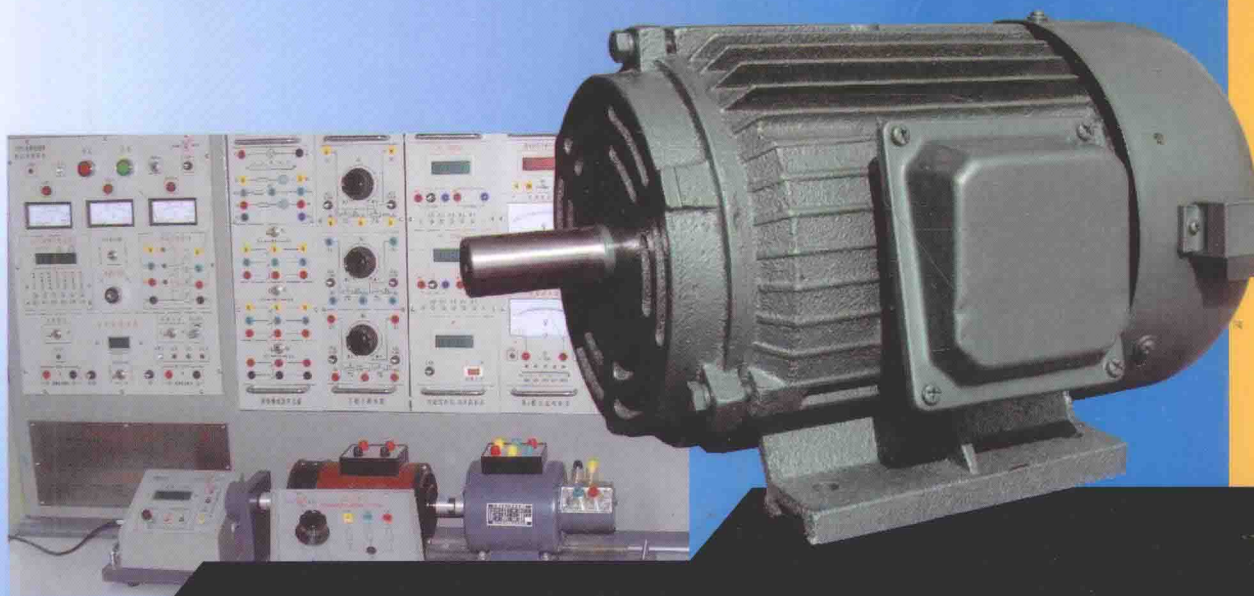


中等职业教育 **机电技术应用** 专业课程改革成果系列教材

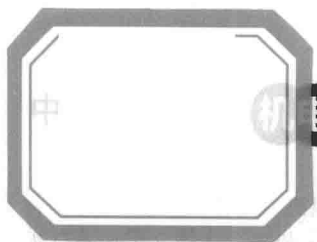


电动机与电力拖动 技能训练

徐勇田 主编 薛峰 副主编
朱国平 主审



清华大学出版社



机电技术应用 专业课程改革成果系列教材

电动机与电力拖动技能训练

徐勇田 主编 薛 峰 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以项目化的形式,将电动机与电力拖动技能训练内容分成三大模块进行编写。其中,模块1主要介绍检测与控制交流电动机、直流电动机和认识步进电动机、伺服电动机;模块2主要介绍点动与联动控制线路、降压启动控制线路、正反转控制线路、位置控制线路、顺序控制线路、多地控制线路和制动控制线路的识读、安装与检修;模块3主要介绍CA6140车床和M7130型平面磨床电气控制线路的识读与检测。

本书可作为中等职业学校机电技术应用及其他相关专业的教学用书,也可作为社会人员岗位培训与自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电动机与电力拖动技能训练/徐勇田主编.--北京:清华大学出版社,2014

中等职业教育机电技术应用专业课程改革成果系列教材

ISBN 978-7-302-32665-6

I. ①电… II. ①徐… III. ①电动机—中等专业学校—教材 ②电力传动—中等专业学校—教材
IV. ①TM32 ②TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第122448号

责任编辑:帅志清

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘 静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.5

字 数:359千字

版 次:2014年3月第1版

印 次:2014年3月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

产品编号:052189-01

编委会名单

编委会主任：张 萍

编委会副主任：严国华 林如军

编委会委员：(按姓氏笔画排序)

