

单相电动机使用与维修

电机修理技术丛书



金续曾 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电机修理技术丛书

单相电动机使用与维修

金续曾 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书详细地介绍了各类单相电动机的基本原理、故障、检查、修理和试验方法,及其定、转子绕组的类型。并附有相应的绕组布置图、接线图和铁心、绕组技术数据,以备读者查阅参考。

本书紧密联系实际,图文并茂、条理清楚,可供广大电机、电器维修及使用人员以及相关专业职业中专、技校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

单相电动机使用与维修/金续曾主编. —北京:中国电力出版社, 2003

(电机修理技术丛书)

ISBN 7-5083-0997-9

I. 单… II. 金… III. ①单相电机-使用②单相电机-维修 IV. TM34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 016406 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http://www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

冶金印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 8 月第一版 2003 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 8.625 印张 227 千字

印数 0001—5000 册 定价 16.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

单相电动机在工农业生产及人们日常工作中有着极为广泛的用途。特别是近年来,随着家用电器、小型电动工具和自动化办公设备的迅速发展和普及,拖动这些电器设备的单相电动机使用量及修理量也与日俱增。为满足读者这方面的需要特编写此书,以飨读者。

本书为《电机修理技术丛书》之一,书中详尽地介绍了各类单相电动机的基本原理、故障、检查、修理和试验方法,以及各种机械故障的修理和定、转子绕组及其接线等内容。叙述中条理清晰、图文并茂、通俗易懂、重在实践。

附录中还精心绘置有各类单相电动机定、转子绕组布置图、接线图,以及各种类型、系列单相电动机的铁心和绕组技术数据,供读者查阅参考。

本书由金续曾主编,并由陈斌、王世文、汪琦、孟小娟、付学忠合作完成。

由于作者水平有限,书中错误和不足之处敬请读者批评指正。

作者

QRA/09

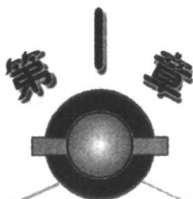


前言

第 1 章 单相电动机的原理与结构	1
第 1 节 电磁感应定律	1
第 2 节 单相正弦交流电	5
第 3 节 异步电动机工作原理与结构	10
第 4 节 同步电动机工作原理与结构	19
第 5 节 串励电动机工作原理与结构	28
第 2 章 单相电动机的选择与使用	38
第 1 节 电动机的类型	38
第 2 节 电动机的选择原则	48
第 3 节 电动机的安装与起动	55
第 4 节 异步电动机的运行与维护	66
第 5 节 串励电动机的运行与维护	69
第 3 章 单相电动机故障及处理	75
第 1 节 电动机产生故障的原因	75
第 2 节 异步电动机故障检查及处理	77
第 3 节 串励电动机故障检查及处理	81
第 4 节 单相电动机起动故障检查及处理	84
第 5 节 电动机检修用工具及仪表	91
第 4 章 单相电动机机械故障的修理	96
第 1 节 电动机的拆卸与装配	96

第2节	电动机转轴的故障与修理	99
第3节	电动机轴承的检查与修理	101
第4节	电动机机壳及端盖的修理	104
第5章	单相电动机绕组故障及修理	106
第1节	绕组的基本概念及名词含义	106
第2节	电动机绕组的类型	111
第3节	电动机绕组的连接	123
第4节	家用电器单相电动机绕组的接法	137
第5节	三相异步电动机单相运行的接法	142
第6节	单相电动机的调速方法	147
第7节	单相电动机的反转	157
第8节	单相电动机定子绕组的故障和修理	161
第9节	单相串励电动机电枢绕组故障修理	169
第10节	笼型转子绕组的故障修理	192
第11节	单相串励电动机励磁绕组及整机连接	194
第6章	单相电动机的检查与试验	200
附录A	单相异步电动机定、转子绕组布置图、接线图	206
附录A-1	单相异步电动机绕组接线原理图	206
附录A-2	JZ、JY、JX新系列单相异步电动机绕组布置图	207
附录A-3	BO2、CO2、DO2系列单相异步电动机绕组布置图	221
附录A-4	单相交流换向器式电动机电枢绕组接线展开图	242
附录B	各系列单相异步电动机技术数据	249
附录B-1	BO2系列单相电阻起动异步电动机技术数据	249
附录B-2	CO2系列单相电容起动异步电动机技术数据	250
附录B-3	DO2系列单相电容运转异步电动机技术数据	251
附录B-4	JX新系列单相电容运转异步电动机技术数据	252
附录B-5	JY新系列单相电容起动异步电动机技术数据	252
附录B-6	JZ新系列单相电阻起动异步电动机技术数据	253
附录B-7	YC系列单相电容起动异步电动机技术数据	254
附录B-8	G系列单相串励电动机技术数据	255

