

新型材料在风电滑环设计中的应用及其性能评估

王思楠

大连宜顺精密制造股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i6.10919

[摘要] 风力发电作为一种绿色环保、可持续发展的能源形式,在全球日益严峻的能源短缺和环境挑战面前,越来越受到国际社会的重视,且对于各部件性能的需求也在不断提升,尤其是大型风力发电机的设计和生产领域,风电技术进步迅速。其中,在保证电力和信号稳定传输方面,作为连接旋转部件和固定部件的关键装置,风电滑环功不可没。整个风力发电系统的运行效率和安全状况,都与滑圈的工作效率有直接关系。有鉴于此,在当前风电设备的研发过程中,如何优化滑道环体的设计,以及滑道材料的选用,就成了核心问题。下面旨在探讨新型材料在风电滑环设计中的实际应用,并以此提出一套有效的方法来评价新材料的性能,对材料科技在风电产业中的应用和发展起到有价值的促进作用。

[关键词] 新型材料; 风电滑环; 滑环设计; 性能评估; 应用措施

中图分类号: TM925.11 **文献标识码:** A

Application and Performance Evaluation of New Materials in Wind Power Slip Ring Design

Sinan Wang

Dalian Yishun Precision Manufacturing Co., Ltd

[Abstract] Wind power generation, as a green and sustainable form of energy, is receiving increasing attention from the international community in the face of global energy shortages and environmental challenges. The demand for component performance is also constantly increasing, especially in the design and production of large wind turbines, where wind power technology is advancing rapidly. Among them, in ensuring stable transmission of power and signals, as a key device connecting rotating and fixed components, wind power slip rings play an indispensable role. The operational efficiency and safety status of the entire wind power generation system are directly related to the working efficiency of the sliding ring. In view of this, how to optimize the design of the slide ring and the selection of slide materials has become the core issue in the current research and development process of wind power equipment. The following aims to explore the practical application of emerging materials in wind power slip ring design, and propose an effective method to evaluate the performance of new materials, which will play a valuable role in promoting the application and development of material technology in the wind power industry.

[Key words] new materials; Wind power slip ring; Slip ring design; Performance evaluation; Application measures

前言

近年以来,传统滑环材料在电力导电、机械强度、耐磨性能以及在极端气候条件下稳定性等诸多方面都遭遇了严峻考验,如:传统滑环材料的导电效率、机械强度以及耐磨性等都受到了很大的冲击,为了应对上述难题,研究者正致力于风力发电滑环设计中应用的系列新材料的研究工作,而这些具有突出意义的材料不仅在物理、化学特性上具有突出的特点,而且在结构上也能够适应复杂多变的工作环境的灵活运用,从而使滑环的利用年限得到延长和提高安全性。随着风力发电行业的不断进步,

在风力滚动绕网领域应用新型材料,不仅为产品的性能的改进开辟了一条新的路径,而且为实现该领域的技术创新及可持续发展目标的实现起到了促进作用。

1 新风电滑环中所采用的新型材料及其种类

1.1 复合材料

复合材料是由两种或两种以上不同的材料组合而成,使各组分积分的优势发挥到最大程度,这样的组合才能发挥出最好的作用。风力发电机滑圈设计过程中,常用的复合材料是玻璃纤维增强塑料(FRP)和碳纤维增强塑料(CFRP)。这些材料的应用使滑

环的机械性能、抗腐蚀能力和绝缘特性等方面都得到了极大的增强。

复合材料在风力发电滑道环体的应用中,以其优异的机械强度和较低的质量表现出了独特的优势,不仅保证了结构的稳固,而且使整体重量得以降低,进而使设备的整体负担得以减轻。此外,此类材料优异的抗腐蚀性能,保证了滑道环体即使在极端气候条件下也能保持工作状态稳定,使其使用寿命明显延长。尤其在面对潮湿或富含盐雾的环境时,更能有效抵御侵蚀,保护内部组件不受损害。鉴于风力发电系统通常运行于高压环境中,对于所用材料的安全导电能力提出了严格要求,而复合材料凭借其高介电强度,成为实现安全电力传输的理想选择,极大地降低了因绝缘不良导致电气故障的风险。

1.2 陶瓷材料

在风力发电滑环的设计中,陶瓷材料因其独特的性能而备受青睐,特别是在耐磨性与热稳定性方面表现尤为突出,这使得它成为众多工业设备中的理想选择。这类材料主要由无机非金属化合物构成,具备高强度、高硬度以及低密度的特性,在滑环的应用场景下展现出明显的技术优势。由于其卓越的耐磨损能力,在长时间运行条件下,即使面对电刷与滑环之间的持续摩擦,陶瓷材料也能凭借其坚硬质地大幅度减轻磨损程度,从而有效延长了滑环组件的服役寿命。这一点对于经常处于高负载状态且需要频繁启动停机操作的风力发电机而言尤为重要,不仅能够显著减少维护频率及成本,同时也极大地提升了整个系统的稳定性和可靠性。

