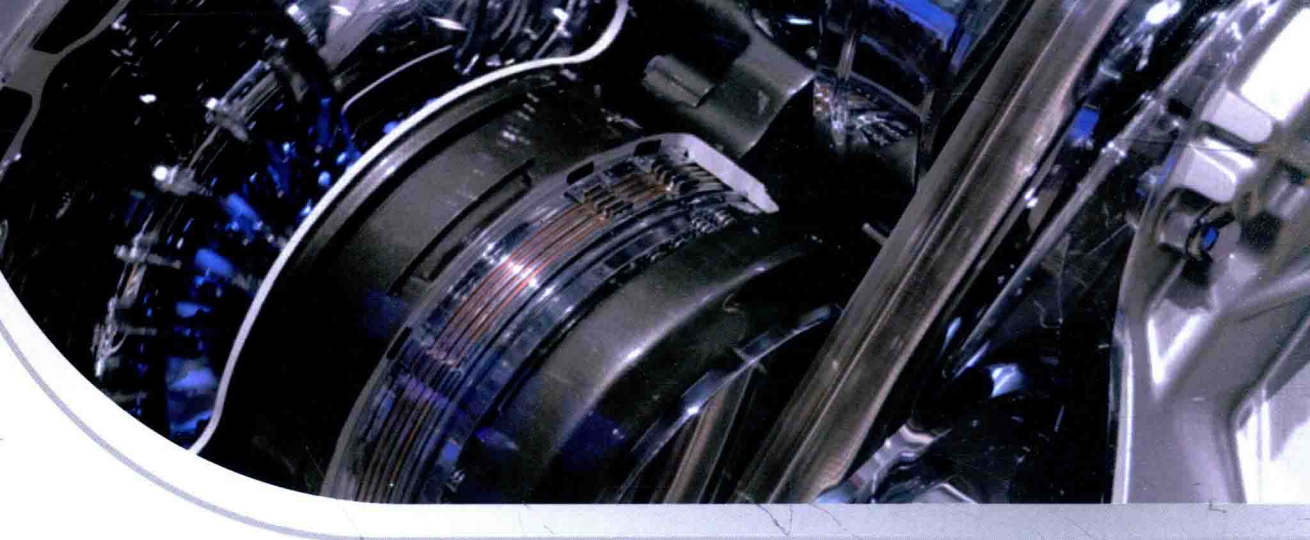




Dianji Sheji



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

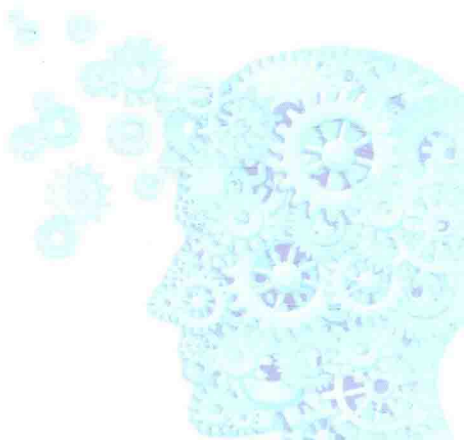
电机设计

主 编 ▲ 张晓宇 张旭宁



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

电机设计

Dianji Sheji

▲主 编 张晓宇 张旭宁
▲副主编 王桂秀 毛政祥



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



内 容 提 要

本书主要从电机的基本理论及具体设计方法入手,详细论述了电机的基本设计理论及常用电动机的设计等内容。全书分三部分,共9章:第一部分包括4章,精辟地论述了电机主要参数之间的关系及磁路计算、参数计算、损耗与效率计算;第二部分共4章,主要讲述了感应电机、直流电机、永磁直流电动机及单相串激电动机的具体设计方法及完整的设计程序,并附有设计实例;第三部分共1章,举实例论述了计算机软件在电机设计中的应用。

本书构思新颖、基础理论论述精练、实际算例翔实、文字与图片并举,可作为相关高职高专电机专业及技能应用型本科院校相关专业的教材和参考书,也可作为有关工程技术人员工具用书。

图书在版编目(CIP)数据

电机设计/张晓宇,张旭宁主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.1
ISBN 978-7-5680-1512-7