附录 B-9	电动工具用单相串励电动机技术数据·····	257
附录 B-10	电风扇、排气扇用单相电容起动电动机技术数据 ·····	259
附录 B-11	XDC、JXX、XD 型洗衣机用单相异步电动机技术数据 ···	261
附录 B-12	圆电磁线常用数据 ·····	262
附录 B-13	常用电磁线的选用表 ·····	265
附录 B-14	常用有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途 ·····	266
附录 B-15	常用无溶剂浸渍绝缘漆型号、特性及用途 ·····	268
附录 B-16	薄膜复合材料的型号、规格及用途 ·····	269



单相电动机的原理与结构

单相电动机是一种适用于工频单相交流电源，将电能转换成机械能的拖动机械。由于它具有结构简单、价格便宜、工作可靠和维修方便等优点，因而被广泛应用于小型机床、电动工具、办公设备、医疗器械、计算机外围设备和各种家用电器中。因工作性质及使用范围的限制，单相电动机的容量都比较小，其功率多在 750W 以下，功率最小的仅为几瓦。

单相电动机的工作原理相近，但却种类繁多构造各异，为深入了解和认识单相电动机，将其原理、结构作一简要介绍。

第1节 电磁感应定律

电机是一种机电能量转换的机械。将机械能转换成电能为发电机；电能转换成机械能为电动机。它们都是根据电与磁的相互作用、相互转化的特性而工作的。因此了解单相电动机的基本原理必须先熟悉电磁感应的基本定律。

一、右手螺旋定则

众所周知通电导线的周围能

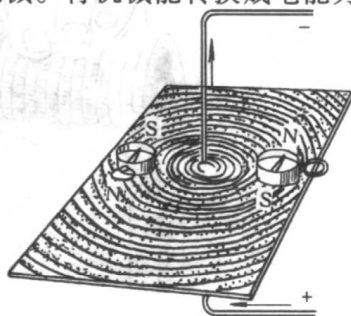


图 1-1 载流导线周围的磁场



够产生磁场，如图 1-1 所示。导线中电流的方向和大小决定该磁场的方向和强弱。其电流方向和磁场方向可用单导线右手螺旋定则来判断。

用右手握住该导线，大拇指伸直，所指的方向表示电流方向，其余四指弯曲，所指方向即为磁力线方向，如图 1-2 所示。

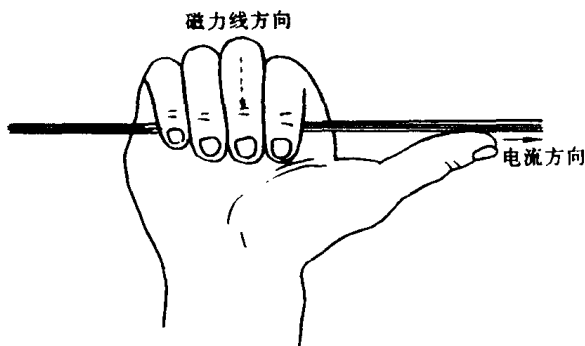


图 1-2 单导线右手螺旋定则

如果将载流导线绕成匝数很多的螺管线圈，线圈各匝之间很紧密，每一匝的磁场叠加即可得到整个螺管线圈的磁场。

当螺管线圈通入电流时，产生磁场的方向，可用螺管线圈右手定则来确定。如图 1-3 所示，将右手握住螺管线圈并伸直拇指，其余四指的方向与线圈的电流方向相符合。伸直的拇指所指

