

双馈风电机组发电机轴电流问题分析及接地分析

孙林

云南龙源新能源有限公司 云南昆明

【摘要】 伴随着风能的大规模应用，双馈发电机（DFIG）在风电机组内的应用愈发常见，不过在长期运行期间诸如发电机轴电流之类的问题逐步凸显，给机组的稳定性和运行效率带来了不良影响。轴电流大多是由变流器产生的高频电压尖峰，借助电容耦合至转子轴从而对轴承形成损害。本文对双馈风电机组的轴电流和接地问题予以剖析，并给出了对应的监测、预警、维修办法以及接地系统设计的优化方案，通过这些技术措施能够提高风电机组的运行稳定性与可靠性。

【关键词】 双馈发电机；轴电流；轴电压；发电机接地；监测系统；预警策略

【收稿日期】 2024 年 10 月 23 日 **【出刊日期】** 2024 年 12 月 25 日 **【DOI】** 10.12208/j.jeea.20240016

Analysis of generator shaft current and grounding of doubly-fed wind turbine

Lin Sun

Yunnan longyuan new energy co., ltd, Kunming, Yunnan

【Abstract】 With the large-scale application of wind energy, the application of doubly-fed generator (DFIG) in wind turbines has become more and more common. However, during the long-term operation, problems such as generator shaft current have gradually become prominent, which has brought adverse effects on the stability and operation efficiency of wind turbines. The shaft current is mostly a high-frequency voltage spike generated by the converter, which is coupled to the rotor shaft by means of capacitance, thus damaging the bearing. In this paper, the shaft current and grounding problems of doubly-fed wind turbine are analyzed, and the corresponding monitoring, early warning, maintenance methods and optimization scheme of grounding system design are given. These technical measures can improve the stability and reliability of wind turbine operation.

【Keywords】 Double-fed generator; Axial current; Shaft voltage; Generator grounding; Monitoring system; Early warning strategy

1 引言

伴随全球能源结构的转变风能作为一种清洁、可再生的能源，慢慢变成了关键的能源出处。双馈发电机（DFIG）凭借其出色的变速性能与高效发电本领，被大量应用在风电机组里。但是在其长时间运行过程中，发电机轴电流等方面的问题逐步展露并对机组的稳定性和运行效率产生影响。

2 双馈风电机组工作原理

2.1 双馈发电机（DFIG）基本原理

双馈发电机（DFIG）属于一种借助对转子电流的调控来达到变速发电的装置，其关键原理在于应用异步电机的工作特质，把定子绕组与工频电源相

连（一般是 50Hz），但转子绕组是由一个变频装置加以把控的。该变频装置通过对转子电流的频率、幅值以及相位进行调节，调控转子的转动速度保证定子绕组能够一直输出频率恒定的电能。

2.2 风电机组发电机轴电流的产生机制

在风电机组里发电机轴电流的形成主要归因于变流器所生成的共模与差模电压，双馈风电机组的变流器涵盖定子与转子两部分，当中转子部分经由滑环和发电机转子绕组相互连接。鉴于变流器应用了脉宽调制（PWM）技术，其高压开关进程中必然会出现高频率的电压尖峰，尖峰电压的变化率常常处于 1000~3000V/s 之间。这些尖峰电压经由转子

作者简介：孙林（1989-），男，云南昆明，汉，工程师，大学本科，主要从事风力发电检修与运行维护

绕组与转子轴之间的分布电容进行传递,进而在轴与地之间构建出高电位由此产生轴电压。因为轴电流和电压存在直接的关联,轴电压最终凭借轴承的阻抗转变为轴电流成为对机组运行产生影响的一项关键因素^[1]。另外即便不存在尖峰脉冲电压的作用,变频器的晶体管工作电压通常处于 500~1000V 之内,频率区间为 100~500kHz 这类高频正弦波电压同样能够引发一定的轴电压和轴电流。虽然在此种状况下的轴电流相对较低,不过随着工作频率的提升轴电流所带来的影响逐步增强。

3 双馈风电机组轴电流问题分析

3.1 轴电流的成因与特性

双馈风电机组的轴电流关键源自于变流器于作业进程中生成的共模与差模电压,在双馈风电机组里转子跟定子凭借变流器相连,变流器应用脉宽调制(PWM)技术予以把控在电流的开关流程中必定会形成高频的尖峰电压。此类高频电压经由转子绕组和轴之间的电容耦合,传导至转子轴处进而构成轴电压。鉴于转子和轴之间存有绝缘构造,轴电流并非是直接依靠电流传导形成,而是在轴承和轴的接触部位产生。

3.2 轴电流对发电机及机组运行的影响

轴电流对于风电机组的作用是多维度的特别是对轴承的损害极为突出,电化学腐蚀效用属于致使轴承损坏的关键因素之一。轴电流在通过转子和轴承接触之际联合润滑油里的残酸以及水分,构建起电化学反应且局部出现腐蚀状况。这样的腐蚀在轴承滚道上逐步形成搓板纹形状的损伤,最终致使轴承失去效用^[2]。电火花烧蚀效用同样是轴电流对轴承的另外一种影响,特别是在润滑油膜不稳定或者润滑不佳时,间歇性的放电会产生电火花更进一步加重轴承的磨损程度。轴电流对机组运转的影响并非仅仅局限于轴承损伤还会提高维修与维护的成本,因为轴承损坏故障在风电机组故障当中属于常见的问题,轴电流引发的轴承失效极大地降低了机组的可用性,增加了停机的时长和维护的成本。随着机组运行时间增长,轴电流对轴承的损害逐步加剧,致使轴承失效的频率更高,严重影响风电机组运行稳定性^[3]。

