

1988

江苏省电机电器学术年会

论文集

江苏省电机工程学会
电机电器专业委员会
· 南京 ·

B35-6



南京航空航天大学图书馆 (密集书库)

TM3-53
1002(88)

(TM5-53)

1988

江苏省电机电器学术年会 论文集



¥4.00元



30267879

江苏省电机工程学会
电机电器专业委员会
· 南京 ·

642019

目 录

一、电机设计

1-1	YDZT225M-6/4双速电机设计小结	吴国华	(1)
1-2	锥形转子异步电动机计算机辅助设计	杜炎森 胡虔生	(7)
1-3	单相无刷无交流励磁机高速发电机电磁 设计及实践	穆鼎源	(13)
1-4	试论无槽绕组在大容量汽轮发电机上的应用	丁坚清	(32)
1-5	应用价值工程进行YZR 160M ₂ -6电机 设计	李念春 陈胜泉	(37)
1-6	QS潜水电机的系列设计	董怀德 盛正新	(43)
1-7	YZU振动源三相异步电动机的研制	钱锡荣 陈胜泉	(49)
1-8	SSPSL-150000/220薄绝缘变压器 的改造	吴学培	(53)
1-9	新系列电机和高效率电机	姚德坚	(57)
1-10	电力变压器微机辅助设计(摘要)	杨正堂	(68)

二、电器

2-1	直流电磁电器磁路计算通用软件简介	王素菊	(69)
2-2	热敏电阻延迟开关、延迟继电器及其 应用	陈玉墩	(77)
2-3	再论电器产品的二次设计	卞尚云	(83)
2-4	对SW ₂ -35油开关内附LSJ(c) 电流互感器进行改造的几点体会	张治正	(86)
2-5	SF ₆ 开关电器的气体管理	张宗九	(93)
2-6	FZ-10型避雷器爆炸的原因与改装 工作的技术总结	廖裕宏 马玉香	(98)
2-7	DW ₂ -35型多油断路器技术改造综述	伊锦泉 吴锐初	(101)
		项培昶	

2-8	新型湿式多片摩擦式电磁离合器设计和 研制(摘要)	田金铭	(112)
-----	-----------------------------------	-----	-------

三、电机控制

3-1	JWG-130KW高速无换向器电动机	施敬民	(113)
3-2	永磁交流伺服电动机系统分析	朱震莲	
		严仰光	蒋海江 (120)
3-3	单片机控制异步机转差调节系统	庄心复	王学卿 (132)
3-4	交流变频调速装置的故障诊断系统 (摘要)	郑晨波	王耀德 (141)
3-5	新型调速电动机系统—开关磁阻调 速电动机	刘迪吉	张焕春
		经亚枝	曹志亮
		陈四清	孙千雨 (142)
3-6	用于频繁操作直线电机的控制装置	缪嘉鸿	周桂祥 (149)
3-7	用电子模块控制的KJ-C型自控 型串级调速装置	管俊兴	(154)

四、特种电机

4-1	新型磁阻电动机起动性能的数字 仿真	周 鸢	蒋爱全 (158)
4-2	新型磁阻电机稳定性分析	林明耀	周 鸢 (168)
4-3	复合实心转子磁阻电机稳态性能分析	周 鸢	程 明 (176)
4-4	单相新型磁阻电动机起动性能分析 与计算	顾克明	周 鸢 (185)
4-5	步进电动机齿层数据库及其应用	蒋忠玮	窦一平
		穆新华	(195)
4-6	应用齿层数据库对混合式步进电动机 进行优化设计的研究	窦一平	蒋忠玮 (207)
4-7	泵用往复电机的性能分析(摘要)	杨正林	(217)
4-8	带涡流制动器的电磁调速电动机	梅丽明	(218)
4-9	三维涡流场A- ϕ 法数值分析	刘迪吉	仇光平 (223)

五、永磁电机及其它

- 5-1 小型永磁发电机及其调节器研制 龚伯群 (234)
- 5-2 永磁同步电机铁磁工作图的分析
法—兼论其电枢反应折合系数 陈海镇 (240)
- 5-3 径向稀土永磁电机磁路分析 朱震莲 (250)
张穆丰 (250)
- 5-4 并联电力电容器的寿命预测 朱洁 (261)
- 5-5 固定型防酸式铅蓄电池的发展及
性能分析 张慕华 (273)
- 5-6 五吨电弧炼钢炉电气改造—节能
产品的应用 徐生和 (276)
- 5-7 HR20型新型熔断器隔离器
(摘要) 熊中成 (281)
- 5-8 YB系列防爆电机每一中心高仅
用一种长机座的建议 张鸿森 (282)