1.3 导电聚合物

与常规金属材料相比较而言,在滑环的应用领域,导电聚合物的导电率优异、轻量化和良好的加工性,其优越的导电性、柔性的特点以及良好的加工性能都显示出得天独厚的优势。通过对材料组成进行调整,可使导电聚合物作为滑环中的电刷材料加以利用,并保持与导体的良好接触,从而达到对导电聚合物的电导率的优化,从而使电流传输的稳定性得到很好的保证。这类高效的导电性除了对减小摩擦造成的损耗有很大的帮助之外,对风力发电机组整体的效能也有进一步的提高。

因其具有优良柔性及耐磨性的导电聚合物而著称为使该材料即使能在高压及负载作用条件下维持稳定的接触性能,并能有效地避开由于磨损所引起的接触电网问题。另外它具有很好的柔性和机械运动的能力,就意味在机械的多种工况及运动条件下,可使其适应多种工作环境及机械运动,从而增强滑环件的整机可靠性及稳定性。

2 新型材料在风电滑环设计的思路

2.1 材料选择与组合

选材配比在风网滑环的设计工艺中有很重要的作用。材料的物理、机械及化学属性的综合考虑是设计者所必须做到的。由于复合材料的强度极高和轻量化特点突出于要求所承受机械受力的结构件;由于它的耐磨性和耐高温性能极好的陶瓷材料已经成为理想的滑环摩擦面的选用;同时由于其优异的电气性能

使得导电高分子在电流传输方面取得了突出的效果。在设计的时候可以通过将复合材料与陶瓷结合在一起的方法构造一个滑环式体系结构,既轻又结实的耐受性以及它的良好耐磨性来提高其良好的电接触性能。另外通过将导电聚合物和其他类型材料与其他新型材料组合起来可以达到电接触的高效性以及减少由于摩擦造成的动环的能量的损耗,从而达到有效的电接触作用,进而降低滑环式结构的维护频次与经营的成本,从而保证风力发电机组能在多种环境条件下的稳定可靠工作。

2.2 设计方法创新

利用具有创新性的设计战略在设计阶段进行风电滑圈,可使物质利用的效率得到很大程度的增强。第一个步骤是用计算机辅助设计软件构造三维模型并进行仿真试验来实施的计算机辅助,这种方法对材料的特性和它的性能的分析 and 比较可以比较直接地分析出来。通过这种方法可以使设计师在虚拟空间中对各种工作条件下的滑环的性能进行多轮次的调整和优选,从而有效减少设计失误发生的概率以及随后的改装费用。

对滑环在应力及应变中的分布通过有限元分析法(EAF),对结构中可能存在的脆弱性区域进行了有效的挖掘。这种方法不但可以帮助工程师在负荷较大的情况下对材料布局进行最优化处理,而且可以改善工作稳定性。另外,模块化设计的思想运用使组成滑环的各部件在设计、生产以及替代方面能够相互自主地开展起来,使整体的柔性和可维系的方便性得到了很好的提高。

2.3 生产工艺改进

在风力滑环上应用的新型材料是少有的,而先进的生产过程也是少不了的。一是以3D打印及注塑成型等现代制造工艺为基础,使材料的加工精确程度及一致性得到大幅提高,是我国目前最普遍的一种新型材料制造工艺。特别是3D打印技术,在制作结构复杂的滑圈零件上,除了降低材料损耗、提高制作效率以外,更是具有得天独厚的优势。为了达到特定的设计要求,这些新的技术给设计人带来了更大的灵活性。而且,表面处理的工艺也是非常重要的。喷涂、镀层或热处理等方法是用来使它的表面特性得到很大的改善,从而保证了滑环的表面良好的耐磨性和抗腐蚀性。这样一种加工方式,可以帮助滑圈寿命的延长和维修时间的减少以及设备可以长期地稳定地处于极限状态。

3 风电滑环设计中材料性能评价

3.1 机械性能测试

通常会进行系列性能测试以验证在实际作业环境下风电滑环材料的机械负载承受性。该类试验包括拉伸、压缩、疲劳及冲击等多个方面,目的在于对材料的力学特点做一个全面的分析:

伸缩试验是在特定的条件下,测定它的最大承能力及在某一下情况下通过材料施加的拉伸应力所发生的形变。抗拉强度是评价一个最关键的条件;并且延伸反映了材料发生断裂之前的塑性变形,对于防止在滑圈中发生裂纹,有着重要的意义。本文通过对受压情况下,通过将材料受拉伸,使作用于样品上的压力

的逐步增大直至达到它的屈服或是破损来获取关于压强以及形变特性的数据,从而达到研究目的,本文针对材料受压下,进行了压缩试验,目的是研究受压条件,并且为了能够在高压条件下,保证其能够保持结构稳定,而不会因为不可逆形变而产生,本文设计者基于这些资料,可以对其是否适用于滑环进行了评价。

