

高速电机的设计特点及相关技术研究

Research on Design Characteristics and Related Technologies of High Speed Motor

刘雨坤 汪沛 张俊逸 尹坤

Yukun Liu Pei Wang Junyi Zhang Kun Yin

襄阳航力机电科技发展有限公司 中国·湖北 襄阳 441000

Xiangyang Hangli Electromechanical Technology Development Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441000, China

摘要: 作为中国工业发展的重要组成部分, 高速电机的设计制造工作极具特点, 也涉及多个关节与工序。论文针对当前高速电机的设计策略与相关特点展开讨论, 分析了 EPS 电机制造中所涉及的关键技术, 同时详细论述了定子结构的设计重点, 希望以此促进高速电机研究的进一步深入。

Abstract: As an important part of China's industrial development, the design and manufacturing of high-speed motor is very characteristic, and it also involves multiple joints and processes. This paper discusses the current design strategy and related characteristics of high-speed motor, analyzes the key technologies involved in EPS motor manufacturing, and discusses the design focus of stator structure in detail, hoping to promote the further research of high-speed motor.

关键词: 高速电机; 设计重点; 相关技术; 定子结构

Keywords: high speed motor; design focus; related technologies; stator structure

DOI: 10.12346/etr.v3i10.4424

1 引言

伴随着工业制造的不断发展, 行业对高速电机的设计与制造工作也提出了更高的要求, 而且高速电机的应用领域相当广泛, 对于许多工业重点项目的发展都起着关键的作用。当前, 中国在高速电机的制造领域已经取得了一定程度的发展, 但仍有一些部分可以进行更进一步的研究发展, 高速电机的研究仍然具有广阔的前景。

2 高速电机的设计特点

从本质上来分析, 高速电机与传统的机械设备有很大的不同, 因为高速电机在各个方面都有很大的优势^[1]。它不仅具有更高的速度、更高的功率密度、更小的体积、更快的响应和更轻的重量, 而且可以降低噪音并直接连接高速负载, 大大减少了传统电机用于种植设备的使用, 有效控制了制造成本, 也相应减少了材料的投入。是以, 在高速电机的设计中, 主要关注转子的高速旋转和定子绕组电流的高频扩展。在高速旋转时, 转子可以达到每分钟数万甚至数十万转。当定子旋转时, 高频绕组中的电流可以超过几千赫兹。

2.1 电机的高速特性

在高速电机的实际设计过程中, 主要关注转子的高速旋

转和定子绕组电流的高频。在高速旋转过程中, 转子每分钟可达数万甚至数十万转, 圆周速度可达 200m/s 以上。旋转时, 高频定子绕组电流可超过 1000Hz。由于这个特性, 高速发电机也会采用永磁、感应等形式。永磁电机具有速度快、功率大、效率高等优点。

2.2 功率转换和电机控制

功率转换在高速电机运行中尤为重要。它可以将高频电流转化为恒频压电能量, 使用户得到他们所需要的。因此, 变频调速在电机高速运行中更为重要, 功率转换和电机控制的难点有待进一步研究。

2.3 高速电机磁流体转子护套设计

由于永磁材料的特性, 难以承受高速电机的拉应力。因此, 在使用永磁体的过程中, 需要采取必要的保护措施, 以更好地承受运行时产生的离心力。可以发现, 转子通常选择使用护套进行保护, 因为它不仅可以有效固定永磁体, 而且在静止时可以承受压应力, 拉伸时不再承受压力。但是, 护套和永磁体之间的距离需要测量转子结构和运行速度。

3 EPS 电机的关键技术

结合建筑高速电机设计过程中所体现的特征与笔者的从

【作者简介】刘雨坤 (1992-), 男, 中国河南驻马店人, 本科, 助理工程师、设计员, 从事电动机方面的研究。

业经历,笔者认为,能够对高速电机的制造质量产生影响的关键制造技术有以下几个方面。

3.1 齿槽转矩优化技术

永磁体与铁芯的相互作用必然产生绕组转矩,从而加剧EPS电机的振动和噪声。在过去的10年中,电机从业者对EPS电机的齿槽转矩进行了大量的研究。通过定子倾角、槽宽差、优化极弧系数和磁极偏移,抑制和削弱电机齿槽转矩^[2]。在降低齿槽转矩的同时,国内EPS电机厂家采用12槽8极槽,避免了不平衡磁拉力,使电机运行更加稳定。三级斜转子结构和子槽定子结构使EPS齿槽转矩小于10nm,这样的规模已经在国际上较为先进,同时产品的出售价格也相应得到了控制,在市场上更具优势。

