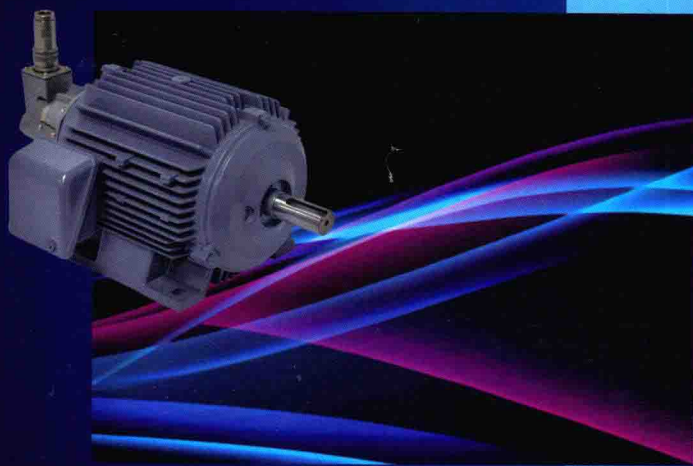


电机及现代控制技术

DIANJI JI XIANDAI KONGZHI JISHU

主编 马 强



中国原子能出版社

电机及现代控制技术

主编 马 强

中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

电机及现代控制技术 / 马强主编. -- 北京 : 中国原子能出版社, 2018. 4

ISBN 978-7-5022-9015-3

I. ①电… II. ①马… III. ①电机—控制系统 IV. ①TM301.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 089866 号

内 容 简 介

本教材主要阐述了电机及现代控制技术, 主要内容包括: 变压器的认识与应用、常用低压电器元件、可编程控制器、直流电机及其控制技术、交流异步电机及其控制技术、同步电动机、步进电动机及步进控制系统、伺服电动机及伺服系统、常用机床的电气控制、电气控制系统设计等。本书结构合理, 条理清晰, 内容丰富新颖, 具有一定的可读性, 可供从事电机、电力电子及电力传动领域中的研究、设计及运行工程技术人员参考使用。

电机及现代控制技术

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 张琳

责任校对 冯莲凤

印刷 三河市铭浩彩色印装有限公司

经销 全国新华书店

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 18.75

字数 480 千字

版次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5022-9015-3 定价 74.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>

E-mail: atomep123@126.com

发行电话: 010-68452845

版权所有 侵权必究

前 言

随着电力电子技术、微电子技术及现代控制理论的发展,中小功率电机在工农业生产及人们的日常生活中都取得极其广泛的应用。特别是家用电器、家用汽车的迅速发展,更需要人们学会认识、辨别这些中小功率电动机。同时,这些电动机的发展及广泛的应用,使得其使用、控制、保养和维护工作也越来越重要。

本书以交、直流电动机为驱动装置,低压电器为控制、保护元件,组成生产机械的电力拖动和电气控制系统,将电动机、电气控制与 PLC 控制有机地结合在一起,并且对变频器、伺服驱动器、PLC 等内容进行了详细介绍,使本书的内容十分丰富。在内容选择上,以电动机应用能力要求为出发点,首先要求读者掌握变压器、低压电器、PLC 的使用等基础知识,其次要求读者对于直流电动机、交流电动机、同步电机、步进电动机、伺服电动机的结构、原理、应用等内容有深入全面的认识,最后要求读者掌握电气控制电路基本知识 with 基本技能、常用设备的电气空子技术和电气控制系统等知识。

本书共 11 章,分为三个部分。第一部分为第 1~4 章,主要讲述传统的电气控制部分,侧重目前常见的电器元件、变压器和可编程控制。第 1 章为电机与控制技术基础,第 2 章为变压器的认识与应用,第 3 章为常用低压电器元件,第 4 章为可编程控制器。第二部分为第 5~9 章,主要讲述电动机及其控制技术。第 5 章为直流电机及其控制技术,第 6 章为交流异步电机及其控制技术,第 7 章为同步电动机,第 8 章为步进电动机及步进控制系统,第 9 章为伺服电动机及伺服系统。第三部分为第 10~11 章,主要讲述常见的电气控制及控制系统设计。第 10 章为常用机床的电气控制,第 11 章为电气控制系统设计。

电机及控制技术涉及的面很广,编者在本书的编写过程中加入了自己的研究积累,参考并引用了大量前辈学者的研究成果和论述,并在参考文献中列出,由于电机及控制技术方面的参考资料众多,所涉及的文献难免会有疏漏,在此表示歉意,同时还要向相关内容的原作者表示诚挚的敬意和谢意。

鉴于编者的知识水平经验有限,书中的疏误或不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正!