4 双馈风电机组轴电流与接地问题的技术对策与实践应用

4.1 针对发电机轴电流问题的解决策略

4.1.1 轴电流监测与预警系统

对于轴电流这一问题实时监测系统于风电机组里的应用极为关键,凭借在电机试验台以及机组运行当中装设专门的传感器,能够针对轴电流予以精确测量。这些传感器能够实时获取轴电流的大小、变化走向等关键参数,并且把数据传递给中央控制系统。例如在风电机组上加装基于霍尔效应的电流传感器,通过测量轴电压与轴电流对轴电流的变化情形予以实时监控。当监测到轴电流超出预先设定的安全阈值,系统便会即刻发出预警信号提醒工作人员采取必要的处理措施。这类监测系统不但能够及时察觉潜在的故障,而且能够凭借数据分析判别故障的特性和成因^[4]。比如当发电机处于高风速或者负荷较大的情况下运行时,发电机的轴电流或许会出现一定程度的增加,系统会结合风速、功率输出等运行参数,最终判定轴电流变化是否处于合理的范畴之内。

4.1.2 轴电流引起的损害与维修策略

维修策略主要涵盖两个方面:其一及时替换受损的轴承,以此避免轴承失效造成更为严重的机械损害。基于此风电场应当定时对轴承展开检查,特别是在负荷大的运行阶段监控轴承的温度、噪声和振动等参数,一旦察觉到异常马上停机检查并更换受损的轴承。其二针对轴电流的产生问题,需要采取一些措施降低电流的产生。例如通过安装滤波器用以抑制变流器内的高频谐波和尖峰电压,能够有效降低轴电流的幅度^[5]。另外利用接地碳刷和绝缘轴承也是解决轴电流问题的关键手段,接地碳刷能够把轴电流引向大地进而减小轴电流对轴承的影响。不过需要定时查看接地碳刷的磨损状况及接触是否良好。与此同时采用带有陶瓷绝缘涂层的绝缘轴承,也能够有效隔绝轴电流产生,从而降低电化学腐蚀或电火花烧蚀的风险。

4.2 针对接地问题的解决策略

4.2.1 接地系统设计优化

风机接地系统的设计需要将变流器的脉宽调制策略纳入考虑范畴,通过降低共模电压进而降低轴电流的形成^[6]。例如在某低速齿轮箱双馈型风力发电机组里,应用定子磁通矢量定向控制办法能够改良定转子电流、总电流与直流变流器电流的比例,

通过该应用也能有效降低轴电压。另外在设计过程中也可考虑应用零电流关断技术、多电平式变流器等手段,用以降低高频尖峰电压的出现,进一步防止轴电流给轴承带来电化学腐蚀或者电火花烧蚀的情况。例如风电场在接地系统设计中应用了接地环和接地碳刷相结合的设计,该设计能够有效降低轴电压积聚,极大减小了轴电流所产生的影响,延长了设备的使用期限并显著增强了风电机组的运行安全性^[7]。

接地碳刷与接地线等核心部件的检查极为关键,定期检查接地碳刷的磨损情况,并确保与发电机轴接触良好。某风电机组在运行中发现接地碳刷磨损剧烈致使接地效果效差,后面通过更换质量较好的接地碳刷及调节弹性件的压缩力得以解决。为避免类似问题再度出现风电场应强化发电机接地系统的日常维护与检查工作,通过定期检查接地电阻、接地碳刷、绝缘轴承等部件保证设备处于最优运行状态^[8]。

结语

双馈发电机在风电机组里被广泛应用,然而其轴电流等问题给机组的稳定性以及运行效率带来了挑战。通过对轴电流的产生机理等加以分析,本文给出了一些轴电流监测、预警以及维修策略还有优化后的接地系统设计方案。通过这些技术措施能够极大程度地降低发电机轴承损坏的风险并延长其使用寿命,最终提高设备利用率及设备稳定性。

参考文献

[1] 李延峰,谢冬梅.针对轴电流问题的双馈风电机组接地型

式分析[J].风力发电, 2023(4):28-33.

- [2] 高超,王清飞,周庆,等.双馈风力发电机轴电流对轴承的影响及防范措施[C]//第十届中国风电后市场交流合作大会论文集.2023.
- [3] 陈国光、姜洋、张来祥、冯欣、夏延秋.双馈风力发电机轴承波纹状损伤分析及预防[J].设备管理与维修, 2020(23):2.
- [4] 刘瑞芳,任雪娇,陈嘉垚.双馈异步风力发电机的轴电流分析[J].电工技术学报, 2018, 33(19):9.
- [5] 韩小地,徐荣鹏,李伟,等.双馈式风力发电机的轴电流分析及防范措施研究[J].中国设备工程, 2021, (15): 182-184.
- [6] 陈国光,姜洋,张来祥,等.双馈风力发电机轴承波纹状损伤分析及预防[J].设备管理与维修, 2020, (23): 142-143. DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2020.12.75.
- [7] 谭晓华,谭新波,刘勇辉,等.双馈风力发电机轴电压和轴电流的危害及防护[J].电机技术, 2020, (05): 51-54.
- [8] 张胜男.浅析 MW 级双馈风力发电机轴承电压成因[J].防爆电机, 2016, 51 (04): 18-20.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS