

培训和自学课本

# 感应电动机修理

章寿朴 编著

上海翻译出版公司

机械工业出版社

# 感应电动机修理

张明 主编

机械工业出版社

# 感应电动机修理

(培训和自学课本)

章寿模 编著

上海新华书店公司

## 内 容 提 要

本书从三相交流电的基础知识开始，继以感应电动机的原理，再按修理程序介绍操作工艺。实践与理论相结合，深入浅出，说理透彻。其中，关于旋转磁场的产生、绕组节距为何比极距有增减、绕组布线的原则和规律、拆除旧绕组时如何正确鉴定其各种参数、如何纠正新嵌绕组中的断线和极性错误、通用电动机的绕线工艺等关键性问题的阐述，以及直观性特强的彩色绕组布线图都有独特的创新。对所有问题，包括操作的方法和规则，都讲清一个“为什么”。

本书可供广大电工和具有初中文化水平的电工艺徒，以及参加生产实践的学校师生参考，本书既可用于培训教材，也可作为自学课本。

## 感 应 电 动 机 修 理

(培训和自学课本)

章寿模 编著

上海翻译出版公司

(上海复兴中路 597 号)

本书由上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 11.125 字数 248,000。

1988年1月第1版 1988年1月第1次印刷

印数 1—15,000

ISBN 7-80514-090-1/TM·19 定价：3.10 元

## 前 言

关于电动机修理的书籍已出版很多,各有特色,但对绕组的布线和操作工艺一般都讲得比较简单;尤其对绕组布线的原则和规律,以及为什么要这样操作的道理,很少提及。此外,修理电动机除了掌握操作技术外,还必须具有一定的理论基础。否则,单纯地摹仿操作,不仅技术难以提高,还容易发生错误。只有掌握了理论知识和绕组布线规律,才能举一反三,触类旁通,既保证修理质量,又提高生产效率。

为此,本书从三相交流电的基础知识开始,继以感应电动机的原理,再按修理程序介绍操作工艺。结合实际操作,反复说明为什么要这样操作的道理,俾使读者既知其然,又能知其所以然。

在每道工序中,尽量指出应该注意之点和估计可能发生的问题,并介绍解决这些问题的方法和道理,以利于读者对知识和技术的掌握。按修理程序编排内容,便于读者做到哪里如发生问题,就到那里去找解决问题的方法。

本书对“极距”与“节距”的关系、为什么节距比极距有增减、绕组布线的原则和规律,以及拆除旧绕组时如何鉴定绕组的类型、极数、连接方式等关键性问题,都作了较详细的阐述。

为了有助于读者正确地嵌线和接线,本书特加编了一章绕组布线的彩色范例图;图物相似,“相”、“组”分明,直观易懂。并详细介绍了各种类型、不同槽数、不同极数绕组布线的计算,以及嵌线的具体顺序。俾使读者能从中归纳出线圈排

列的原则和规律，从而对其它不同或特殊规格的绕组能自行设计。

限于作者的水平有限，书中难免有欠妥之处，谨希指正，不胜感激。

章寿模谨识

一九八七年三月

# 目 录

第一章	三相交流电的基础知识 .....	1
§1.1	单相交流电 .....	1
§1.2	三相交流电 .....	2
§1.3	三相交流电的线路 .....	4
§1.4	交流电的电压和电流强度 .....	8
§1.5	三相交流电的电压 .....	9
§1.6	三相交流电的两种接法 .....	12
§1.7	交流电的功率 .....	13
第二章	三相感应电动机的原理 .....	15
§2.1	电动机的种类 .....	15
§2.2	旋转磁场的产生 .....	16
§2.3	旋转磁场对导体的感应作用 .....	20
§2.4	三相感应电动机的基本原理 .....	22
§2.5	三相感应电动机的转速 .....	22
§2.6	三相感应电动机的转动方向 .....	27
§2.7	三相感应电动机的两种接法 .....	27
§2.8	三相感应电动机的功率 .....	29
第三章	三相感应电动机的结构 .....	31
§3.1	三相感应电动机的结构名称 .....	31
§3.2	电动机的铭牌 .....	32
§3.3	转子的结构 .....	35
§3.4	定子的结构 .....	36

§3.5	定子绕组的分类、连接和排列	37
§3.6	绕组的参数和计算	45
§3.7	分数槽绕组	55
§3.8	双速感应电动机绕组	59
<b>第四章</b>	<b>三相感应电动机的修理</b>	<b>65</b>
§4.1	修理工序和需用工具材料	65
§4.2	电动机的拆卸	66
§4.3	电动机的装配	73
§4.4	检查故障	76
§4.5	故障原因和一般处理方法	84
§4.6	转子故障检修	87
§4.7	查测和记录绕组数据	89
§4.8	拆除线圈	94
§4.9	清洁线槽和整理铁心	95
§4.10	切放槽绝缘纸和削槽楔	96
§4.11	绕制线圈	98
§4.12	嵌线	100
§4.13	隔相	105
§4.14	线圈的焊接	105
§4.15	初步校验和修整方法	112
§4.16	敲喇叭口和包扎	118
§4.17	试车和最后校整	119
§4.18	干燥、浸漆、烘干	120
<b>第五章</b>	<b>更改绕组数据的计算</b>	<b>124</b>
§5.1	更改额定电压	124
§5.2	更改极数	131



§5.3	更改并联支路数 .....	135
§5.4	铝线绕组改为铜线绕组 .....	136
§5.5	更改绕组的形式或类型 .....	137
<b>第六章</b>	<b>几种其它常用电动机简介 .....</b>	<b>139</b>
§6.1	单相感应电动机 .....	139
§6.2	罩极式感应电动机 .....	145
§6.3	同步电动机 .....	151
§6.4	电钟用小型同步电动机 .....	153
§6.5	交直流两用串激式电动机 .....	153
§6.6	通用电动机绕组的修理 .....	158
<b>第七章</b>	<b>自制工具设备的制作 .....</b>	<b>171</b>
§7.1	清槽、嵌线用零星小件工具 .....	171
§7.2	绕线模 .....	173
§7.3	电动拆线机 .....	178
§7.4	简易碰焊器 .....	180
§7.5	短路测试器 .....	182
§7.6	降压起动设备 .....	187
§7.7	烘箱 .....	189
<b>第八章</b>	<b>电动机绕组布线接线图范例 .....</b>	<b>193</b>
§8.1	图例说明 .....	193
§8.2	绕组布线图的画法 .....	194
§8.3	二极12槽布线接线图 .....	195
§8.4	二极18槽布线接线图 .....	196
§8.5	二极24槽布线接线图 .....	200
§8.6	二极30槽布线接线图 .....	202
§8.7	二极36槽布线接线图 .....	203

§8.8	二极42槽布线接线图 .....	205
§8.9	四极12槽布线接线图 .....	206
§8.10	四极18槽布线接线图 .....	208
§8.11	四极24槽布线接线图 .....	209
§8.12	四极30槽布线接线图 .....	212
§8.13	四极36槽布线接线图 .....	213
§8.14	四极48槽布线接线图 .....	219
§8.15	四极60槽布线接线图(四路并联) .....	221
§8.16	六极18槽布线接线图 .....	222
§8.17	六极27槽布线接线图 .....	224
§8.18	六极36槽布线接线图 .....	225
§8.19	六极45槽布线接线图 .....	228
§8.20	六极54槽布线接线图(六路并联) .....	229
§8.21	八极24槽布线接线图 .....	230
§8.22	八极36槽布线接线图 .....	232
§8.23	八极48槽布线接线图 .....	233
§8.24	八极54槽布线接线图(二路并联) .....	236
§8.25	八极60槽布线接线图(二路并联) .....	237
§8.26	八极72槽布线接线图(四路并联) .....	238
§8.27	十极60槽布线接线图(五路并联) .....	239
§8.28	特殊绕组布线接线图 .....	240
§8.29	单相二极16槽布线接线图(JX06A-2型)·	243
§8.30	单相二极18槽布线接线图(JZ08A-2型)·	244
§8.31	单相二极24槽布线接线图(JY09A-2型)·	245
§8.32	单相四极16槽单层布线接线图(JX05A-4型) .....	246
§8.33	单相四极16槽双层布线接线图(JX06A-4型)	