I. ①电… II. ①张… ②张… III. ①电机-设计-高等职业教育-教材 IV. ①TM302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 315560 号

电机设计

Dianji Sheji

张晓宇 张旭宁 主编

策划编辑:张毅

责任编辑:刘静

封面设计:原色设计

责任校对:李琴

责任监印:朱玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:381千字

版 次:2016年1月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

我国高职高专教育的根本任务是培养综合素质高、实践能力强和创新能力突出的一线复合技能型人才。这就需要教育机构勇于改革,探索科学合理、符合高职高专院校学生特点的教学模式与教材。

电机设计课程既是一门需要掌握较多的理论知识的课程,又是一门具有较强实践性的课程。本书由长期从事电机设计的生产一线科研人员、教学经验丰富的优秀教师合力打造,内容力求保持科学性、实用性、新颖性。对较多的公式推导、理论分析进行了删繁就简,并配以精练的语言表述;同时增加了内容丰富、生动的插图,详细表述了典型电机设计思路、要点及电磁程序设计实例,以培养学生应用能力、实践动手能力、分析能力、解决问题能力。本书文字叙述精练,文字与图片、表格并举,力求避免大段文字的烦琐表达,能够极大提高学生的感性认识,从而提高学生的学习与阅读兴趣。本书既可以作为高职相关专业的教学用书,也可作为相关社会从业人员的业务参考及培训用书。

本书由江门职业技术学院高级工程师张晓宇、江门职业技术学院张旭宁任主编,德昌电机有限公司高级工程师王桂秀、江门马丁电机科技有限公司毛政祥任副主编。其中第1章至第5章和第9章由张晓宇编写,第6章由王桂秀编写,第7章由毛政祥编写,第8章由张旭宁编写。江门海力数控电机有限公司梅贤煜参与了计算实例及资料整理与校对工作。

本书编写过程中参阅了有关教材和资料,在此表示衷心感谢。限于编者的学术水平和实践经验,书中的错漏及不足之处,恳切希望有关专家和广大读者批评指正,以便修订时改进。

编 者

2016年元月

第1篇 电机设计基础理论

第1章 电机主要参数之间的关系	3
1.1 电机主要参数之间的关系式	4
1.2 电磁负荷的选择	7
1.3 电机的几何相似定律及系列电机	8
1.4 电机的主要尺寸比及确定的一般方法	11
第2章 磁路计算	15
2.1 概述	15
2.2 气隙磁压降的计算	17
2.3 齿部磁压降的计算	22
2.4 轭部磁压降的计算	25
2.5 磁极磁压降的计算	28
2.6 励磁电流和空载特性计算	29
2.7 电机中常用的磁性材料	30
第3章 参数计算	38
3.1 绕组电阻的计算	38
3.2 绕组电抗的一般计算方法	41
3.3 主电抗计算	42
3.4 漏电抗计算	45
3.5 漏抗标么值	52
第4章 损耗与效率	54
4.1 概述	54
4.2 基本铁耗	55
4.3 空载时铁芯中的附加损耗	57
4.4 电气损耗	60
4.5 负载时的附加损耗	60
4.6 机械损耗	61
4.7 效率	64

第2篇 电机设计实例

第5章 感应电机设计	67
5.1 概述	67
5.2 主要尺寸与气隙的确定	68

5.3	定子绕组与铁芯的设计	72
5.4	转子绕组与铁芯的设计	79
5.5	三相感应电动机设计要求及计算实例	85
第6章	直流电机设计	102
6.1	概述	102
6.2	直流电机主要尺寸参数的确定	106
6.3	直流电机磁路及励磁计算	112
6.4	小型直流电动机电磁计算实例	119
第7章	永磁直流电动机设计	132
7.1	概述	132
7.2	主要尺寸及电磁参数的选取	133
7.3	永磁直流电动机电磁设计实例	143
第8章	单相串激电动机设计	156
8.1	概述	156
8.2	单相串激电动机的设计特点及参数选取	159
8.3	单相串激电动机电磁设计实例	164
第3篇 计算机软件在电机设计中的应用		
第9章	ANSYS Maxwell 16/RMxpert 在电机设计中的应用	183
9.1	概述	183
9.2	RMxpert 模块在电机设计中的应用	183
附录A	导线规格表	200
附录B	导磁材料	202
附录C	异步电机电磁计算用曲线	212
附录D	直流电机电磁计算用曲线	220
参考文献		222