六、振动、噪音可靠性

- 6-1 小电机波形弹簧片对振动及噪音
的抑制作用 陈明 汪世恩 (286)
- 6-2 短圆柱滚子轴承的游隙与电机的
噪声 陈明 汪世恩 (295)
- 6-3 电动机振动的产生及控制 吴国华 (298)
- 6-4 解决电机振动的若干工艺手段 季军 (303)
- 6-5 浅谈可靠性在农电设备中的应用 王文蔚 (307)

七、测试

- 7-1 电参数的微机测量理论 卜开贵 (316)
- 7-2 工厂用电机型式试验站的设计 王如生 (323)
- 7-3 电机试验微机测试系统的抗干
扰设计 王如生 (331)
- 7-4 同步电机参数试验方法分析 缪嘉鸿 (338)

7-5	三相异步电机效率测试方法的探讨	宋镇南	(345)
7-6	微型计算机处理异步电机试验数据的程序设计	宋镇南	(351)
7-7	电能的高精度计量方法及无方法误差的条件	潘文	陈云统 (359)
7-8	电化整流系统中谐波的测试分析	凌行孝	郎黔山
		英锐男	马正华 (367)
7-9	测量磁阻电机同步电抗的P-Q圆图法	程明	(377)
7-10	一种新型光纤转角传感器测试矩角特性的方法	窦一平	蒋忠玮 (382)

八、热计算

8-1	循环油冷却航空交流发电机三维温度场的网络拓扑法求解	庄心复	陈厚志 (388)
8-2	三相油冷式电机的热状态分析	汪佳斌	陈志刚
		董怀德	唐宝乾 (397)
8-3	三相油冷式电机热状态试验研究	陈志刚	汪佳斌
		董怀德	唐宝乾 (412)
8-4	三相油冷式电机等效热系数的确定	陈志刚	汪佳斌
		董怀德	唐宝乾 (423)
8-5	异步电机温升的回归计算法	洪文治	(434)
8-6	自冷式SF ₆ 气体绝缘变压器绕组温升的工程计算方法	张芝熊	徐波 (440)
8-7	变压器铁心温度场的计算	朱坚	范建中 (449)
8-8	电力变压器温度场测试装置	陈照章	景永芳
		刘国海	(458)

YDZT225M-6/4双速电机设计小结

吴国华

(无锡县电机厂)

摘 要

本文主要介绍了在设计YDZT225M-6/4双速异步电动机中的一些设想,其特点是在单速电机的同机座号中,使双速电机中的高速功率设计成单速时的功率,这在一般多速电机中是达不到的,本文通过一系列的设计措施使之达到,并使设计效果和同机座号的YD系列变极多速电动机的主要性能相比,基本相符,有些还高于YD系列,收到了一定的效果。

YDZT225M-6/4双速异步电动机是为了扩大电磁调速电机的调速范围,在YZT225M-4单速异步电动机的基础上改型设计的。具体指标是:功率四极时为45KW(与单速时功率相等),六极时30kw。功能指标应与YD系列相近规格接近。外形尺寸必须控制在中心高为225毫米的机座内。其目的是为了保证225中心高内有与单速电动机相同的出力,而通过不同的转速来扩大调速范围。在YD系列中,YD225M-6/4的功率为2S/3THW,四极时45KW要在中心高250毫米机座内才能生产,这给设计工作带来了一定的难度。

在解决体积与功率,以及电气性能等问题中,本文根据电机学原理,进行深细的分析、计算,最终使设计结果达到了设计要求,满足了YZT电磁调速电机的需要。下面就设计中考虑的一些问题及处理方法介绍如下:

一、选择合理的槽配合

槽配合是电机设计首先要考虑的,槽配合的合适与否直接影响到电机的电气性能和噪声、振动等。目前,电机生产中广泛采用多槽近槽配合和转子斜槽。在考虑YDZT225M-6/4双速电机时,为了顾及二个极下的需要和与普通电机的通用性,选用了常规的六极槽配合72,56。