此外,对其疲劳强度的评定尤为重要,因为风电滑环在不断地运行当中会发生重复加载的过程。该评定能更好地帮助设计者在物料工作年限上进行预测。一般试验方法在现实条件下会对材料的疲劳损伤采用循环装配的形式进行仿真实用试验法。本文研究成果对疲劳的寿命为材料选用和滑环的设计提供依据,进而提高产品的整体可靠性。

3.2 电性能测试

滑环的核心功能在于电流的传导,所以它的运行效率和安全性都是选用材料的电学特性必不可少的。主要考核手段涵盖了导电率检测、绝缘能力测试和电阻稳定性分析等几个方面的内容,主要考核手段有:在这些测试中,能够有效降低接触电阻造成的误差,从而提高测量结果的精确度,是目前常用的四探针技术。一般而言,材质的导电性越强,说明它的导电性能更好,这对于减少电量损耗和增强滑环整体效能都有帮助。尤其在风力发电领域,保证电力传输的有效性,良好的导电性能显得尤为关键。材料在承受电气负荷时的绝缘强度可以通过执行直流或交流耐压试验来进行测试,以防止工作过程中的漏电或短路。相关测试通常以国际电工标准为标准,目的是确保材料仍能保持稳定的绝缘效果,即使在极端条件下(如高温或高湿环境下)也是如此。可见,安全稳定运行的风电系统,绝佳的绝缘特性极为重要。

同时,材料的电阻不同时,可通过阻值稳定性检验来评定阻值随不同温、不同湿条件下阻值的大小而不同变化。本项测试可以揭示材料的电气稳定性,保证在恶劣环境下,材料不会引起电气方面的意外事故发生。就有关的资料而言,它的电阻变化在运行较长的过程中,将直接影响到一个重要的滑环工作表现的稳定性。

3.3 热性能测试

热性试验在风电滑环的设计过程中占有极为重要的地位。这是由于滑环在作业状态下会产生一定的热量,而材料受热的导热和耐温特点又与器件的工作效能、用途有直接关系。

通常以稳态或瞬态方法测定衡量材料热传导效能的手段是热导率试验。

高效的热导性能有助于将滑环中心产生的热量迅速转移出去,避免局部温度过高,从而增强整个滑环运行的安全性。尤其

是在风力发电机组承受高负荷时,所用材料的热导率对于保障设备运行的稳定性和可靠性至关重要。利用高温炉等装置对材料实施加热处理,以监测其在极端温度条件下的物理与化学性质的变化。此类实验能够使设计师们掌握材料在高温环境中的耐久性能,确保它们即使处于严苛条件下也能维持良好的工作状态。对于风力发电机组而言,材料的热稳定性是保障其长期稳定运行及便于维护的关键因素之一。热膨胀测试旨在测定材料的线性膨胀系数,进而揭示其在温度波动下的变形特征。

鉴于风电滑环在实际操作过程中可能会遇到显著的温度变化,因此对于优化滑环的设计来说,掌握材料的热膨胀属性是必不可少的。工程师通过实施这样的测试,可以对不同温度控制条件下滑环的形态变化进行预测,并对温度变化导致的结构不稳定问题进行有效预防。

4 结语

新材料的应用及其性能评估在风力发电机滑环设计过程中起到了至关重要的作用。这些材料各自表现出卓越的机械属性、电气特性和热稳定性,这一点可以通过对复合材料、陶瓷材料和导电聚合物特性的深入研究看出。如以验证材料在负载条件下的强度和韧性,进而增强滑环结构的整体可靠性为目的,采用拉伸试验、压缩试验和疲劳测量等手段进行的机械特性检测;而对电学性质的测试则侧重于在保证电力传输过程中高效安全的情况下,评估材料的导电能力,绝缘效果以及电阻变化的一致性。这样的科学方法给工程师们提供了宝贵的数据支持,使工程师们可以在减少能量损失的同时,选择最适合自己的材料,有效地防止电流泄漏的情况发生,对热传导效率综合上,将先进材料的选用、创新的设计理念和生产工艺的改进相结合,不仅有利于提高风力发电的工作效率和使用寿命,而且对于促进整个风力发电产业的技术革新和经济效益的增长,都将起到积极的促进作用。

[参考文献]

[1]于艳艳.风电滑环接触材料加速摩擦磨损试验研究[D].大连理工大学,2016.

[2]陈年,李唐,史晓勇,等.风电滑环编码器防雷保护模块研究设计[J].舰船电子对抗,2016,039(005):113-116.

[3]邓超.论风机系统中应用风电滑环的重要性[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(5):4.

作者简介:

王思楠(1990--),男,汉族,黑龙江省拜泉县人,大专,职称:初级,研究方向:风电滑环。