第1篇

电机设计基础理论

电机主要参数之间的关系

本章导读

图 1-1 所示为电机的分解图。电机在进行能量转换时,无论是发电机(将其他形式的能源转换成电能的一种设备),还是电动机(将电能转换成机械能的一种设备),其能量都是以电磁能的形式通过定子、转子之间的气隙传递的,与该能量对应的功率称为电磁功率,电机的主要尺寸与电磁功率有密切关系。同时,在电机参数中,线负荷 A 、气隙最大磁密 B_g 的选取对电机工作性能和经济性有很大影响。

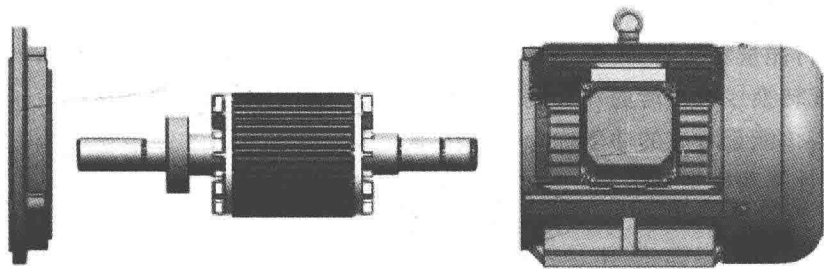


图 1-1 电机的分解图

本章主要包括以下三个方面的内容。一是分析电机的几何尺寸,确定究竟哪些是主要尺寸,从几何角度来看,这些主要尺寸一经确定,其他尺寸就大体上确定了,电机的质量、价格和工作性能等也基本上确定了。二是通过对主要尺寸关系式的分析,得到电机参数中线负荷 A 、气隙最大磁密 B_g 的选取对电机运行性能和经济性的影响,以及选取线负荷 A 、气隙最大磁密 B_g 的基本原则。三是电机的几何相似定律及系列电机等。

学习目标

- (1) 掌握电机的主要尺寸及理解电机主要尺寸确定的一般方法。
- (2) 掌握电机主要参数之间的关系式及电磁负荷的选择。
- (3) 了解电机的几何相似定律及系列电机。

电机的几何尺寸很多,以图 1-2 为例,有铁芯尺寸、绕组尺寸、外形尺寸、安装尺寸及其他各种结构部件的尺寸,但是究竟哪些是主要尺寸呢? 由电机学知识可知,电机的电磁过程主要是在气隙中进行的,其能量形式的转换是通过气隙主磁通进行的。因此,主要尺寸必定与气隙有密切关系。实践证明,电枢直径 D 与铁芯有效长度 l_e 是电机的主要尺寸,而气隙可以说是第三个主要尺寸。对于直流电机而言,电枢直径是指转子外径;对于交流电机而言,电枢直径是指定子内径。

从几何角度看,这些尺寸一经确定,其他尺寸就大体上确定了,并且不少电磁性能也就基本确定了,同时电机的质量、价格和工作性能等也基本上确定了。

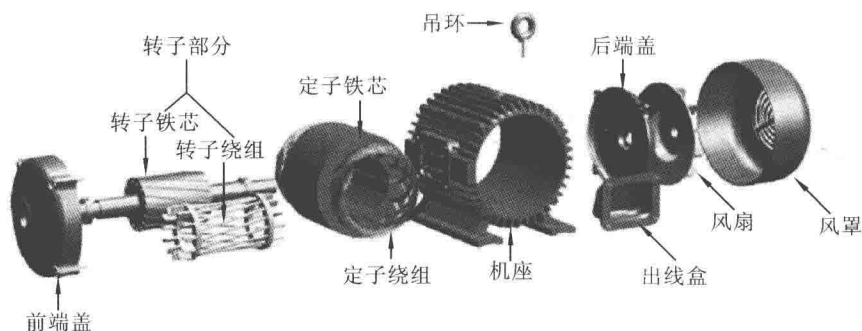


图 1-2 感应电机零件结构示意图

1.1 电机主要参数之间的关系式

电机在进行能量转换时,无论是发电机(将其他形式的能源转换成电能的一种设备),还是电动机(将电能转换成机械能的一种设备),其能量都是以电磁能的形式通过定子、转子之间的气隙传递的,与该能量对应的功率称为电磁功率。电机的主要尺寸与电磁功率有密切关系,电磁功率也可用计算功率来表示。

