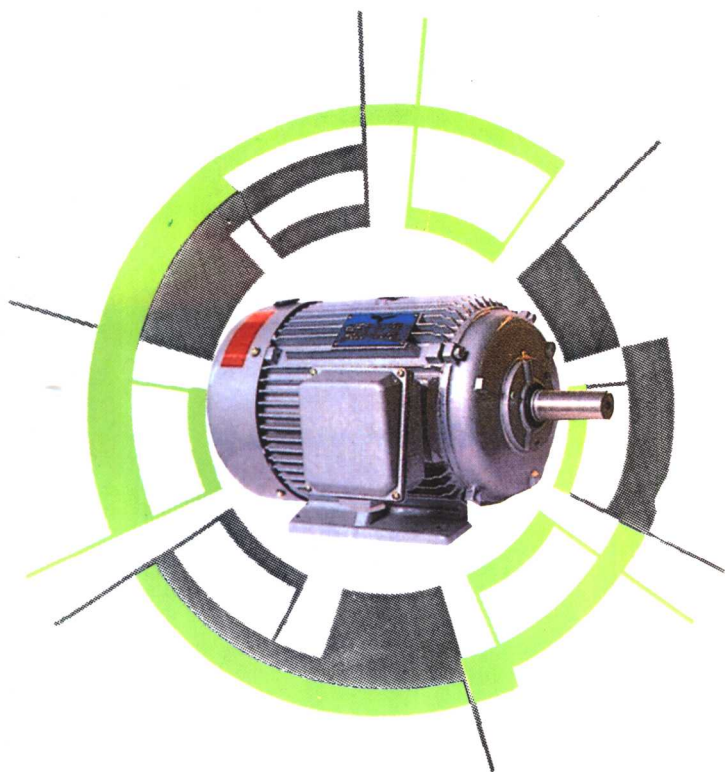


电动机

使用与维修

李洋 孙晋 范翠香 编著



人民邮电出版社

电动机使用与维修

李洋 孙晋 范翠香 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

电动机使用与维修/李洋等编著。—北京:人民邮电出版社,1995.8

ISBN 7-115-05721-4

I. 电… II. 李… III. ①电动机-基本知识②电动机-维修 IV. TM32

内 容 提 要

本书较系统地讨论了使用、保养和修理电动机的知识与方法。为了使本书易读易懂,我们避免用高深的理论和复杂的数学公式,而尽量用通俗的语言来讨论问题。

本书可供从事电机使用、维护和修理的电工及企业工人阅读,也可作为职工培训和学校实践环节的教材。

电动机使用与维修

李洋 孙晋 范翠香 编著

*

人民邮电出版社出版发行
北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本:850×1168 1/32 1995年7月第一版
印张:6.625 1996年6月北京第3次印刷
字数:190千字 插页:6 印数:17 001—38 000册

ISBN7-115-05721-4/TN·899

定价:9.40元

前 言

中、小功率(异步)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。特别是乡镇企业及家用电器的迅速发展,更需要大量的中小功率(异步)电动机。由于这种电动机的发展及广泛的应用,它的使用、保养和维修工作也越来越重要。实践证明电动机的损坏大都是由于使用不当、保养不周及维修不及时造成的。为此我们编写了这本书。本书的特点是通俗易懂,内容实用。

本书共九章:第一章是电机的基础知识,主要是讲述了解电机原理所必须具备的电磁学知识;第二章是电机结构与原理,叙述中小型和微型交直流电机的工作原理、结构及铭牌;第三章是电动机的使用,介绍电动机的选择、安装、运行和使用;第四章是电动机故障检查及处理;第五章是电动机机械故障修理,讲述电动机的拆装及机械故障检修常

