

## 风电场中风力发电机组运行故障及维护

张志冶

华电吉林能源有限公司, 吉林 长春 130000

[摘要]随着我国能源结构调整和环保意识的提高, 风力发电作为清洁能源的代表, 得到了迅猛发展。然而, 在风力发电系统的运行过程中, 由于自然环境、设备老化等原因, 发电机组常常面临各种故障问题, 例如叶片损坏、发电机故障、变桨系统失灵等。这些故障不仅影响了风力发电机组的发电效率, 还可能导致系统安全性降低, 甚至造成设备损坏和人员伤害。因此, 深入研究风力发电机组运行中可能遇到的各类故障及其解决方法, 有助于及时发现、诊断和修复故障, 提高风力发电系统的可靠性和稳定性。

[关键词] 风电场; 发电机组; 运行故障; 维护

DOI: 10.33142/hst.v6i8.10138

中图分类号: TM614

文献标识码: A

## Operation Faults and Maintenance of Wind Turbines in Wind Farms

ZHANG Zhiye

Huadian Jilin Energy Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

**Abstract:** With the adjustment of Chinese energy structure and the improvement of environmental awareness, wind power generation, as a representative of clean energy, has developed rapidly. However, during the operation of wind power generation systems, due to natural environment, equipment aging, and other reasons, generator sets often face various fault problems, such as blade damage, generator failure, and pitch system failure. These faults not only affect the power generation efficiency of wind turbines, but may also lead to a decrease in system safety, and even cause equipment damage and personal injury. Therefore, in-depth research on various faults that may be encountered during the operation of wind turbines and their solutions can help timely detect, diagnose, and repair faults, and improve the reliability and stability of wind power generation systems.

**Keywords:** wind farm; generator set; operation failure; maintenance

### 引言

随着全球能源需求的不断增长和环境问题的日益严峻, 可再生能源, 特别是风能, 作为一种清洁、可持续的能源资源, 受到了广泛关注。风力发电作为其中的重要组成部分, 具有巨大的发展潜力和经济效益。随着风电技术的不断进步, 风力发电机组的装机容量和数量也在不断增加, 但伴随而来的是发电机组运行中的各种挑战和故障。

### 1 风力发电机组的工作原理

风力发电机组的工作原理是基于数个物理学原理的巧妙结合。当风吹动叶片时, 它们受到气流的推动开始旋转。这个旋转运动是由气流中的动能转化而来, 将机械能传递到轴上。轴连接到发电机, 将机械能传送至发电机内部。在发电机内, 通常有一个转动的磁场和一个固定的线圈。当转动的磁场与线圈交叉时, 由于电磁感应的原理, 产生了交变电流。这个交变电流经过调整和整流, 最终输出为可供家庭和工业使用的电能<sup>[1]</sup>。这个过程中, 风力发电机组需要设计合理的叶片形状、轴的结构和发电机内部的磁场布置, 以确保高效的能量转换。同时, 控制系统也起到关键作用, 它能够根据风速的变化自动调整叶片的角度, 以维持最佳转速, 从而提高发电效率。风力发电机组

不仅仅是一种能源转换设备, 更是现代工程技术与自然能源相结合的典范, 为可持续发展提供了可靠的能源来源。

### 2 风力发电机组的故障特点

风力发电机组在长时间运行中可能会遇到各种故障, 这些故障具有一些特定的特点。首先, 由于风力发电机组通常设置在高海拔、恶劣气候条件下, 受到的环境影响较大, 导致机械部件容易受到腐蚀、磨损。其次, 受到自然风力的直接影响, 风力发电机组的叶片、轴和齿轮箱等关键部件容易受到极端风速和风向变化的损害。此外, 由于发电机组长时间运行, 设备内部的电气元件和电子设备也可能因为老化、过热等原因引发故障。另外, 风力发电机组的故障特点还表现在多样性和突发性。由于其复杂的结构和工作原理, 可能出现的故障种类繁多, 包括但不限于发电机故障、叶片断裂、变桨系统失灵、齿轮箱损坏、偏航系统异常和变频器故障等。这些故障通常具有突发性, 可能在瞬间引发设备停机, 影响电力供应的稳定性。

