



国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电机控制与维护

DIANJI KONGZHI YU WEIHU

主编◎温淑玲 刘淑红



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

内容提要

本书采用“项目引导,任务驱动”模式,通过 14 个具体任务详细介绍了三相异步电动机的认识与维护、三相异步电动机的电气控制、电力变压器的认识与维护以及步进电机和伺服电机的认识与控制等内容。各任务结合实际工作岗位,将各个知识点、技能点及中级维修电工技能鉴定标准融入到其中,以应用的形式呈现出来。

本书为高职高专电力电气类相关专业课教材,也可供有关工程技术人员及自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机控制与维护/温淑玲,刘淑红主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012. 12

ISBN 978-7-5650-1052-1

I. ①电… II. ①温…②刘… III. ①电工—控制系统②电机—维修 IV. ①TM30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302437 号

电机控制与维护

温淑玲 刘淑红 主编		责任编辑 汤礼广 王路生	
出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2012 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2013 年 2 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	理工编辑部:0551—62903087	印 张	15
	市场营销部:0551—62903198	字 数	340 千字
网 址	www. hfutpress. com. cn	印 刷	合肥现代印务有限公司
E-mail	hfutpress@163. com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1052-1

定价: 30.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材建设委员会

主 任	陈祥明		
副主任	朱 飙	夏玉印	王广庭
委 员	许戈平	黄蔚雯	张惠忠
	朱 志	杨圣春	彭 云
	丛 山	孔 洁	何 鹏



序 言

为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要》（2010—2020）精神，培养电力行业产业发展所需要的高端技能型人才，安徽电气工程职业技术学院规划并组织校内外专家编写了这套国家骨干高等职业院校重点建设专业（电力技术类）“十二五”规划教材。

本次规划教材建设主要是以教育部《关于全面提高高等教育质量的若干意见》为指导；在编写过程中，力求创新电力职业教育教材体系，总结和推广国家骨干高等职业院校教学改革成果，适应职业教育工学结合、“教、学、做”一体化的教学需要，全面提升电力职业教育的人才培养水平。编写后的这套教材有以下鲜明特色：

（1）突出以职业能力、职业素质培养为核心的教学理念。本套教材在内容选择上注重引入国家标准、行业标准和职业规范；反映企业技术进步与管理进步的成果；注重职业的针对性和实用性，科学整合相关专业知

识，合理安排教学内容。

（2）体现以学生为本、以学生为中心的教学思想。本套教材注重培养学生自学能力和扩展知识能力，为学生今后继续深造和创造性的学习打好基础；保证学生在获得学历证书的同时，也能够顺利地获得相应的职业技能资格证书，以增强学生就业竞争能力。

（3）体现高等职业教育教学改革的思想。本套教材反映了教学改革的新尝试、新成果，其中校企合作、工学结合、行动导向、任务驱动、理实一体等新的教学理念和教学模式在教材中得到一定程度的体现。

（4）本套教材是校企合作的结晶。安徽电气工程职业技术学院在电力技术类核心课程的确定、电力行业标准与职业规范的引进、实践教学与实



训内容的安排、技能训练重点与难点的把握等方面，都曾得到电力企业专家和工程技术人员的大力支持与帮助。教材中的许多关键技术内容，都是企业专家与学院教师共同参与研讨后完成的。

总之，这套教材充分考虑了社会的实际需求、教师的教学需要和学生的认知规律，基本上达到了“老师好教，学生好学”的编写目的。

但编写这样一套高等职业院校重点建设专业（电力技术类）的教材毕竟是一个新的尝试，加上编者经验不足，编写时间仓促，因此书中错漏之处在所难免，欢迎有关专家和广大读者提出宝贵意见。

国家骨干高等职业院校
重点建设专业（电力技术类）“十二五”规划教材建设委员会



前 言

在第三届国际职业技术教育大会上,教育部副部长郝平强调要高度重视职业教育在经济发展、促进就业、改善民生、缓解劳动力供求结构矛盾等方面的作用,把发展职业教育放在经济发展的战略位置。他还说,今后一个时期,政府将要充分调动行业、企业参与职业教育发展的积极性,调整优化职业教育结构,加强职业技术教育能力建设,完善职业教育制度政策,不断提高职业教育质量,增强职业教育对社会的适应力和吸引力。

由此可见,职业教育的改革将会不断深入。深入的改革需要职业教育工作者不断摸索,认真思考。可喜的是近几年,高等职业教育在蓬勃发展的同时也取得了令人惊叹的成绩。很多专业课程的教学内容、教学方法和教学手段都在不断调整;各高等职业院校在不断实践、总结和创新的同时还积极与企业合作,不断缩小学生从学校课堂到工作岗位的距离。学生在学校的学习是离不开教材的,但如何进行教材改革,使之做到将学生的学校学习与今后工作实际更紧密结合,从而充分发挥教材的作用,应该是职业教育工作者当下和今后一段时间需认真思考的问题。

本教材是编者根据自己多年从事职业教育的经验和在企业工作的实际经验,并对高职学生的学习特点进行分析后编写而成的。

本教材采用“项目引导,任务驱动”模式,通过十四个具体任务来完成每个项目的教学目标。

本教材在内容上进行了精简和调整,选取了与实际工作岗位相符的工作任务,坚持以具体任务引领,将各个知识点、技能点及中级维修电工技能鉴定标准融入到任务中,以应用的形式呈现在学生面前,让学生在自已亲自动手的过程中掌握要领;同时将企业规章、安全规范、职业素养等渗入到教学中,从而提高学生对知识进行综合应用的能力,培养学生良好的职业习惯。

本教材由安徽电气工程职业技术学院温淑玲、刘淑红担任主编,由安



徽水利水电职业技术学院吴红霞、安徽中盐红四方公司王斌、安徽电气工程职业技术学院李森担任副主编，参加编写的还有南京中电电气自动化研究所李志宏、安徽电气工程职业技术学院王萍。其中，导学、项目一（任务一）、项目二（任务三、任务四）、项目三由刘淑红、王斌、李森编写；项目一（任务二、任务三、任务四）由李志宏、王萍编写；项目二（任务一、任务二）、项目四由温淑玲、吴红霞编写。

本教材在编写过程中，还得到了合肥供电公司、安徽中盐红四方公司等企业的大力支持，在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



目 录

导 学	(1)
项目一 三相异步电动机的认识与维护	(7)
任务一 三相异步电动机拆装	(8)
任务二 三相定子绕组首尾端判别	(22)
任务三 三相异步电动机参数测定	(37)
任务四 三相异步电动机故障检修	(50)
项目二 三相异步电动机的电气控制	(70)
任务一 水塔的电气控制	(70)
任务二 简易自动门的电气控制	(100)
任务三 变频器对异步电动机的控制	(120)
任务四 车床电气故障检修	(133)
项目三 变压器的认识与维护	(146)
任务一 变压器的拆装	(146)
任务二 变压器的参数测定	(155)
任务三 三相变压器联结组别判别	(176)
任务四 电力变压器的检修	(188)
项目四 控制电机的认识与驱动	(196)
任务一 步进电动机的认识与控制	(196)
任务二 伺服电动机的认识与控制	(215)



导 学

一、磁场的基本物理量

电机(包括变压器和旋转电机)是机电能量转换或信号转换的电磁机械装置,磁场是实现其能量转换、传递与储存的媒介。因此要学习电机及其相关知识,必须要了解磁路的基本概念、基本定律与分析计算方法。

1. 磁通 Φ

磁场中穿过某一截面积 S 的总磁感应线数称为通过该面积的磁通量,简称磁通,用 Φ 表示。磁通 Φ 的单位为韦[伯](Wb)。

2. 磁感应强度 B

描述磁介质中实际的磁场强弱和方向的物理量,它是一个矢量,用 B 表示。

(1) 磁感应强度 B 的方向:与通电导体电流的方向之间符合右手螺旋定则。

(2) 磁感应强度 B 的大小:在均匀磁场中,若通过与磁感应线垂直的某面积 S 的磁通为 Φ ,则

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (0-1)$$

即磁感应强度 B 在数值上可以看成是与磁场方向垂直的单位面积所通过的磁通,故又称磁通密度。

(3) 磁感应强度 B 的单位:特斯拉(T), $1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$ 。

(4) 均匀磁场:各点磁感应强度大小相等、方向相同的磁场,也称匀强磁场。

(5) 如果是不均匀磁场,则 B 取平均值。

3. 磁场强度 H

磁场强度是进行磁场计算时引进的一个辅助物理量。磁场强度是一个矢量,用 H 表示。其方向与 B 的方向相同,即磁场方向。磁场强度 H 的单位:安培/米(A/m)。

4. 磁导率 μ

磁感应强度 B 与磁场强度 H 之比称为磁导率,用 μ 表示,即

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (0-2)$$



磁导率 μ 是衡量物质导磁能力的物理量,单位是亨 / 米(H/m)。

(1) 真空磁导率 μ_0

真空磁导率为一常数,用 μ_0 表示,其值为: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

(2) 相对磁导率 μ_r

相对磁导率是指任一种物质的磁导率 μ 和真空磁导率 μ_0 的比值。

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{\mu H}{\mu_0 H} = \frac{B}{B_0}$$

二、安培环路定律(全电流定律)

在磁场中,磁场强度 H 沿任意闭合磁回路的线积分 $\oint H \cdot dl$ 等于该闭合回路所包围的总电流代数和。用公式表示为

$$\oint H \cdot dl = \sum I \quad (0-3)$$

$$\sum I = F \quad (0-4)$$

式中,线圈匝数与电流的乘积 NI ,称为磁通势(磁动势),用字母 F 表示,则

$$F = NI \quad (0-5)$$

磁通由磁通势产生,磁通势的单位是安[培]。

安培环路定律电流正负的规定如下:

任意选定一个闭合回线的围绕方向,凡是电流方向与闭合回线围绕方向之间符合右手螺旋定则的电流作为正,反之为负。

在均匀磁场中

$$Hl = NI \quad (N \text{ 为线圈的匝数})$$

即

$$H = \frac{NI}{l} \quad (0-6)$$

【例0-1】 环形线圈如图0-1所示,其中媒质是均匀的,试计算线圈内部各点的磁场强度。

解:取磁通作为闭合回线,以其方向作为回线的围绕方向,则有

$$\oint H dl = \sum I$$

$$\oint H dl = Hl_r = H \times 2\pi x$$

$$\sum I = NI$$

$$H \times 2\pi x = NI$$

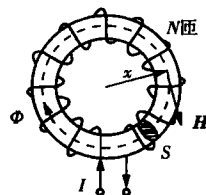


图0-1 环形线圈



故得

$$H = \frac{NI}{2\pi x} = \frac{NI}{l_r}$$

式中: N ——线圈匝数;

$l_r = 2\pi x$ ——半径为 x 的圆周长;

H ——半径 x 处的磁场强度;

NI ——线圈匝数与电流的乘积。

由上例可见,磁场内某点的磁场强度 H 只与电流大小、线圈匝数以及该点的几何位置有关,与磁场媒介质的磁性(μ) 无关;而磁感应强度 B 与磁场媒介质的磁性有关。

三、物质的磁性能

自然界的物质按照磁导率的不同,大体上可分为两大类:非磁性物质和磁性物质。

1. 非磁性物质

非磁性物质分子电流的磁场方向杂乱无章,几乎不受外磁场的影响,不具有磁化特性。

非磁性材料的磁导率都是常数,有

$$\mu \approx \mu_0, \quad \mu_r \approx 1$$

当磁场媒介质是非磁性材料时,有

$$B = \mu_0 H$$

即 B 与 H 成正比,呈线性关系。

由于 $B = \frac{\Phi}{S}$, $H = \frac{NI}{l}$, 所以,磁通 Φ 与产生此磁通的电流 I 成正比,呈线性关系。

2. 磁性物质

磁性物质内部形成许多小区域,其分子间存在的一种特殊的作用力使每一区域内的分子磁场排列整齐,显示磁性,称这些小区域为磁畴。

在没有外磁场作用的普通磁性物质中,各个磁畴排列杂乱无章,磁场互相抵消,整体对外不显磁性。

在外磁场作用下,磁畴方向发生变化,使之与外磁场方向趋于一致,物质整体显示出磁性,称为磁化,即磁性物质能被磁化。磁畴磁化前后排列如图 0-2 所示。

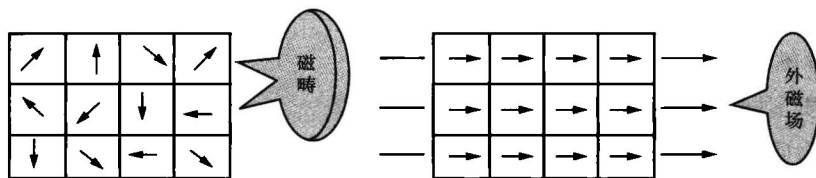


图 0-2 磁畴磁化前后



四、磁性材料的磁性能

磁性材料主要指铁、镍、钴及其合金等。

1. 高导磁性

磁性材料的磁导率通常都很高,即 $\mu_r \gg 1$ (如坡莫合金,其 μ_r 可达 2×10^5)。

磁性材料能被强烈地磁化,具有很高的导磁性能。

磁性物质的高导磁性被广泛地应用于电气设备中,如电机、变压器及各种铁磁元件的线圈中都放有铁芯。在这种具有铁芯的线圈中通入不太大的励磁电流,便可以产生较大的磁通和磁感应强度。