卫燕萍	方志平	刘 芳	刘 剑	孙 华	庄明华
朱王何	朱国平	严国华	吴海琪	张国军	李建英
李晓男	杨效春	陈 文	陈 冰	周迅阳	林如军
范次猛	范家柱	查维康	赵 莉	赵焰平	夏宇平
徐 钢	徐自远	徐志军	徐勇田	徐益清	郭 茜
顾国洪	彭金华	谢华林	潘玉山		

职业教育是通过课程这座桥梁来实现其教育目的和人才培养目标的,任何一种教育教学的改革最终必定会落实到具体的课程上。课程改革与建设是中等职业教育专业改革与建设的核心,而教材承载着职业教育的办学思想和内涵、课程的实施目标和内容,高质量的教材是中等职业教育培养高质量人才的基础。

随着科技的不断进步和新技术、新材料、新工艺的不断涌现,我国的机械制造、汽车制造、电子信息、建材等行业的快速发展为机电技术应用提供了广阔的市场。同时,机电行业的快速发展对从业人员的要求也越来越高。现代企业既需要从事机电技术应用开发设计的高端人才,也需要大量从事机电设备加工、装配、检测、调试和维护保养的高技能机电技术人才。企业不惜重金聘请有经验的高技能机电技术人才已成为当今职业院校机电技术专业毕业生高质量就业的热点。经济社会的发展对高技能机电技术人才的需求定会会长盛不衰。

《中等职业教育机电技术应用专业课程改革成果系列教材》是由江苏、浙江两省多年从事职业教育的骨干教师合作开发和编写的。本套教材如同职业教育改革浪潮中迸发出来的一朵绚丽浪花,体现了“以就业为导向、以能力为本位”的现代职教思想,践行了“工学结合、校企合作”的技能型人才培养模式,为实现“在做中学、在评价中学”的先进教学方法提供了有效的操作平台,展现了专业基础理论课程综合化、技术类课程理实一体化、技能训练类课程项目化的课程改革经验与成果。本套教材的问世,充分反映了近几年职教师资职业能力的提升和师资队伍建设工作丰硕成果。

职业教育战线上的广大专业教师是职业教育改革的主力军,我们期待着有更多学有所长、实践经验丰富、有思想、善研究的一线专业教师积极投身到专业建设、课程改革的大潮中来,为切实提高职业教育教学质量,办人民满意的职业教育,编写出更多、更好的实用专业教材,为职业教育更美好的明天作出贡献。

张 萍

前



F O R E W O R D

本教材以任务驱动学习的课程模式为指导原则进行编写。通过项目中的任务来驱动实践操作,驱动理论学习;以理论指导实践,经过实践来深化对理论的理解;充分体现“学中做”和“做中学”相结合,力求做到理论与实践一体化的交互式教学,重点培养、提高学生的应用意识、专业实践技能和思维学习能力。

本教材的编写者均来自中国“长三角”发达地区的知名职业学校——江苏省张家港职业教育中心校。该校的教学改革与技能竞赛都走在全国前列,是首批国家改革与发展建设示范校,以及江苏省职业院校技能大赛先进学校。参编作者均具有十余年的技能实践教学经历,一直工作在机电技术应用专业的教学与改革实践的一线。本书由徐勇田担任主编并负责统稿,薛峰担任副主编并负责电动机部分的统稿,常州旅游商贸高等职业技术学校的朱国平担任主审。具体分工如下:陆超顺编写项目1;王涛编写项目2;薛峰编写项目3;刘军编写项目5、6和7;徐勇田编写项目4、8、9和10。

本教材适合中等职业学校(技校)机电技术应用专业、自动化控制专业等相关专业教师和学生使用,也适合自学人员学习参考。

在本书的编撰过程中得到了许多老师和同学的帮助,在此一并表示感谢。

尽管本教材的编者做了很多的努力,但鉴于水平有限,教材中难免有不妥之处,望广大读者和专家不吝指教,我们将不断改进,力求使之成为大家喜爱的教材,对于机电技术应用专业的课程改革有更大的帮助和提高。