编 者

2018 年 1 月

目 录

第 1 章 电机与控制技术基础	1
1.1 电机的定义和种类	1
1.2 电机与控制技术发展的过去与展望	2
1.3 电机磁路	2
1.4 常见家用电器中电动机的控制	4
第 2 章 变压器的认识与应用	10
2.1 变压器的定义与分类.....	10
2.2 变压器的基本结构和工作原理.....	11
2.3 变压器的技术参数、型号和绕组组别	17
2.4 其他用途的变压器.....	22
2.5 变压器的应用举例.....	27
第 3 章 常用低压电器元件	31
3.1 低压电器的分类.....	31
3.2 电磁式低压电器的基本结构和原理.....	32
3.3 主电路中常用的低压电器元件.....	40
3.4 控制电路中常用的低压电器元件.....	47
3.5 电子电器与智能电器.....	58
第 4 章 可编程控制器	62
4.1 PLC 的产生与发展	62
4.2 PLC 的分类、主要功能与特点	65
4.3 PLC 的硬件结构与工作原理	69
4.4 PLC 的编程语言	72
4.5 PLC 的基本性能指标	75
4.6 PLC 应用系统设计实例	76
第 5 章 直流电机及其控制技术	94
5.1 直流电机的工作原理.....	94
5.2 直流电机的起动控制	104
5.3 直流电机的制动控制	106

5.4	直流电机的调速控制	109
5.5	直流电机的 PLC 控制	112
5.6	直流无刷电机的控制技术	115
5.7	直流电机的应用——汽车直流起动机	116
第 6 章	交流异步电机及其控制技术	121
6.1	三相异步电机的基本结构和工作原理	121
6.2	三相异步电机的起停控制	130
6.3	三相异步电机的制动控制	135
6.4	三相异步电机的调速控制	141
6.5	三相异步电机的 PLC 控制	148
6.6	单相异步电机的控制	157
6.7	三相异步电机在机床电器中的应用	161
第 7 章	同步电动机	168
7.1	同步电动机的基本结构和工作原理	168
7.2	三相同步电动机	171
7.3	同步调相机	175
7.4	微型同步电动机	176
7.5	永磁同步电机在电动汽车中的应用	181
第 8 章	步进电动机及步进控制系统	185
8.1	步进电动机的工作原理及典型结构	185
8.2	步进驱动器	189
8.3	步进控制系统	193
8.4	步进电动机的驱动与控制应用	212
第 9 章	伺服电动机及伺服系统	219
9.1	直流伺服电动机	219
9.2	交流伺服电动机	225
9.3	伺服系统	227
9.4	交流伺服系统应用实例	231
第 10 章	常用机床的电气控制	237
10.1	电气控制电路分析基础	237
10.2	CA6140 型普通车床电气控制	239
10.3	Z3040 型摇臂钻床电气控制	242
10.4	X62W 型卧式万能铣床电气控制	248
10.5	M7130 型平面磨床电气控制	255

10.6 桥式起重机电气控制·····	260
第 11 章 电气控制系统设计 ·····	266
11.1 电气控制设计的原则和基本内容·····	266
11.2 电力拖动方案的确定和电动机的选择·····	267
11.3 电气控制方案的确定和控制方式的选择·····	270
11.4 电气控制电路设计的一般要求·····	272
11.5 电气控制电路设计的方法与步骤·····	277
11.6 常用电气元件的选择·····	283
参考文献 ·····	288

第 1 章 电机与控制技术基础

1.1 电机的定义和种类

电机是把电能转换成机械能的设备,它在机械、冶金、石油、煤炭、化学、航空、交通、农业以及其他各种工业领域中都有着广泛的应用。随着现代电力电子技术的飞速发展,现代电机控制技术正朝着小型化和智能化的方向发展。

1.1.1 电机的定义及构成原理

电机是指依据电磁感应定律实现电能转换或传递的一种电磁装置。在国民经济及家用电器中所应用的电机是多种多样的,但其基本工作原理都基于法拉第电磁感应定律和安培力定律。因此,其构成的一般原理为:采用相应的导磁和导电材料构成能相互进行电磁感应的磁路和电路,以产生感应电势和电磁转矩,从而达到转换能量形态的目的。

1.1.2 电机的分类

如按工作电源种类划分,电机可分为直流电机和交流电机。直流电动机按结构及工作原理可分为无刷直流电动机和有刷直流电动机。有刷直流电动机又可分为永磁直流电动机和电磁直流电动机。交流电机可分为单相电机和三相电机。

