

# 高速永磁电动机设计的关键问题

## Key Problems in the Design of High Speed Permanent Magnet Motor

汪沛 刘雨坤 尹坤 张俊逸

Pei Wang Yukun Liu Kun Yin Junyi Zhang

襄阳航力机电技术发展有限公司 中国·湖北 襄阳 441000

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

**摘要:** 伴随中国科学技术水平的提高, 高速永磁电机近年来发展迅速, 它具有功率因数高、运转效率高、运行稳定可靠以及维护便利等多方面的优点, 因此在生产生活中得到了广泛的应用, 在航空、机器人以及机械工程等领域都扮演着重要的角色。为了进一步优化其性能, 拓宽应用领域, 有必要加大高速永磁电动机设计研发, 提升其设计质量。论文围绕高速永磁电动机设计的关键问题展开了探讨分析。

**Abstract:** With the improvement of China's scientific and technological level, high-speed permanent magnet motor has developed rapidly in recent years. It has the advantages of high power factor, high operation efficiency, stable and reliable operation and convenient maintenance. Therefore, it has been widely used in production and life, and plays an important role in aviation, robotics, mechanical engineering and other fields. In order to further optimize its performance and broaden its application fields, it is necessary to increase the design and R & D of high-speed permanent magnet motor and improve its design quality. This paper discusses and analyzes the key problems in the design of high-speed permanent magnet motor.

**关键词:** 高速永磁电动机; 设计; 定子; 转子; 关键问题

**Keywords:** high speed permanent magnet motor; design; stator; rotor; key problem

**DOI:** 10.12346/etr.v4i2.5456

## 1 引言

如今, 伴随着电机领域系列产品科技含量的不断提高以及技术水平创新, 高速永磁电动机也设计研发出了更多高技术含量的产品, 在市场竞争愈发激烈的今天, 以及在技术发展和材料创新的推动下, 高速永磁电动机在各大领域的作用越来越大, 因此必须与时俱进地提高其设计质量, 实现工艺方面的突破。

## 2 提高高速永磁电动机设计质量的必要性

高速永磁电动机相比于传统的电机而言, 体积比较小, 效率较高, 功率密度高以及可靠性高, 在日常生活、燃气轮机、高速机床以及国防航天等领域当中都发挥着越来越重要的作用。当前中国大力推进电动机节能工程, 所以对于高效率的低能耗电机设备提出了更高的应用要求, 因此, 高速永磁电动机设计质量也必须逐步提升, 以满足进一步强化高速

永磁电动机性能, 以及降低能耗的要求<sup>[1]</sup>。虽然高速永磁电动机的应用前景非常广阔, 和传统电机设备遵循着相同的基本设计原理, 但是也应该同时看到由于其高功率密度以及高转速, 所以在电机设计方面面临着机械强度、温升以及动力学方面的诸多问题。由此可见, 提高高速永磁电动机设计质量迫在眉睫。

## 3 高速永磁电动机定转子材料与结构设计

定子和转子是高速永磁电动机设计的两个主要内容, 其材料及结构设计需要基于如下考虑:

### 3.1 高速永磁电机转子材料与结构设计

在高速永磁电动机的转子设计上, 如今主要以 SmCo 或者 NdFeB 稀土材料为主。而结构方面, 主要采用表贴式结构和两级圆柱永磁结构, 并且会使用复合材料护套, 借助过盈配合来对永磁体进行保护。高速永磁电动机一般采用的

【作者简介】汪沛 (1990-), 男, 中国湖北汉川人, 本科, 助理工程师, 从事电动机方面的研究。

是如同冶金粉末一类的永磁材料,虽然说这种材料能够承受一定的压应力,但是对于比较大的拉应力却是难以承受。因此务必要设计一定的保护策略,在用磁体的外部加上强度比较高的不导磁保护套。虽然说内嵌式的高速永磁电机转子设计,能够更加节省永磁体的用量,但是从强度来看,以表贴式设计结构更佳。当前中国高强度硅钢片材料发展迅速,所以未来内嵌式转子结构的可用转速将有望提升。当高速永磁电机运行时,转子保持高速运转状态,当高速永磁电机持续性运转时,高速运转下产生的巨大离心力会对转子强度提出较高要求。而且转子高速旋转下产生的摩擦力容易对转子自身结构造成破坏,为了使高速永磁电机能够正常运转,除了要保证转子的正常转动强度以外,还应该提升其耐高温与耐磨损的性能,这就需要相关的设计人员合理设计高速永磁电动机的转子材料以及结构<sup>[2]</sup>。

当前,高速永磁电机的材料的矫顽力普遍比较高,这是因为这类材料的温度系数相对来说比较低,这样就能够保证永磁电机在高速运转状态下转子的温度能够更加稳定,同时,高矫顽力材料对于温度的适应能力比较强,在高温运作环境中被普遍应用。

