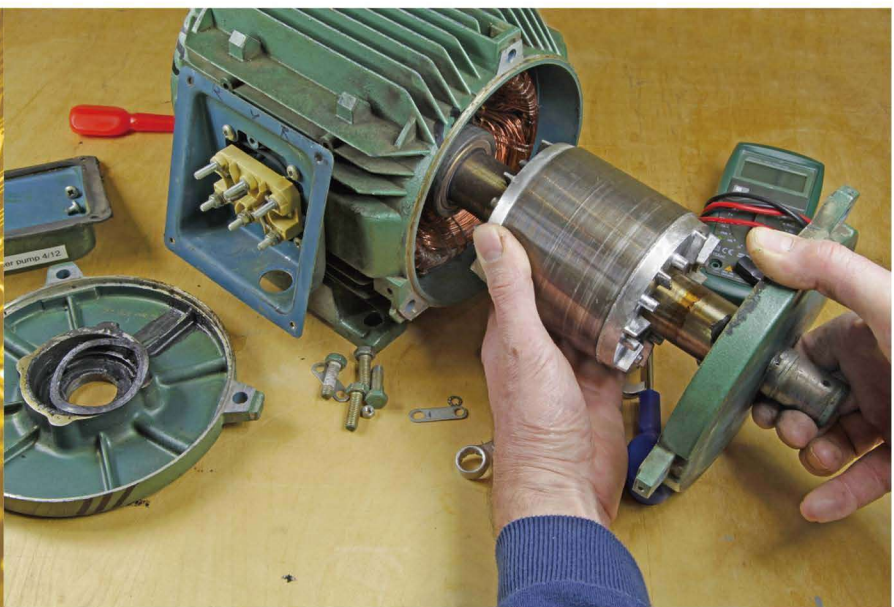
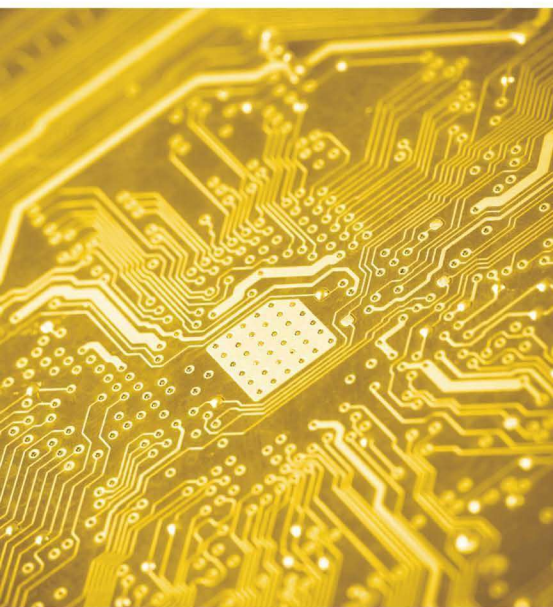


中等职业教育核心课程教材

电机拆装与维护

主 编 王 甦

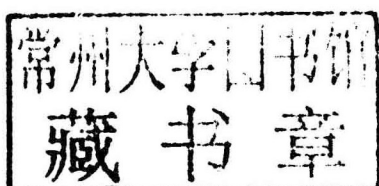
副主编 何光魁 韦以生 覃正相 刘世斌



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

电机拆装与维护

主 编 王 甦
副主编 何光魁 韦以生 覃正相 刘世斌
参编者 韦 森 苏 玉 李国勇 牙凤莉
 韦景色
审 稿 罗顺明 韦浩群



上海交通大学出版社

内容提要

本书主要介绍三相与单相异步电动机的结构、拆装工艺、故障处理、绕组展开图的画法、绕线模的选用与绕线工艺、有关技术数据的查测、定子绕组的拆换与干燥工艺、修理后的安装与检测、介绍各种有关技术数据等,并根据职业教育特点,编排了相关技能训练。

图书在版编目(CIP)数据

电机拆装与维护/王甦主编. —上海:上海交通大学出版社,2014
ISBN 978-7-313-11621-5

I. 电... II. 王... III. ①电机—装配(机械)—中等专业学校—教材
②电机—维修—中等专业学校—教材 IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 125834 号

电机拆装与维护

主 编:王 甦

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出 版 人:韩建民

印 制:广州市白云区昊盛彩印厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:156 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-11621-5/TM

定 价:28.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:6.5

印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:020-36533528

前言

《电机拆装与维护》是中等职业学校机电类相关专业的一门专业课程。本书根据目前中等职业教育的特点和中职学生的学习状况,立足“以就业为导向”、知识够用、实用的原则,采用项目教学安排课程结构,把理论知识和技能实训应用到每个教学项目中,实现从理论到实践的学习过程。

