

风机偏航系统中直驱盘式电机的优化设计分析

姜薇薇

江西江特电机有限公司, 江西 宜春 336000

[摘要]随着工业化的高速发展, 全球变暖问题越发的严重, 为此风能这种清洁能源越发的受到人们的重视。现阶段风力发电技术已经相对成熟, 但是在使用的过程中也有着诸多的缺陷和问题。由于零部件的复杂结构, 长期的偏航就会对风机塔产生较为严重的质量影响, 为此文章针对风机偏航系统当中的直驱盘式进行优化设计, 以此来提升风力发电机的动力性能, 保障其在长期运行之后的质量性。

[关键词] 风机偏航系统; 直驱盘式电机; 静态磁场; 瞬态磁场

DOI: 10.33142/ec.v3i6.2088

中图分类号: TM315

文献标识码: A

Optimization Design and Analysis of Direct Drive Disc Motor in Fan Yaw System

JIANG Weiwei

Jiangxi Jiangte Electric Power Co., Ltd., Yichun, Jiangxi, 336000, China

Abstract: With the rapid development of industrialization, the problem of global warming is becoming more and more serious. Therefore, people pay more and more attention to wind energy, a clean energy. At present, the wind power generation technology has been relatively mature, but there are also many defects and problems in the using process. Due to the complex structure of components, long-term yaw will have a more serious impact on quality of wind turbine tower. Therefore, this paper optimizes design of direct drive disc in the wind turbine yaw system, so as to improve dynamic performance of wind turbine and ensure its quality after long-term operation.

Keywords: fan yaw system; direct drive disc motor; static magnetic field; transient magnetic field

引言

针对现阶段偏航装置系统当中存在的诸多不足, 需要对风力磁悬浮偏航系统进行优化设计, 有效地将磁悬浮技术和盘式电机技术结合到偏航系统当中, 使得其明显地降低运行过程中带来的偏航损耗, 同时在结构方面的相对简化, 也同样方便维护人员进行维修, 有效地改善了风机运行过程中容易出现的浆液震颤以及在塔身发生侧弯的问题。

1 磁悬浮偏航系统中的盘式电机参数设计

磁悬浮偏航的装置主要由盘式电机转子、盘式电机定子以及支架托盘共同组成, 但是在本文的分析当中, 主要对风机偏航系统中的盘式同步电机结构进行分析和优化, 为此需要对参数进行优化设计, 并在设计的过程中还需要对直驱盘式同步电机的结构以及功能性进行充分考量。

1.1 盘式电机定子设计

在设计的过程中, 首先需要对整体装置当中的加工组装所产生的成本进行考量, 同时在装置后期的加工制作, 以及移动性和实验的环境上都需要做出一定的设计和优化, 在结合了众多的数据之后, 将模型的悬浮重量设计为 1000 千克上下, 但是又处于余量的考量, 使得其需要在实际的设计中设定为 1400 千克左右。

1.1.1 盘式电机定子设计

首先需要对电机的电磁功率进行优化设计, 其中相数取 m 值, 电势感应用 E_ϕ 表示, 电流取 I , 电机的转速以及绕组系数分别为 n_1 和 K_{dp} , 在电机的内径出线负载用 A_{max} 表示, 并且电机的实际外、内径用 D_0 以及 D_i 来表示, 以此得到以下的计算公式:

$$P_{em} = m E_\phi I = \sqrt{2} \pi^3 / 960 \times K_{dp} A_{max} B_{av} (D_0^2 - D_i^2) D_i n_1$$

1.1.2 盘式电机转子设计

在本文的优化设计当中, 其轴向电机的气隙的实际活动范围比较大, 因此在当磁悬浮处于稳定的时候, 会使得气隙的高度上升到 10mm 左右, 这样提升了大气隙之后, 就会进一步导致磁通量的不均匀分布, 因此需要进行系数的修正,

从而避免气隙大小的调节导致其出现偏移。

本文分析的盘式电机本质上属于盘式同步直驱电机，为此都需要进行电机转速公式的相关计算。在保持电机转速一定的时候，其电机的磁极对数同频率呈现正向的比值。在正常的使用过程中，风机偏航的过程转速相对较慢，因此可以通过降低设备的电源频率，来起到控制电机转速的效果。这样的调节方式相对平顺。同时也可以采用将电源的频率保持不变，通过增多对数电机，来产生降速的效果。