.....	247
§8.34 单相四极24槽布线接线图(JY09A-4型)·	248
§8.35 单相四极36槽布线接线图(JZ1B-4型)···	249
附录一 思考题解答 .....	250
附录二 各系列电动机技术数据表·····	256
附表2-1 J系列三相异步电动机技术数据	
附表2-2 J和J0系列电动机的外形尺寸	
附表2-3 J2系列三相异步电动机技术数据	
附表2-4 J0系列三相异步电动机技术数据	
附表2-5 三相异步电动机定子、转子间气隙值参考表	
附表2-6 J02系列三相异步电动机技术数据	
附表2-7 J2和J02系列电动机的外形尺寸	
附表2-8 J03系列三相异步电动机技术数据	
附表2-9 JW系列微型三相异步电动机技术数据	
附表2-10 JW系列分马力三相异步电动机技术数据	
附表2-11 Y、Y-L系列与J02系列三相异步电动机功 率等级对照表	
附表2-12 Y系列(IP44)三相异步电动机主要参数表	
附表2-13 Y系列三相异步电动机性能数据	
附表2-14 Y系列三相异步电动机外形尺寸	
附表2-15 Y系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据	
附表2-16 JX系列单相电容运转电动机技术数据	
附表2-17 JY系列单相电容起动电动机技术数据	
附表2-18 JZ系列单相分相电动机技术数据	
附表2-19 220伏电钻用单相通用电动机技术数据	

### 附录三 常用电磁线、绝缘材料、轴承参考表

.....332

- 附表3-1 常用绝缘材料名称、型号、用途参考表
- 附表3-2 常用绝缘漆名称、型号、性能、用途参考表
- 附表3-3 圆裸铜电磁线规格表
- 附表3-4 各种电磁线型号、名称表
- 附表3-5 漆包圆电磁线绝缘层厚度参考表
- 附表3-6 常用球轴承规格表
- 附表3-7 轴承尺寸与代号对照表

# 第一章

## 三相交流电的基础知识

### §1.1 单相交流电

从物理学的研究得知：当一根导线在磁场里作切割磁力线运动时，导线里就会产生感生电动势。感生电动势的大小跟单位时间内所切割磁力线的条数成正比；从而又跟磁感应强度、导线长度、切割速度，以及切割方向与磁力线方向之间夹角的正弦成正比。它的方向决定于磁力线方向和切割方向，可用右手定则推导。

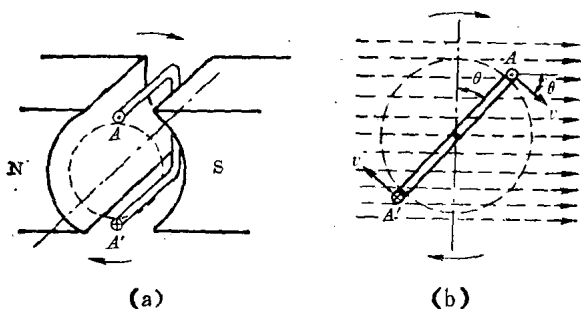


图 1-1 产生交流电的示意图

当一个矩形线圈在匀强磁场里绕着它的中心轴匀速转动时(见图1-1)，由于切割磁力线的方向在周期性地变化，感生电动势的量值和方向也作周期性的变化。设线圈从垂直于磁场的中性面位置开始转动，它的变化可用下列函数式表示：

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin\theta = \mathcal{E}_m \sin\omega t \quad (1-1)$$