编 者

目



CONTENTS

模块 1 常见电动机

项目 1 检测与控制交流电动机	2
任务 1.1 认识及检测三相异步电动机	2
任务 1.2 调速三相异步电动机	12
任务 1.3 启动、反转和制动三相异步电动机	17
任务 1.4 认识单相异步电动机	28
项目 2 检测与控制直流电动机	36
任务 2.1 认识及检测直流电动机	36
任务 2.2 调速直流电动机	46
任务 2.3 启动、反转和制动直流电动机	54
项目 3 认识特种电动机	63
任务 3.1 认识步进电动机	63
任务 3.2 认识伺服电动机	68

模块2 电动机的基本控制线路

项目 4 识读、安装和检修点动与联动控制线路	74
任务 4.1 认识熔断器	74
任务 4.2 认识负荷开关、组合开关和按钮	81
任务 4.3 认识交流接触器和热继电器	88
任务 4.4 识读点动与联动控制线路	97
任务 4.5 安装与检修点动与联动控制线路	106

项目 5 识读、安装和检修降压启动控制线路	116
任务 5.1 认识低压断路器	116
任务 5.2 认识中间继电器、时间继电器	121
任务 5.3 识读降压启动控制线路	127
任务 5.4 安装与检修 Y- Δ 降压启动控制线路	136
项目 6 识读、安装和检修正反转控制及位置控制线路	139
任务 6.1 认识行程开关	139
任务 6.2 识读正反转以及位置控制线路	144
任务 6.3 安装与检修正反转及自动往返控制线路	155
项目 7 识读、安装和检修顺序控制及多地控制线路	159
任务 7.1 识读顺序控制和多地控制线路	159
任务 7.2 安装与检修顺序控制及多地控制线路	170
项目 8 识读、安装和检修制动控制线路	175
任务 8.1 认识速度继电器	175
任务 8.2 识读电气制动控制线路	179
任务 8.3 安装与检修电气制动控制线路	191

模块3 常见机床电气控制线路

项目 9 识读和检修 CA6140 车床电气控制线路	198
任务 9.1 认识 CA6140 车床	198
任务 9.2 识读 CA6140 车床电气控制线路	202
任务 9.3 学习机电设备电气维修基本技术	208
任务 9.4 检修 CA6140 车床电气控制线路	214
项目 10 识读和检修 M7130 型平面磨床电气控制线路	223
任务 10.1 认识 M7130 型平面磨床	223
任务 10.2 识读 M7130 型平面磨床电气控制线路	227
任务 10.3 检修 M7130 型平面磨床电气控制线路	232
参考文献	238

模块1

常见电动机

检测与控制交流电动机



项目分析

交流电动机在工农业生产、交通运输、国防、商业、家用电器和医疗电器设备等方面广泛应用。本项目包括三相异步电动机的认知、检测及其调速,三相异步电动机的启动、反转和制动,认识单相异步电动机等相关任务。本项目从三相异步电动机的基本认识开始,循序渐进,详细讲解了三相异步电动机启动、反转和制动的工作过程。



项目要求

通过本项目的学习与实践,了解三相异步电动机的特点、用途和分类,知道三相异步电动机的内部结构和工作原理,学会三相异步电动机的检测、接线和简单操作;熟悉三相异步电动机的调速方法;熟悉异步电动机常用的启动、反转、制动方法及其使用;了解单相异步电动机的结构、工作原理和简单操作。

任务 1.1 认识及检测三相异步电动机



任务目标

- (1) 了解三相异步电动机的特点、用途和分类。
- (2) 知道三相异步电动机的外形、内部结构及其各部件的作用。
- (3) 了解三相异步电动机铭牌中型号和额定值的含义,会额定值的简单计算。
- (4) 熟悉三相异步电动机的工作原理。
- (5) 学会三相异步电动机的检测、接线和简单操作。



相关知识

现代电网普遍采用三相交流电,三相异步电动机性价比高,因此三相电动机得到广泛应用。三相异步电动机的外形如图 1-1 所示。在工矿企业的电气传动生产设备中,三相异步电动机是所有电动机中应用最广泛的一种。本任务主要介绍三相异步电动机的性能

特点、基本结构、铭牌数据、工作原理,学习三相异步电动机的接线方法和简单操作技能。

1. 三相异步电动机的特点和用途

三相异步电动机具有结构简单、工作可靠、价格低廉、维修方便、效率较高、体积小、重量轻等一系列优点;其缺点是功率因数较低,启动和调速性能不如直流电动机。三相异步电动机广泛应用于对调速性能要求不高的场合,如普通机床、起重机、生产线、鼓风机、水泵以及各种农副产品的加工机械等。