综上所述, 风力发电机组的故障特点主要体现在受环境影响大、关键部件易受损、电气元件老化以及故障种类多样性和突发性。了解这些特点有助于制定科学合理的维护和修复策略, 确保风力发电系统的可靠性和持续运行。

### 3 风力发电机组运行中的常见故障

#### 3.1 发电机故障

风力发电机组中的发电机故障可能导致严重的电能损失。发电机问题可能包括绕组短路,其中导线间发生短路,引起电流异常增加,可能导致发电机过热甚至损坏。绝缘老化是另一个常见问题,长时间运行和环境因素可能导致绝缘层老化,增加了故障的风险。轴承故障也是常见的发电机问题,摩擦和振动可能导致轴承损坏,影响了发电机的运转稳定性和效率。

#### 3.2 叶片故障

叶片故障对风力发电机组的性能影响显著。常见叶片问题包括裂纹,可能由于长时间的风力作用引起,使叶片结构受损。磨损也是问题,颗粒物的撞击或者恶劣天气可能导致叶片表面的磨损,影响了叶片的气动性能。另外,叶片的完全断裂也是一种严重故障,通常发生在风力超过额定值时,叶片无法承受风压,从而断裂。这类故障使得风力发电机组无法捕捉到足够的风能,影响了发电效率。

#### 3.3 变桨系统故障

风力发电机组的变桨系统负责调整叶片的角度,以便更好地捕捉风能<sup>[2]</sup>。然而,变桨系统可能会面临多种故障,影响风力发电机组的性能。这些故障可能包括液压系统漏油,导致变桨系统无法灵活运动;传感器故障,使得系统无法准确感知风向和风速;或者控制系统错误,导致叶片角度调整不当。这些问题可能会导致风力发电机组的效率下降,甚至影响到发电机的稳定性。

#### 3.4 齿轮箱故障

齿轮箱是风力发电机组中的关键组件,负责将叶片旋转的机械能转化为发电机所需的适当速度。然而,齿轮箱可能会面临多种故障。润滑不足或油封损坏可能导致齿轮和轴承磨损,进而影响传动效率。齿轮可能因为过载或设计缺陷而损坏,引发严重的机械故障。此外,齿轮箱也可能受到外部振动和冲击的影响,导致内部零部件松动或断裂,从而威胁系统的安全性和稳定性。

#### 3.5 偏航系统故障

偏航系统在风力发电机组中负责控制整个系统朝向风源,以确保叶片始终能够正面对风。然而,偏航系统可能会遭遇多种故障。例如,传感器故障可能导致偏航系统无法准确感知风向,从而无法调整发电机组的朝向。电机问题或控制系统错误也可能引发偏航系统的失灵,使得风力发电机组无法根据风向自动调整,降低了发电效率。

#### 3.6 变流器故障

变流器是风力发电机组中至关重要的组件,负责将发电机产生的交流电转换为直流电,并将其与电网同步。然而,变流器也可能遇到多种故障。例如,电子元件老化可能导致变流器内部电路不稳定,影响电能的转换和传输。过热问题可能导致变流器内部温度过高,进而影响其性能和寿命。电路故障或者控制系统错误也可能引发变流器的失效,

使得发电机组无法将电能有效地输送到电网中。这些问题可能导致系统停机,影响了风力发电的连续性和稳定性。

### 4 风力发电机组运行中的常见故障的解决办法

#### 4.1 发电机故障

发电机故障的解决办法通常包括以下步骤:首先,针对绕组短路,需要替换受损的绕组部分,并进行重新绝缘,以确保电气连接的良好状态。对于绝缘老化问题,定期进行绝缘测试,并按照需要定期更换老化的绝缘材料,以维护发电机内部的绝缘性能。至于轴承损伤,需要更换受损的轴承,并确保润滑系统的正常运行,以减少摩擦和振动,维护发电机的机械结构。

#### 4.2 叶片故障

对于叶片故障,针对裂纹问题,定期检查叶片表面,及时发现裂纹并进行修复或更换受损叶片。针对磨损,定期清洁叶片表面,保持叶片的光滑度,减少颗粒物对叶片的损害。最后,针对叶片的完全断裂,需要进行结构分析,加强叶片的设计,以增强其抵御高速风力的能力,从而防止叶片断裂<sup>[3]</sup>。这些措施帮助确保发电机的稳定性和长期运行。

#### 4.3 变桨系统故障

当风力发电机组的变桨系统遭遇故障时,需要采取以下解决办法:首先,对于液压系统漏油问题,需要定位漏油点并修复漏油处。这可能包括更换损坏的密封件或修复油管连接处的问题。修复后,需要重新充填液压油,确保系统保持正常的润滑状态,从而避免漏油问题再次发生,保障系统的稳定性和持久性。其次,如果传感器出现故障,必须替换受损的传感器部件。替换完成后,必须进行系统校准和测试,以确保新传感器能够准确感知风向和风速。这样可以保障叶片角度的调整准确性,确保风力发电机组按需捕捉风能。最后,针对控制系统错误,必须进行系统诊断,找出错误根源。根据诊断结果,可能需要更新控制系统的软件或更换故障的电子元件。这样可以确保控制系统的正常运行,叶片角度可以按照需要进行调整,维持风力发电机组的性能和效率。通过这些措施,可以有效解决变桨系统故障,确保风力发电系统的稳定运行。

#### 4.4 齿轮箱故障

当齿轮箱出现故障时,需要采取以下解决办法:首先,针对润滑不足或油封损坏问题,必须加强齿轮箱的润滑系统。确保定期更换润滑油,并进行系统维护。同时,修复损坏的油封或更换受损的密封件,以确保齿轮箱内部的润滑油充足,避免泄漏,从而减少磨损和摩擦,提高传动效率。其次,如果齿轮受损,需要替换受损的齿轮部件。在替换时,必须确保新齿轮的设计符合系统要求,并且足以承受预期的负载。齿轮的选择和安装必须符合工程标准,以保证齿轮的寿命和可靠性,确保齿轮箱的正常运转。最后,针对外部振动和冲击问题,可以考虑加装减震设备或者改善齿轮箱的支撑结构。通过这些措施,可以减小外部振动对齿轮箱的影响。同时,定期检查齿轮箱支撑结构的

稳定性,确保齿轮箱受到的外部冲击尽量降至最低,从而维护系统的安全性和稳定性。通过以上方法,可以有效解决齿轮箱故障,确保风力发电机组的持续稳定运行。

#### 4.5 偏航系统故障

当偏航系统发生故障时,采取以下解决措施是至关重要的,以确保风力发电机组的稳定性和性能:首先,针对传感器故障,需要替换受损的传感器部件。新传感器应当是高质量的、可靠的,并经过校准和测试以确保其能够准确感知风向。对传感器进行定期维护和校准,以确保其长期稳定运行。同时,建立备用传感器系统,确保在一个传感器出现故障时,系统可以迅速切换到备用传感器,保持风向的准确感知。其次,对于电机问题或控制系统错误,进行系统全面诊断,找出错误根源。根据诊断结果,可能需要更新控制系统的软件、更换故障的电机元件或者进行电路修复。确保控制系统运行正常,保障偏航系统的稳定性。建立定期检查和计划,确保偏航系统的各个组件都处于良好状态,随时应对潜在故障。最后,在偏航系统中集成自动检测和报警系统,能够及时发现并响应偏航系统的故障。当系统检测到异常时,自动发出警报,并提供详细信息,以便运维人员快速响应。此外,定期进行系统的性能监测和数据分析,可以帮助提前预知潜在问题,采取预防措施,确保偏航系统的稳定性和可靠性。通过以上措施,可以有效解决偏航系统故障,提高风力发电机组的稳定性和发电效率。