在本文当中将盘式电磁铁的内径设计为 400mm，而电磁铁的外径为 700mm。

1.2 盘式电机材料

现阶段对于盘式电机的材料采用上，主要是选择硅钢这种材料。在硅钢当中，实际的硅含量为 0.7%-5.7%之间，而实际的厚度则一般在 2mm 一下。在使用硅钢之后，可以有效地增强电机的电磁力，同时还可以提升电机当中的磁密，可以有效的控制磁阻数值。同时这种材料也有着较大的磁导率，即便在使用中有着较小的电流激磁，最终也会变成较大范围的磁场。硅钢的上贴损耗也相对较低，因此具有较高的磁感应强度值。硅钢是一种十分容易磁化的材料，这样的材料便可以降低矫顽力剩磁小的优势。通常情况下，为了尽可能地抑制涡电流的发生，需要将硅钢的厚度控制在 0.54mm 一下，用来制作电机当中的定转子，这样便可以保障在运行过程中电机可以将磁悬浮偏航系统当中的电损耗降到最低。

2 磁悬浮偏航系统当中的盘式电机有限元分析方法

现阶段，在对电机电磁场的分析过程中，可以应用到有限元分析的方法。在具体的分析过程中，需要依据麦克斯韦方程式来进行电磁学的分析，这样的分析方式可以有效地对其结构进行分析，并且具有较高的精度。通常情况下利用 Ansoft 软件来实现有限元分析，在该软件当中，有诸多的分析模块来对磁悬浮偏航系统进行分析。在风机偏航系统当中，直驱盘式电机的磁场是属于轴向的磁场，为此针对这种磁场就需要利用 Maxwell3D 的系统，对其进行电机建模，从而进行有针对性的分析。

在进行静态磁场的分析过程中，主要是对电机的磁场处于静态时进行分析，使得磁场不会因为时间的变化而发生改变。在电机的原理上，主要有着对称性，为此，对于电机电磁性能的实际分析过程中，主要应用到了八分之一的模型，这样的模型分析法可以较高效率地进行仿真分析，大大节省了分析的周期。下图 1 为仿真试验的求解结果。

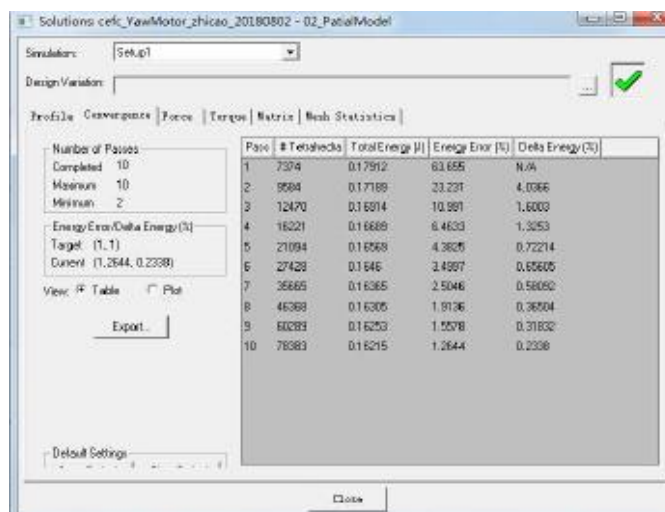


图 1 最终求解结果

通过分析可以得出，这样的仿真分析总共经历了 10 个自适应计算的过程，这样便可以有效地将误差控制到最低，得到预期的效果。

3 风机偏航系统当中的直驱盘式电机

为了进行齿槽当中的转矩的削弱，就要对永磁体的内部结构进行优化，例如可以有效地改变永磁体的极弧系数、将永磁体斜级处理等方式。同时也可以对偏移、倾斜角度以及槽口等方面进行改变，通过优化参数的方式和对反动电动势以及平均转矩的各种电机性能的质变进行控制，以此来达到对齿槽转矩的削弱。