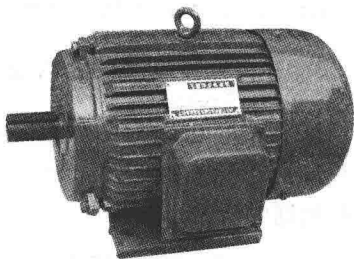


图 1-1 三相异步电动机的外形

2. 三相异步电动机的结构

异步电动机由两个基本部分组成:固定部分——定子;转动部分——转子。三相异步电动机的结构如图 1-2 所示。其中,定子由机座(铸铁或铸钢)、铁芯(相互绝缘的硅钢片叠成)和定子绕组三部分组成。转子由冲成槽的硅钢片叠成,槽内浇铸有端部相互短接的铝条,形成“笼形”,故称“笼形”转子。还有一种转子是在铁芯槽内嵌入三相绕组,并接成星形,通过滑环、电刷与外加电阻接通,如图 1-3 所示,即绕线式转子。绕线式转子在启动时接入可变电阻;正常运转时,变阻器可转到零位。

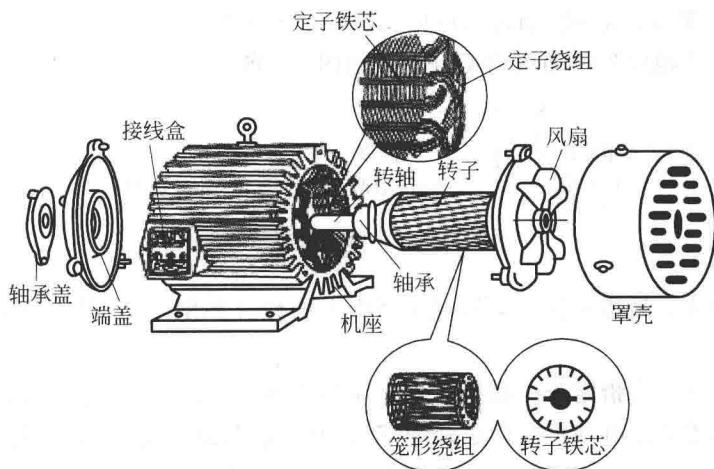


图 1-2 三相异步电动机的结构

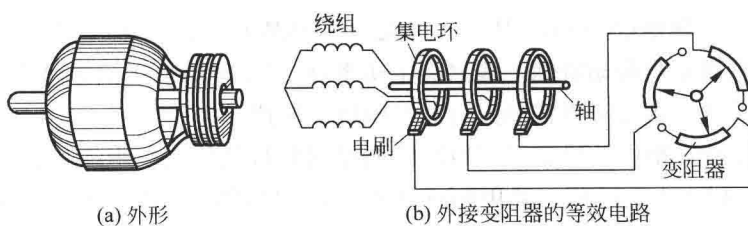


图 1-3 绕线转子异步电动机结构图

异步电动机只有定子绕组与交流电源连接,转子则是自行闭合的。虽然定子绕组和转子绕组在电路上是相互分开的,但两者在同一条磁路上。

3. 三相异步电动机的铭牌

每个异步电动机的机座上都有一块铭牌,如图 1-4 所示。铭牌上标出了该电动机的一些数据。要正确使用电动机,必须看懂铭牌,下面以 Y112M—4 型电动机为例来说明铭牌数据的含义。

三相异步电动机					
型 号	Y112M—4	电 压	380 V	频 率	50Hz
功 率	4.0 kW	电 流	8.8 A	绝缘等级	B 级
转 速	1440 r/min	接 法	$\triangle$	工作方式	连续
产品编号	05638	重 量	59 kg	年 月	
电机厂					

图 1-4 三相异步电动机的铭牌

Y 系列电动机是我国 20 世纪 80 年代设计的封闭型笼形三相异步电动机。该系列的电动机高效、节能、启动转矩大、振动小、噪声低,运行安全、可靠,适用于对启动和调速等无特殊要求的一般生产机械,如切削机床、鼓风机、水泵等。