识；第六章是电动机绕组及接线图；第七章是绕组的修理；第八章是绕组改接及重绕计算；第九章是电动机修复后的试验。

因我们才疏学浅，不当之处在所难免，敬请读者和同行批评指正。

作 者

目 录

第一章 电机基础知识	(1)
1.1 电磁感应现象	(1)
1.2 单相正弦交流电	(3)
1.3 三相交流电.....	(10)
第二章 电机的原理与结构	(15)
2.1 电机的分类.....	(15)
2.2 直流电机的工作原理与结构.....	(18)
2.3 异步电动机的结构与原理.....	(23)
2.4 单相异步电动机的结构与原理.....	(33)
2.5 电机铭牌.....	(38)
第三章 电动机的使用	(43)
3.1 电动机的选择原则.....	(43)
3.2 电动机的安装.....	(46)
3.3 电动机启动常用电器的构造和使用.....	(49)
3.4 电动机的启动.....	(55)
3.5 电动机的运行.....	(62)

第四章 电动机故障检查及处理	(69)
4.1 电动机工作不正常的原因	(69)
4.2 异步电动机一般常见故障的判断	(73)
4.3 电动机电磁故障的检查	(78)
4.4 直流电机运行故障的检查与处理	(80)
4.5 电动机维修工具	(82)
第五章 电动机机械故障的修理	(86)
5.1 电动机的拆装	(86)
5.2 转轴的修理	(89)
5.3 轴承的检查修理	(91)
5.4 机座及铁芯的修理	(95)
5.5 转子的平衡	(96)
第六章 电动机绕组及其接线图	(97)
6.1 绕组的结构型式	(97)
6.2 三相异步电动机定子绕组	(99)
6.3 单相电动机绕组	(109)
6.4 直流电动机绕组	(113)
第七章 绕组修理	(121)
7.1 定子绕组故障的检修	(121)
7.2 转子绕组故障的检修	(128)
7.3 定子绕组重绕工艺	(131)
第八章 绕组改接及重绕计算	(138)
8.1 三相异步机重绕计算	(138)
8.2 单相电动机重绕计算	(144)

8.3	直流电动机重绕计算	(150)
8.4	三相电动机单相使用	(159)
第九章	电动机修复后的试验	(162)
9.1	试验前的检查	(162)
9.2	绝缘试验	(162)
9.3	空载运转试验	(165)
9.4	温升试验	(166)
9.5	换向故障的检查	(167)
9.6	超速试验	(167)
附录一	常用绝缘漆名称、型号、性能、用途参考表	(168)
附录二	常用绝缘材料名称、型号、用途参考表	(170)
附录三	滚动轴承的识别	(172)
附录四	线规	(174)
附录五	单相串激电钻技术数据	(176)
附录六	220V 单相串激电钻电磁参数	(177)
附录七	电气图常用图形符号和文字符号新旧标准对照表	(178)
附录八	绕组接线图	(187)
附录九	部分系列异步电动机铁芯和线圈技术数据	(插页)
附录十	线圈木模尺寸图	(201)

第一章

电机基础知识

在电机使用和修理中,常常接触到各种电磁现象。为了更好地使用电机和修理电机,我们必须了解和掌握这些电磁现象。本章对其中一些基本规律性的知识作一简单介绍。

1.1 电磁感应现象

电磁现象普遍存在于我们日常生活之中,将电磁线绕在一根铁棒上,并通上直流电流,这根铁棒将能吸引其它铁器。如果用一根永久磁铁在一个线圈中作运动,则在线圈的两个端点将会产生电势。前者是将电变成磁,后者是将磁变为电。可见,电和磁是密切联系在一起的。电可以产生磁,而磁也可以产生电。

如果将一根两端接有一个电流表的导体组成闭合回路,当导体在磁场中运动时,电流表的指针就发生偏转,说明在这个闭合回路中有电流流过,见图 1-1。

从上述的实验中可以看到:当导体切割磁力线或者在导体周围的磁场发生变化时,在导体中就产生推动电流的势力,这种现象称为电磁感应。推动电流的势力称为感应电动势。从实验可知,导体中产生的感应电动势的大小将取决于以下三个方面:

1. 磁场的磁通密度 B

磁通密度越高,在一定时间内切割磁力线的量就越大,产生的电动势也就越高。

2. 导体在磁场中运动的速度 v
 v 越大,在一定时间内切割磁力线的量就越多,产生的电动势就越高。

3. 位于磁场中的导体长度 l

位于磁场中的导体长度 l 越长,在一定时间内切割的磁力线的量就越大,产生的电动势就越大。由此可见,磁通密度 B 、导体长度 l 和导体运动的速度 v ,它们三者的关系可以用以下的式子来表示:

$$e = Blv$$

式中 e ——感应电动势(V);

B ——磁通密度(T);

v ——导体运动速度(m/s);

l ——导体长度(m)。

而电动势的方向,则可采用右手定则来确定,如图 1-2 所示。伸出右手,手掌朝向磁场的 N 极,也即磁力线穿过手心,使拇指指向导线运动的方向,其余四指的指向就是感应电动势的方向。

上面所讲到的是导体在磁场中运动所产生的感应电动势,而载流导体在磁场中又是怎样呢? 实验表明,载流导体的周围也产生磁场。不难看到,磁场将对导体产生作用力,导体所受到的力,将可以用左手定则来加以说明,见图 1-3。将左手伸开,四指并拢,拇指和四指垂直,如图 1-3 所示,将掌心向 N 极,即磁力线穿过手心,四指指着电流的方向,则拇指所指的方向就是载流导体在磁场中受到力的方向。这是电动机工作的理论基础。

如果,磁场的磁通密度为 B (T),导体中的电流为 I (A),导体在

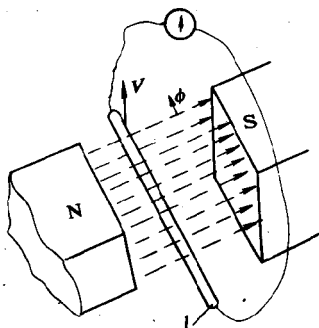


图 1-1 电磁感应现象示意图

磁场中的长度为 $l(\text{m})$, 则导体所受到的力为

$$F = BIl \quad (\text{N})$$

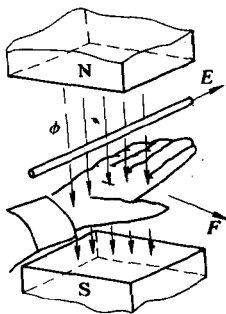


图 1-2 右手定则

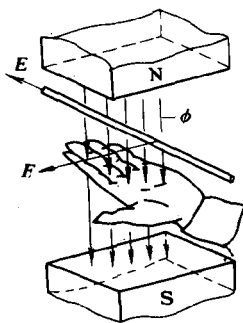


图 1-3 左手定则

1.2 单相正弦交流电

前面所讲的电流是大小和方向不变的电流,称为直流电,大小和方向随时间作周期性往复变化的电流称为交流电。最常用的是正弦交流电,其大小和方向随时间按正弦规律变化,也就是日常所说的交流电。本书所讨论的电源均是正弦交流电源。

一、单相正弦交流电的产生

交流电的产生过程如下:如图 1-4 所示,图中的转子线圈通以直流电,使转子铁芯产生磁场,转子的磁力线从 N 极将经过气隙进入定子,再由定子进入转子的 S 极,当转子旋转时,磁场将切割定子上的导体 A,于是在导体 A 中便产生感应电动势。按图 1-4(a)的位置,根据右手定则可知,电动势的方向流出纸,以符号 \odot 来表示;当转子转过 180° 时,如图 1-4(b)所示的位置,根据右手定则可知,电动势就改变方向流进纸面,以符号 \otimes 表示。当转子不断地旋转时,导体

A 交替被转子的 N 极和 S 极磁通所切割, 导体 A 中的电动势方向也就不断地改变方向。而在图 1-4(a) 中导体 A 流出纸面的电动势可用曲线正半波表示, 如图 1-5 所示。图 1-4(b) 流入纸面的电动势用负半波表示。