式中  $\mathcal{E}_m$ ——感生电动势的最大值，称为辐值；

$\omega$ ——匀速转动的角速度；

$\theta$ ——切割方向与磁力线方向间的夹角，也就是线圈  
从中性面位置开始所转过的角度。

公式(1-1)还可以画成图1-2所示的振动图线。

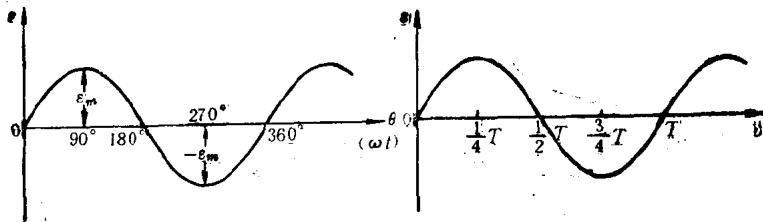


图 1-2 单相交流电动势的振动图线

它不仅表示了感生电动势量值的变化，而且还能表示方向的变化。这种周期性变化的电动势所形成的电流称为“交流电”。

感生电动势的变化每循环一次所经历的时间，也就是线圈每转过 $360^\circ$ 所经历的时间称为交流电的周期，用符号  $T$  表示；每秒钟循环的次数称为交流电的频率，用符号“ $f$ ”表示，它的单位是“赫”，用符号 Hz 表示。周期与频率的关系是：

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-2)$$

发电厂发出的交流电，其频率一般分 50Hz、60Hz 两种。解放后，我国统一采用 50Hz，这样输出的单路交流电称为“单相交流电”。

### §1.2 三相交流电

如果在磁场里转动的线圈不止一个而有三个，并且它们的位置不同，它们的平面互相成  $120^\circ$  的夹角，如图 1-3 所示的  $AA'$ 、 $BB'$ 、 $CC'$ 。

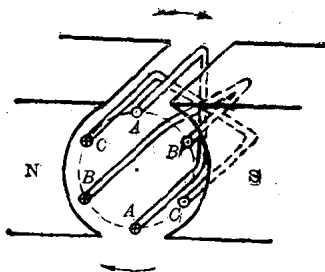


图 1-3 产生三相交流电的示意图

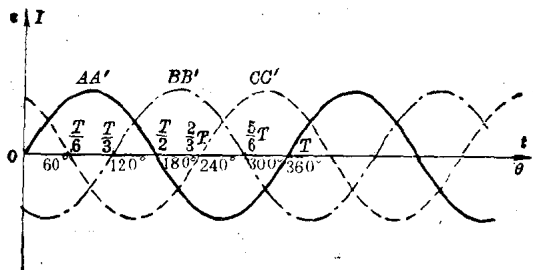


图 1-4 三相交流电动势和电流的振动图线

三个线圈都能独立地产生感生电动势，各自对外输出交流电。它们所产生的感生电动势可分别用下列函数式表示，

$$\begin{cases} \mathcal{E}_{AA'} = \mathcal{E}_m \sin \theta = \mathcal{E}_m \sin \omega t \\ \mathcal{E}_{BB'} = \mathcal{E}_m \sin(\theta - 120^\circ) = \mathcal{E}_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ \mathcal{E}_{CC'} = \mathcal{E}_m \sin(\theta - 240^\circ) = \mathcal{E}_m \sin(\omega t - 240^\circ) \end{cases} \quad (1-3)$$

式中的 $\theta$ 表示线圈 $AA'$ 从中性面开始转过的角度。

怎样来理解 $\mathcal{E}_{BB'}$ 的 $\sin(\theta - 120^\circ)$ 和 $\mathcal{E}_{CC'}$ 的 $\sin(\theta - 240^\circ)$ 呢？只要这样设想：当线圈 $AA'$ 从中性面的位置开始转过 $120^\circ$ 时，线圈 $BB'$ 正好转到中性面的位置。从这时起它的感生电动势 $\mathcal{E}_{BB'}$ 将作与 $\mathcal{E}_{AA'}$ 从中性面开始的相同变化。这说明线圈 $BB'$ 的位置比线圈 $AA'$ 落后 $120^\circ$ 。换句话讲，线圈 $BB'$ 的位置要加了 $120^\circ$ 才能与线圈 $AA'$ 相同，所以线圈 $BB'$

的位置应该是线圈  $AA'$  的位置减去  $120^\circ$ 。同理得  $\mathcal{E}_{CC'}$  的  $(\theta - 240^\circ)$ 。

将公式(1-3)中的三个函数图线画在同一幅图上以便比较,可得图1-4所示的三相交流电动势和电流的振动图线。

虽然三个线圈里的感生电动势都同样随时间按正弦函数变化,但各个线圈里感生电动势的量值、方向和变化趋势(变大或变小),在任何时刻都不同。电工技术的术语称它们的“相位”不同。它们对外输出的具有这种关系的三路交流电称为“三相交流电”。

图中的横坐标既可表示  $\theta$ ,也可表示  $t$ 。纵坐标表示  $\mathcal{E}$ 。如果负载是相等的纯电阻,纵坐标也可表示对外输出的交流电的电流强度  $I$ 。如果负载是相等的感抗,每个“相”里的电流的变化以及三个“相”里电流之间的关系仍可用图 1-4 所示的图线来表示,所不同的只是电流的“相位”落后于电压,只需把纵坐标轴向左移一定距离。

三个线圈里的感生电动势以及对外输出的三路交流电的“相位”不同,它们的差值称为“相位差”,在电工技术上就用图 1-4 上所示的角度差来表示,这角度在电工术语中称为“电角度”(详见§3-6)。由图 1-4 可见: $\mathcal{E}_{BB'}$  的“相位”比  $\mathcal{E}_{AA'}$  落后  $120^\circ$  电角度, $\mathcal{E}_{CC'}$  的“相位”比  $\mathcal{E}_{BB'}$  又落后  $120^\circ$ ,比  $\mathcal{E}_{AA'}$  落后  $240^\circ$ 。由于正弦函数以  $360^\circ$  为周期,因此也可认为  $\mathcal{E}_{AA'}$  的“相位”比  $\mathcal{E}_{CC'}$  落后  $120^\circ$ 。

### §1-3 三相交流电的线路

三相交流发电机的三条输出电路按理需要六根导线。如果将三相线圈的尾端  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  并在一起,合用一根导线接到用电处,作为三条电路的公共闭合回路,如图1-5中的  $OO'$ , 这样六根导线就可节省为四根。公共闭合回路称为“中性线”,



其余三根称为“相线”。

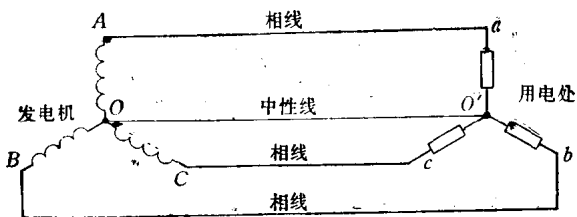


图 1-5 三相四线制供电线路图

中性线 $OO'$ 里的电流是多大呢？应该是三相里的电流之和；其具体推导方法有下列三种：坐标叠加法、三角学法、“相量”（旋转矢量）合成法。现分三相负载相等和不相等的两种情况，分别用三种方法来讨论。

### 一、第一种情况——三相负载相等

例如工业上三相电动机的用电情况，就是属于这种情况。

在三相负载相等的情况下，各“相”里电流强度之间的关系与电动势之间的关系完全相同，也可写成下列函数式：

$$\begin{cases} I_{A'a'} = I_m \sin \omega t \\ I_{B'b'} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ I_{C'c'} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ) \end{cases} \quad (1-4)$$

函数曲线与图 1-4 相同。

#### 1. 坐标叠加法

用尺量出各条曲线在任何同一时刻的纵坐标值（即  $I$  的量值），然后求它们的代数和，所得结果是任何时刻的代数和都等于零。这说明在中性线 $OO'$ 里任何时刻的电流强度都是零。

#### 2. 三角学法

$$I_{OO'} = I_{A'a'} + I_{B'b'} + I_{C'c'}$$