(1) 型号: 三相异步电动机的型号含义如图 1-5 所示。

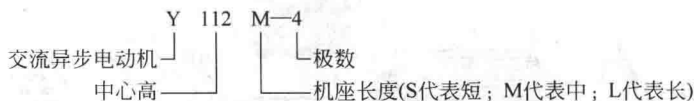


图 1-5 三相异步电动机型号的含义

(2) 额定频率: 是指加在电动机定子绕组上的允许频率。国产异步电动机的额定频率为 50Hz。

(3) 额定电压: 是指定子三相绕组规定应加的线电压值,一般应为 380V。

(4) 额定功率: 是电动机在额定转速下长期持续工作时,电动机不过热,轴上所能输出的机械功率。根据电动机额定功率,可求出电动机的额定转矩为

$$T_N = 9550 \cdot \frac{P_N}{n_N}$$

式中, T_N ——额定转矩(N·m); P_N ——额定功率(kW); n_N ——额定转速(r/min)。

(5) 额定电流: 当电动机轴上输出额定功率时,定子电路取用的线电流。

(6) 额定转速: 指电动机在额定负载时的转子转速。

(7) 绝缘等级: 指电动机定子绕组所用的绝缘材料的等级。绝缘材料按耐热性能可分为 7 个等级,如表 1-1 所示。采用哪种绝缘等级的材料,决定于电动机的最高允许温度。例如,环境温度规定为 40℃,电动机的温升为 90℃,则最高允许温度为 130℃,这就需要采用 B 级绝缘材料。国产电动机使用的绝缘材料等级一般为 B、F、H、C 这 4 个等级。

表 1-1 绝缘材料耐热性能等级

绝缘等级	Y	A	E	B	F	H	C
最高允许温度/℃	90	105	120	130	155	180	大于 180

(8) 接法：指电动机三相定子绕组与交流电源的连接方法。三相异步电动机定子三相绕组一般有 6 个引出端： U_1 、 U_2 、 V_1 、 V_2 、 W_1 和 W_2 ，它们与机座上接线盒内的接线柱相连。具体接法有星形(Y)和三角形(Δ)两种，如图 1-6 所示。也可将 6 个接线端接入控制电路，实行星形与三角形的换接。

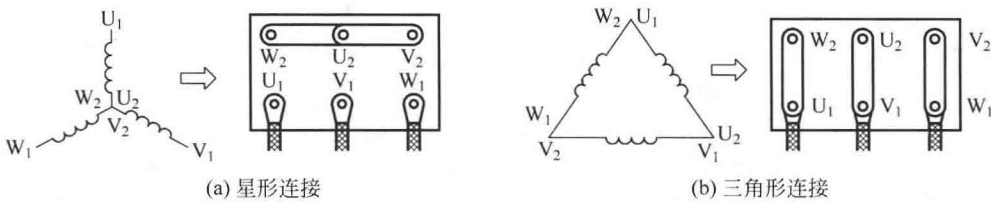


图 1-6 三相笼形电动机的接线

4. 三相异步电动机的工作原理

旋转磁场是异步电动机工作的基本条件。产生旋转磁场的两个条件是三相定子绕组在空间位置上对称,且在定子绕组中通入三相对称交流电。

1) 旋转磁场的产生

最简单的三相异步电动机的定子绕组如图 1-7 所示。每相绕组只有一个线圈,三个相同的线圈 U_1 - U_2 、 V_1 - V_2 和 W_1 - W_2 在空间的位置彼此互差 120° ,分别放在定子铁芯槽中。当把三相线圈接成星形,并接通三相对称电源后,在定子绕组中便产生三个对称电流,其波形如图 1-8 所示。

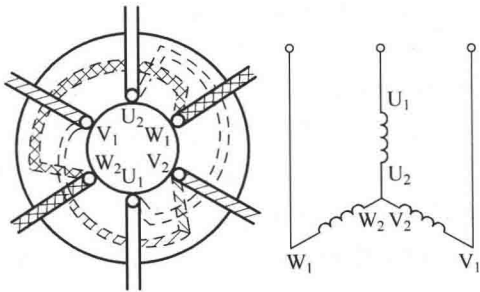


图 1-7 异步电动机最简单的定子绕组

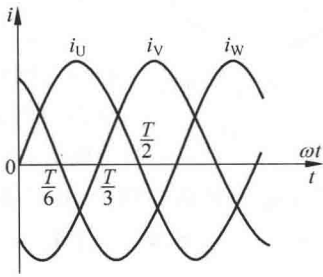


图 1-8 三相电流的波形

电流通过每个线圈要产生磁场,而通入定子绕组的三相交流电流的大小及方向均随时间而变化。当空间互差 120° 的线圈中通入对称的三相交流电流时,在空间就产生一个旋转磁场。