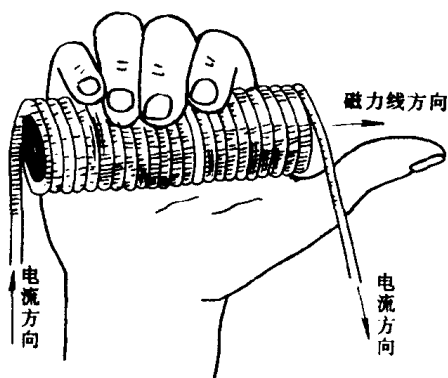


图 1-3 螺管线圈的右手定则



方向为磁场的磁力线方向，即为北极（N），另一端则为南极（S），如图 1-4 所示为螺管线圈的磁场。

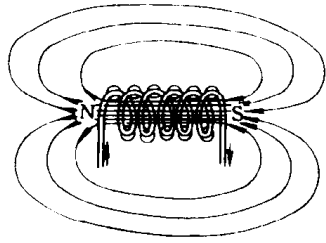


图 1-4 螺管线圈产生的磁场

通常在电路图中，多用清楚简便的截面图来表示电流和磁场的方向。如图 1-5 所示，符号 $\odot$ 表示导线中电流流出纸面，而符号 $\otimes$ 则表示导线中电流流入纸面。导线周围的磁力线用同心圆表示，同心圆上的箭头则表示磁力线方向。

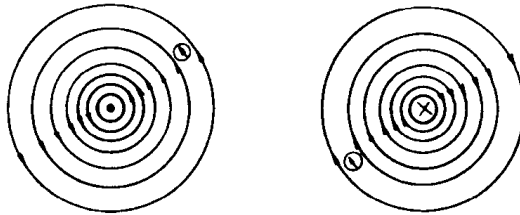


图 1-5 导线电流和磁场方向的截面图

二、发电机定则（右手定则）

如图 1-6 所示，当导线与磁场发生相对运动、相互切割时，

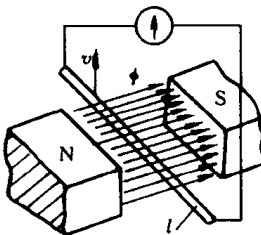


图 1-6 导线切割磁力线将产生电动势

就会在导线中产生感应电动势、感应电动势方向可以用发电机右手定则予以确定。如图 1-7 所示，将右手平伸，拇指和其余四指垂直，使磁力线垂直穿过手掌。这时，拇指所指的方向表示导线的运动方向，其余四指的指向就是感应电动势的方向。

导线在均匀磁场中沿着与磁力线垂直的方向运动时，它所产生的感应电动势大小，与导线的有效长度 l 、磁通密度 B 、导线的运动速度 v 成正比，即

$$e = Blv$$



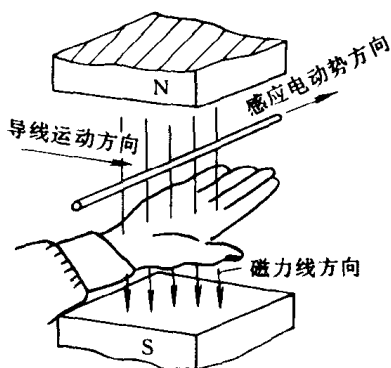


图 1-7 发电机右手定则

式中 e ——感应电动势 (V);
 B ——磁感应强度 (T);
 l ——导线有效长度(m);
 v ——导线在垂直于磁力线方向上运动的速度 (m/s)。

如果导线运动方向与磁力线方向的夹角 α 为任意角度时, 则

$$e = Blv \sin \alpha$$

若将导线与外负载接成闭合回路, 导线中将有电流通过而输出电功率, 发电机就是根据这一原理而制造的。

三、电动机定则 (左手定则)

如图 1-8 所示, 如果将一根载流导线置于磁场中, 就会看到导线因产生电磁力 F_{em} 而移动。若改变导线中通过的电流方向, 导线的移动方向也将相反。

磁力线、载流导线和电磁作用力三者的方向, 可以用电动机左手定则来确定。如图 1-9 所示, 平伸左手, 将拇指与其余四指垂直。手掌迎着磁力线方向, 四指与电流的方向相符, 这时拇指所指方向就是载流导线承受电磁作用力的方向。电磁力 F_{em} 的大小为:

$$F_{em} = BIl$$

式中 B ——磁场的磁感应强度 (T);
 l ——导线的有效长度 (m);

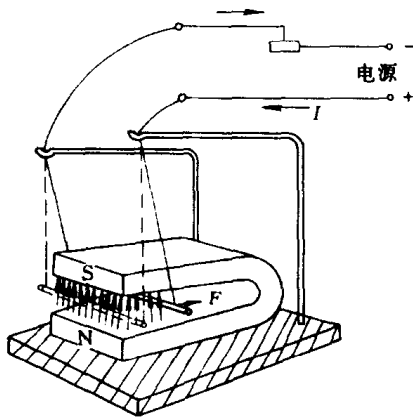


图 1-8 载流导线在磁场中产生电磁力



I ——导线的电流 (A);