全书共有六个项目,含 17 个任务,以三相笼型异步电动机为例,从学生的实际出发,结合编者多年的教学经验,介绍电动机的基本结构、原理、拆装工艺、故障处理、绕组展开图的画法、绕线模的选用与绕线工艺、修理后的安装与检测及各种有关技术数据等。

本书具有以下特点。

(1) 遵循学生认知规律,打破传统学科体系,坚持理论知识与技能实施并重,以任务为引领,以学生行动为导向,采取项目教学方式对电机拆装与维护进行建构,突出技能的培养和职业习惯的养成,力求做到学做合一、理实一体。

(2) 以就业为导向,坚持够用、实用、会用的原则,加强了故障处理及绕组重绕工艺的学习,重点培养学生的电机拆装、故障处理及维修能力,引领学生学会方法,学有所成,更好地满足企业岗位的需要。

(3) 采用图文并茂的表现形式,大量使用图片和表格展示各个知识点和任务,大大提高了本书的可读性和可操作性。

学习分配表

项目	学时	项目	学时
项目一	8	项目四	16
项目二	14	项目五	30
项目三	14	项目六	14

本书由河池市职业教育中心学校王甦担任主编,何光魁、韦以生、覃正相、刘世斌担任副主编,参加编写的有韦森、苏玉、李国勇、牙凤莉、韦景色(企业)。项目一由刘世斌、李国勇编写;项目二由覃正相、牙凤莉编写;项目三、四由王甦、苏玉编写;项目五由何光魁、韦森编写;项目六由韦以生、韦景色编写。本书由河池市职业教育中心学校校长助理罗顺明同志和培训处主任韦浩群同志担任主审,他们对本书的内容、结构及文字方面提出了许多宝贵建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请各位专家和读者批评指正!

编 者
2014 年 3 月

目 录

项目一	三相笼型异步电动机的基本结构及工作原理	1
任务一	认识三相笼型异步电动机的基本结构、作用、工作原理及防护型式	1
项目二	三相笼型异步电动机绕组结构	7
任务一	认识定子绕组的结构	7
任务二	分清定子绕组槽内有效边的分相及标注电流参考方向	12
任务三	画三相异步电动机定子绕组展开图,熟知绕组间的连接	14
项目三	三相笼型异步电动机的拆装	22
任务一	认识与使用拆卸异步电动机的工具	22
任务二	拆装三相笼型异步电动机	25
项目四	三相异步电动机正常维护及常见故障处理方法	32
任务一	三相异步电动机的正常维护	32
任务二	三相笼型异步电动机常见故障及处理方法	35
项目五	三相笼型异步电动机定子绕组的重绕	40
任务一	拆换绕组前的准备及拆除旧绕组	40
任务二	选用绕线模及绕线工艺	45
任务三	嵌线及嵌线规律	47
任务四	端部处理	51
任务五	浸漆前的绕组检测	53
任务六	绕组浸漆与烘干	57
项目六	单相异步电动机维修	63
任务一	认识单相异步电动机的基本结构、作用、工作原理	63
任务二	单相异步电动机绕组展开图画法及绕组重绕	68
任务三	单相异步电动机故障检测及修理	72
附表	Y系列中、小型三相笼型异步电动机主要技术数据	79
彩图	三相笼型异步电动机定子绕组展开图	81

项目一 三相笼型异步电动机的基本结构及工作原理

任务一 认识三相笼型异步电动机的基本结构、作用、工作原理及防护型式



【任务引入】

近几十年来,随着电力电子技术、微电子技术及现代控制理论的发展,电动机在工农业生产及人们的日常生活中都有极其广泛的应用。由于电动机的发展及广泛的应用,它的使用、保养和维护工作也越来越重要。



【任务目标】

知识目标:

- (1) 了解电动机的基本结构。
- (2) 了解电动机各部分的作用。
- (3) 了解电动机的工作原理。
- (4) 了解电动机的防护型式及适用范围。



【任务分析】

本任务要求学生了解三相笼型异步电动机结构(即定子与转子的结构、各部分的作用、电动机的工作原理)及防护型式。



【新知识学习】

知识点:三相笼型异步电动机结构、各部分的作用、工作原理及防护型式。

一、三相笼型异步电动机结构

三相笼型异步电动机结构如图 1-1 所示。



图 1-1 三相笼型异步电动机结构

二、三相笼型异步电动机各部分的作用

三相笼型异步电动机的结构主要由定子和转子两大部分组成,如图 1-2 所示。定子内圆与转子外圆之间有一个 0.2mm~2mm 的气隙,如图 1-3 所示:

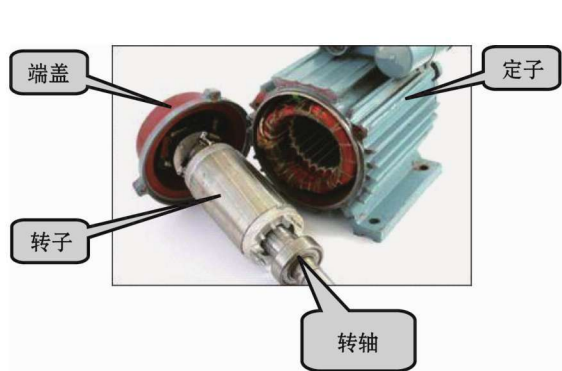


图 1-2 笼型异步电动机定子、转子结构

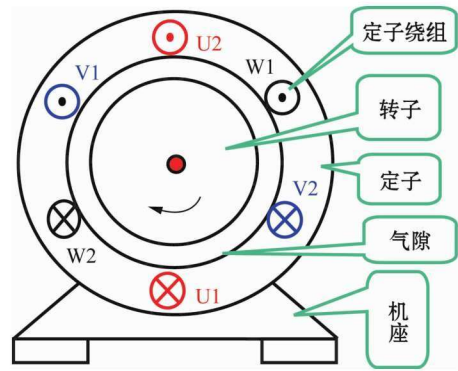


图 1-3 定子与转子之间的气隙

(1) 定子的主要结构及作用。

定子是电动机静止不动的部分,它主要由机座(见图 1-1)由铸铁制成、定子铁芯(见图1-4)由 0.35~0.5mm 厚的硅钢片制成(见图 1-5)。定子绕组(见图 1-6)由漆包线绕制而成。定子的主要作用是:在定子内圆周上产生一个不断旋转磁场(简称旋转磁场)。

(2) 转子的主要结构及作用。

转子是电动机的转动部分(见图 1-7)。它主要由转子铁芯 0.35~0.5mm 厚的硅钢片(见图 1-8)叠成、笼型转子绕组(见 1-9)、转轴几部分组成。转子的主要作用是:产生电磁转矩将

电能转换成机械能。



图 1-4 定子铁芯

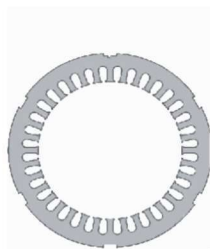


图 1-5 定子铁芯片

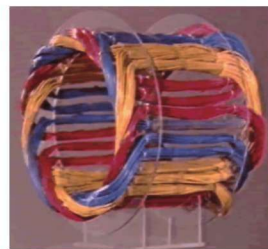


图 1-6 定子绕组



图 1-7 转子



图 1-8 转子铁芯片



图 1-9 笼型转子绕组

(3) 转子由滚动轴承和前后端盖支承,使定、转子之间的气隙均匀(见图 1-10)。

(4) 在转轴的一端装有风扇随转子转动,用来对电动机进行鼓风散热(见图 1-10)。

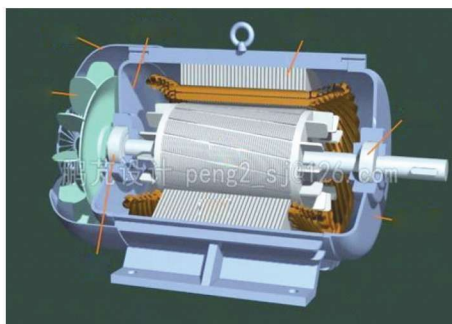


图 1-10 定子、转子装配图

三、三相笼型异步电动机的工作原理

电动机是利用导体在磁场中切割磁力线产生感应电流,载流导体在磁场中受力运动的原理来制造的。

1. 三相异步电动机旋转磁场的产生

(1) 三相交流发电机的 U、V、W 三相绕组(称三相电源)在相位上互差 120° (电角度),其输出电压是按电源的相序 U、V、W 周而复始的顺序依次达到最大值。所以,可以认为:三相交流电是按其相序 U、V、W 依次循环供电的,如图 1-11 所示。

(2) 三相异步电动机的三相定子绕组又是相互错开 120° (电角度)安放在定子圆周上。当电动机的三相定子绕组通入三相交流电后,三相绕组便按电源的相序 U、V、W 轮流循环得电和产

