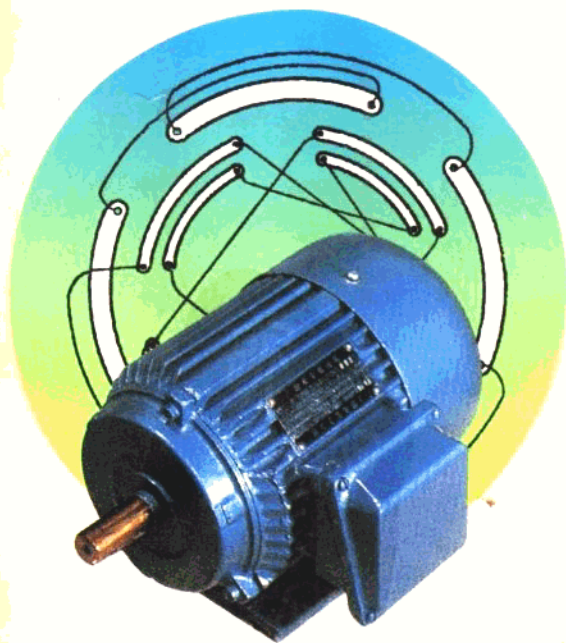


汪国梁 主编

电机 修理

(修订本)



陕西科学技术出版社

电机修理

(修订本)

汪国梁 主编

陕西科学技术出版社

(陕)新登字第 002 号

电机修理

(修订本)

汪国梁 主编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 西北工业大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 14.125 印张 30 万字

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—10,000

ISBN 7-5369-2766-5/TM·35

定 价: 14.60 元

再 版 前 言

《电机修理》一书于1973年出版以来,先后重印过多次,受到了广大读者的欢迎,但随着我国四个现代化建设事业的发展,各种型式的电机得到了越来越广泛的应用,因而原书中的内容已感到不足,为此在修改时充实了多速异步电机、手电钻、鼓风机及电风扇等电机方面的内容,增补和更换了一些新的表格数据。本书以当前应用较为广泛的三相异步电机和电动工具用串激电机为重点,以电机中易损部件绕组等为主,较为详细地介绍了三相异步电机、多速异步电机、电动工具用串激电机、鼓风机和电风扇等电动机的工作原理、基本性能、故障分析和维护检修等方面的内容。此外,对变压器和基本的电磁知识也作了一定的介绍。书后附录部分给出了目前国产几种主要电机的技术数据,可作为修理电机时参考。本书适合工矿企业和农村电工以及有关的工程技术人员学习,亦可作为中等专业学校电类专业师生教学参考。

参加本书编写和修订工作的还有:董伯祥、马忠顺、吴寿春、肖耀富、赵继荣、励庆孚、阎治安、徐云官、张宝琦、王彩堂、刘宪同志。

由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,希望读者批评指正。

目 录

第一章 电磁的基本知识	(1)
第一节 电磁基本现象	(1)
第二节 单相正弦交流电	(13)
第三节 三相交流电	(18)
第二章 异步电动机的工作原理，铭牌及型号介绍， 故障分析	(23)
第一节 异步电动机的简单工作原理	(23)
第二节 铭牌介绍	(25)
第三节 产品型号编制意义	(27)
第四节 异步电动机的一般故障情况	(28)
第五节 常见三相交流绕组故障分析	(34)
第三章 异步电动机的局部修理	(43)
第一节 电动机的正确拆装	(43)
第二节 轴的修理	(46)
第三节 轴承	(47)
第四节 转子断条修理	(51)
第五节 机壳裂纹修理	(52)
第六节 绕组绝缘不良	(53)
第七节 绕组接地	(54)
第八节 绕组短路	(56)
第九节 绕组开路	(60)
第十节 损坏线圈的穿绕修补	(61)
第十一节 电动机绕组始端和末端的判断	(62)
第十二节 短路测试仪器的简单计算	(64)

第四章 定子绕组的全部拆换	(68)
第一节 查明电机使用和损坏的情况	(68)
第二节 记录铭牌和原有数据	(68)
第三节 拆除旧绕组	(70)
第四节 做绕线模	(72)
第五节 绕线	(74)
第六节 配置定子槽绝缘	(76)
第七节 下线	(78)
第八节 接线与引线	(84)
第九节 线头的焊接	(87)
第十节 绕组的浸漆与烘燥	(95)
第十一节 大电机成型绕组的修理	(100)
第十二节 绕线式转子的修理	(105)
第十三节 检查试验	(109)
第十四节 同步发电机的修理	(114)
第五章 交流电机绕组	(117)
第一节 单层链式绕组	(118)
第二节 单层交叉链式绕组	(126)
第三节 单层同心式绕组	(128)
第四节 双层全距叠绕组	(132)
第五节 双层短距叠绕组	(134)
第六节 多极电机绕组	(141)
第七节 单、双层混合绕组	(144)
第八节 同心式双层叠绕组	(149)
第九节 波绕组	(151)
第十节 分数槽绕组	(155)
第六章 多速电机绕组	(159)
第一节 绕组变极的方法	(160)

第二节	反向法的接线	(168)
第三节	变极前后的功率和转矩	(173)
第七章	旋转磁场	(177)
第一节	三相电流流入三相绕组产生旋转磁势	(177)
第二节	旋转磁势的性质	(181)
第三节	圆形和椭圆形旋转磁势	(185)
第八章	三相异步电机定子绕组的简单计算	(189)
第一节	定子绕组匝数的计算	(189)
第二节	导线截面积的计算	(202)
第三节	改极计算	(209)
第四节	绕线模心尺寸的简单计算	(213)
第九章	异步电动机的简要性能与测试方法	(217)
第一节	异步电动机的转矩与输出功率	(217)
第二节	异步电动机的损耗和效率	(223)
第三节	异步电动机的功率因数	(227)
第四节	异步电动机的起动特性	(230)
第五节	电机的温升	(234)
第十章	手电钻等电动工具的检修	(240)
第一节	工作原理与简要性能	(240)
第二节	转子绕组	(247)
第三节	一般故障情况	(254)
第四节	转子绕组开路故障的检修	(259)
第五节	转子绕组短路故障的检修	(265)
第六节	转子绕组通地故障的检修	(269)
第七节	元件反接或焊头位置错误	(273)
第八节	定子绕组故障的检修	(282)
第九节	换向器的检修与拆换	(286)
第十节	电刷	(290)

附表 8 JO 系列异步电机技术数据	(368)
附表 9 J2 系列异步电机技术数据	(374)
附表 10 JO2 系列异步电机技术数据	(378)
附表 11 J1Z 系列电钻技术数据 (老系列)	(386)
附图 1~8 J1Z 系列电钻转子绕组图	(388)
附表 12 电动工具用交直流两用串激电机技术数据	(392)
附图 9~12 电动工具用交直流两用串激电机转子绕组图	(394)
附表 13 U 型单相串激电机技术数据	(396)
附表 14 SU 型交直流两用串激电动机技术数据	(397)
附图 13~19 U 型及 SU 型串激电机转子绕组图	(398)
附表 15 G 型单相串激电动机技术数据	(402)
附图 20~25 G 型单相串激电动机转子绕组图	(403)
附表 16 G 系列单相串激电动机技术数据	(406)
附表 17 G 系列单相串激电动机主要性能	(408)
附表 18 JDO2 多速电动机技术数据	(411)
附表 19 JO3 系列铝线电动机技术数据	(412)
附表 20 常用电磁线和绝缘材料	(416)
附表 21 台、吊扇电动机技术数据	(418)
附表 22 JX 系列单相电容运转异步电机技术数据	(420)
附表 23 JX 系列单相电容运转异步电动机绕组排列方法	(422)
附表 24 JY 系列单相电容起动异步电动机技术数据	(424)
附表 25 JZ 系列单相电阻起动异步电动机技术数据	(426)
附表 26 正弦绕组分布	(428)
附表 27 Y 系列异步电机技术数据	(432)

第一章 电磁的基本知识

在电机修理的实践中,时刻都要接触到各种电磁现象,为了用理论来指导和解决电机修理实践中的各种问题,我们必须了解和掌握这些电磁现象。本章对其中一些基本的规律性的认识作一简单介绍。