旋转磁场的产生如图 1-9 所示。当电流经过一个周期的变化时,磁场也沿着顺时针

方向旋转一周,即在空间旋转的角度为 360° (一转)。我们把旋转磁场在空间的转动速度定义为同步转速,用 n_0 表示。

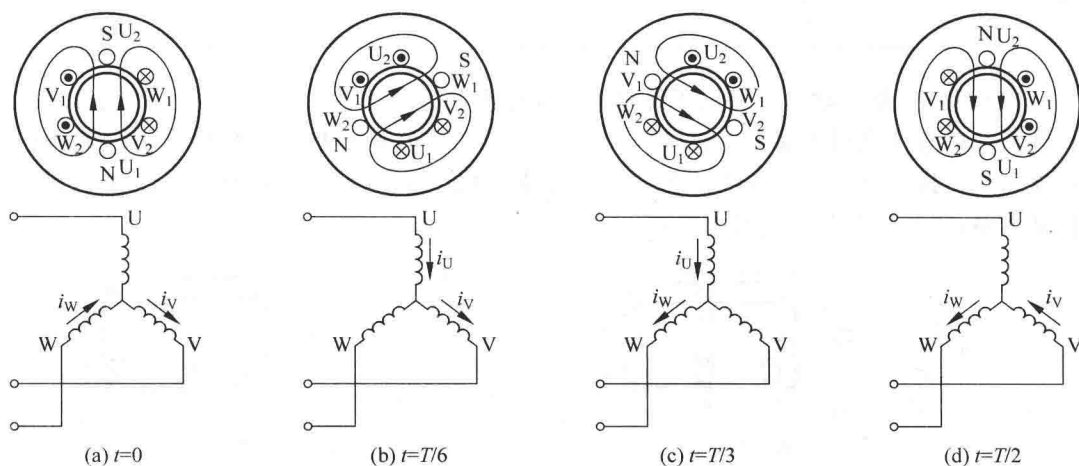


图 1-9 旋转磁场的产生

2) 转动原理

如果在三相定子绕组中通入三相对称电流,则在定子、转子铁芯及其之间的空气隙中产生一个同步转速为 n_0 的旋转磁场。在某瞬间,定子电流产生的磁场如图 1-10 所示,在空间按顺时针方向旋转。因转子尚未转动,所以静止的转子与旋转磁场产生相对运动,在转子导体中产生感应电动势,并在形成闭合回路的转子导体中产生感应电流,其方向用右手定则判定。在图 1-10 中,笼形转子上方的导体电流流出纸面,下方的导体电流流进纸面。根据电磁力定律,转子电流在旋转磁场中受到磁场力 F 的作用, F 的方向用左手定则判定。电磁力在转轴上形成电磁转矩。由图 1-10 可见,电磁转矩的方向与旋转磁场的方向一致,使转子按旋转磁场的方向转动。

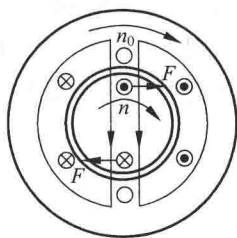


图 1-10 异步电动机转动原理

电动机转子转速 n 必须小于旋转磁场的同步转速 n_0 。如果 $n = n_0$,则转子导体与旋转磁场之间没有相对运动,转子导体不切割磁力线,就不会产生感应电流,电磁转矩为零,转子因而失去动力而减速。待到 $n < n_0$ 时,转子导体与旋转磁场之间又存在相对运动,产生电磁转矩。因此,电动机在正常运转时,其转速 n 总是稍低于同步转速 n_0 ,这就是异步电动机“异步”的含义。又因为转子电流是电磁感应所产生的,所以也称为感应电动机。