生磁场,这个磁场在定子内圆周上按电源的相序 U、V、W 周而复始地不断旋转(称旋转磁场)。

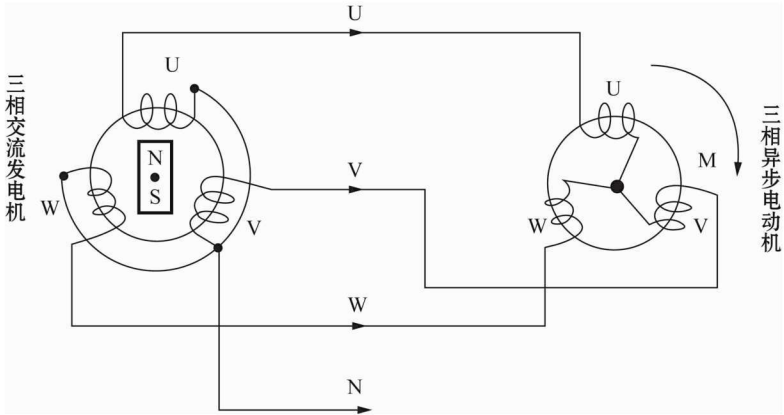


图 1-11 旋转磁场的产生

2. 三相异步电动机的转动原理(见图 1-12)

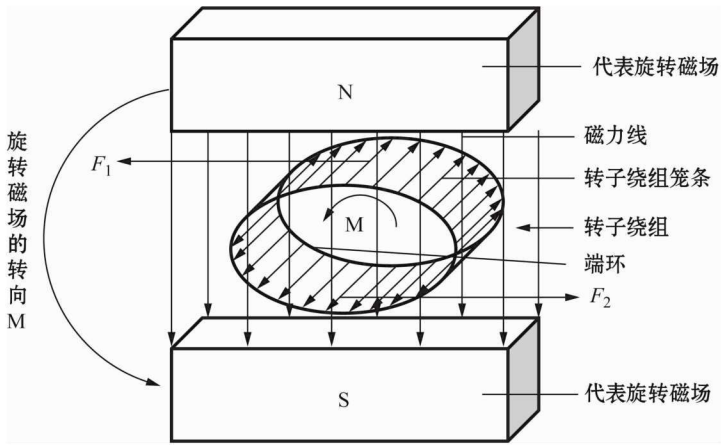


图 1-12 异步电动机转动原理图

(1) 旋转磁场旋转时,静止的转子笼条切割磁力线而产生感应电流,其方向可用右手定则判断。

(2) 产生感应电流的笼条在旋转磁场中将受到两个电磁力 F_1 和 F_2 (见图 1-12),其方向可用左手定则判断,这两个电磁力将使转子产生电磁转矩并跟随旋转磁场的转动方向旋转。这就是三相异步电动机的转动原理。

四、异步电动机外壳防护型式和适用范围

我国异步电动机常用防护型式有 IP11、IP22、IP23、IP44 几种(见图 1-13)。其中 IP11 相当于国标中的开启式,它能防止直径大于 50mm 的固体异物、人体某一大面积部分触及壳内带电或运动部件和垂直滴水进入机壳内。IP22 或 IP23 相当于国标中的防护式,它能防止直径大于 12mm 的固体异物、手指和与垂直线成 15° 或 60° 范围内的滴水进入机壳内。IP44 相当于国标中的封闭式,它能防止直径大于 1mm 的固体异物、任何方向的溅水进入机壳内。

以上几种防护形式中,IP11、IP22、IP23 通风和散热条件较好,适用于环境温度较高,无腐

蚀性气体及尘土飞扬的室内使用。IP44 通风散热较差,但受环境影响小,广泛用于环境温度不高及无腐蚀性气体和尘土飞扬的室内外使用。



图 1-13 异步电动机外壳防护型式



【任务实施】

(1) 现场拆卸一台三相笼型异步电动机,给学生讲述电动机各部分的结构、作用,现场观看开启式、半开启式、封闭式的外型结构及适用范围。

(2) 教师拆卸电动机,边拆边讲。讲述电动机各部分的结构、作用及防护型式。



【任务评价】

评价表如表 1-1 所示。

表 1-1 任务评价表

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
了解内容	三相笼型异步电动机的结构	20				
	三相笼型异步电动机各部分的作用	20				
	三相笼型异步电动机的工作原理	20				
	三相笼型异步电动机的防护型式及适用范围	20				
	遵守课堂纪律,尊重工作人员,爱惜设备和器材,保持场地的整洁	10				
学习态度	(1) 严肃认真的学习态度	5				
	(2) 严谨有条理的工作态度	5				
小计						



【项目拓展】

1. 项目名称

单相异步电动机的结构、各部分的作用、工作原理及防护型式。

2. 考核内容

学生利用现场提供的单相异步电动机、拆卸工具,在规定时间内了解电动机的结构、各部分的作用、工作原理及防护型式:

- (1) 列出单相异步电动机各部分结构名称及作用。
- (2) 讲述单相异步电动机的工作原理。

3. 任务描述

学生在教师指导下按步骤拆卸单相异步电动机,列出各部件的名称、作用;通过教师提供自制简易的转子,放入单相异步电动机的定子中,观察转子的转动情况,了解单相异步电动机工作原理。