如按电机结构形式及其产生感应电势和电磁转矩的电磁感应方式分类,可将电机分为两种,如图 1-1 所示。

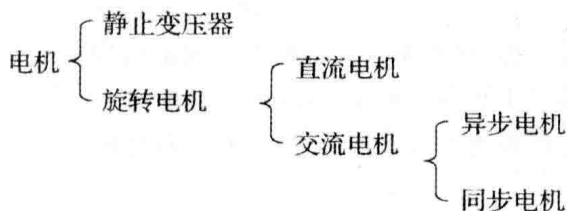


图 1-1 电机的分类

如按电机功能划分,可分为发电机、电动机、变压器、变频器、移相器和控制电机。

- ①发电机:用于把机械能转换成电能。
- ②电动机:用于把电能转换成机械能。
- ③变压器、变频器、移相器:分别用于改变电源电压、频率和相位。

④控制电机:作为控制系统中的控制元件或执行元件。

1.2 电机与控制技术发展的过去与展望

1800年伏特发明电池,是电机出现的开端,电动机的诞生和发展在这之后可以分成几个阶段。

从1820年到整个19世纪,发现了电磁现象以及相关的各种法则,诞生了交流电机的原形,并确立了电机的工业运用。

从20世纪初直到1970年,是电动机的成长和成熟期,有刷直流电机、感应电动机、同步电动机和步进电动机等各种电机相继诞生,半导体驱动技术和电子控制概念的引入,带来变频驱动的实用化。

从20世纪70年代到20世纪末期,计算机技术的飞跃发展为发展高性能驱动带来了机会,随着设计、评价、测量、控制、功率半导体、轴承、磁性材料、绝缘材料、制造加工技术的不断进步,电动机本体经历了轻量化、小型化、高效化、高力矩输出、低噪声振动、高可靠、低成本等一系列变革,相应的驱动和控制装置也更加智能化和程序化。

自1978年,MAC经典无刷直流电机及其驱动器推出之后,国际上对无刷直流电机进行了深入的研究,先后研制成方波无刷电机和正弦波直流无刷电机。三十多年以来,随着永磁新材料、微电子技术、自动控制技术以及电力电子技术特别是大功率开关器件的发展,无刷电机得到了长足的发展。

20世纪70年代,德国工程师F. Blaschke提出异步电机矢量控制理论来解决交流电机转矩控制问题。1985年,德国的Depenbrock教授提出了异步电机直接转矩控制方法。近年来,矢量控制和直接转矩控制技术不断发展,且有各自不同的应用领域。随着现代控制理论和电子技术的发展,各种控制方法和器件不断出现。

进入21世纪,在以多媒体和互联网为特征的信息时代,电动机和驱动装置继续发挥支撑作用,向节约资源、环境友好、高效节能运行的方向发展。

1.3 电机磁路

变压器、电动机以及继电器、接触器等控制电器的内部结构都有铁心和线圈,作用是当通以较小电流时,能在铁心内部产生较强的磁场,使线圈上感应出电动势或对线圈产生电磁力。线圈通电属于电路问题,而产生的磁场大部分局限于铁心内部,这种人为地使磁通集中通过的路径称为磁路。

在磁路中,涉及的基本物理量有磁通 Φ 、磁感应强度 B 、磁导率 μ 和磁场强度 H 。

①磁通 Φ 表示垂直穿过某一截面积 S 的磁力线总数,单位为Wb(韦伯)。

②磁感应强度 B 是一个用来表示磁场内某点的磁场强弱和方向的物理量。磁感应强度是矢量,其值等于垂直于矢量 B 的单位面积的磁力线数,即

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1-3-1)$$

对于电流产生的磁场,磁感应强度的方向和电流方向满足右手螺旋定则。磁感应强度的单位是 T,即 Wb/m^2 , $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb}/\text{m}^2$ 。

③磁导率 μ 是一个用来表示磁场中介质导磁能力的物理量,单位为 H/m 。

真空中的磁导率为常数,通常采用 μ_0 表示。一般材料的磁导率 μ 和真空磁导率 μ_0 的比值,称为该材料的相对磁导率 μ_r ,即

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (1-3-2)$$

相对磁导率 μ_r 越大,介质的导磁性能就越好。

④磁场强度 H 是一个用来计算磁场的物理量,反映的是电流的磁场,其强弱和方向均取决于电流,与介质无关。磁场强度的单位为 A/m ,其大小为磁感应强度与磁导率之比,即

