

# 中小型三相异步电动机电磁计算程序

王丽芳

山西防爆电机(集团)有限公司,山西长治(046011)

关键词 电磁计算;编程;公式化

中图分类号 TM343+.2 文献标识码 A 文章编号 1008-7281(2010)06-0024-03

## Electromagnetic Calculation Program of Small and Medium-Sized Three-Phase Induction Motor

Wang Lifang

Key words Electromagnetic calculation programming formulation

### 0 引言

国内中小型电机行业进行异步电动机电磁计算时,原来都是采用某所的中小型三相异步电动机电磁计算程序(手算程序);如今均采用计算机进行计算,这就是涉及到编程问题,而手算程序中很多计算要找曲线和表格,这就给编程带来了很大不便,只有将曲线和表格公式化后才能更方便编程人员编程,但在公式化处理上由于编程人员的不同理解采用的公式化处理也略有不同,本文提供了参数的计算公式和改进后的计算流程,由手算四个迭代过程减少为三个。

### 1 电磁计算程序中的几个数据计算讨论

1.1 通风道损失宽度  $bk'$ ; 铁心有效长  $l_{eff}$ ; 铁心长  $l$ ; 通风道宽度  $bk$ ; 通风道数  $nk_1$ ; 气隙  $g$ 。

有定、转子径向通风道,两者不交错时:  $l_{eff} = l - nk_1 \times bk'$

$bk'$ 是关于气隙  $g$ 的一条曲线,如图1所示。

从图1看出,通风道损失宽度  $bk'$ 是关于气隙  $g$ 的一条函数曲线,原来没有直接的计算公式,每次计算铁心有效长  $l_{eff}$ 用到  $bk'$ 的时候,就得查这条曲线,查这条曲线是件比较麻烦的事情。

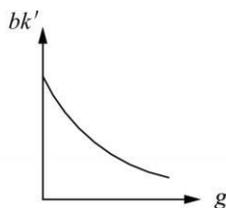


图1 通风道宽度与气隙的曲线图

经过一系列的推导得出通风道损失宽度  $bk'$

的计算公式如下

$$bk' = (bk)^2 / (bk + 5 \times g / 2)$$

通风道损失宽度  $bk'$ 就用以上一个公式得以很方便的计算。

#### 1.2 节距漏抗系数 $K_{u1}, K_{L1}$

$K_{u1}, K_{L1}$ 为节距漏抗系数,曲线图见图2或见表1。

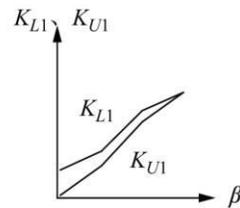


图2 节距漏抗系数曲线图

表1 三相60°相带常用节距漏抗系数对比表

漏抗系数	短距系数			
$\beta$	0.667	0.778	0.833	0.888
$K_{u1}$	0.750	0.830	0.870	0.912
$K_{L1}$	0.810	0.872	0.905	0.934

$\beta$ 为定子线圈的短矩系数。

表1为三相60°相带常用节距漏抗系数  $K_{u1}$ 、

$K_{L1}$ 。

经过一系列的推导得出以下公式

$$\text{当 } 2/3 \leq \beta \leq 1 \text{ 时, } K_{u1} = (3\beta + 1) / 4, K_{L1} = (9\beta + 7) / 16$$

$$\text{当 } 1/3 \leq \beta \leq 2/3 \text{ 时, } K_{u1} = (6\beta - 1) / 4, K_{L1} = (18\beta + 1) / 16$$

$$\text{当 } 0 < \beta \leq 1/3 \text{ 时, } K_{u1} = 3\beta / 4, K_{L1} = (9\beta + 4) / 16$$

以上计算公式完全可以替代图2或表1。

#### 1.3 定子谐波漏抗计算系数 $\Sigma S$

定子谐波漏抗计算系数  $\Sigma S$ 是关于  $\beta$ 及  $q$ (每极每相槽数)的一条很复杂的曲线,鉴于此就不在这里画了。

经过推导得出以下公式

$$\sum S = \sum (Kdp^y / \gamma)^2$$

$Kdp^y$  -  $y$ 次谐波的绕组系数,  $y$ 是谐波次数  
如 5, 7, 11, 13, 17, 19等。

5次谐波的短距系数:  $k_{p5} = \sin(5 \times y1/\tau \times 90^\circ)$

7次谐波的分布系数:  $k_{d7} = \sin(7 \times q\alpha/2) / q \sin(7 \times \alpha/2)$

$$\sum S = [\sin(5 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + [\sin(7 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + [\sin(11 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + [\sin(13 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + [\sin(17 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + [\sin(19 \times y1/\tau \times 90^\circ)]^2 + \dots$$

#### 1.4 转子谐波漏抗计算系数 $\sum R$

转子谐波漏抗计算系数  $\sum R$ , 是关于  $Q2p$  的一条复杂的曲线, 鉴于此也不在这里画了。 $Q2$ 为转子槽数,  $p$ 为电机极数。

经过推导得出以下公式

$$\sum R \approx 5 \times (p/Z_2)^2 / 6$$

式中,  $p$ —电机极数;  $Z_2$ —转子槽数。

#### 1.5 满载电流有功部分 $I_{1p}$

$$I_{1p} = 1/\eta$$

$\eta$ 为电机的效率值。 $\eta$ 原来是由 30 多个公式所形成的一个循环计算。根据一系列的推导, 本循环可以避免, 直接用公式计算。

$$\text{有功电流 } I_{1p} = 1/\eta \quad (1)$$

电抗电流

$$I_x = Km \times X \times I_{1p} [1 + (Km \times X \times I_{1p})^2] \quad (2)$$

$$Km = 1 + lm \times X_1 \quad (3)$$

$$\eta = 1 - (p_{cu1} + p_{cu2} + p_{fe} + p_s + p_{fw}) /$$

$$(1 + p_{cu1} + p_{cu2} + p_{fw} + p_s + p_{fw}) \quad (4)$$

根据式(1)与式(4)得出

$$I_{1p} = 1 + [I_{1p}^2 + (lm + l_k)^2]R_1 + (I_{1p}^2 + l_k^2)R_2 + p_{fw} + p_s + p_{fw} \quad (5)$$

在不知  $\eta$  的情况下, 空载电势系数  $(1 - \epsilon_0)$ 、空载磁密  $B_0$  以及铁耗就不能计算, 如用公式  $B_0 = 1.04B$  来计算, 铁耗也就可以提前计算出来了。而在此还有一个公式

$$I_{1p}^2 = [1/(Km \times X) - l_k]l_k \quad (6)$$

式(5)与式(6)中, 只有  $I_{1p}$  与  $l_k$  为未知数, 联合求解得

$$A = (R_1 + R_2) / (X \times Km) + 2l_m \times R_1$$

$$B = 1 + p_{fe} + p_s + p_{fw} + lm^2 \times R_1$$

$$C = 1 / (X \times Km)$$

$$l_k = [(C - 2AB) - \sqrt{(C - 2AB)^2 - 4(1 + A^2)B^2}] / [2(1 + A^2)] \quad (7)$$

$$I_{1p} = \sqrt{[1/(Km \times X) - l_k]l_k} \quad (8)$$

$$\eta = 1/I_{1p}$$

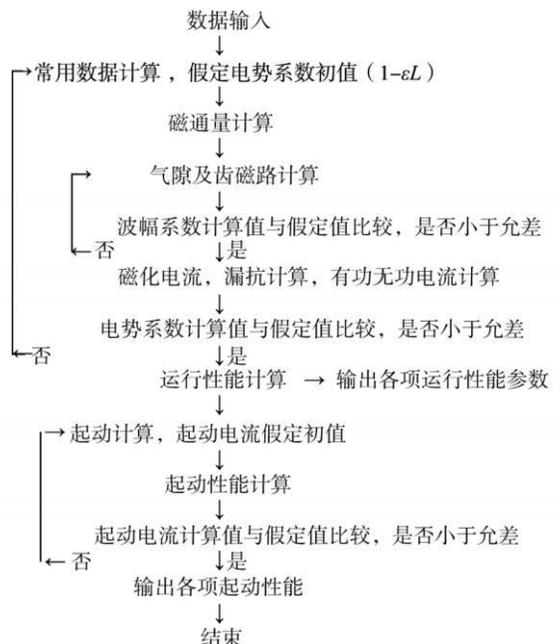
满载电流有功部分  $I_{1p}$  计算出来后, 就避免了  $\eta$  的循环计算。

#### 1.6 数值计算中小数点的设置

由于在计算过程中, 用得很多的是标么值, 而标么值又很小, 所以保留小数点最少要到第 5 位, 这样计算才比较准确。比如 0.00040 与 0.00045 数值上只差了 0.00005, 但倍数就差了 1.25 倍, 反映到实际数值就会差很多。另一方面, 如果保留小数点到第 3 位的话 0.0004 就为 0, 在计算机程序的数值运算中可就大错特错了。因此, 在本计算程序中, 对于小数点的设置非常重要。