- 要求:(1) 注意操作规范。
- (2) 用电安全。

4. 根据考核需要,考场提供器材

单相异步电动机 6 台、拆卸工具 6 套、纸、笔等。



【课后思考与练习】

一、是非题

1. 防护形式为 IP44 的异步电动机散热差,使用不多。()
2. 异步电动机转子笼型绕组是自行短路的绕组。()

二、填空题

1. 定子主要由_____、_____、_____几部分组成。其主要作用是:_____。
2. 转子主要由_____、_____、_____和 _____几部分组成。其主要作用是:_____。

三、思考题

1. 三相异步电动机转子的转速能否达到旋转磁场的转速? 为什么?
2. 转子的转向(电动机的转向)是跟随旋转磁场的转向旋转的,如果要改变三相异步电动机的转向,应采取什么方法?

项目二 三相笼型异步电动机绕组结构

任务一 认识定子绕组的结构

【任务引入】

定子绕组是三相异步电动机的重要组成部分,三相绕组通以交流电,是电场转化为磁场、产生三相异步电动机旋转磁场的地方。因此,必须认识定子绕组的结构。

【任务目标】

知识目标:

- (1) 了解定子绕组线圈、线圈组、极距 τ 和节距 y 。
- (2) 了解电角度、槽距角和相带。
- (3) 区分三相异步电动机定子绕组型式。

技能目标:

- (1) 能知道定子绕组结构、各部分的作用。
- (2) 能熟悉定子绕组的常用名词和基本参数。

【任务分析】

本任务要求学生了解三相异步电动机定子绕组的结构,熟知定子绕组线圈、线圈组、极距 τ 、节距 y 、电角度、槽距角和相带的基本概念,能区分三相异步电动机定子绕组型式。

【新知识学习】

知识点:定子绕组的常用名词:线圈、线圈组、极距 τ 和节距 y ;基本参数:电角度、槽距角和相带;三相异步电动机定子绕组型式。

一、定子绕组基本知识

笼型异步电动机定子绕组是一套三相分布式对称绕组,即把绝缘导线绕成若干个线圈按一定规律嵌入定子槽内,再加以适当连接而成。定子绕组中常用的名词和基本参数如下。

1. 线圈和线圈组

(1) 线圈——是由绝缘导线在绕线模上按一定形状绕制而成。线圈的形状、简化画法及各部分名称如图 2-1、图 2-2 所示。

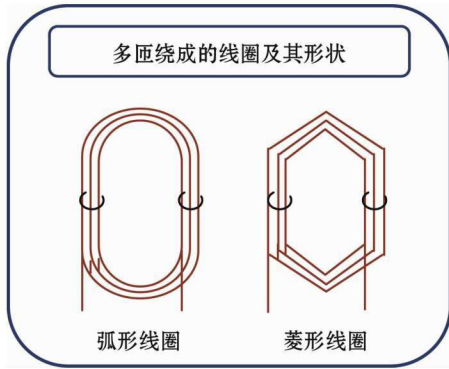


图 2-1 线圈形状

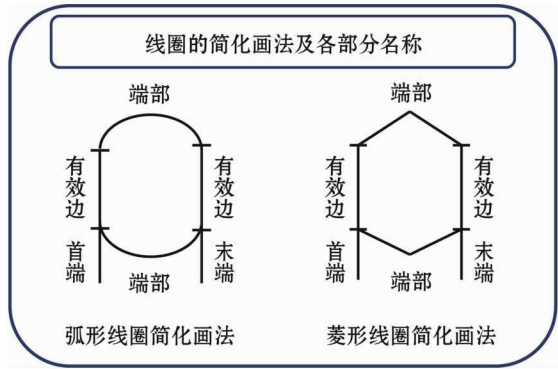


图 2-2 线圈简化画法

(2) 线圈组——是由几个线圈串成的绕组单元。异步电动机中常见的线圈组是极相组。它是一个磁极下同一相的几个线圈同向串联而成的一组线圈。例如一台三相 2 极 24 槽的电动机,每极下对应 12 槽,而每极下均由三相平分,故每极每相槽数 $q=4$ 。也就是说,它由 4 个线圈串成一个极相组,由 2 个线圈串成一个线圈组(见图 2-3)。