二、定子内径 D_{i1} 的选择

由于用户对电动机体积的限制,设计时考虑使用较大的电机主要尺寸比 λ 。从电机学

吴国华,男:39岁 无锡县电机厂

全办副主任

中可知，电机主要尺寸比为：

$$\lambda = l_{\text{eff}} / D_{i1} \quad (1)$$

式中： l_{eff} 为定子有效长度

D_{i1} 为定子内径

从(1)式中可以看出，定子内径 D_{i1} 与电机主要尺寸比 λ 成反比。 D_{i1} 越大 λ 则越小，而 λ 小说明电动机短而粗，这样对电动机散热十分有利。

从电机学中还知，定子内径的大小还与电机的载负荷有关，其关系式为：

$$A_1 = \frac{m_1 \cdot Z \phi_1 \cdot I_1}{\pi \cdot D_{i1}} \quad (2)$$

由于电机的载负荷与定子电流密度的乘积为电机热负荷即电机载负荷与热负荷成正比例关系。而从(2)式知，定子内径 D_{i1} 与电机载负荷成反比，同理和电机的热负荷亦成反比，这说明，定子内径越大对电机的散热越利。

但是若定子内径选择得过大，而定子外径却不能增加，势必影响到电机定子侧的各种因素，如定子槽形受到限制，齿与轭的截面也同样受到限制，这对电机性能将直接带来影响。从这一点出发电机定子内径 D_{i1} 又不宜选得过大。

本方案在考虑定子内径 D_{i1} 时，没有按照常规的双速电机设计方法来决定（一般多速电机设计时均采用低速时的定子内径），而考虑到直接的使用效果，选用了四极的定子内径，其理由如下：

1、由于本方案对功率的要求高，功率大电流就大，电流大就必须有足够的导线截面积，对槽面积的要求大。

2、定子内径的缩小，使截面负荷及热负荷增加，为了解决这一问题，设计时考虑用降低电流密度的方法来平衡。而电流密度的降低可用因定子内径 D_{i1} 的缩小相应增加的槽形面积来弥补，其相互间的关系如表一1：