对于已做好的一台电动机, l 是一个固定的数, 如果电动机以固定转速旋转的话, 则从公式 $e = Blv(V)$ 可见, 感应电动势 e 将是正比于磁通密度 B 。感应电动势的波形将取决于磁通密度的波形, 为了使电动势为正弦的变化, 必然要求磁极发出的磁通也为非常好的正弦波, 这是有困难的, 需采取一些措施, 但不可能达到完全正弦波。

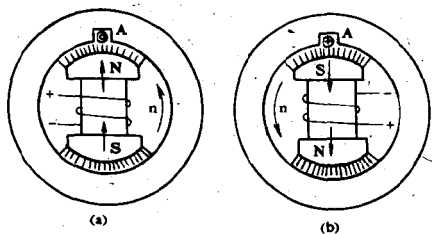


图 1-4 交流电产生示意图

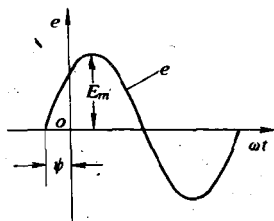


图 1-5 正弦交流电

二、正弦交流电的特征

一个正弦量与时间的函数关系可用它的变化频率、初始角和振幅三个量表示, 这三个量就叫正弦函数的三要素。对一个正弦交流电量来说, 可以由这三个要素来唯一确定:

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中 e 表示交流电势的瞬时大小, 称为瞬时值。 E_m 表示正弦电势振幅大小, 称最大值。 ω 表示正弦电势的角频率, φ 表示正弦电势的初始相角。 ω 、 φ 及 E_m 是表示正弦交流电势的三要素, 是区别不同正弦量的主要依据。波形如图 1-5 所示。

1. 变化的快慢

正弦量随时间不断作周期性往复变化, 其变化的快慢可以用三

种方法表示。

(1) 周期。正弦交流量完成往复变化一周所需的时间叫周期，它是波形重复出现所需的最短时间，用符号 T 表示。周期 T 大，表示变化一周所需时间长，波形变化慢；反之如周期 T 小，表示变化一周所需时间短，波形变化快。周期 T 的单位是秒。

(2) 频率。每秒时间内正弦量交变的次数叫频率，它也是每秒时间内重复变化的周期数，用符号 f 表示。频率 f 越大，交流电变化越快，反之越慢。频率的单位是赫兹（简称赫），符号 Hz。较高的频率用 kHz 或 MHz 表示。1kHz = 10^3 Hz，1MHz = 10^6 Hz。

频率表示每秒钟正弦量交变的次数，周期则表示正弦量每变化一周所需的时间，所以频率和周期互为倒数。

$$T = 1/f$$

在我国发电厂提供的电能规定频率都是 50Hz，因此每变化一周需要时间是

$$T = 1/f = \frac{1}{50} = 0.02 \quad (\text{s})$$

(3) 角频率 ω 。正弦交流电变化一个周期，相当于正弦函数变化 2π 个弧度，用 ω 表示，单位是弧度/秒 (rad/s)。由此知

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f \quad (\text{rad/s})$$

由上式看出 ω 和 f 只差 2π 倍，所以也可以用 ω 表示交流电变化的快慢。

例如频率 $f = 50\text{Hz}$ 的交流电，其角频率为

$$\omega = 2\pi f = 314 \quad (\text{rad/s})$$

画交流电的波形图时，横坐标除用时间 t 表示外，有时也用 ωt 表示，即用弧度表示横坐标，这样每变化一个周期正好对应变化 2π 个弧度，它们之间有一一对应关系。

周期 T 、频率 f 和角频率，三者之间可用上面的算式互相换算，这三个量各从不同角度描述正弦交流电的同一物理现象及其变化的快慢。

2. 变化的起点和相位

交流电量在随时间变化的过程中,不同的时刻,对应不同的角度,从而得到不同的瞬时值,所以正弦量中的 $(\omega t + \psi)$,反映了正弦量在交变过程中瞬时值的变化进程。我们把 $(\omega t + \psi)$ 称为正弦量的相位,当相位随时间连续变化时,正弦量的瞬时值随之作相应的连续变化。相位又是随时间变化的角度,所以又叫相位角。