3.2 位置传感器优化技术

虽然无位置传感器电机控制技术已经取得了很大的进步,但为了提高驾驶员的舒适性,减少转向时的扭矩波动,提高系统的稳定性,目前大多数EPS电机都使用位置传感器电机。EPS电机内外双齿开关霍尔组合位置传感器技术复杂,信号精度低,控制算法要求高;旋转变压器位置传感器信号精度高,但信号处理电路复杂,温度特性差,价格昂贵。根据EPS电机的特殊要求,设计了轴磁直线位置传感器的结构。通过产生正弦旋转磁场和解码数据,可以获得电机定子和转子的相对位置,并且可以精确控制EPS电机的速度。这样的情况下不但能够保障电机运行更稳定,也能大大压缩传感器的成本,使产品在市场上更具竞争力。

3.3 噪声优化技术

汽车转弯时,电机噪声直接影响驾驶员的舒适性,是决定EPS电机质量的重要因素。EPS电机运行时主要包括机械噪声、空气动力噪声和电磁噪声。由于EPS电机没有冷却风扇,转子动平衡精度达到G2.5,EPS电机上的机械和空气动力噪声可以忽略。然而,电磁噪声无法完全消除。它是EPS电机的主要噪声源。电磁噪声是由电机气隙基波产生的径向力波和作用在定子铁芯上的谐波磁场引起的。当径向力波的谐波频率接近EPS电机的固有频率时,会发生共振。当由此产生的振动和噪声严重时,EPS电机将损坏。为了减少振动和噪声对电机的危害,基于麦克斯韦理论对磁路结构进行了优化,减小了径向力波和气隙磁场的响应值,并对不同阶次的结构进行了研究。通过模态分析、电磁仿真和傅立叶分解,对电机结构进行了优化,使电机的固有频率与径向力波的频率相差很大,从根本上降低了电机的振动和噪声。

3.4 视觉运动平台的设计技术

由于EPS电机转向系统的特殊要求,电机特性的计算包括各种物理分析,如电磁场、温度场和应力场。由于EPS电机计算中使用的软件和电机参数很多,当结构发生变化时,其建模、边界条件和后处理操作都非常复杂。不熟悉软件的工程师很难在短时间内完成EPS电机的设计。为了解决这一问题,基于VB语言的可视化电机设计平台实现了多

个物理场的紧密连接,实现了EPS电机设计和性能分析的参数化,提高了电机设计的效率^[3]。

4 定子结构相关设计

根据现阶段高速电机设计过程中呈现出的特点以及所使用技术的特征,笔者认为,在定子结构的相关设计过程当中,生产单位应该从以下几方面着手,不断优化定子结构的设计方案

4.1 极数

在高速电机中,设计通常分为两个或四个阶段。二次电机可以直接集成永磁体。根据铁芯内的电流和磁场,交流频率逐渐降低,对降低损耗起到非常明显的作用。双极电机的定子绕组端比四极电机的定子绕组端长。四级电机定子绕组端短,交流频率高。

4.2 槽位数量

有三个选项可以选择插槽的数量。首先,在无高频齿谐波磁场和槽的情况下,转子电流损耗最小;但该方案也存在一些缺点,即永磁体产生的槽磁通密度较小,因此永磁体材料的利用率较低。其次,采用了少时隙方案。该方案的密度谐波和电压幅值较大,载波电流损耗也较大。因此,该方案在高速电机上的应用极为不利。最后,多槽方案不仅材料利用率高,而且转子电流损耗小,气隙磁通密度高。

4.3 核心材料

高速电机的工作频率比较高。在此前提下,定子铁芯会产生一定的损耗。为了尽可能降低损耗,科学合理地选择定子铁芯材料是最有效的方法之一。

4.4 定子绕组

定子绕组的端部长度会增加资金转移的轴向长度,从而影响转子系统的强度。如果采用环形绕组结构,可以有效解决这一问题。但仍有不足之处。比如线圈加工复杂,就会造成一些麻烦。

5 结语

总之,现阶段高速电机的设计相关工作还要受到制度体系、设计理念以及设计人员水平等多个因素的影响,设计过程可能会出现各种问题影响产品最终的呈现。针对这一现状,笔者针对高速电机设计过程中的策略以及特点进行了详细分析,并对EPS电机设计中使用的关键技术以及定子结构的设计提出了几点提升策略,从技术角度着手加强高速电机设计制造的效率和水平。

参考文献

- [1] 张新兴.对高速电机设计及相关技术运用的浅析[J].科技与企业,2014(7):1.
- [2] 黄林,王鹏.高速电机的特点与关键技术问题分析[J].中国设备工程,2014(4):2.
- [3] 叶志常.高速永磁电机设计与分析技术研究[J].中国机械,2016(5):65.