表一1：两种直径下载负荷与定子冲片面积比例情况

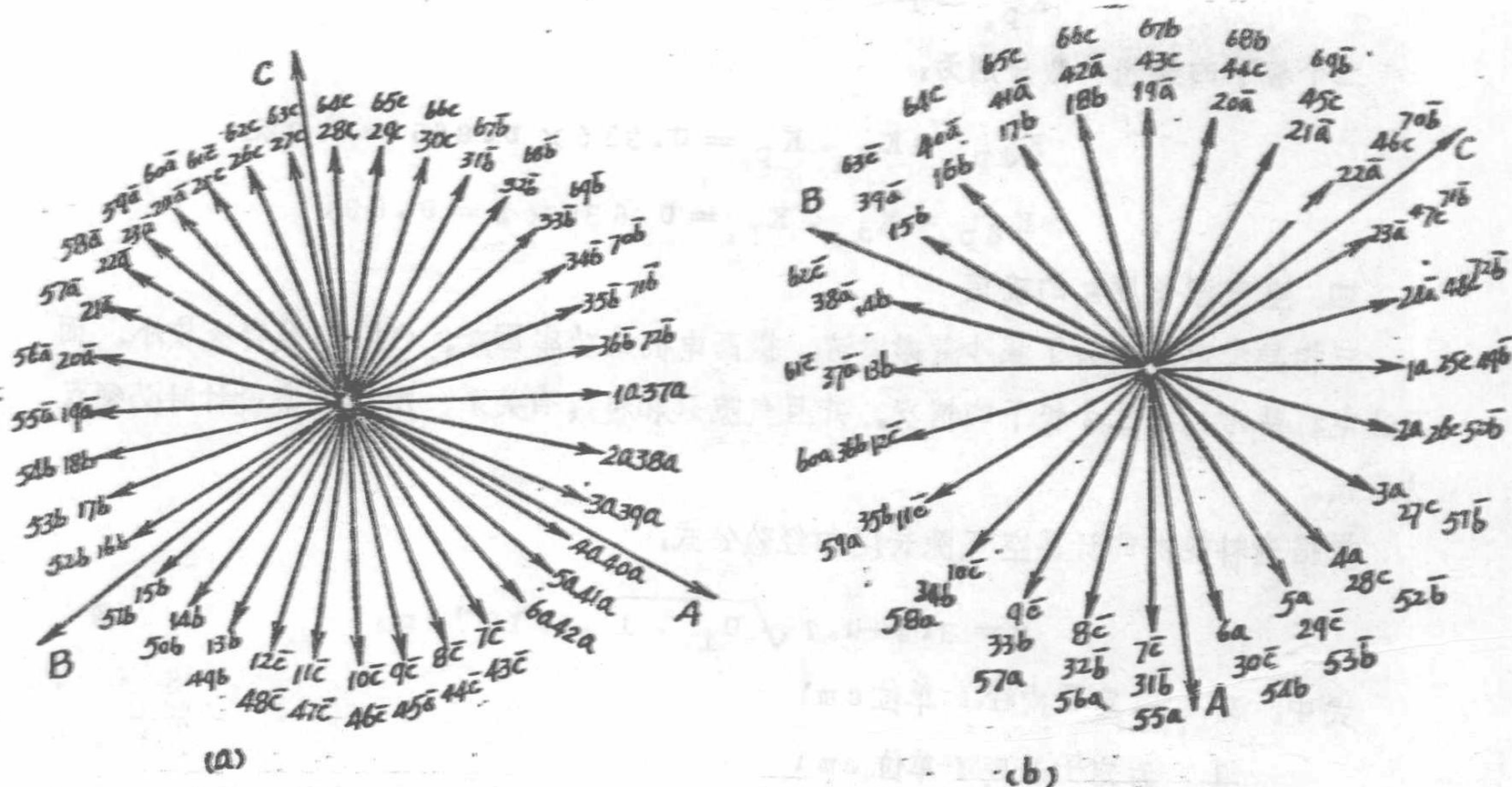
定子内径	Ø 260mm	Ø 245mm
线 负 荷	1	1.06
定子冲片面积	1	1.11

从表一1可以看出，使用四极的定子内径 Ø245 毫米，比使用六极的定子内径 Ø260 毫米，载负荷增加 6%，而定子片的总面积却增加了 11%，这些便可以用来扩定子槽形对降低定子电流密度是很有好处的。

3. 在一般情况下, 电机设计在考虑各种因素的情况下, 转子的磁密特别是转子轭部的磁密都是设计得比较低的。而在设计特殊电机时, 只要工艺上能够过关, 应该把这些部份都充分利用起来, 以便改善定子侧的紧张状况。

三. 绕组系数 K_{dp} 的确定

YDZT225M-6/4 双速电动机槽矢量图如图 1:



图一1 YDZT225M-6/4 槽矢量图

(a) 四极槽矢量图

(b) 六极槽矢量图

从电机槽矢量图中可以看出, 当电机为四极时为 60° 相带, 六极时为 180° 相带。这说明在四极时绕组集中, 为六极时绕组非常分散。从矢量图可计算得二个极下的绕组分布系数:

$$K_{d_4} = \frac{8 \cos 5^\circ + 8 \cos 15^\circ + 8 \cos 25^\circ}{24}$$

$$K_{d_6} = \frac{4 \cos 7.5^\circ + 4 \cos 22.5^\circ + 4 \cos 37.5^\circ + 4 \cos 52.5^\circ + 4 \cos 67.5^\circ + 4 \cos 82.5^\circ}{24}$$

绕组系数的确定涉及到绕组的分布系数和节距系数, 现绕组的分布系数已有, 要确定合理的绕组系数, 要通过节距系数来修正, 也就是确定合适的节距来确定节距系数。

在考虑节距时, 为了使二个极下的出力能尽量满足要求, 采用了六极时的整距, 而四

极为 $3/4$ 节距, 即 $y=1-1\ 3$ 。这主要考虑到六极时分布系数较低。如果为满足四极的要求而放长节距, 六极的节距系数亦将缩小而导致整个绕组系数的减少, 影响到六极时的性能。另外, 电机在六极时为 180° 相带分布, 它将会产生大量的偶次谐波, 对电机的噪声、振动、转矩都将带来影响。采用整距后, 偶次谐波的短矩系数为零, 从而全部消除了这些谐波的存在, 这对六极时的电气性能十分有利。