除此以外,高矫顽力材料还具有比较好的抗干扰以及抗压能力,所以对于较强的离心力也能够更好的承受。但是,在应用高矫顽力材料设计高速用磁电动机时,设计人员应该注意到,这类材料的抗张性能比较差,所以在应用过程当中,要采用特定材料对其进行保护。

为了使转子免遭离心力的破坏性影响相关的设计人员应当对转子的强度进行分析。一般而言,对于结构比较简单的转子进行强度分析时,能够对其内部应力以及永磁体进行精确分析。但是对于结构比较复杂的转子,进行强度分析时,还需要对解析结果进行简化处理,并且需要借助 FEM 法来对其材料的各方面性能展开分析。在转子强度分析的过程中,设计人员还需要进行转子二维轴向截面的分析<sup>[3]</sup>。除此以外,为了使高速永磁电动机转子具有更加稳定的性能,设计人员还需对其进行临界转速、稳定性等内容的分析。

### 3.2 高速永磁电动机定子材料与结构设计

在高速永磁电动机的电子设计方面,为了降低铁耗率,在设计当中常常采用比较薄的硅钢片而为了减少铜的损耗,一般情况下,都习惯于采用交叉换位的细铜线。虽然软磁复合材料具有良好的应用价值,但是现阶段尚缺乏成熟的加工技术。高速永磁电动机的电子结构设计往往采用背绕式,以提高转子的高度。但是在采用新型的定子材料时,也常常采用爪极或无槽定子。高速永磁电动机的定子是作为电机散热通道而存在的。高速永磁电机在运转过程中产生的损耗和定子有直接的关系,而定子材料和结构与转子损耗也有着密切的关系。因此,怎么样合理设计高速永磁电动机的定子结构和材料,是相关设计研发人员面临的一项重要工作。在设计高速永磁电动机定子时,应该考虑以下几个方面的问题:

第一,对于高速永磁电动机的定子结构设计,目前采用比较多的是环形绕组结构,这种结构需要将绕组安装在电机扼部,以此达到减少转子正常运行所需要的长度,而增强其刚度。

第二,因为环形绕组定子结构有较多的内外槽,所以设计人员可以将其利用为电机散热通道,这样能够提升散热效果。不过,同时应该关注到在电动机高速运转时,环形绕组结构下构造的内外齿槽容易导致转子损耗大大增加,为了使损耗降低,设计人员可以考虑通过延长气隙长度的做法来更好地进行散热<sup>[4]</sup>。

第三,除此以外,现阶段的高速永磁电机定子结构设计以小于等于 0.2mm 的无取向硅钢片为主要材料,伴随着中国科学技术水平的不断发展,对于软磁复合材料的关注度逐步提高,相关加工及应用技术也在不断走向成熟,未来可在高速永磁电动机的定子设计中发挥更关键的作用。

## 4 高速永磁电动机设计与制造技术发展趋向

如今,高速永磁电机正朝向更大容量更高效以及高速集成节能环保的方向发展,其设计制造应该围绕高绝缘等级以及低振动噪声等方面实现突破,材料的选用要环保科学,能减少能源消耗和环境污染,制造工艺要具备自动化、量化以及高精度的特点。高速永磁电动机转子磁钢固定工艺难度比较大,传统工艺难以适应高温高应力环境下的使用要求,所以在设计过程当中,应该尽可能地采用新材料以及新结构,并且结合多元化的磁钢固定方式,实现优势互补。在高速永磁电动机元部件加工以及装配的各个环节,都需要科学选择加工工艺,设计人员还要结合科学计算、工艺验证实现高速永磁电动机关键参数的量化以及预估,从而满足设计的高要求。

## 5 结语

高速永磁电动机的应用价值逐步被挖掘出来,它促进了各行业飞跃式发展。设计人员要加强高速永磁电动机转子以及定子设计质量,优化高速永磁电动机的各方面性能,提高其工作效率的同时,减少对能源的消耗,达到节能环保的目的,使高速用磁电动机逐步取代传统的低效高能耗的电机设备,推动中国精密制造以及航空航天等工业领域的持续进步。

## 参考文献

- [1] 韦晓娟.高速永磁电机设计技术探讨[J].中国设备工程,2019(17):2.
- [2] 袁超.高速永磁电机设计与分析技术研讨[J].现代经济信息,2018(10):1.
- [3] 唐庆军.高速永磁电机设计与分析技术综述[J].黑龙江科学,2016,7(22):2.
- [4] 朱桐.浅谈高速永磁电机设计与分析技术[J].现代制造技术与装备,2018(4):2.