F_{em} ——导线所受的电磁力。

但上式仅适用于磁力线方向、电流方向和导线所受力方向三者相互垂直的情况, 如果载流导体与磁场磁力线间的夹角为 θ 时, 则

$$F_{em} = BIl \sin \theta$$

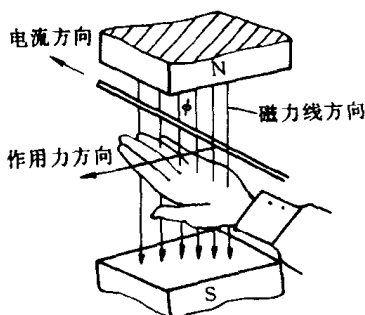


图 1-9 电动机左手定则

电动机就是根据载流导线在磁场中产生电磁力的原理而制造的。

第 2 节 单相正弦交流电

一、单相交流电动势的产生

交流电动势的方向是不断改变的, 如图 1-10 所示, 为一根

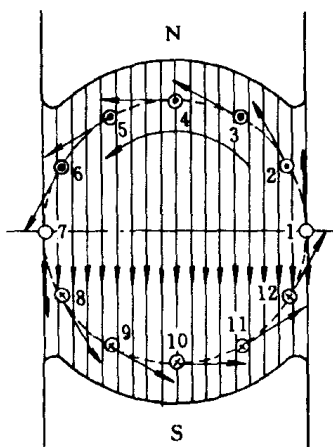


图 1-10 旋转导线所产生的交变电动势

直导线在均匀磁场中作等速旋转时, 所产生单相交变电动势的过程。感应电动势的大小是由磁感应量、导线的有效长度、导线切割磁力线的速度和角度决定的, 而导线切割磁场的方向 (或磁场切割导线的方向), 决定感应电动势的方向。因此, 当长度固定的导线在均匀磁场中以一定方向作等速旋转时, 所产生的感应电动势大小就只和导线切割磁力线的角度有关。

从图 1-10 中可以看出, 导线在位置 1 时, 因导线运动的方向与磁力线平行, 是沿着磁力线滑过去的, 并不切割磁力线, 因而不



产生感应电动势。而导线在位置 2 时，导线开始切割磁力线但角度很小，所以产生的感应电动势也相应地很小，依此类推，当导线达到位置 4 时，导线处于磁极中央，导线运动方向和磁力线方向垂直，产生的感应电动势为最大。经过位置 4 以后，导线切割磁力线的方向又逐渐倾斜，因而产生的感应电动势也逐渐减小。当到达位置 7 时，导线的感应电动势又减弱到零。

当导线经过位置 7 以后，便进入另一个磁极下。由于导线切割的磁力线方向与前半周的方向相反，所以其感应电动势的方向也随之相反。这时感应电动势将伴随导线切割磁力线的角度又逐渐增大，当到达位置 10 时，产生感应电动势反方向的最大值。此后感应电动势又逐渐减小，当导线移动到原来的起始位置时，导线的感应电动势又减到零。至此，该根导线已在两极磁场中旋转了一周，产生了一个感应电动势由零逐渐升到正的最高值，又下降到零；然后又逐渐升到负的最高值，又再降到零的交变感应电动势。

如将导线在圆周上旋转经过的各点位置展开，用一根直线段来表示导线在圆周上移动的位置。再在垂直的方向按比例画出导线在这些位置上所产生的感应电动势大小，并规定一个方向的感应电动势为正，相反方向的感应电动势为负。然后再按照这些感应电动势的大小画出一条具有规律性变动的曲线，如图 1-11 所示。这样一条起伏波动变化的曲线，就称为单相交流正弦曲线。