节距系数计算如下:

$$K_{p_1} = \cos 30^\circ = 0.866$$

$$K_{p_2} = 1$$

二个极下的绕组系数分别为:

$$K_{dp_1} = K_{d_1} \cdot K_{p_1} = 0.956 \times 0.866 = 0.828$$

$$K_{dp_2} = K_{d_2} \cdot K_{p_2} = 0.638 \times 1 = 0.638$$

四、空气隙长度 g 的确定

三相异步电动机为了减少激磁电流, 提高电机的功率因素, 气隙都做得比较小。而双速电机要考虑到二个极下的情况, 并且气隙还和极数有关系, 所以方案设计时必须双方兼顾。

根据资料提供的计算空气隙长度的经验公式:

$$g = 3(4 + 0.7 \sqrt{D_{1_1} \cdot l}) \times 10^{-2} \text{ mm} \quad (3)$$

式中: D_{1_1} 为定子内径 (单位 cm)

l 为定子长度 (单位 cm)

用公式(3)求得本方案的空气隙为:

$$\begin{aligned} g &= 3(4 + 0.7 \sqrt{24.5 \times 29}) \times 10^{-2} \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

考虑到上述公式是对单速电机而言, 本方案双速电机需考虑二个极下的情况, 空气隙选得过大影响六极的功率因素, 选得太小又会使四极时的谐波漏抗增加, 而使谐波附加转矩和附加损耗增加, 使四极时的温升上升, 效率降低。鉴于上述原因, 方案确定空气隙长度为 0.6 毫米, 从设计结果来看还是可行的。

五、磁通密度的合理分布

定子转子磁通密度的合理分配可以获得最小的总激磁安匝数, 使激磁电流最小, 激磁电流的减小使额定电流减少, 从而改善电机的功率因素, 对提高电机的效率也是有利的。

在一般普通电机设计中, 定子齿部比轭部磁密高一些是有利的, 因为齿部的磁路长

度比轭部的磁路长度短得多，所以齿部的总安匝数不会太大。

在转子方面，一般电机转子磁密都比较低，转子轭部磁密则更低。本方案在考虑磁密的合理分布时，决定借用转子的面积，即利用提高转子部份的磁密余量，来提高定子的使用面积，保证定子槽面积的情况下，增加齿轭面积，使整个电机的激磁安匝不致过高。

另一方面，还将照顾到二个极下的情况，而电机在二个极下的齿部截面积又相差许多，而二个极下的轭部截面积都相等。本方案设计时将齿的宽度适当的放大，使四极时的齿磁密低一些，而把轭部的磁密适当的提高一些。这样不致使六极的齿磁密显得太高。从设计结果看，二个极下的齿部、轭部磁密都比较均匀，而且最高也未超过15900高斯，与一般多速电机的设计相比，磁密低得多。

在转子方面，由于采用较小的定子内径，使转子的面积也相应缩小，转子齿部的面积也相应缩小。本方案在设计转子槽形时，为充分利用转子面积，使转子齿部和轭部的磁密相适应，使之尽量合理。设计了较普通电机更为窄长的转子槽形，用来增加齿部的截面积，缓和齿部磁密的紧张状况。采用窄长的转子槽形还有利于电流的挤流效应，从而改善电机的起动性能。

六、各种损耗的合理分配

电机的损耗直接影响到电机的效率，损耗的增加而由此转变成的热能还将使电机的温升升高。

方案在考虑降低电机的热负荷时，采取了降低电流密度的方法，使定子铜耗有所降低，提高了电机的效率。由于存在这个优势，方案在设计转子槽形时，为改善电机的起动性能，设计时缩小了转子槽形，这样便使转子损耗有所增加，但定子铜耗加起来与同功率一般电机相比，相差也不大，所以保持了一定的效率水平，也改善了电机的其它性能。相反不采取缩小转子槽形的方案，电机的效率还会高一些，但是其他性能将下降，而不能保证电机的各项性能指标。