2. 磁饱和性

磁性物质由于磁化所产生的磁化磁场不会随着外磁场的增强而无限地增强。当外磁场增大到一定程度时,磁性物质的全部磁畴的磁场方向都转向与外部磁场方向一致,磁化磁场的磁感应强度将趋向某一定值。磁化曲线如图0-3所示。

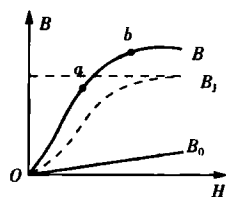


图0-3 磁化曲线

B_j ——磁场内磁性物质的磁化磁场的磁感应强度曲线;

B_0 ——磁场内不存在磁性物质时的磁感应强度直线;

B —— B_j 曲线和 B_0 直线的纵坐标相加即磁场的 $B-H$ 磁化曲线。

$B-H$ 磁化曲线的特征如下:

1) Oa 段, B 与 H 几乎成正比地增加;

2) ab 段, B 的增加缓慢下来;

3) b 点以后, B 增加很少, 达到饱和。

当磁场媒质为磁性物质时: B 与 H 不成正比, 磁性物质的磁导率 μ 不是常数, 随 H 而变。 Φ 与 I 不成正比, 呈非线性关系。

3. 磁滞性

(1) 磁滞性: 磁性材料中磁感应强度 B 的变化总是滞后于外磁场变化的性质。磁性材料在交变磁场中反复磁化, 其 $B-H$ 关系曲线是一条回形闭合曲线, 称为磁滞回线, 如图0-4所示。

(2) 剩磁感应强度 B_r (剩磁): 当线圈中电流减小到零 ($H=0$) 时, 铁芯中的磁感应强度。

(3) 矫顽磁力 H_c : 使 $B=0$ 所需的 H 值。

磁性物质不同, 其磁滞回线和磁化曲线也不同。

按磁性材料的磁性能, 磁性材料分为3种类型:

(1) 软磁材料

具有较小的矫顽磁力, 磁滞回线较窄。一般用来制造电机、电器及变压器等的铁芯。常

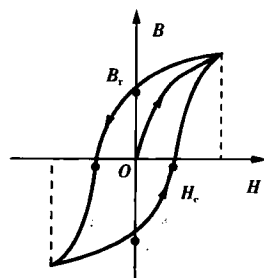


图0-4 磁滞回线



用的有铸铁、硅钢、坡莫合金即铁氧体等。

(2) 永磁材料

具有较大的矫顽磁力,磁滞回线较宽。一般用来制造永久磁铁。常用的有碳钢及铁镍铝钴合金等。

(3) 矩磁材料

具有较小的矫顽磁力和较大的剩磁,磁滞回线接近矩形,稳定性良好。在计算机和控制系统中用作记忆元件、开关元件和逻辑元件。常用的有镁锰铁氧体等。

五、磁路

1. 磁路的概念

在电机、变压器及各种铁磁元件中常用磁性材料做成一定形状的铁芯。铁芯的磁导率比周围空气或其他物质的磁导率高得多,磁通的绝大部分经过铁芯形成闭合通路,磁通的闭合路径称为磁路。常见的电机和接触器磁路如图 0-5 所示。

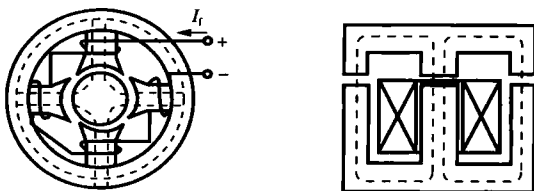


图 0-5 电机和接触器磁路

2. 磁路的欧姆定律

【例 0-2】 如图 0-1 所示环形线圈,其中媒质是均匀的,磁导率为 μ ,试计算线圈内部的磁通 Φ 。

解: 根据安培环路定律,有

$$\oint H dl = \sum I$$

设磁路的平均长度为 l ,则有

$$NI = Hl = \frac{B}{\mu} l = \frac{\Phi}{\mu S} l$$

即有

$$\Phi = \frac{NI}{\frac{l}{\mu S}} = \frac{F}{R_m}$$

式中: $F = NI$ ——磁通势,由其产生磁通;

R_m ——磁阻,表示磁路对磁通的阻碍作用;

l ——磁路的平均长度;