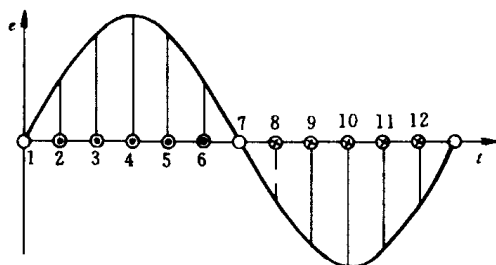


图 1-11 单相交流正弦曲线



图 1-12 所示为一个最简单的交流发电机装置。从图中可以看出，在两磁极间有一个旋转的单匝线圈，线圈的两端分别连接两个彼此绝缘的铜环 R，在铜环 R 上并装有一对与外电路连接的电刷 C。当线圈的一边 A 在 N 极切割磁力线时，另一边 B 则同时在 S 极下切割磁力线。根据发电机右手定则，可知线圈 A、B 两元件边的感应电动势方向总是相反的。这样，就可以在电刷上引出在此交变电动势作用下产生的交变电流。因此，导线在两磁极间旋转一圈（ 360° 电角度），交变电动势（或交变电流）产生一次正、负变化。

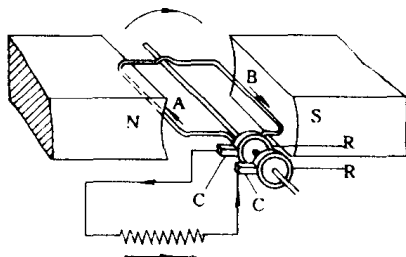


图 1-12 最简单的交流发电机

二、交变电流的频率

在单位时间（1 秒，s）内，交变电流变动的周数称为交变电流的频率，通常用 f 代表，其单位为 Hz。在我国的供电系统中，标准的交流频率为每秒 50 周，也就是 50Hz。

三、交流发电机频率与转速的关系

如上所述的交变电动势，均由一对磁极的交流发电机所产生，即转子（导体）每旋转一圈，导体中的感应电动势就变化一周。这样，两极交流发电机必须每秒钟旋转 50 次，才能产生 50Hz 的标准频率。

但在实际中都以每分钟转的周数表示各种机械设备的转速，用字母 n 来代表。例如发电机的铭牌上写着 $n = 1000/\text{min}$ ，即表示发电机转子在每分钟内被原动机拖着旋转 1000 转。如果电机的转速是 $n\text{r/min}$ ，其每秒的转速则应该是 $n/60$ 转。因此，对于两极交流发电机而言，其频率与转速的关系是：

$$f = n/60 \text{ 或 } n = 60f$$

若由两极交流发电机来产生每秒 50Hz 的标准频率，则发电



机每分钟转速应该为：

$$n = 60f = 60 \times 50 = 3000 \text{ r/min}$$

但是在 4 极（两对磁极）的交流发电机中，转子每旋转半圈就可以产生一周交变电动势，在另一个半圈中又产生一周电动势，如图 1-13 所示。这样，转子每旋转一圈就可以产生两周。同理，在 6 极交流发电机中，转子每旋转一圈就可以产生三周交变电动势。所以多极交流发电机频率可以下式表示

$$f = p \times n / 60$$

式中 f ——发电机频率；

p ——磁极对数；

n ——转数。

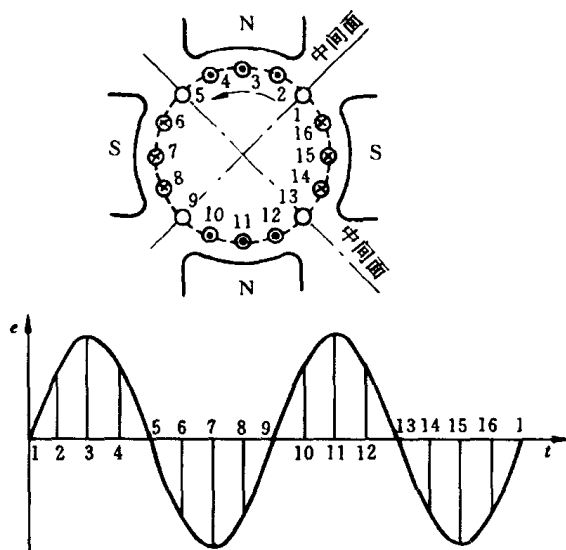


图 1-13 4 极交流发电机所产生的交变电动势

四、正弦波的图示法

如前述谈到的交变电动势或交变电流中，都是用一根水平方向的直线表示时间，再从这根线上引出垂直线的高度，以表示电压或电流瞬时值。依此方法就可表现交流电在一周内的变化，如



图 1-11 所示。实际上，正弦波电压或电流的变化是连续的，其中并没有确定的起点和终点。但为了便于说明正弦波变动的情形，通常都要选定一个起点。如图 1-14 所示，正弦波的起点与它由零值开始上升时所形成的角度称为初相角，或起始相位。