3) 极数与转差率

三相异步电动机的极数就是旋转磁场的极数。上面讨论了旋转磁场具有一对磁极,即 $p=1$ (p 是磁极对数)的情况。如果将定子绕组在空间的安排加以改变,即每相绕组有两个线圈串联,它们分别是 $U_1 U_2 U'_1 U'_2$ 、 $V_1 V_2 V'_1 V'_2$ 和 $W_1 W_2 W'_1 W'_2$,每个绕组的始末端之间相差 60° 空间角,则产生如图 1-11 所示的两对磁极,即 $p=2$ 。同理,如果要产生三对

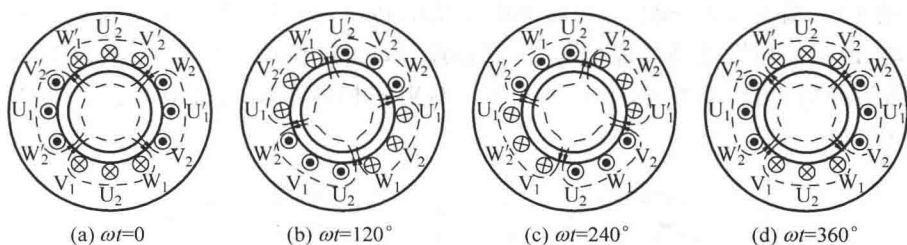


图 1-11 四极旋转磁场示意图

磁极,则每相绕组必须有均匀安排在空间的三个绕组,绕组的始末端之间相差 40° 空间角。

进一步研究两对磁极($p=2$)情况下的旋转磁场,如图 1-11 所示,会发现,旋转磁场的转速除了与三相电流的频率有关外,与旋转磁场的磁极数也有着密切的关系:随着磁极数增加一倍,旋转磁场的转速减慢了一半。也就是说,三相电流变化一周,磁场仅旋转了半转。如果继续研究三对磁极情况下的旋转磁场,会发现,三相电流变化一周,磁场仅旋转了 $1/3$ 周。由此可以得出如下公式:

$$n_0 = \frac{60f}{p}$$

式中, n_0 是旋转磁场的转速,又称同步转速,单位为 r/min ; f 是三相电源的频率,单位为 Hz ; p 是磁极对数。

电动机的同步转速 n_0 与转子转速 n 之差称为转差。转差与同步转速 n_0 的比值称为转差率,用 s 表示,即

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

电动机的转速就是电动机转子的转速 n ,其与转差率 s 和同步转速 n_0 的关系为

$$n = (1 - s)n_0$$

转差率是分析异步电动机运动情况的一个重要参数。在电动机启动时, $n=0, s=1$; 当 $n=n_0$ 时(理想空载运行), $s=0$; 稳定运行时, n 接近 n_0, s 很小,一般 s 的范围是 $2\% \sim 8\%$ 。

5. 三相异步电动机定子绕组的测量

当电动机定子绕组的 6 个引出端与接线盒内的接线柱脱离时,必须判别清楚每个绕组的首末端,才可把绕组引出端与接线柱一一对应连接。如何判别绕组的首末端呢?

1) 判断电动机绕组的组别

采用导通法。将万用表拨到电阻 $R \times 1\text{k}\Omega$ 挡,红表笔接电动机绕组任一根引出端,黑表笔分别接其余引出端;电阻值最小达零值时,两支表笔所接的引出端是同一绕组的两端。采用同样的操作可判别出其余两个绕组。标记好同一绕组的两端。

2) 判断电动机绕组首末端

采用测电流法。将万用表拨到 0.5mA 挡位。把判别好的三相绕组 6 个引出端分成

两组,每组的三端连接在一起,然后转动电动机的转子,测量是否产生电流。如万用表的指针不动,说明三相绕组是首首相联,尾尾相连;如指针摆动,可将任一相绕组引出端的首尾位置调换后再试,直到表针不动为止。判别三相异步电动机绕组首末端的原理如图 1-12 所示。