当 $t=0$ 时刻,正弦量的相位称作初相位,又称初相角,如式 $(\omega t + \psi)$ 和图1-5中的 ψ 角。初相角 ψ 的大小和正负,与所选择的时间起点有关。通常规定正弦量由负值变化到正值经过的零点为该正弦量的零点,由正弦量零点到计时起点(即 $t=0$,时间坐标的原点)之间对应的角度即为相位角。由于正弦量是重复出现的周期性变化量。所以一般相位角都用绝对值小于 180° 的角度来表示。在三相电路里一般限制在 360° 范围内。

图1-6表示不同初相角的正弦电压波形,其中:

(a) 图表示初相角为零,即 $\psi=0$,这时正弦电压的表达式为 $V = V_m \sin \omega t$

(b) 图表示初相角为正,即 $\psi > 0$,这时正弦电压的表达式为 $V = V_m \sin(\omega t + \psi)$

(c) 图表示初相角为负,即 $\psi < 0$,这时正弦电压的表达式为 $V = V_m \sin(\omega t - \psi)$

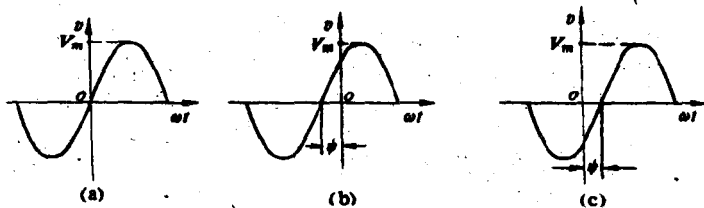


图1-6 初相角

初相角的正、负可以这样确定:当正弦量的初始瞬时值为正时, ψ 角为正;初始瞬时值为角负时, ψ 角为负。或从正弦零点所在位置

来看,如果正弦零点在纵轴的左侧时, ψ 角为正;在纵轴右侧时, ψ 角为负,两种方法结果相同。

相位差——两个正弦交流电在任何瞬时相位角之差称相位差。对于同频率的交流电来说,因它们的频率相同,所以相位差始终是个固定值,恒等于两个交流电初相角之差。例如两个同频交流电量分别是:

$$V = V_m \sin(\omega t + \psi_1)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_2)$$

则它们之间的相位差角 φ 是

$$\varphi = (\omega t + \psi_1) - (\omega t + \psi_2) = \psi_1 - \psi_2$$

可见相位差角的大小与时间 t 、角频率 ω 无关,它仅决定于两个同频正弦量的初相位。

如果一个正弦量比另一个正弦量先达到正的最大值或零值,那么在相位上就说前者“超前”于后者,或者说后者“滞后”于前者。若从交流电的三角函数式来看, ψ 为正者超前, ψ 为负者滞后; ψ 角均为正时, ψ 值大者超前, ψ 值小者滞后; ψ 角均为负时, ψ 值小者超前, ψ 值大者滞后。如图 1-7(a)所示, $\psi_1 > \psi_2$,为正,即 v 将比 i 先达到正的最大值或零值,此时它们的相位关系是 v 超前于 i (或 i 滞后于 v)。如图 1-7(b)所示,即 v 比 i 后达到最大值和零值,此时它们的相位关系是 v 滞后于 i (或 v 超前于 i)。如从三角函数式来看,结果相同。