一、计算功率

1. 交流电机的计算功率

交流电机的计算功率为

$$P' = mEI \quad (1-1)$$

式中 m ——电枢绕组相数;

E ——电枢绕组相电势, V;

I ——电枢绕组相电流, A。

其中,电枢绕组相电势为

$$E = 4K_{Nm}fNK_{dp}\Phi \quad (1-2)$$

式中 K_{Nm} ——气隙磁场波形系数,当气隙磁场呈正弦分布时, $K_{Nm}=1.11$;

f ——电流频率, Hz;

N ——电枢绕组的每相串联匝数;

K_{dp} ——电枢绕组系数;

Φ ——每极磁通, Wb。

其中,每极磁通为

$$\Phi = B_{\delta av}\tau l_{ef} = B_{\delta}\alpha'_p\tau l_{ef} \quad (1-3)$$

式中 B_{δ} ——气隙最大磁密, T;

$B_{\delta av}$ ——气隙磁密平均值, T;

α'_p ——计算极弧系数, $\alpha'_p = \frac{B_{\delta av}}{B_{\delta}}$;

l_{ef} ——铁芯有效长度, m;

τ ——极距, $\tau = \frac{\pi D}{2p}$ (D 为电枢直径, p 为极对数), m。

通常, 将沿电枢绕组圆周单位长度上的安培导体数称为线负荷 A , 即

$$A = \frac{2mNI}{\pi D} \quad (1-4)$$

并整理得

$$\frac{D^2 l_{ef} n}{P'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p K_{Nm} K_{dp} AB_\delta} \quad (1-5)$$

2. 直流电机的计算功率

直流电机的计算功率为

$$P' = E_a I_a \quad (1-6)$$

式中 E_a ——电枢绕组的电势, V;

I_a ——电枢绕组的电流, A。

其中, 电枢绕组的电势为

$$E_a = \frac{p \cdot n}{60} \cdot \frac{N_a}{a} \cdot \Phi \quad (1-7)$$

式中 N_a ——电枢绕组的总导体数;

a ——电枢绕组的并联支路对数。

因为线负荷为

$$A = \frac{I_a N_a}{2a\pi D} \quad (1-8)$$

所以

$$I_a = \frac{2a\pi DA}{N_a} \quad (1-9)$$

代入上面关系, 并化简得

$$\frac{D^2 l_{ef} n}{P'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p AB_\delta} \quad (1-10)$$

比较式(1-5)、式(1-10)可知, 交流电机和直流电机的主要尺寸与计算功率、转速、电磁负荷之间的关系是相似的。

对一定功率和转速范围内的电机, B_δ 、 A 变动不大, α'_p 、 K_{Nm} 、 K_{dp} 变化范围更小。

二、电机常数和利用系数

1. 电机常数

电机常数 C_A 在大体上反映了产生单位计算转矩所消耗的有效材料(铜、铝或电工钢)的体积, 并在一定程度上反映了结构材料的耗用量。其表达式为

$$C_A = \frac{D^2 l_{ef} n}{P'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p K_{Nm} K_{dp} AB_\delta} \quad (1-11)$$

因为计算转矩 $T' = \frac{P'}{\Omega} = \frac{60P'}{2\pi n}$ (Ω 为机械角速度, 单位为 rad/s);

所以

$$C_A = \frac{D^2 l_{ef} n}{P'} = \frac{D^2 l_{ef}}{P'/n} = \frac{60D^2 l_{ef}}{2\pi T'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p K_{Nm} K_{dp} AB_\delta} \quad (1-12)$$

$D^2 l_{ef}$ 近似地表示转子有效部分的体积, 定子有效部分的体积也与它有关。

2. 利用系数

K_A 是电机常数 C_A 的倒数, 称为利用系数。其表达式为

$$K_A = \frac{1}{C_A} = \frac{2\pi T'}{60 D^2 l_{ef} n} = \frac{P'}{D^2 l_{ef} n} \quad (1-13)$$