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (1-3-3)$$

1.3.1 铁磁材料的磁性能

1. 高导磁性和磁化性

高导磁性是指铁磁材料的磁导率很高($\mu_r \gg 1$),具有被强烈磁化的特性。铁磁材料内部具有磁畴结构,故有良好的导磁性能。铁磁材料内部存在许多体积很小的磁性区域,这些天然的小磁性区域称为磁畴。每个磁畴在无外磁场作用时,排列杂乱无章,极性任意取向,磁性相互抵消,对外不呈磁性。当受到外磁场的作用时,排列无序的磁畴将顺着外磁场的方向转向,形成一个与外磁场方向一致的附加磁场,使铁磁物质内部的磁感应强度大大增加,这种原来没有磁性,在外磁场的作用下产生磁性的性质称为磁化性。非磁性材料内部由于没有磁畴结构,所以不能被磁化。

2. 磁饱和性

当外磁场增大到一定值时,磁性材料的全部磁畴的磁场方向都转向与磁场的方向一致,磁化磁场的磁感应强度达到饱和值,这一特性称为磁饱和性。

磁饱和性可由铁磁材料的磁化曲线看出,如图 1-2 所示。当外磁场逐渐增大时,铁磁材料中的磁畴将随之逐渐转向,首先随外磁场的增加,磁感应强度 B 随之成正比增大(Oa 段);其次磁感应强度 B 几乎呈直线上升(ab 段);最后,由于铁磁材料内部的磁畴几乎全部转向完毕,所以再增加外磁场,磁感应强度 B 几乎不能再增加,此时称为磁饱和(cs 段)。

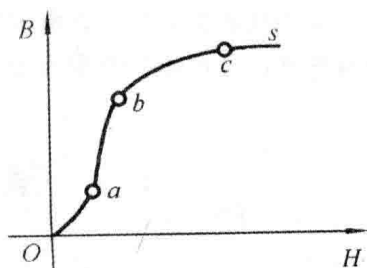


图 1-2 铁磁材料的磁化曲线

3. 磁滞性和剩磁性

当铁心线圈中通有交变电流时,铁心就会受到交变磁化。电流变化时,磁感应强度 B 随磁场强度 H 的变化而变化,当 H 已减到零时,但 B 未回到零,这种磁感应强度滞后于磁场强度变化的性质称为磁性物质的磁滞性。当线圈中电流减到零($H=0$)时,铁心因磁化所获得的磁性还未完全消失,这时铁心中所保留的磁感应强度称为剩磁感应强度 B_r 。

1.3.2 交流铁心线圈电路

铁心线圈分为两种,直流铁心线圈和交流铁心线圈。直流铁心线圈通直流电来励磁(如直流电机的励磁线圈、电磁吸盘及各种直流电器的线圈),交流铁心线圈通交流电来励磁(如交流电机、变压器及各种交流电器的线圈)。分析直流铁心线圈比较简单,因为直流电流产生的磁通是恒定的,在线圈和铁心中不会感应出电动势,在一定电压 U 下,线圈中的电流,只和线圈本身的电阻 R 有关,功率损耗也只有 I^2R 。

如图1-3所示为交流铁心线圈示意图。电源和绕组构成铁心线圈的电路部分,铁心构成铁心线圈的磁路部分。当铁心线圈通以正弦电流 i 时,电流 i 通过 N 匝线圈形成磁动势 $F=iN$,从而产生磁通。磁通的绝大部分通过铁心而闭合,这部分磁通称为主磁通或工作磁通 Φ 。此外,还有很少的一部分磁通主要经过空气或其他非磁性物质而闭合,这部分磁通称为漏磁通 Φ_σ 。这两个磁通在线圈中分别产生主磁电动势 e 和漏磁电动势 e_σ 。它们的电磁关系为