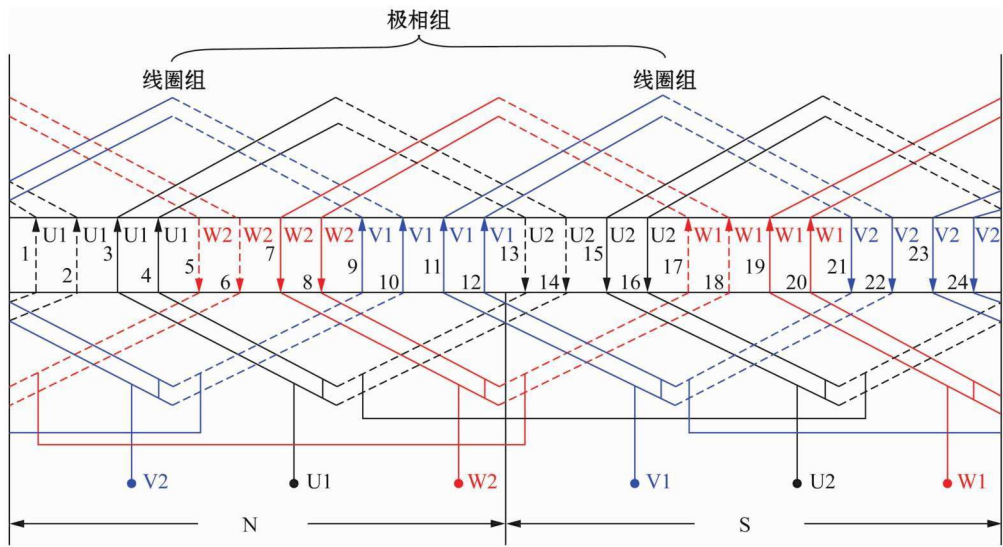


图 2-3 线圈组不一定是极相组

再分析三相 4 极 24 槽单层同式定子绕组展开图中的线圈组和极相组,如图 2-4 所示:每相共有 4 个线圈、两个线圈组或极相组。所以说“线圈组又是极相组,极相组也是线圈组”。