K_A 表示单位体积的有效材料所能产生的计算转矩, 它的大小反映了电机有效材料的利用程度。

在比较设计方案时, K_A 往往是一项很好的比较指标, 随着电机制造水平的提高、材料质量的改进, K_A 将不断增大。

C_A 并非常数, 转速一定时, C_A 随着电机功率的增大而减小, K_A 和转矩应力则随电机功率的增大而增大。

不同类型电机的计算功率 P' 可通过电机的额定功率 P_N 来决定, 方法如下。

对感应电机:

$$P' = \frac{K_E P_N}{\eta_N \cos \varphi_N} \quad (1-14)$$

式中 K_E ——满载电势标么值, 即额定负载时, 感应电势与端电压的比值;

$\eta_N, \cos \varphi_N$ ——额定负载时的效率、功率因数;

P_N ——额定功率。

对同步发电机:

$$P' = \frac{K_E P_N}{\cos \varphi_N} \quad (1-15)$$

对同步电动机:

$$P' = \frac{K_E P_N}{\eta_N \cos \varphi_N} \quad (1-16)$$

对同步调相机:

$$P' = K_E P_N \quad (1-17)$$

对具有并励绕组的直流发电机:

$$P' = K_g P_N \quad (1-18)$$

式中 K_g ——考虑发电机电枢压降和绕组电流而引入的系数。

对具有并励绕组的直流电动机:

$$P' = \frac{K_m P_N}{\eta_N} \quad (1-19)$$

式中 K_m ——考虑电动机电枢压降和绕组电流而引入的系数。

三、从确定的主要尺寸关系式所得出的结论

确定主要尺寸的关系式即为

$$C_A = \frac{D^2 l_{ef}}{P'/n} = \frac{60 D^2 l_{ef}}{2\pi T'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p K_{Nm} K_{dp} AB_\delta} \quad (1-20)$$

从上式可得出以下几点结论。

(1) 电机的主要尺寸取决于 P'/n 或 T' 。当其他条件相同时, 无论是功率大、转速高的电机, 还是功率小、转速低的电机, 若 T' 相近, 则其所消耗的有效材料相近, 体积相近, D, l_{ef} 基本相

同。

(2)在一定转速范围内,电磁负荷 A 和 B_δ 不变。当 C_A 一定时,对 P' 相同的电机, n 越大, $D^2 l_{ef}$ 越小;对 $D^2 l_{ef}$ 相同的电机, n 越大, P' 越大。

(3)当 C_A 、 n 一定时,若 D 不变而选用不同的 l_{ef} ,则可得到不同功率的电机。

(4) α'_p 、 K_{Nm} 和 K_{dp} 一般变化不大,电磁负荷 A 和 B_δ 值的大小直接影响电机的主要尺寸和有效材料用量。 A 和 B_δ 选得越大,电机的尺寸越小,耗用的材料就越少。

1.2 电磁负荷的选择

根据确定的主要尺寸关系式

$$\frac{D^2 l_{ef} n}{P'} = \frac{6.1 \times 10^{-3}}{\alpha'_p K_{Nm} K_{dp} A B_\delta} \quad (1-21)$$

来看:由于在正常的电机中, α'_p 、 K_{Nm} 、 K_{dp} 实际上变化不大,因此当计算功率和转速一定时,电机的主要尺寸 $D^2 l_{ef}$ 取决于电磁负荷 A 、 B_δ 。

从上式看出, A 、 B_δ 越大, $D^2 l_{ef}$ 越小,电机的质量越轻,成本越低。因此,设计电机时,我们总希望 A 、 B_δ 大一点好。但是 A 、 B_δ 的选择与许多因素有关,会影响电机的其他性能。它不但影响有效材料用量,更重要的是对电机的参数、启动和运行影响较大。下面先讨论电磁负荷对电机运行性能和经济性的影响,然后简单介绍具体的电磁负荷的选择方法。

一、电磁负荷对电机工作性能和经济性的影响

(一)线负荷 A 较大

(1)优点:

- ① 电机体积较小,可节省使用材料;
- ② B_δ 一定时,由于铁芯质量减轻,铁耗减小。

(2)缺点:

- ① 绕组用铜(铝)量将增加;
- ② 增大了电枢单位表面上的铜(铝)耗,绕组温升增大;
- ③ 改变了电机参数和电机特性。

(二)气隙最大磁密 B_δ 较大

(1)优点:电机体积较小,可节省使用材料。

(2)缺点:

- ① 电枢基本铁耗增大;
- ② 气隙磁位降和磁路饱和程度将增大;
- ③ 改变了电机参数和电机特性。

二、线负荷 A 和气隙最大磁密 B_δ 的选择

(1) A 、 B_δ 的比值要适当。 A 、 B_δ 的比值影响电机参数和电机特性;影响铜、铁的分配,即影响电机效率曲线上出现最高效率的位置(可变损耗与不变损耗相等,效率最大)。对一般轻载电

机, A 选较大值, B_s 选较小值, 其效率较高。

(2) A 、 B_s 的选择要考虑冷却条件。当输出功率一定时, 增大电磁负荷 A 、 B_s , 电机的体积减小了, 可节省有效材料, 但需要较好的冷却条件。对采用防护式冷却方式的电机, A 、 B_s 一般比同规格封闭式电机的大; 对一般小型异步电机, 通常可大 15%~20%。

(3) A 、 B_s 的选择要考虑所用材料和绝缘结构的等级。绝缘结构的耐热等级越高, 电机允许温升越高, A 越大; 导磁材料(包括结构部件材料)性能越好, B_s 越大。

(4) A 、 B_s 的选择要考虑计算功率 P' 和转速 n 的大小。由于电枢圆周速度 v_a 取决于转子直径及转速 n , 对电枢圆周速度 v_a 快的电机, 冷却条件有所改善, 因此 A 、 B_s 可选取得大些; 对计算功率 P' 大、电枢直径小的电机, 选取的 A 、 B_s 相应小些。

(5) 选取较大的 A , 绕组用铜(铝)量将增加。由于电机尺寸减小了, 若 B_s 不变, 每极磁通将减小, 为得到一定的感应电势, 绕组匝数必将增多。

(6) 选择较高的 A 或导体电流密度 J , 绕组电阻将增加, 绕组温升将增高。对直流电机, A 过高, 电抗电势将增加, 换向会恶化。

(7) 选择较高的 B_s , 电机基本铁耗增加。由于电枢铁芯中的磁密与 B_s 成一定的比例关系, 而铁的比损耗(单位质量铁芯中的损耗)与铁磁材料内磁密的平方成正比关系, 故随着 B_s 的增大, 铁的比损耗的增加速度比铁芯质量减轻的速度更快。因此, B_s 增大还将导致效率降低及在冷却条件不变时温度升高。

总的来说, 电磁负荷 A 、 B_s 的选择要考虑的因素很多, 很难从理论上来确定 A 、 B_s 。通常, 主要参考电机工业长期积累的经验数据, 并在分析、对比设计电机与已有电机之间在使用材料、结构、技术条件、要求等方面的异同后进行选取电磁负荷 A 、 B_s 。但随着电工材料的不断改进、冷却条件的不断提高, 电磁负荷 A 、 B_s 的选择空间越来越大。

1.3 电机的几何相似定律及系列电机

一、电机的几何相似定律

为进一步认识电机的重要尺寸与计算功率、转速、电磁负荷间的某些规律, 我们对具有相同的导体电流密度、磁通密度、转速和极数, 而计算功率递增、几何形状相似的电机进行分析。

所谓几何相似, 是指电机所对应的尺寸具有相同的比值。如: 若 A 、 B 两台电机几何相似, 则它们的对应尺寸成比例, 即

$$\frac{D_A}{D_B} = \frac{l_A}{l_B} = \frac{h_{sA}}{h_{sB}} = \frac{b_{sA}}{b_{sB}} \quad (1-22)$$

式中 h_s 、 b_s ——槽高、槽宽。

在导体电流密度、磁通密度、转速、频率保持不变时, 对一系列计算功率递增、几何相似的电机, 单位功率所需有效材料的质量 G 、有效材料的成本 C_{ef} 及产生的损耗 $\sum p$ 与计算功率 P' 的 1/4 次方成反比的定律称为几何相似定律。

$$\frac{G}{P'} \propto \frac{C_{ef}}{P'} \propto \frac{\sum p}{P'} \propto \frac{P'^{3/4}}{P'} = \frac{1}{P'^{1/4}} \quad (1-23)$$

1. 证明

条件: J 、 B 、 n 、 f 保持不变。

①长度 l 与计算功率 P' 之间的关系为

由于 $P' \propto EI, E \propto N\Phi, \Phi = BS_{Fe}$ (S_{Fe} 为铁芯净截面面积)