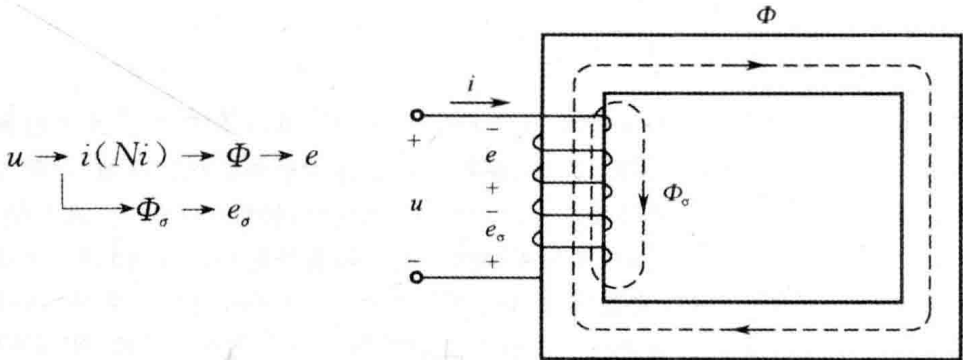


图 1-3 交流铁心线圈示意图

交流铁心线圈的功率损耗有两个方面:①线圈电阻上的功率损耗 I^2R ;②处于交变磁化下的铁心中的功率损耗。

为了提高磁路的导磁性能和减少铁心的损耗,铁心通常用厚度为 0.35 mm 或 0.5 mm ,且表面涂有绝缘漆的硅钢片叠制而成。

1.4 常见家用电器中电动机的控制

1.4.1 盒式录音机中的电动机与控制

1. 盒式录音机电动机的结构及特点

在盒式录音机中,电机可以提供动力,驱动飞轮、主导轴与带盘等部件,完成录放音的恒速走带、快速进带及倒带等动作。

盒式录音机要求所用电动机转矩大、转速稳、振动噪声小、稳定性好、寿命长。故常用的电动

机多为小型直流电机,与交流电机相比,具有体积小、效率高、耗电省、可用电池驱动、转速不依赖于市电电源频率等优点。

盒式录音机中的电机与普通直流电机的构造、各部件作用及工作原理基本相同。此外,其需要在定子外面特加两到三层屏蔽罩与橡胶垫,以防止火花辐射干扰、减小泄漏磁通与减轻机械振动。

2. 典型控制线路

(1) 稳速电路

盒式录音机在录放过程中,要求磁带运行速度高度稳定。因此,在录音机中的电动机常常采取一些稳速措施。常见的稳速方法为电子稳速,如图 1-4 所示为 LA 5511 集成稳速电路图。

图 1-4 中虚线框内为 LA 5511 集成电路内部结构,框外为对应的外围电路,该集成电路内部由基准电压 $V_R (=1.16\text{V})$ 、放大器 A、电流反馈晶体管 V_2 及电流只有 V_2 的 $\frac{1}{k}$ 的分流管 V_1 构成。其中,引脚 1 为基准电压源输出;引脚 2 为接地端;引脚 3 为输出端;引脚 4 为放大器 A 输入端。外围电路元件中, R_T 为电流取样电阻; R_A 与 R_B 构成分压取样电路; R_M 为电机的等效直流电阻,与转子电感相串联;当集成块接上负载电机时,电机可等效为一个反电动势 E ;电容 C 为滤波电容。