2. 极距 τ 和节距 y

(1) 绕组极距 τ 是指一个磁极对应的圆周表面所占有的槽数,如图 2-5 和图 2-6 所示。

极距(τ) = $\frac{\text{定子铁芯总槽数}(Z)}{\text{磁极数}(2P)}$ 式中: P 为磁极对数(一个 N 极和一个 S 极)。

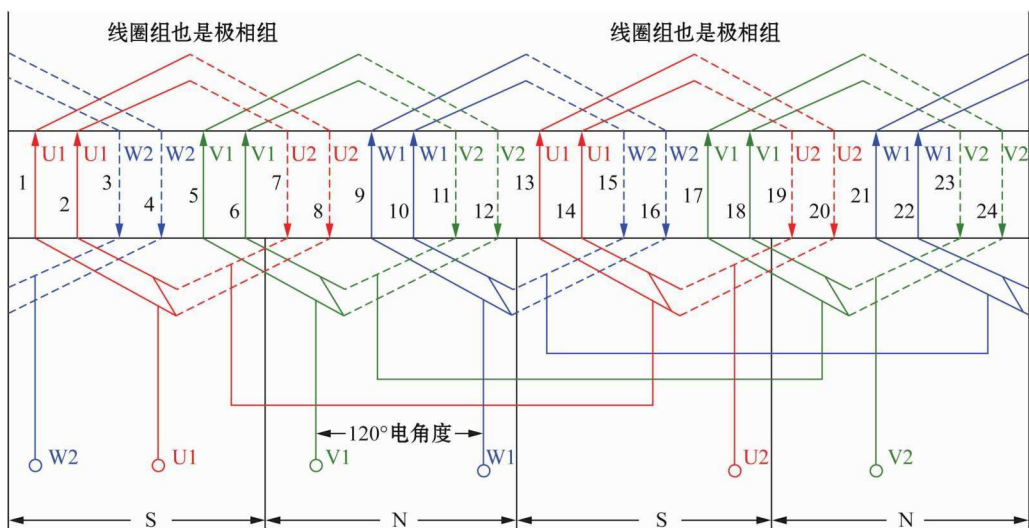


图 2-4 线圈组也是极相组

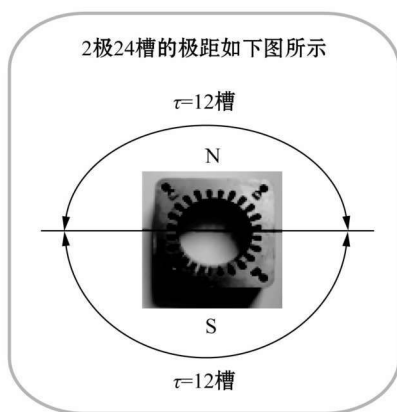


图 2-5 2 极 24 槽的极距

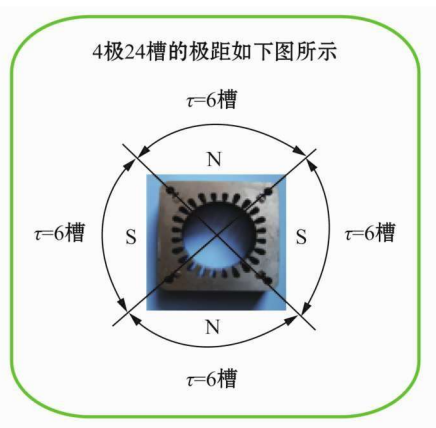


图 2-6 4 极 24 槽的极距

例：一台 4 极 24 槽的三相异步电动机，其极距 $\tau = \frac{24}{4} = 6$ 槽（1~7 槽）。

一台 4 极 36 槽的三相异步电动机，其极距 $\tau = \frac{36}{4} = 9$ 槽（1~10 槽）。

(2) 绕组的节距 y 是指一个线圈的两个有效边所跨距的槽数（见图 2-7）。

一般 $y = \tau$ 时称整距绕组； $y < \tau$ 时称短距绕组； $y > \tau$ 时称长距绕组。为获得较好的电气性能，厂家多采用节距 $y \leq$ 极距 τ 的值。

3. 电角度、槽距角和相带

(1) 电角度。

如图 2-8 所示，转子 N 极由 0° 位置开始从直导线下面顺时针转到 180° 位置时，转过直导线的刚好是整个 N 极，N 极上方的直导

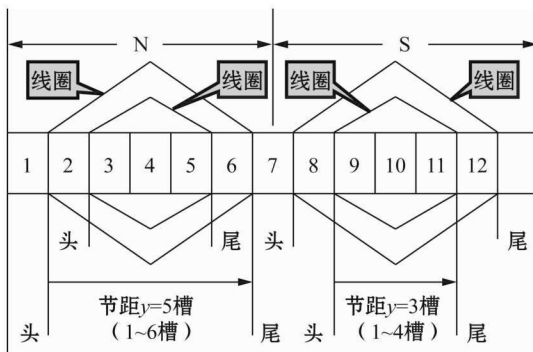


图 2-7 绕组的节距

线刚好完成一个正半波的电量变化(见图 2-9)。所以我们把一个 N 极在定子圆周上所占有电角度定义为 180° 。

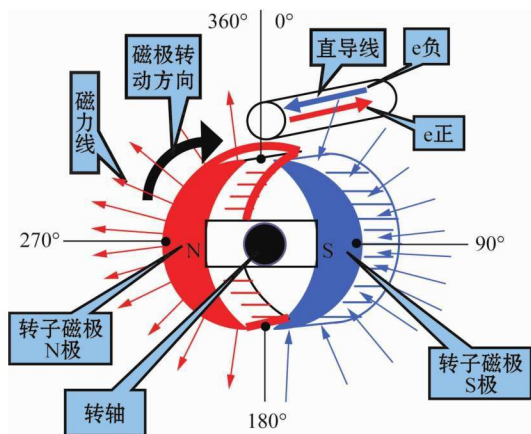


图 2-8 2 极发电机原理图

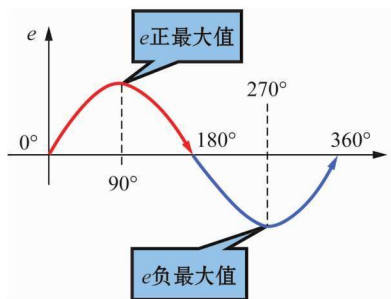


图 2-9 直导线中感应电动势波形图

如 N 极继续从 180° 位置转到 360° 位置时,转过直导线下面的刚好是整个 S 极,S 极上方的直导线刚好完成一个负半波的电量变化。所以我们把一个 S 极在定子圆周上所占有电角度也定义为 180° 。

由此可见,转子磁极旋转 360° 时,从直导线下面刚好转过两个磁极,直导线上的电量刚好变化一个周期,所以我们把电机上一对磁极在定子圆周所占有的电角度定义为 360° 。由此可得,电动机圆周上总的电角度为 $P \times 360^\circ$ 或是 $2P \times 180^\circ$ 。

例:计算一台 6 极异步电动机圆周上总的电角度为多少?