S——磁路的截面积。

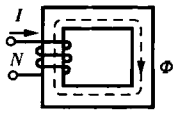
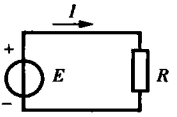
磁路欧姆定律:若某磁路的磁通为 Φ ,磁通势为 F ,磁阻为 R_m ,则

$$\Phi = \frac{F}{R_m} \quad (0-7)$$

3. 磁路与电路的比较

磁路与电路的比较见表 0-1 所示。

表 0-1 磁路与电路比较表

磁 路	电 路
磁通势 F	电动势 E
磁通 Φ	电流 I
磁感应强度 B	电流密度 J
磁阻 $R_m = \frac{l}{\mu S}$	电阻 $R = \frac{l}{\gamma S}$
 $\Phi = \frac{F}{R_m} = \frac{NI}{\frac{l}{\mu S}}$	 $I = \frac{E}{R} = \frac{E}{\frac{l}{\gamma S}}$



项目一 三相异步电动机的认识与维护

【项目描述】

交流电动机主要有同步电动机和异步电动机两类。同步电动机只是在大功率负载或者要求转速必须恒定的条件下才应用,例如用以驱动大型气体压缩机、球磨机等;异步电动机应用很广泛,主要用于拖动各种生产机械。

异步电动机按所用电源的相数,有三相异步电动机和单相异步电动机之分。单相异步电动机的容量大多数在 1kW 以下,一般常用于电风扇、吹风机和洗衣机等。大多数作为生产动力的,还是三相异步电动机。

三相异步电动机主要是感应电动机,结构简单,使用维护方便,价格低廉,而且工作可靠,坚固耐用。对电气类专业学生来说,认识三相交流异步电动机的构成,掌握三相异步电动机的使用与维护知识在《维修电工国家职业标准(中级)》中有明确要求。

【学习目标】

- (1) 掌握三相异步电动机的结构和运行原理;
- (2) 熟悉三相异步电动机拆装工艺及装配方法;
- (3) 能够对三相异步电动机定子绕组的首尾端进行判别;
- (4) 掌握三相异步电动机的参数测定方法;
- (5) 掌握三相异步电动机故障检修方法。



任务一 三相异步电动机拆装

任务描述

三相异步电动机借助于内部电磁场进行能量转换,是一种机电能量转换装置,其内部需要有完整的磁路和独立的电路。带电导体要有绝缘,还要有构成电动机整体的结构支撑部分。为了对三相异步电动机进行维护和保养,及时修理电动机故障,电动机的拆卸和装配是中级维修电工需要具备的一项基本技能,掌握电动机的正确拆装对电动机的日常使用尤为重要。

知识链接

一、三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机种类繁多,若按转子结构可分为鼠笼式(简称笼式)和绕线式异步电动机两大类;若按机壳的防护形式分类,鼠笼式可分为防护式、封闭式、开启式;按冷却方式分类,异步电动机可分为自冷式、自扇冷式、管道通风式、液体冷却式。如图 1-1 所示。

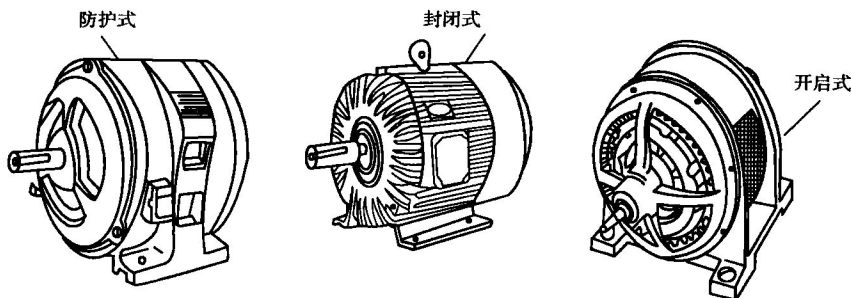


图 1-1 各类型电动机外形

异步电动机分类方法虽不同,但各类三相异步电动机的基本结构却是相同的。它们都由定子和转子这两大基本部分组成,在定子和转子之间具有一定的气隙。此外,还有端盖、轴承、接线盒、吊环等其他附件,如图 1-2 所示。

1. 定子部分

定子是用来产生旋转磁场的。三相电动机的定子一般由外壳、定子铁芯、定子绕组等部分组成。

(1) 外壳

三相电动机外壳包括机座、端盖、轴承盖、接线盒及吊环等部件。