#### 4.6 变流器故障

面对变流器的故障,需要采取细致的措施以确保风力发电系统的连续性和稳定性:首先,对于电子元件老化问题,及时更换受损的电子元件是关键。定期进行内部电子元件的检查和测试,以便及时发现老化或故障的部件。在替换电子元件时,选择高质量、符合规格的替代品,并进行系统的再校准,以确保内部电路的稳定性和性能<sup>[4]</sup>。其次,针对过热问题,需要加强变流器的散热系统。可以考虑增加风扇、散热片等散热装置,确保变流器内部温度保持在安全范围内。定期清理风扇和散热片,避免灰尘和杂物堵塞,影响散热效果。此外,可以安装温度传感器,实时监测变流器的温度,一旦温度超出安全范围,即可自动停机或发出警报,防止过热引发更大的故障。最后,对于电路故障或控制系统错误,进行全面的系统诊断和分析。找出故障的具体位置和原因,修复或替换受损的电路和控制元件。定期进行系统的更新和维护,确保软件和硬件系统的稳定性。在系统中引入冗余设计和备份控制系统,以便在主系统出现问题时迅速切换到备用系统,保障风力发电系统的连续性。

### 5 风力发电机组运行维护策略

#### 5.1 做好日常检修维护

风力发电机组的日常检修维护是确保系统长期稳定运行的基础。首先,建立详细的检修计划,包括定期的设备检查、润滑油更换、传感器校准等。定期检查发电机组

的各个部件,包括叶片、齿轮箱、液压系统等,发现问题及时修复或更换受损部件,避免小故障演变成大问题。此外,保持发电机组的清洁,防止尘埃和杂物积聚,影响散热和运转。建立健全的故障记录系统,及时记录并分析各类故障,为后续的维修提供参考。

#### 5.2 科学运用现代技术

现代技术的应用可以大幅提高风力发电机组的效率和可靠性。引入远程监控系统,实时监测发电机组的运行状态,包括温度、振动、电流等参数。通过大数据分析,可以预测设备可能出现的故障,提前采取措施,避免设备停机时间过长。利用无人机技术,定期对叶片进行检查,发现裂纹或损伤,提前进行维修或更换,避免因叶片故障导致的能量损失。此外,应用传感器技术,实现对发电机组内部各个部件的实时监测,确保设备的安全运行。

#### 5.3 健全维护管理制度

建立健全的维护管理制度是确保风力发电机组长期稳定运行的关键。制定详细的维护流程和标准操作规程,明确各项维护任务的责任人和时间节点。建立备品备件库存,确保常用零部件的及时更换,避免因零部件缺货造成的停机时间。定期进行维护培训,提高操作人员和维护人员的技能水平,增强他们发现和解决问题的能力。建立健全的维护档案和故障记录,为设备的长期运行提供数据支持,指导未来的维护工作。

### 6 结束语

风力发电技术作为清洁能源的代表,在全球范围内得到了广泛应用,为应对气候变化和能源需求提供了可持续的解决方案。然而,随着风力发电机组的规模不断扩大,其运行和维护管理也面临着挑战。总的来说,风力发电技术在新能源领域的应用前景广阔,但也需要不断加强技术创新、提高设备质量、健全管理体系,以应对日益增长的能源需求,推动清洁能源的发展,为构建更加可持续的未来能源体系贡献力量。希望本文所提供的信息能够帮助读者更好地了解 and 应对风力发电系统中可能面临的挑战,促使相关领域的进一步研究和发展。

#### [参考文献]

- [1]胡超波.风电场中风力发电机组运行故障及维护[J].仪器仪表用户,2023,30(9):110-112.
- [2]高航.风力发电机组运行维护总结分析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(9):312-313.
- [3]兰文西.风电场电气设备中风力发电机的运行维护的措施解析[J].电气技术与经济,2023(2):54-56.
- [4]王芸波.风电场电气设备中风力发电机的运行维护研究[J].中国设备工程,2023(13):76-78.

作者简介:张志冶(1989.8—),毕业院校:东北电力大学,所学专业:机电一体化,当前工作单位:华电吉林能源有限公司,职务:主值班员,职称级别:助理工程师。