动基本概念与定律。

另外,为了方便学生的学习,本书每章设有小结和思考练习题。

0.5 课程特点及学习要求

作为一门专业基础课程,自动控制元件是在学生学过高等数学、大学物理、电路原理等课程基础上而开设的,具有很强的基础性。本课程知识体系涉及到多个学科的知识和内容,知识面广,综合性强。与电、磁、液压、气动等技术有紧密的联系,要求学生对上述基础知识有较好的掌握。在学习过程中,学生不仅要掌握各种元件的基本组成、工作原理和工作特性,还要掌握各类元件的使用方法及选用原则,通过课程实验和课程设计,学会基本的实验技能,为以后的使用打下良好的基础,具有很强的实践性。

由于该课程的特点,学习过程中,在掌握电磁、液压、气动基本理论和规律的基础上,熟悉各类元件的基本工作原理,从源头上分析各类元件的工作机理和实质。熟悉各类元件的基本组成,不仅掌握各类元件内部之间的关系,还要了解以各类元件组成的系统内部之间的控制和连接关系。正确掌握各类元件的工作特性和用途,并据此熟悉元件的使用方法和选用原则,通过实验练习,学会正确使用和选用各类元件。各类不同元件都是建立在不同的物理规律上的,同类元件虽然建立在相同的物理规律上,但又有共性和个性,学习中注意辨别和区分它们之间的联系与区别,对比起来进行学习。总之,要掌握各类不同元件的构成、原理、特性和使用问题,并从系统的角度具备元件的选用、设计和分析的能力。

第 1 章 直流电动机

直流电动机是发展最早的一种电动机,由于它具有良好的起动特性和调节特性,因此被广泛地应用于对起动性能及调速性能要求较高的场合。例如,自动控制系统中的执行元件有的就采用直流电动机,因为它的起动性能良好,提高了系统的快速性;它的调速性能良好,使系统可在较宽广的转速范围内平滑地改变其转速,以满足系统的控制要求。通常把运用在自动控制系统内的直流电动机称为直流伺服电动机。小功率直流伺服电动机的功率一般是几瓦至几百瓦。另外,民用工业和交通运输部门中,如轧钢机上的电动机、电气火车上的电动机及电车上的电动机等,均是采用直流电动机作动力,这也是因为它的起动性能良好的缘故。由于这些电动机的主要任务是拖动一定份量的负载,因此通常又称为直动驱动电动机。

1.1 直流电动机的基本结构

直流电动机总体结构可以分成两大部分:静止部分(称为定子)和旋转部分(称为转子)。定子和转子之间存在气隙(称为空气隙)。定子由定子铁芯、励磁绕组、机壳、端盖和电刷装置等组成。转子由电枢铁芯、电枢绕组、换向器、轴等组成。一般小型电机的轴是通过轴承支撑在端盖上的。直流电动机的基本结构示意图如图 1-1 所示。

下面简要介绍直流电动机主要零部件的基本结构和作用。

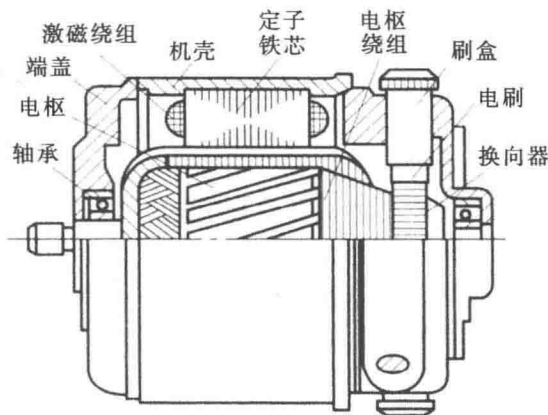


图 1-1 直流电机结构简图

1.1.1 定子铁芯和励磁绕组

小容量直流电动机的定子铁芯往往把磁极和磁轭连成一体,用厚为 $0.35\sim 0.5\text{ mm}$ 的电工钢片的冲片迭压而成。铁芯外边的机壳由铝合金浇铸而成,如图 1-2 所示。