七、设计结果

本方案在设计中由于采取了上述各项措施从设计的结果来看还是比较理想的，从试想的结果看，与设计值相差不大，满足了配套厂的配套需要。

本方案与YD系列变极变速三相异步电动机相近规格相比，除六极的功率因数低一些外，其余均达到或超过了YD系列的标准，具体对比数据如表2。

表-2 YDZT225M-6/4与YD225M-6/4性能对比表

型 号	YDZT225M-6/4	YD225M-6/4
效 率 (%)	91.3/91.2	89/89
功率因数	0.826/0.89	0.86/0.9
堵转转矩倍数	2.16/2.44	1.4/1.4
最大转矩倍数	3.36/3.4	1.8/1.8
起动电流倍数	6.54/7.65	6/6.5
功 率 (KW)	30/45	28/37

锥形转子异步电动机计算机辅助设计

杜炎森 胡虔生

(南京工学院)

摘 要

计算机正逐渐推广应用于电机设计中。锥形转子电动机是一种自制动异步电动机,电磁计算较为复杂。

本文阐述了锥形转子电动机电磁设计的特点及其应用计算机计算的方法,列出了计算机计算的程序框图并介绍了用BASIC语言编写的计算机设计程序。经计算比较表明该计算机程序具有一定的实用价值。

锥形转子异步电动机是一种带有自制动装置的异步电动机。它除了具有一般异步电动机的特点外还具有自制动的特点。它能适应频繁起动和快速制动的工况。广泛应用于起重行业中(如电动葫芦),在印刷和机床行业中也有应用。工作制一般为S。

一、电磁设计特点

1. 磁路计算

锥形转子异步电动机的结构如图一1所示,其特点是转子外形和定子内腔都呈园锥形。沿轴向定子槽形尺寸、转子槽形尺寸不变,而齿宽、轭高、轭部磁路长度等尺寸不相等,相应各处磁阻、磁密和饱和程度均不同。这给磁路的计算带来一定的复杂性,工程上通常采用分段法进行计算。分段法就是沿轴向将铁心分成若干段,把整个磁路看成在同一磁动势作用下具有不同磁阻的许多磁回路单元的并联(见图-2)。对每一段可按其平均气隙直径和磁路长度以一般异步机常用的磁路计算方法求取每一段的磁通-磁势曲线,然后将同一磁势下各段的磁通相加得到整个电机的总磁通-磁势曲线。再根据计算出的每极主磁通由总磁通-磁势曲线求得所需的磁势,计算激磁电流和激磁电抗。本程序将电机沿轴向均分为三段进行计算。

杜炎森 男 46岁 南京工学院电气系

胡虔生 男 46岁 南京工学院电气系

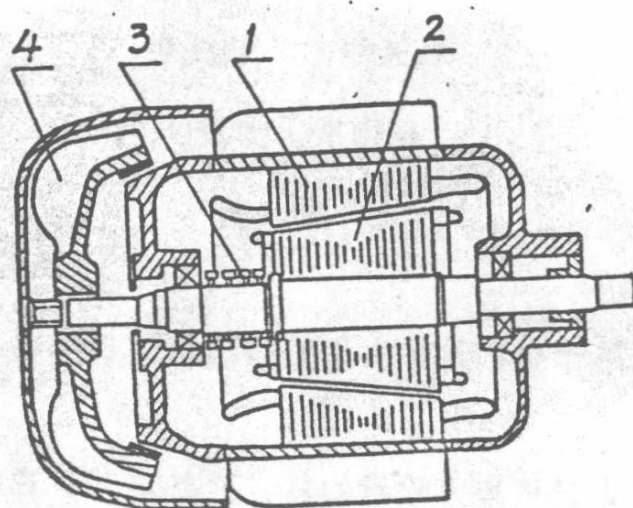


图-1 锥形转子电机结构图

1—定子 2—转子 3—制动弹簧 4—风扇制动轮

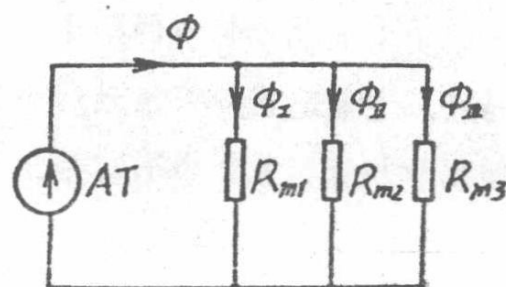


图-2 等效磁路图

AT—磁势、 Φ —总磁通、 Φ_I 、 Φ_{II} 、 Φ_{III} —各分路磁通

R_{mI} 、 R_{mII} 、 R_{mIII} —各分路磁阻

2. 轴向磁拉力的计算

由于转子外形和定子内腔的锥形结构，使得电机通电后在定、转子铁心间产生轴向磁拉力，其大小主要决定于气隙磁密和锥角大小。有关轴向磁拉力的计算方法很多，本程序采用分段法由各段的气隙磁密进行计算，并考虑了齿槽的影响，计算较为精确。采用的计算公式如下：