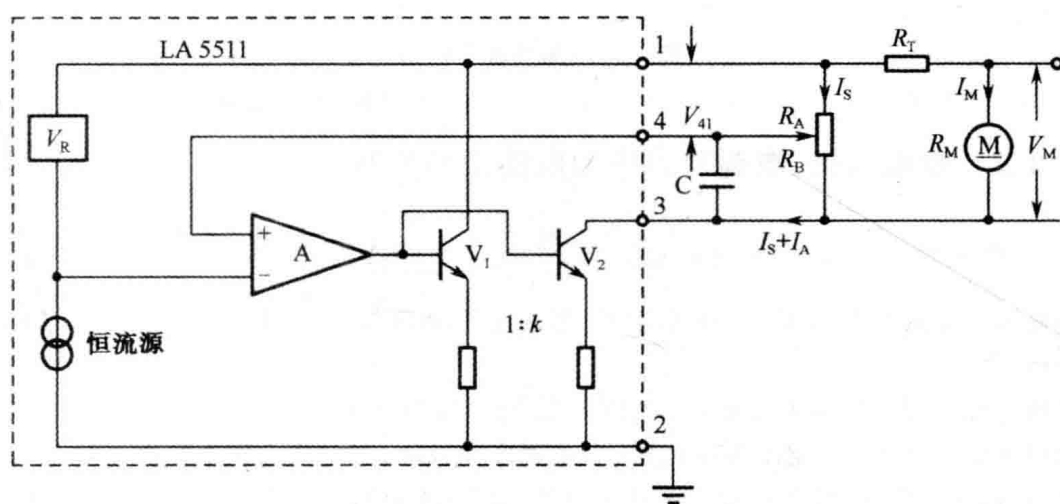


图 1-4 LA 5511 集成稳速电路图

当电动机转动时,转子线圈会产生一个反电动势,反电动势的大小与电动机的转速成正比。转子转速的变化引起反电动势改变,将其作为控制信号,之后控制稳速电路。在图 1-4 的稳速电路中,当电源电压升高或负载力矩减小时,电机转速超过正常值, E 升高, I_M 下降, I_S 上升,则 R_A 上取样电压 V_{41} 上升,放大器 A 输入引脚 4 对地电位下降,通过集成电路内部反馈作用,使集成电路输出引脚 3 电位上升,促使 V_M 减小,结果电机转速降低,恢复正常。当电源电压降低或负载力矩增大时,稳速过程相反。另外,调节电位器改变 $\frac{R_A}{R_B}$ 的比值,则可改变 V_M ,从而调节电机转速。

(2) 调速电路

调速电路可以控制电机作常速或倍速运转,使电机在这两种运转状态下转速稳定。电机转

速控制电路如图 1-5 所示。图中, L 为电机的滤波电感; LA 5511 是前面所述电机稳速集成电路; RP_1 是倍速调整电阻; RP_2 是常速调整电阻; V_1 是开关三极管。当录音机面板上的选择开关置于常速挡位时, V_1 导通, c, d 两端短路, RP_2, R_2 支路并在 RP_1, R_1 支路上, 此时电机在 LA 5511 控制下作常速(1600 r/min)运转; 当选择开关置于倍速挡位时, V_1 截止, c, d 两端断路, 只有 RP_1, R_1 支路接在 LA 5511 的 4、3 引脚上, 此时电机作倍速(3200 r/min)运转。

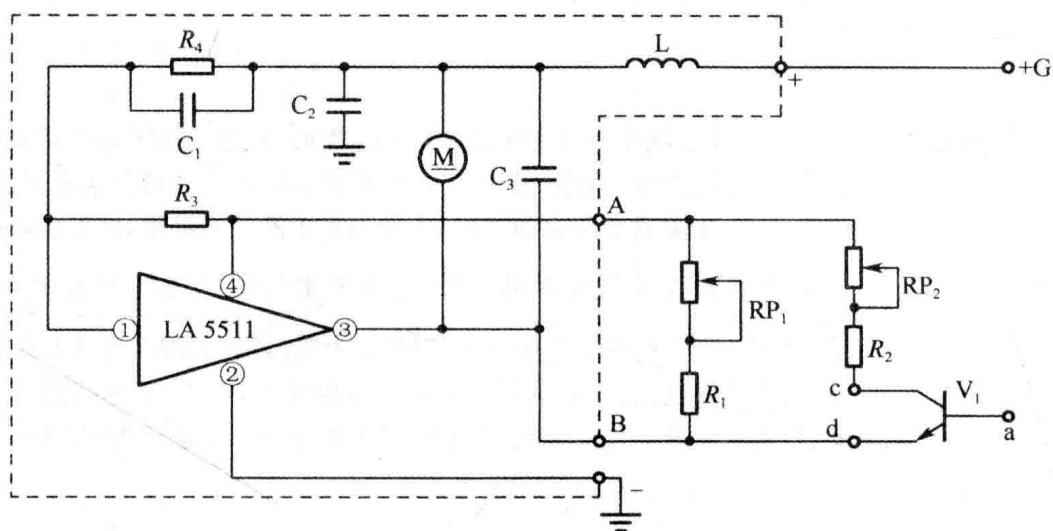


图 1-5 电机转速控制电路

1.4.2 电吹风机、电剃须刀中的电动机与控制

1. 电吹风机中的电动机及控制

电吹风主要由壳体、手柄、电动机、风叶、电热元件、开关等构成, 其常用的电动机是永磁式直流电动机。

接通电源后, 电吹风内的电动机带动风叶旋转, 将空气从进风口吸入, 经电热元件加热, 热风从出风口送出。出风口的温度通过电热元件的通断来控制, 当电热元件全部通电时, 送出热风; 全部断电时, 送出冷风; 部分通电时, 则送出温风。出口风的风量通过调节电动机的端电压, 从而改变电动机的转速来控制。

如图 1-6 所示为永磁式电吹风中的电控线路。当双刀四掷选择开关 S_1 (即 S_{1-1} 和 S_{1-2}) 置于位置 1 时, 电动机 M 通电运转, 与限温开关的触点 S_2 相串联的电热元件 R_1 断电, 电吹风送出冷风; 当 S_1 置于位置 2 时, 电动机 M 断电, 电吹风停止工作; 当 S_1 置于位置 3 时, 电动机与电热元件 R_1 同时通电, 电吹风送出热风; 当 S_1 置于位置 4 时, 电动机通电运转, 电热元件 R_1 经二极管 VD_5 通电, 电吹风送出温风。