所以 $E \propto NBS_{Fe}$

且 $I = JS_c$ (J : 导体电流密度; S_c : 导体截面积), 代入 P' , 则 $P' \propto NBS_{Fe}JS_c$ (B 、 J 保持不变, $S_{cu} = NS_c$)

可得 $P' \propto S_{Fe}S_{cu}$ (S_{cu} 为绕组净截面面积)

已知 $S_{Fe} \propto l^2, S_{cu} \propto l^2$

所以 $P' \propto l^4 \quad l \propto P'^{\frac{1}{4}}$

② G 、 C_{ef} 和 $\sum p$ 与 P' 的关系为: 有效材料的质量与体积成正比, 也与长度 l 的立方成正比; 有效材料的成本 C_{ef} 、产生的损耗 $\sum p$ 与 G 成正比, 故可得

$$G \propto l^3 \quad \text{即} \quad G \propto P'^{\frac{3}{4}}$$

$$C_{ef} \propto G \quad \text{即} \quad C_{ef} \propto P'^{\frac{3}{4}}$$

$$\sum p \propto G \quad \text{即} \quad \sum p \propto P'^{\frac{3}{4}}$$

③单位功率所需有效材料的质量 G 、有效材料的成本 C_{ef} 及产生的损耗 $\sum p$ 与计算功率 P' 的关系为

$$\frac{G}{P'} \propto \frac{C_{ef}}{P'} \propto \frac{\sum p}{P'} \propto \frac{P'^{\frac{3}{4}}}{P'} = \frac{1}{P'^{\frac{1}{4}}}$$

即得几何相似定律: 在 J 、 B 、 n 、 f 保持不变时, 对一系列计算功率递增、几何相似的电机, 单位功率所需有效材料的质量 G 、有效材料的成本 C_{ef} 及产生的损耗 $\sum p$ 与 $P'^{\frac{1}{4}}$ 成正比。

2. 用途

① 电机的几何相似定律可用来大体上估计与已制成电机几何相似, 但计算功率不同的电机的质量、成本或损耗;

② 电机的几何相似定律也可用来分析几何相似的系列电机中各规格电机之间的对应关系。

可以看出, 电机有效材料的质量、成本的增加相对容量的增加要慢, 损耗的增加相对容量的增加也要慢。因此, 有效材料的利用率提高了, 效率提高了。此外, 电机的损耗与长度 l 的立方成正比, 而冷却表面却与长度成正比, 这样电机损耗增加的速度就大于冷却表面增加的速度, 电机温升将增加。因此, 必须设法改变电机的冷却系统或冷却方式, 放弃它们的几何相似。所以, 冷却问题对大功率电机比对小功率电机显得重要。

二、系列电机

电机制造厂的产品通常按系列生产(见图 1-3), 以便能利用已有的工艺装备, 降低成本和缩短生产周期。所谓系列电机, 就是指技术要求、应用范围、结构形式、冷却方式、生产工艺基本上相同, 功率及安装尺寸按一定规律递增, 零部件通用性很高的一系列电机。

1. 我国目前生产的几个主要系列

1) 基本系列

基本系列是指使用面广、生产量大、用于一般用途的系列。例如: 直流电机的 Z2 系列(小型



图 1-3 系列电机

直流电机)、ZF 系列(中型直流发电机)和 ZD(中型直流电动机);异步电机的 J2、JO2 系列(三相鼠笼式异步电机)和 Y 系列(新型三相异步电机);同步电机的 T2 系列(三相同步发电机)、TD 系列(同步电动机)和 TT 系列(同步补偿机)。

2) 派生系列

派生系列是指为满足不同的使用要求,将基本系列进行部分改动,而派生出来的系列。它与基本系列有较多的通用性。例如:ZJD 大型轧钢及卷扬机用直流电动机,由 ZD 系列派生而来;JZ2 冶金及起重用三相感应电动机,由 J2 系列派生而来;JDO2 三相多速异步电动机,由 JO2 系列派生而来。

3) 专用系列

专用系列是指适用某种特殊条件或使用面很窄的系列。例如:GD 系列辊道用电动机,用于冶金工业中工作辊道和传送辊道,有堵转转矩大、堵转电流小、堵转时间长、变频调速宽的特点,能够在频繁启动、制动、反转的条件下运行。