轴向磁拉力

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{\pi D_{2i} l_i \cdot \tau g \alpha}{K_{Fe}} \cdot \frac{4 - F_{s1}}{3 F_{s1}} \cdot \frac{\tau_{2i}}{\tau_{21} b_{02}} \cdot \left(\frac{B_{gi}}{5000} \right)^2 \text{ Kg}$$

式中：n——分段数，取 $n=3$ ；

D_{2i} —第 i 段的转子平均直径 (cm)；

l_i —第 i 段的铁心平均长 (cm)；

K_{Fe} 铁心迭装系数;
 F_{s1} 第1段圆周方向的波幅系数;
 τ_{21} 第1段转子平均齿距 (cm);
 b_{02} 转子槽口宽 (cm);
 B_{g1} 第1段气隙磁密最大值 (GS);
 α 单面锥度角。

3. 参数和性能等的计算

这部份的计算方法与一般三相异步电动机相同, 但应根据锥形转子的特点进行适当调整。例如: (1)沿轴向各段磁分路中有关尺寸如定子内径、极距、转子外径、齿宽、轭高、卡氏系数等均应取平均值; (2)线圈半匝长应考虑两端跨距的不同; (3)铁耗需分段进行计算; (4)起动计算应注意到气隙长度的变化等。

二、计算机程序介绍

本程序采用 BASIC 语言编写, 适用于 DPS-8、TRS-80 及 PC-8000 型计算机。全部程序由主程序和六个子程序构成。它们的功能分别是:

主程序: 完成整个电磁计算;
 子程序 1: 定、转子单位槽漏抗的计算;
 子程序 2: 波幅系数曲线;
 子程序 3: 起动漏抗饱和系数曲线;
 子程序 4: 磁化曲线;
 子程序 5: 铁损耗曲线;
 子程序 6: 定、转子轭部磁路校正系数曲线。