图 1-6 中, 降压电阻 R_2 将 220 V 电压降低后, 再经由 $VD_1 \sim VD_4$ 构成的桥式整流电路转换成直流, 向永磁式电动机 M 供电。由于永磁式直流电动机的转速与端电压的大小成正比, 因此当限压电阻 R_2 为可调式时, 电动机的转速也随之可变, 出风口的风量得以调整。

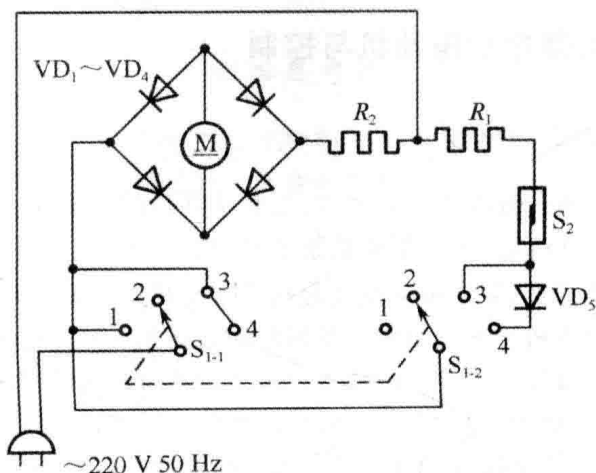


图 1-6 永磁式电吹风电路图

2. 电动剃须刀中的电动机及控制

电动剃须刀主要由网罩、动刀、支架、轧剪开关、电动机、充电器等组成,其常用的电动机是微型永磁式。

如图 1-7 所示为充电往复式电动剃须刀结构图。当电源开关 5 闭合时,电动机 13 高速旋转,装在电机轴上的偏心轴 11 推动动刀架 8 作往复直线运动,动刀架上的一组动刀片与网罩 1 形成无间隙的相对运动。当胡须由网孔伸进网罩时,由于动刀与网罩的剪切作用,胡须被切断剃净。

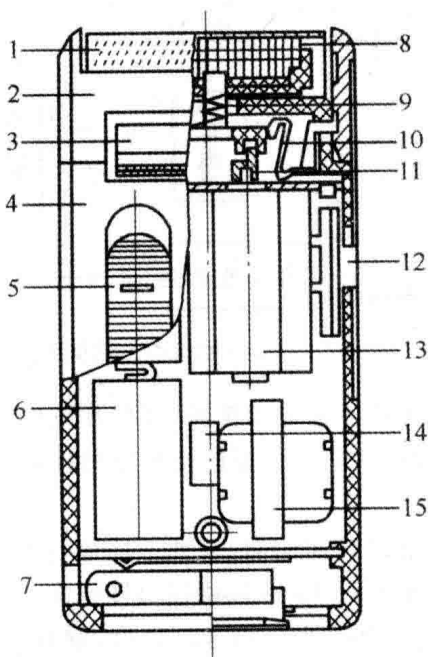


图 1-7 往复式电动剃须刀结构图

1—网罩;2—网罩支架;3—轧剪;4—外壳;5—电源开关;6—Ni-Cd 电池;7—充电插头;8—动刀架;
9—弹簧;10—振动支架;11—偏心轴;12—轧剪开关;13—电动机;14—整流管;15—变压器

1.4.3 硬盘驱动器中的电动机与控制

1. 硬盘驱动器电动机的结构

硬盘驱动器对主轴电机的要求主要有两点：①有足够高的转速，以保证磁头能正常悬浮和保持高的数据传输率；②转速恒定，从而保证系统的可靠性。因此，通常采用直接耦合无刷电机。其转子多由4块永久磁铁组成，定子由3组线包构成6个磁极。磁极的极性决定于绕组电流的方向。绕组的加电顺序由电机端部的磁铁在旋转时通过霍尔元件感应的电压次序决定。

电动机的工作原理是将霍尔元件产生的反映转子位置的信号作为控制信号，使绕组依次轮流接通，产生相同方向的电磁力，驱动由永久磁铁构成的转子旋转。转速的调整可以采用改变绕组电流的大小、接通或断开绕组的办法来实现。制动时，改变绕组接通的次序，产生与旋转方向相反的力以阻止转子旋转，直到停止。