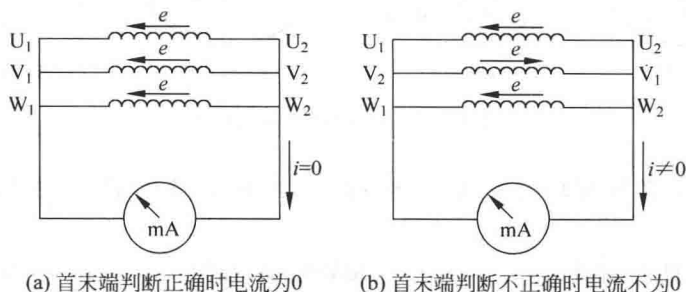


图 1-12 三相异步电动机绕组首末端的判别原理

技能训练

1. 准备工作

(1) 工具与仪表: “十”字螺丝刀一把,交流电压表和电流表各一块,万用表和转速表各一块。

(2) 设备与材料: 三相调压交流电源一套,三相笼形转子异步电动机一台,三相电源开关一个,导线若干。

2. 训练内容

本训练内容主要是三相异步电动机的一些基本操作。

(1) 认识、检测并记录三相异步电动机及相关设备的规格、量程和额定值。本实训操作需要使用的三相调压交流电源、三相笼形转子异步电动机、三相电源开关、交流电压表和转速表等相关设备如图 1-13 所示。通过旋转手柄调节三相调压交流电源的输出电压大小。开始实训前,将手柄逆时针方向调到最小位置。三相笼形转子异步电动机是实训操作的对象,通电后观察其启动、反转的情况以及转速的大小。

先检测并记录上述设备的规格、量程和额定值,将结果填在表 1-2 中。

表 1-2 设备仪表观察记录

观察项目内容	数据结果	观察项目内容	数据结果
三相调压交流电源输出电压范围/V		交流电动机的型号及其含义	
交流电压表的量程/V		交流电动机的额定电压	
交流电流表的量程/A		交流电动机的额定频率	
转速表的测速范围/(r/min)		交流电动机的额定功率	

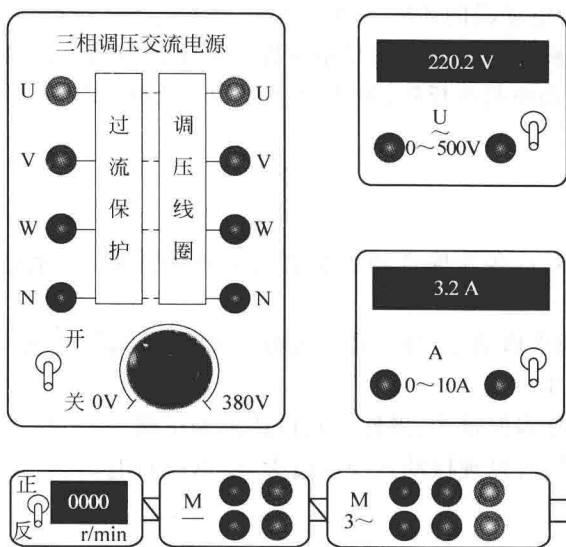


图 1-13 三相异步电动机工作实训线路

(2) 观察与检测电动机接线盒中绕组的首末端。

① 观察同一相绕组的首末端在接线盒中是否上、下对齐。

② 用万用表 $R \times 1\Omega$ 挡估测绕组的阻值。 $R_U = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$, $R_V = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$, $R_W = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

③ 将三相绕组的首末端拆离接线柱,做好标识后打乱次序,再用万用表判别出每相绕组的首末端,最后与标识作对比,检验判别的正确性。

(3) 连接三相异步电动机的工作线路。三相笼形转子异步电动机的工作电路如图 1-14 所示。参照图 1-14,连接好图 1-13 所示三相异步电动机的工作线路。然后,选择适当的仪表量程,将三相交流电源调节手柄逆时针方向调到最小位置。检查电动机与测速发电机的联轴器是否连接可靠。注意电动机接线盒中定子绕组的连接方式。

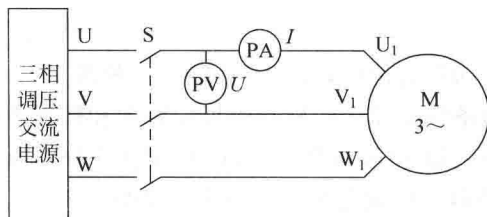


图 1-14 三相异步电动机的工作电路

(4) 通电启动三相异步电动机。经指导教师认可后,启动电源控制屏的总开关。然后,闭合电动机的电源开关 S,顺时针方向旋转电压调节手柄,慢慢升高电源电压,观察异步电动机是否启动运转。将电源电压调节到额定值,观察并记录电动机转速和电流的数值, $I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$; $n = \underline{\hspace{2cm}} \text{ r/min}$ 。