3.1 齿槽转矩形成机理

在本文的研究当中,所形成的盘式电机转子的绕组部位,在通电的过程中会形成较为明显的磁场,这样的磁场能够与电枢铁心当中的齿槽产生作用,进而会在圆周的方向上发生一定的转矩,这样的现象被称之为齿槽定位力矩。在对电动机的下方转子进行通电之后,会形成一个永磁体,进而产生磁场。而齿槽转矩的产生,是在通电转子与定子齿槽发生了相互作用之后,产生了切向分量的波动而形成的。这样的作用力会使得电枢齿在运动过程中可以保持与转子在同一位置上。

在试验当中可以表明, ΔT 的值越大,其电动机的实际转动脉动就会变大,同时在系统的调速功能以及系统的定位精度上,也会受到较为明显的影响。在电动机进行低速运动的过程中,这样的负面影响越发的明显,甚至一定的条件下,会导致其发生共振的现象。为此需要对电动机的齿槽转矩进行有针对性的优化设计。

3.2 削弱齿槽转矩

在本文的试验当中,通过对电动机的齿槽转矩进行科学合理的分析,采用了定子槽口宽度优化、合理的极槽配合以及定子斜槽的方式进行相关的优化设计。

3.2.1 槽口宽度的优化设计

结合上文的具体分析,阐述了电机的齿槽转矩产生的具体原理,其中定子槽口的宽度发生变化也会直接对齿槽转矩产生严重影响,因此可以在设计时采用无齿槽的结构类型,以此来让齿槽的转矩降低到最低。但是在采用了无齿槽的电机之后,对电机的制作工艺有着更高的要求,提升了制作的成本,同时在使用的时候还会出现电机温度上升的情况。因此需要利用降低槽口宽度的方式来对齿槽转矩进行削弱。

电机的齿槽转矩,实际上是依靠定子侧的开槽多产生的,为此槽口的实际量越大,其发生的齿槽转矩就会也越来越大。为此在实际的设计过程中,其槽口的实际宽度主要受到导体的直径以及嵌线的工艺所影响。为此,结合起来绕组的缠绕和槽口的宽度提升所造成的影响因素,需要在原本的设计当中进行槽宽的调整,将 12mm 同试验所选择的 10mm 和 7mm 进行交叉对比,从而进行严格的仿真试验。

在经过了对比分析之后,其中选择的原本槽口宽度为 12mm 的时候,其电机产生的齿槽转矩最高可以达到 363.23N.m;而选择槽口的宽度为 7mm 的时候,其电机的齿槽转矩在峰值的时候为 136.64N.m。为此可以表明,在采用了 7mm 的槽口宽度之后,出现了最好的削弱效果,其发生的齿槽转矩只为额定转矩的 0.63%、同时在对三组数据进行交叉对比之后,可以说明进行定子槽的宽度降低,则可以有效地减少其齿槽转矩。但是在实际的加工制作过程中,一旦槽口宽度选择的过低,就会提升绕线的工作难度值,进而出现漏磁的情况发生,因此针对槽口的宽度选择还需要结合起实际的需求,从而达到最好的效果。

3.2.2 定子斜槽优化设计

进行斜槽的处理,就是需要让电机的齿槽一部分按照轴向的方向进行一定程度的倾斜,其选用的转子斜槽一般就使用于感应电机当中,在进行定子斜槽之后可以有效地降低所产生的噪声。

3.2.3 极槽配合优化设计

在电机设计当中,还需要对极槽数配合进行优化,本方案当中主要对定子部分使用了分数槽绕组的方式,进而提升电机的整体性能。

4 结束语

综上所述,本文主要分析了电机在运行过程中所产生的齿槽转矩的原理,并针对实际原理来进行优化设计,使其提升电机的性能。

[参考文献]

[1]王朝东,杨海峰,王小丽.MW 级风电机组偏航振动噪音问题分析及改进[J].机械与电子,2020,38(05):43-46.

[2]叶宁.浅谈风力发电机组偏航系统现场运行技术应用[J].红水河,2019,38(04):43-46.

[3]刘朋朋.1.5MW 风力发电机组偏航减速机第五级行星轮技术改造[J].金属加工(冷加工),2019(07):80-81.

作者简介:姜薇薇(1988-),女,江西江特电机有限公司专用电机研发工程师、销售工程师,从事风电偏、航变浆电机研发、制造、销售、项目管理等工作。