2. 系列电机的优点

①减少了材料用量,缩短了工艺设计时间,降低了成本:由于它们的生产工艺过程与零部件形式相同,可以充分利用模具、量具、卡具等工艺装配。

②缩短了生产周期(由于充分利用了原有的模具等和工艺装配图纸等条件);

③可以减少设计、制造、使用、维修方面的许多工作。

3. 系列电机设计的特点

(1)功率等级要通过全面综合分析用户的要求、选用的方便性、电机的经济性等多方面来确定。同一系列电机中,相邻两功率等级之比(大功率比小功率),称为功率递增系数或容量递增系数 K_p' ,其大小直接影响到整个功率等级数目的确定,而且对系列电机的经济性有很重要的影响。

(2)安装尺寸的确定及功率等级与安装尺寸的对应关系。

电机的安装尺寸是指电机与配套机械进行安装时的有关尺寸。系列电机的安装尺寸一般按轴中心高进行分级,轴中心高的确定必须综合考虑配套机械和电机本身的具体情况,原则上是按优先数系递增。

对安装尺寸是轴中心高的端盖式轴承的电机,在确定功率等级与安装尺寸的对应关系时,主要是确定功率等级与轴中心高的对应关系。功率等级确定后,选取轴中心高等级,此时必须全面考虑工艺装备、用户要求、电磁设计、材料利用等。

(3)交流电机系列定子冲片外径的确定。

①与规定的轴中心高数值的一致性;

- ②硅钢片利用的经济合理性;
- ③整个系列外形的匀称性,并在条件允许的情况下,能充分利用已有的工艺装备。
- (4)零部件的标准化、系列化和通用化。

1.4 电机的主要尺寸比及确定的一般方法

一、电机的主要尺寸比

在正常的电机中, α_p 、 K_{Nm} 、 K_{dp} 实际上变化不大,因此在计算功率和转速一定时,电磁负荷 A 、 B_δ 选定后,可确定 $D^2 l_{ef}$ 。但 $D^2 l_{ef}$ 相同的电机,可以设计成扁平状,也可以设计成细长状。为了反映电机的几何形状,引入一个新的概念——主要尺寸比 $\lambda = \frac{l_{ef}}{\tau}$ 。 λ 的大小影响电机的工作性能、经济性、工艺性。扁平电机外形图、细长电机外形图分别如图1-4、图1-5所示。

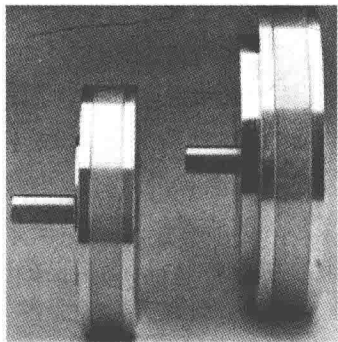


图 1-4 扁平电机外形图

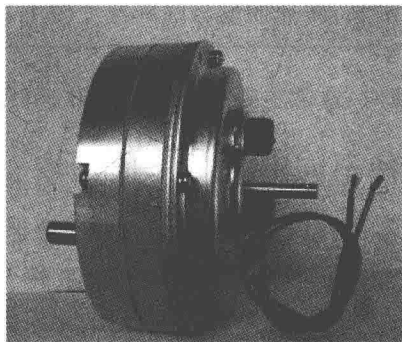


图 1-5 细长电机外形图

在合理范围内,可适当选择较大的 λ 值。

(1) λ 较大,电机较细长(l_{ef} 较大、 D 较小),线圈的跨距较小;绕组端部变短,可减少绕组端部用铜量、减小端部各部件(端盖、轴承、刷架和换向器等)的尺寸,使得电机端部漏抗减小、质量减轻、成本降低,效率得以提高。另外,在正常范围内,可提高绕组铜的利用率。对于 λ 较大的电机,各结构部件尺寸较小,质量轻,因此单位功率的材料消耗较少,成本低。细长电机定子、转子示意图如图1-6所示。

(2) $D^2 l_{ef}$ 一定: λ 越大, $\sum p$ 越小,电机的效率越高。

当 $D^2 l_{ef}$ 一定时, λ 越大,附加铁耗减少,机械损耗越少,特别是当 J 一定时,端部铜耗越少,因此, $\sum p$ 越小,电机的效率得到提高。