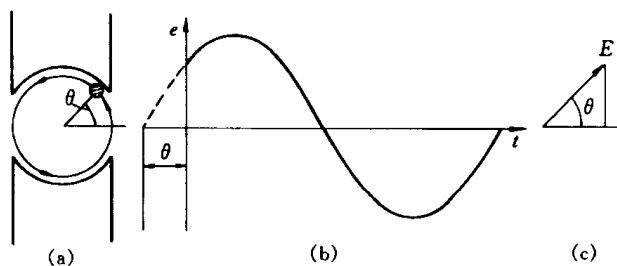


图 1-14 正弦波相量图

(a) 导线位置；(b) 正弦曲线；(c) 旋转相量

正弦波也可以用旋转相量表示，相量的长度表示正弦波电压或电流的最大值。旋转向量与水平线的夹角表示相角，相角的计算则以规定逆时针旋转方向为其相角的正方向，顺时针方向为负方向。大于 180° 的相角可改用较小的负值相角来替代。相量旋转的速度称为正弦量的角速度，旋转相量在各个不同位置时对垂直轴的投影或相量终点至水平轴间的高度，即表示正弦波的瞬时值。

如图 1-14 中，交变电动势是由导线在均匀磁场中旋转所产生的。于是，交变电动势的高低便决定于导线切割磁力线的速度。图 1-14 (a) 表示导线已转过中间面 θ 角时的位置，现在将这个位置作为计算交变电动势的起点。根据导线在各个位置上所产生的感应电动势，可以用正弦曲线来表示交变电动势的正弦曲线，如图 1-14 (b) 所示。同时也可以采用旋转相量表示这个正弦曲线，如图 1-14 (c) 所示。

旋转相量常用来表示数个同频率而不同相位的电压或电流，并指出它们相互间的各种关系。如图 1-15(a) 所示。在发电机的转子上均匀地绕置相隔 90° 的两个线圈，这个转子旋转时就将产生



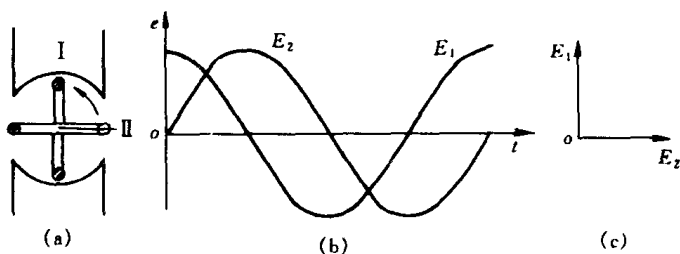


图 1-15 两相正弦曲线及旋转相量

(a) 线圈位置；(b) 正弦曲线；(c) 旋转相量

两相交流电动势, E_1 、 E_2 两相间相差 90° 电角度或 $1/4$ 个周期。每一相绕组在转动时都产生按正弦变化的交流电动势, 图 1-15(b) 即表示这两相交变电动势变化时的正弦曲线。图中是以第一相绕组的电动势 E_1 由零值开始上升时作为起点, 第二相绕组的电动势 E_2 比 E_1 滞后 90° 或 $1/4$ 个周期, 图 1-15(c) 所示为两个交变电动势的相量图。由于在空间位置相距 90° 相角的两个线圈, 是以相同的角速度旋转, 所以其旋转相量间的相对位置始终保持不变。

第 3 节 异步电动机工作原理与结构

一、异步电动机的基本原理

异步电动机的基本原理, 可以用图 1-16 来说明。如图所示, 马蹄形磁铁借手柄可在支架上旋转, 即形成一个手动旋转磁场。在马蹄形磁铁两极之间的磁场中, 安放有一个转子。沿转子圆周均匀地分布着许多根细导条, 导条的两端分别用两个铜环把它们短接成为一个闭合回路。这个闭合的笼型绕组就称为转子绕组。转动手柄使磁铁旋动, 使此旋转的磁场切割转子的导体, 在导体中产生感应电动势, 感应电动势的方向可用右手定则确定。假如磁场的旋转方向是按图中的顺时针方向, 此时在 N 极下转子导体中的电动势方向, 都将是垂直的进入纸面, 用符号 $\otimes$ 表示。而在 S 极下转子导体中的电动势方向, 都是垂直从纸面出来