2. 主轴电机控制电路

主轴电机控制电路的逻辑框图如图1-8所示。

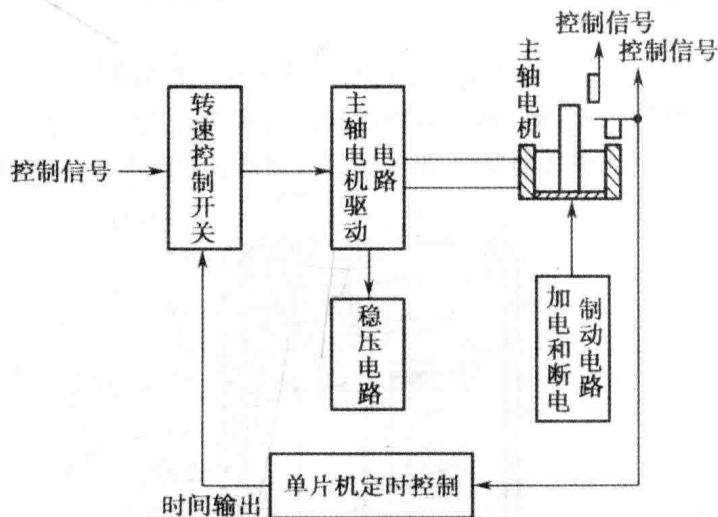


图 1-8 主轴电机控制电路框图

在硬盘驱动器加电后，主轴电机不会立即旋转，当单片机产生电机允许信号时，由霍尔元件组成的绕组分配器产生反映主轴电机转子位置的信号作为控制信号，使主轴电机绕组依次轮流接通，驱动转子旋转。

主轴电机运行过程中，为保证其转速均匀，需要不断进行调节。当主轴旋转时，每转产生1个索引脉冲，2个索引脉冲相隔的时间即为主轴电机每转所需的时间，这个时间间隔可以用频率稳定的脉冲来测量。实际的脉冲个数如果偏离这一数值，就意味着转速偏离了给定的数值。此时，可由电流控制电路接通或断开绕组电流，使转速趋近于要求的数值。速度反馈—控制—速度反馈—控制……，从而构成主轴电机转速控制的闭合回路。

当驱动器断电时，电机驱动控制电路使主轴电机中无电流通过，并使绕组对地短路即绕组短

接,用以产生相反的力,阻止转子转动。

课后思考题

1. 电机的基本定义是什么? 电机如何分类的?
2. 磁路中磁通, 磁感强度, 磁场前度的定义分别是什么?
3. 什么叫磁场饱和?

第2章 变压器的认识与应用

2.1 变压器的定义与分类

2.1.1 变压器的定义

现代化的工业企业广泛采用电力作为能源,而发电厂发出的电力往往需经远距离传输才能到达用电地区。在传输的功率恒定时,传输电压越高,则所需的电流越小。用较高的输电电压可以获得较低的线路压降和线路损耗,这就需要变压器来升高电压。在受电端必须用变压器将高电压降低到配电系统的电压以供负载使用。

变压器是一种静止的电气设备。它是利用电磁感应作用把一种电压的交流电能变换成频率相同的另一种电压的交流电能。变压器是电力系统中的重要设备,它在电能检测、控制等诸方面也得到广泛的应用。另外,变压器还有变换电流、变换阻抗、改变相位和电磁隔离等作用。

变压器除了应用在电力系统中,还应用在需要特种电源的工矿企业中,如冶炼用的电炉变压器,电解或化工用的整流变压器,焊接用的电焊变压器,试验用的试验变压器,交通用的牵引变压器,补偿用的电抗器,保护用的消弧线圈以及测量用的互感器等。

2.1.2 变压器的分类

由于变压器应用很广泛,因此变压器的种类很多,且各种类型的变压器在其结构和性能上的差异也很大。通常,变压器可按其用途、结构特征、相数和冷却方式进行分类。

1. 按用途分类

按照用途分类,变压器可分为电力变压器、仪用变压器、试验变压器和特种变压器。

- ①电力变压器:用于输配电系统的升、降电压。
- ②仪用变压器:如电压互感器、电流互感器,用于测量仪表和继电保护装置。
- ③试验变压器:能产生高压,对电气设备进行高压试验。
- ④特种变压器:如电炉变压器、整流变压器、调整变压器等。

2. 按绕组形式分类

按照绕组形式分类,变压器可分为双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器。

- ①双绕组变压器:用于连接电力系统中的两个电压等级。
- ②三绕组变压器:一般用于电力系统区域变电站中,连接三个电压等级。