第一节 电磁基本现象

一、磁现象和磁的性质

大家都熟悉永久磁铁有以下两个基本的特性:

1. 有两个磁极,即北极(也称为 N 极)和南极(也称为 S 极)永远同时存在。
2. 同极性相斥,异性性相吸。

如果在一条形磁铁上面放块玻璃或纸板,然后撒一些铁屑,就会看到铁屑因受到磁铁的

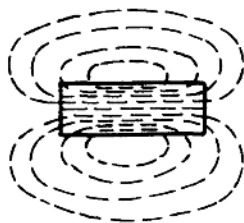


图 1-1

引力,排成如图 1-1 所示的线条。很明显,在磁铁周围的一定范围内,铁屑受到磁铁磁性的影响。磁铁所能影响的范围,就是我们经常所说的磁铁的磁场。

铁屑在磁场中会有规律地排列成线条,给我们提示了一

个用形象化的方法来描绘磁场，这就是画磁力线。虽然磁力线仅是一种假想的概念，但它能直观地、有效地帮助我们进行大量电磁现象和电磁过程的分析研究，因此，它是分析电机磁场的一个有效的工具。

从上面介绍的一些磁现象，人们从实践经验中，得出磁力线有以下的特点：

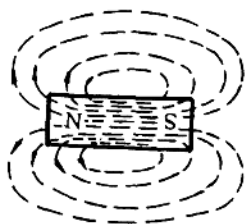


图 1-2

1. 磁力线总是由北极发出，而进入南极，在磁铁内部，再由南极又回到北极。因此，磁力线总是无头无尾，构成一个闭合的环路，如图 1-2 所示。

2. 磁力线像有弹性的橡皮筋一样，具有缩短自己长度的倾向，这就是异性磁极相吸的原因，如图 1-3 所示。

3. 磁力线互不交叉，并具有互相向侧面排斥的倾向，这就是同性磁极相斥的原因，如图 1-4 所示。

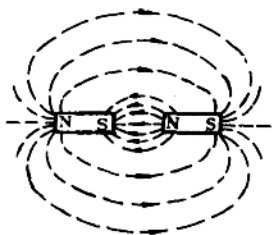


图 1-3

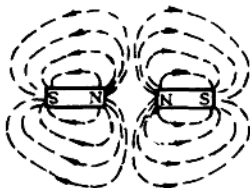


图 1-4

4. 磁力线的疏密程度通常表明了磁场的强弱：在磁场强

的地方磁力线比较密；在磁场较弱的地方磁力线比较疏；磁场均匀的地方，磁力线疏密均匀并互相平行。

前面讲到，磁极会发出许多磁力线，而且磁力线是一根一根的线条，为了定量地进行分析，我们引入磁通这个物理量。

磁通就是通过某一面积内的磁力线数。磁力线既然是一根一根的线条，所以磁通可以用多少根“线”来做单位。譬如，像图 1-5 所示那样，若有一万根磁力线通过该垂直面，我们就可以说这个磁极的磁通为一万线。除线这个单位外，磁通

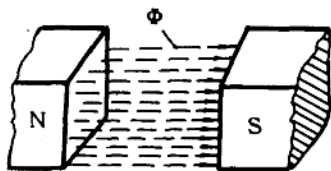


图 1-5

还有别的单位，其中“马克士威”（简称“马”）和“韦伯”（简称“韦”）是最通用的单位。它们两者有如下关系：

$$1 \text{ 韦} = 10^8 \text{ 马}$$

磁通有时不能完全说明问题，因为磁通是通过某一面积的磁力线的总和，不能说明在这一面积上磁力线分布的疏密情况，所以有必要用单位面积的磁力线数来表示。单位面积内通过的磁力线数（该面积与磁通垂直），就叫做磁通密度。

磁通一般用字母 Φ 代表，磁通密度一般用字母 B 代表，如用 S 表示磁通所通过的垂直面积，那么磁通密度可写成：

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

式中： B ——磁通密度，韦/米²；

Φ ——磁通，韦；

S ——磁通所通过的垂直面积，米²。

如果磁通用马做单位，面积用平方厘米做单位，那么磁通密度的单位就是马/厘米²。马/厘米²一般都是用“高斯”这个单位来代表，因为 $1 \text{ 韦} = 10^8 \text{ 马}$ ， $1 \text{ 米}^2 = 10^4 \text{ 厘米}^2$ ，所以

$$1 \text{ 韦} / \text{米}^2 = \frac{10^8}{10^4} \text{ 马} / \text{厘米}^2 = 10^4 \text{ 高斯}$$