解:已知磁极对数 $P=3$,磁极数为 $2P=6$ 。

据公式得:定子圆周上总的电角度为 $P \times 360^\circ = 3 \times 360^\circ = 1080^\circ$ 。

(2) 槽距角(α)。

槽距角 α 是指每槽在定子圆周上所占有对应电角度。

例:一台 4 极 24 槽异步电动机的槽距角:

$$\alpha = \frac{P \times 360^\circ}{24} = \frac{2 \times 360^\circ}{24} = \frac{720^\circ}{24} = 30^\circ$$

(3) 相带。

相带是指一个磁极所分得的电角度数或槽数用三相平分后每相所分得的电角度或槽数(称相带)。也就是说,把每个磁极平均分成 3 个相带,一对磁极平均分成 6 个相带。或者说,每极每相槽数 q 等于几槽,几槽就是一个相带。

例:一台 4 极 24 槽的异步电动机多少槽为一个相带? 一个相带为多少电角度?

解:① 一个相带:

$$q = \frac{Z}{2PM} = \frac{24}{2 \times 2 \times 3} = 2 \text{ 槽, 即两槽为一个相带。}$$

② 一个相带的电角度为 $q \times \alpha = 2 \times \frac{P \times 360^\circ}{24} = 2 \times \frac{2 \times 360^\circ}{24} = 2 \times 30^\circ = 60^\circ$, 即一个相带为

60° 电角度。

式中: Z 为铁芯总槽数, P 为磁极对数, M 为定子绕组相数(为 3 相)。

4. 三相异步电动机定子绕组型式

三相异步电动机常用的定子绕组型式分为单层绕组、双层绕组、单双层混合绕组三种。其中单层绕组又分为单层链式绕组、单层同心式绕组和单层交叉式绕组三种;双层绕组又分为双层叠绕组和双层波绕组两种,其中最常用的是双层叠绕组。

(1) 单层绕组是指每个定子铁芯槽内只放有线圈的一个有效边的绕组,如图 2-10 所示。这种绕组的三相线圈总个数等于定子铁芯总槽数的一半。

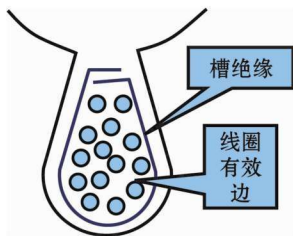


图 2-10 单层绕组

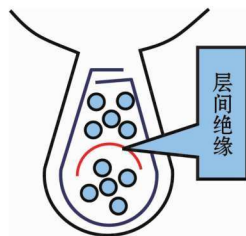


图 2-11 双层绕组

(2) 双层绕组是指每个定子铁芯槽内均放有不同线圈的两个有效边,并用层间绝缘隔为上下两层的绕组,如图 2-11 所示。

(3) 单双层混合绕组是指在整个定子铁芯槽内有些槽只放线圈的一个有效边,有些槽放有线圈的两个有效边的绕组。



【任务实施】

(1) 现场拿两个绕组,给学生讲述定子绕组的常用名词线圈、线圈组、极距 τ 和节距 y ;通过 2 极发电机原理图,引出电角度、槽距角和相带基本参数,观察现场单层绕组、双层绕组、单双层混合绕组的电动机,来区分三相异步电动机定子绕组型式。

(2) 观察定子绕组,主动弄清定子绕组的常用名词和基本参数,区分三相异步电动机定子绕组型式。



【任务评价】

评价表如表 2-1 所示。

表 2-1 任务一评价表

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
了解内容	定子绕组的常用名词:线圈、线圈组、极距 τ 和节距 y	30				
	定子绕组的基本参数:电角度、槽距角和相带	30				
	三相异步电动机定子绕组型式	20				
	遵守课堂纪律,尊重工作人员,爱惜设备和器材,保持场地的整洁	10				

(续表)

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
学习态度	(1)严肃认真的学习态度	5				
	(2)严谨有条理的工作态度	5				
小计						

任务二 分清定子绕组槽内有效边的分相及标注电流参考方向



【任务引入】

我们知道,构成定子绕组的基本单元是线圈,线圈是由有效边和端接部分共同组成。因此,为进一步了解定子绕组结构,就得从下面两方面进行:一是为了形成旋转磁场,槽内有效边各应流过哪一相电流,即有效边的分相;二是为了保证这些电流能实现流通,绕组端部应当怎样连接,即端部连接方式。



【任务目标】

知识目标:

- (1) 理解三相对称绕组的构成原则。
- (2) 理解有效边的分相。
- (3) 根据有效边的分相,标注有效边的电流参考方向。
- (4) 依据有效边的电流参考方向,进行导体端部连接和线圈之间的接线。

技能目标:

- (1) 能进行有效边的分相。
- (2) 能标注有效边的电流参考方向。



【任务分析】

本任务要求学生三相异步电动机定子绕组有效边进行分相,通过有效边的分相,进一步标注有效边的电流参考方向,根据电流参考方向,才能在下一步进行有效边连接成线圈及线圈组做好准备。



【新知识学习】

知识点:三相对称绕组的构成原则;定子绕组槽内有效边的分相;有效边电流参考方向的标注。