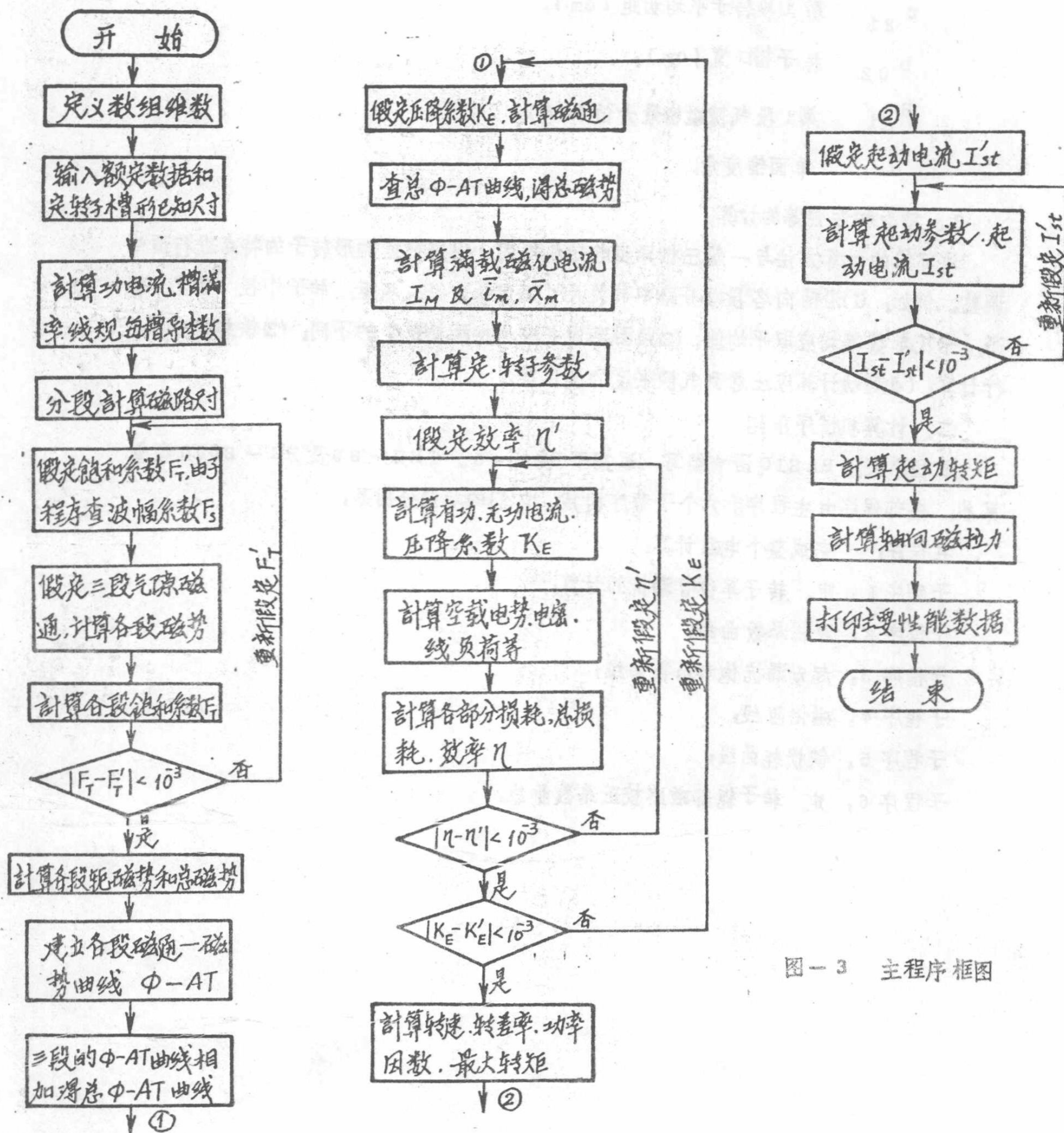


图-3 主程序框图

主程序框图示于图—3，其中磁路计算部份由于采用分段法较一般异步机复杂。子程序实际上是设计计算中用到的有关曲线和图表，我们采用了如下的处理方法：

1. 用原始理论公式代替曲线

对原来由比较复杂的数学公式经变换后画出的曲线，图表仍采用原来的数学公式进行计算，充分发挥计算机运算速度快和运算精度高的特长。本程序中采用这种方法处理的曲线、图表有：各种槽形的槽下部单位漏磁导；鼠笼转子谐波单位漏磁导；节距漏抗系数；三相6q°相带谐波单位漏磁导；转子挤流效应系数等。

2. 用近似公式逼近或用插值法处理

对于由测试或经验数据得到的曲线，图表可根据曲线形状初步确定逼近公式类型，然后用待定系数法求得有关公式，或将其“离散化”后输入计算机内，使用时采用线性插值法处理。按此类方法处理的曲线、图表有：波幅系数曲线；起动漏抗饱和曲线；磁化曲线；铁损耗曲线和轭部磁路校正系数曲线等。

我们对现有工厂生产的0.4KW、0.8KW、和7.5KW锥形转子异步电动机，用本计算机程序、手算程序和实验数据相比较获得了较为满意的结果（见表—1和表—2）。与手算相比计算机辅助设计不仅大大提高了计算速度和精度，而且能在短时间内提供出更多的方案供设计人员进行综合比较和优选，从而提高了设计质量。本程序具有实用价值。有关源程序和计算不再赘述。

表—1 7.5KW 锥形转子异步电动机采用计算机计算与手算的结果对照表：

计算方法	额定功率 KW	额定电压 V	额定电流 A	空载电流 A	起动电流 A	额定转差率	最大转矩倍数	起动转矩倍数	额定效率 %	额定功率因数	轴向磁拉力 kgf
手算	7.5	380	18	10.05	110	0.061	3.83	3.66	81.5	0.77	118
机算	7.5	380	18.09	9.98	110.6	0.0614	3.88	3.71	81.49	0.771	102.4

注：其中轴向磁拉力项，由于采用的计算公式不同，故差异较大。