在国际单位制中，磁通密度单位的新名称叫“特斯拉”，简称为“特”。磁通密度各单位之间的转换关系为

$$1 \text{ 特斯拉} = 1 \text{ 韦} / \text{米}^2 = 10^4 \text{ 高斯}$$

二、电磁感应现象

科学实验证明了磁和电是一对矛盾，有着非常密切的联系。在一定条件下，磁可以生电，电也可以生磁。首先我们来谈一谈磁怎样生电，请看下面的实验：

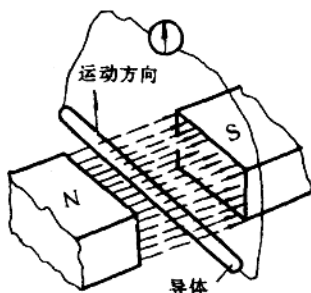


图 1-6

把一根导线两端接一个电流表，构成闭合回路，当导线在磁场中切割磁力线运动时，电流表指针发生偏转，如图 1-6 所示。

以上试验表明，当导体切割磁力线或者在导体周围的磁场发生变动时，就会在导体中产生推动电流的力量，这种现象叫做电磁感

应，推动电流的力量叫做感应电动势，通常用字母 e 来代表。

导体中感应电动势的大小决定于：

1. 磁场的磁通密度 B 。因为磁通密度 B 越大，在一定时

间内导线切割的磁通也越多。

2. 导线在磁场中的运动速度 v 。因为导线的运动速度越高，在一定时间内导线切割的磁通就越多。

3. 导线的有效长度 l （即位于磁场范围内的导线长度）。同样，因为导线越长，切割的磁通也越多。

所以，当磁通密度、导线和它的运动方向三者彼此互相垂直时，导体中感应电动势的大小等于磁通密度、导线的有效长度和导线的运动速度这三者的乘积，即：

$$e = Blv \quad (1-2)$$

式中 B 的单位用韦/米²， l 的单位用米， v 的单位用米/秒，则感应电动势 e 的单位用伏特。但若各量的单位取为： B —高斯， l —厘米， v —厘米/秒，而 e 的单位仍取用伏特，则式 1-2 应改为如下形式，即：

$$e = Blv \times 10^{-8}$$

(1-3)

感应电动势的方向，采用发电机右手定则来确定，如图 1-7 所示。伸出

右手，手掌朝向磁场的 N 极，即使磁力线穿过手心，使拇指指着导线运动方向，那么四指的指向就是感应电动势的方向。

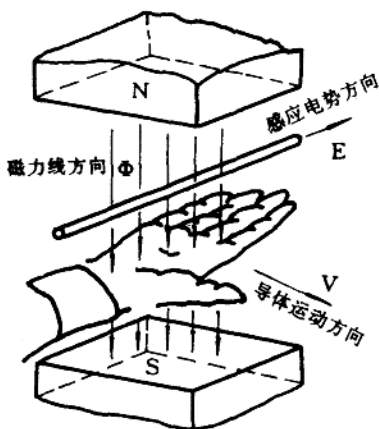


图 1-7

感应电动势的大小还可以用另外的方法表示。如果将图

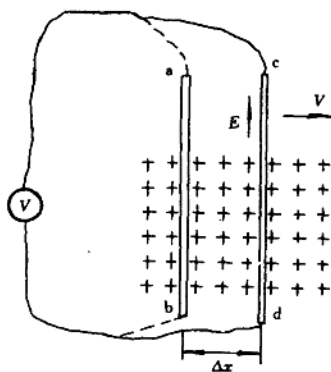


图 1-8

1-6改为图 1-8 的形式，图中“+”表示磁力线方向是流入纸面的，环路的 ab 边表示导线 l ，若导线 l 在 Δt 的时间内均匀移动了 Δx 的距离到 cd 处，则穿过回路的磁通增加量为 $\Delta\Phi = B \cdot l \cdot \Delta x$ ，若将等式两边同除以时间 Δt ，则：

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Bl \frac{\Delta x}{\Delta t} = Blv = e'$$

式中导体运动速度

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

所以

$$e' = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1-4)$$

式中 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 为单位时间内穿过回路的磁通的变化量，通常称为磁通变化率。上述闭合回路相当于一匝线圈，即匝数 $W=1$ ，若穿过 W 匝线圈的磁通发生变化时，则每匝都将产生感应电势，所以总的感应电势将为一匝线圈的 W 倍，即

$$e = W \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1-5)$$

三、直流发电机的原理和直流电路

直流发电机就是根据导线在磁场中运动切割磁力线而感应出电动势的原理制成的。图 1-9 表示直流发电机的原理图，在磁场中转动的转子表面上分布着很多线圈，现为简化图面

仅画出其中一匝来说明其原理。转子在磁场中可自由旋转，转子上的线圈两端接有两个铜的半环 1 和 2，两个半环之间是互相绝缘的，电刷 5 压在两个半环上。当外力拖动转子旋转时，线圈的两条边 3 和 4 将切割磁力线而产生感应电势。因为导体 3 和 4 交替在 N 极和 S 极下，所以导体中感应的电势方向是交变的，但由于半环的作用，使电刷始终与固定极面下的导体相连接，所以从电刷引出的是方向不变的电流，这就是通常所说的直流电。由于半环的存在，将方向交变的电流变成为方向不变的电流，所以我们称半环为换向器（或整流子）。

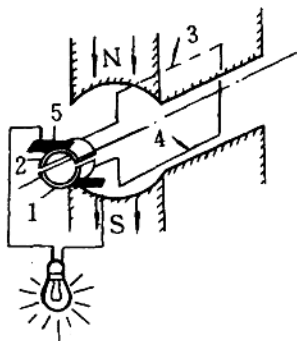


图 1-9

但是，在工程上实际应用的直流发电机，远不像图 1-9 所示的那样简单。为了满足实际上的需要，总是在转子上增加一些线圈，使它们均匀地分布在圆周上，并把它们适当地和换向器联接起来。

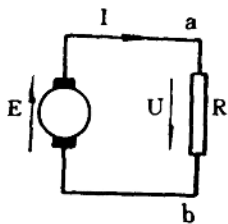


图 1-10

直流发电机一般作为直流电源，若把它和电灯等联接起来，就构成直流电路，如图 1-10 所示。图中 E 表示直流发电机发出的电势， R 表示负载电阻（电灯等），单位为欧姆。在电势 E 的作用下，电路中将有电流通过，电流通常用字母 I 表示，

单位为安培。

大家知道，水是由高水位向低水位的地方流，两水位之差叫做水位差。同样在电路中，电流也是从高电位点流向低电位点，这两点间的电位之差，称为电位差，通常我们把电位差叫做电压。例如图 1-10 中，a、b 两点间的电位差就是 a、b 两点间的电压。电压通常用字母 U 表示，单位为伏特。

在图 1-10 所示的电路中，通过实验证明，流过电阻的电流 I 的大小与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 的大小成反比，可用数学式子表示如下：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式 1-6 是电工理论中基本定律之一，就是通常所称的欧姆定律，对分析和计算电路有重大意义。

四、电流产生磁场

前面讲过，永久磁铁可以产生磁场，但目前大多数电机中都不采用永久磁铁，那么电机中的磁场是如何产生的？人们在实践的基础上，发现了电流可以产生磁场。

我们可以通过下面的试验观察电流所产生的磁场，分析研究磁力线的方向和分布情况，磁力线和电流之间的关系等问题。

将一根长直导线垂直地穿过纸板，纸板上撒些铁屑，然后使电流通过导线，并轻敲纸板，这样铁屑在电流磁场的作用下，会有规则地围绕导线形成许多同心圆环，如图 1-11 所示。这些圆环似的磁力线方向，可用小磁针来测定（图 1-12）。小磁针 N 极所指的方向就是磁力线的方向。如果把导线中的电流方向改变，则磁针所指示的磁力线方向也随着改变。