若两个正弦量具有相同的初相角,即

$$\varphi = \psi_1 - \psi_2 = 0$$

则它们将同时达到零值或最大值,如图 1-7(c)所示,那么我们就称这两个正弦量“同相”。

若两个正弦量的相位差

$$\varphi = \psi_1 - \psi_2 = \pm \pi$$

则它们之中一个量达到正的最大值时,另一个量刚好达到负的最大值,如图 1-7(d)所示,那么我们就称这两个正弦量“反相”。

频率不同的正弦量,相位差不是固定值。在此不予讨论。

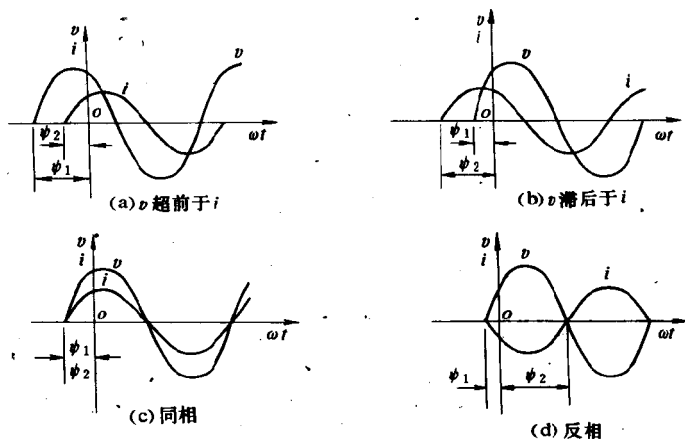


图 1-7 相位差

这里需要指出：

(1) 我们说交流电是从 $t=0$ 时开始计时，这只是一个计算时间的参考点，这个参考点是可以任意选取的。为了方便起见，一般选取坐标的零点为计时起点，但这并不是说电路从 $t=0$ 开始才有电流。在稳态分析中，对于计时起点都应理解为电路工作时间已经足够长，电路各电量都已达到稳定的正弦变化。

(2) 一般把初相位为零的正弦量称作参考正弦量，如 $i = I_m \sin \omega t$ 或 $V = V_m \sin \omega t$ 为简化交流电的分析，也可任意选取一个初相位并不为零的正弦量为参考正弦量，然后再找出其它正弦量与这个参考正弦量之间的相位关系，这样处理不会影响相位关系的计算，它和直流电路中任意选取电路中的某一点作为电位的参考点类似。

3. 交流电的大小及有效值

交流电量的大小可用瞬时值、最大值和有效值来表示。现分别说明于下：

(1) 瞬时值。交流电在任一时刻的实际值叫瞬时值，瞬时值只是从随时间变化的关系上说明某一时刻正弦量的大小。我们规定瞬时

值一律用小写字母表示,如用字母 e 、 v 、 i 分别表示正弦交流电动势、电压和电流的瞬时值。瞬时值是时间的函数,不同时刻其量值不同。

(2) 最大值。交流电在变化过程中所出现的最大瞬时值叫最大值,它是正弦交流电的振幅,通常用大写字母并加注脚 max 的缩写 m 表示,如用字母 E_{m} 、 U_{m} 和 I_{m} 分别表示正弦交流电动势、电压和电流的最大值。

对于正弦交流电量来说,频率反映变化的快慢,初相位反映计时初始的状态,最大值反映振幅的大小,用这三个量就可以把任何一个正弦量随时间变化的基本特征完全描述出来,所以如前所述我们把这三个量叫交流电的三要素。

(3) 有效值。无论从测量上或使用上,用瞬时值或最大值来表示交流电在电路里产生的效果(如热、机械、光等效应)既不确切也不方便。为了使交流电的大小能反映它在电路中做功的效果,电工里常用有效值表示交流电量的量值。如常用的交流电压 220V、380V 等等都是指有效值。

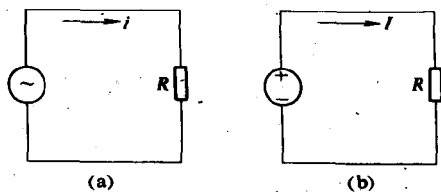


图 1-8 有效值

什么是有效值?简单地说,就是一个交流电流的做功能力相当于某一数值的直流电流的做功能力,这个直流电流的数值就叫该交流电流的有效值。举例来说,在同一全电阻器里,如图 1-8 所示,分别通以交流电流 $i = I_{\text{m}} \sin \omega t$ 和直流电流 I ,在相同的时间里,它们产生的总热量相同,我们就说这两个电流量等效,那么这个直流电流 I 的数值就是该交流电流的有效值。换句话说,交流电的有效值就是与它