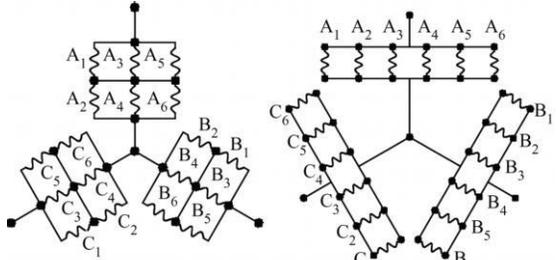
## 2 电磁计算程序中的循环计算

电磁计算程序改进后的程序计算流程为



以上方法已通过计算机运算验证了其可靠性, 这样就可以将三相异步电动机电磁计算程序用的四个迭代过程减少为三个。(下转 40 页)

大量铁屑,不易清除,也会使风道不均匀度增加,影响通风散热。(5)铜条转子取代铸铝转子。避免由于铸铝转子在压铸转子铝条过程中所产生的缺陷,使定子和转子铁心的磁导变化量增大,从而引起大的电磁噪声。(6)定子绕组中并联支路来减少不平衡的磁拉力。磁动势基波产生的  $p \pm 1$  次磁场可被具有并联支路的定子绕组阻尼,从而使偏心引起的不良影响减少。(a)如果可能,每相的全部极组并联。(b)径向对应的极组并联,把每相的全部极组接到两条并联支路中,应利用均压线把每对极组的末端连接在一起。当气隙存在偏心时,由于对应的极组电感不同,在均压线中将产生均衡电流,从而使偏心引起的磁拉力不平衡以及极对力波得以弥补,达到降低电磁噪声的目的。图3为6极电机解决气隙偏心产生电磁噪声方案。



(c)带均压线的 3路并联 (d) 6路并联  
图3 6极电机解决气隙偏心产生电磁噪声的方案

### 3 结语

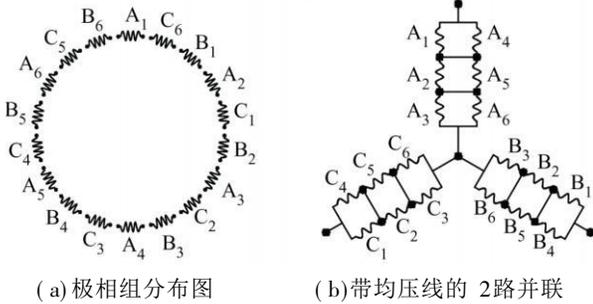
充分了解了气隙偏心对电磁噪声的影响,提出了采取符合自身实际情况的解决措施,使低噪声电动机的生产制造成为现实,降低了电机的制造成本,提高电机质量。

#### 参考文献

- [1] И. Г. 舒波夫著. 电机的噪声和振动. 1980
- [2] S. J 扬著. 低噪声电动机. 1985
- [3] 黄国治, 傅丰礼著. Y2三相异步电动机技术手册. 2004

作者简介: 郑海荣 男 1974年生; 毕业于哈尔滨理工大学电机电器及其控制专业, 现从事电机技术工作。

收稿日期: 2010-04-07



(a)极相组分布图 (b)带均压线的 2路并联

(上接 23页)

### 4 结论

新轴承结构的成功研究和试制, 不仅实现了防护等级高、润滑良好, 零部件设计制造容易, 安装操作方便等优点, 还为提高电动机效率和可靠性, 降低电动机噪声奠定了基础。该结构完全可

用于指导生产, 为急于解决电机轴承异响而困惑的公司提供有力参考依据。

作者简介: 吴银龙 男 1977年生; 毕业于哈尔滨理工大学机电技术及其自动化专业, 现从事电机设计研究工作。

收稿日期: 2010-10-20

(上接 25)

### 3 结语

从以上的论证中可以看出, 通风道损失宽度  $bk'$ 、节距漏抗系数  $K_{u1}$ 、 $K_{L1}$ 、定子谐波漏抗计算系数  $\Sigma S$ 、转子谐波漏抗计算系数  $\Sigma R$  都可以直接用公式计算, 而不必再查找那些复杂的曲线, 迭代过程也得以减少。仅此改进, 也大大地简化了计算程序的数据处理。

#### 参考文献

- [1] 汤蕴璆, 史乃. 电机学. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [2] 第一机械工业部上海电器科学研究所. 电磁计算程序. 1971
- [3] 陈世坤. 电机设计. 北京: 机械工业出版社, 2004

作者简介: 王丽芳 女 1965年生; 毕业于太原理工大学电机系电机专业, 现从事电机设计工作。

收稿日期: 2010-07-12