

# Design of electrical performance detection and fault warning system during grid-connected commissioning of new wind turbine

Mingyuan Tu

Guizhou Xinen Electric Power Construction Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

## Abstract

Amid the rapid development of the new energy industry, wind power generation, as a crucial component of clean energy, continues to see steady growth in installed capacity. During grid connection commissioning, the electrical performance of newly constructed wind turbines directly impacts their safe and stable operation. However, this phase presents multiple challenges including grid fluctuations and equipment adaptation, making it highly susceptible to various electrical failures. This paper proposes an electrical performance monitoring and fault early-warning system specifically designed for new wind turbine grid connection commissioning. The system's core strategies include real-time multi-dimensional electrical parameter monitoring, data-integrated fault prediction mechanisms, adaptive adjustment of detection cycles, and coordinated fault response protocols. By implementing these strategies, the system can accurately detect abnormal electrical performance changes in turbines, provide early warnings for potential faults, and ensure smooth grid integration while guaranteeing reliable long-term operation.

## Keywords

new fan; grid-connected debugging; electrical performance testing; fault warning system; strategy design

## 新建风机并网调试阶段电气性能检测与故障预警系统设计

涂明元

贵州西能电力建设有限公司, 中国·贵州 贵阳 550081

## 摘要

在新能源产业飞速发展的当下, 风力发电作为清洁能源的重要组成部分, 其装机容量在持续地攀升。而在并网调试阶段, 新建风机的电气性能会直接关系到后续的安全稳定运行, 但此阶段面临着电网波动、设备磨合等多重挑战, 极易出现各类电气故障。本文便针对新建风机并网调试阶段, 设计了一套电气性能检测与故障预警系统, 重点是此系统的核心策略, 其中包括了多个维度的电气参数实时检测策略、基于数据融合的故障预警策略、自适应调整的检测周期策略以及联动响应的故障处理策略等等。相信经由这些策略的实施, 能够精准地捕捉风机电气性能的异常变化, 向工作人员提前预警潜在的故障, 以此能够为风机顺利并网及后续可靠运行提供有力的保障。

## 关键词

新建风机; 并网调试; 电气性能检测; 故障预警系统; 策略设计

## 1 引言

现阶段, 随着全球能源结构持续地向低碳化转型, 风能这一清洁、可再生的能源, 其开发利用规模在不断地扩大。在新建风机投入正式运行之前, 并网调试是至关重要的环节, 该阶段不仅要验证风机是否满足了并网运行的基本条件, 还要全面检测其电气性能, 以确保可以及时地发现并排除潜在的故障。可由于风机并网的过程复杂, 涉及了风机本体、变流器、输电线路及电网等多个环节, 表明电气参数易

受到外界因素干扰而出现波动, 若不能及时地检测和预警, 终将导致并网失败, 甚至引发设备损坏和电网事故。

## 2 多维度电气参数实时检测

为了能够全面地掌握新建风机在并网调试阶段的电气性能, 一定要对关键的电气参数进行实时、准确的检测。而这些参数涵盖了电流、电压、功率、频率、功率因数以及谐波等多个维度, 它们从不同的角度反映了风机与电网的交互状态以及自身的运行情况。对于上述因素的具体阐述如下:

### 2.1 电流参数

电流参数包括了定子电流和转子电流。其中, 定子电流的大小和波形变化能够反映出电机绕组是否存在短路、

【作者简介】涂明元(1995-), 男, 中国贵州贵阳人, 助理工程师, 从事风电建设工程。

断路等故障，以及负载是否均衡；转子电流则与风机的励磁状态相关，其异常波动可能预示着励磁系统的故障。实际在检测的过程中，应当采用高精度的电流传感器，将它安装在定子和转子回路中，以实时地采集电流信号，再通过高速数据传输模块将信号传输至数据处理中心。

## 2.2 电压参数

电压参数由机端电压、电网电压以及变流器输出电压组成。首先是机端电压，它的稳定性直接影响到了风机的输出功率质量，无论过高或过低都会对风机设备和电网造成不利的影响；其次是电网电压，它的波动反映了电网的运行状态，因为风机需要具备一定的耐受能力以适应电网电压的变化；再者便是变流器，它作为风机与电网之间的关键接口设备，输出电压的波形和幅值是否符合标准将直接关系到并网的可行性<sup>[1]</sup>。通常电压检测采用与电流检测类似的方式，旨在经由电压传感器实时地采集各点电压信号，并且进行实时地监测和记录。

## 2.3 功率参数

功率参数可分为有功功率和无功功率。一方面是有功功率，它反映的是风机向电网输送的有效电能，其大小和稳定性一直都是衡量风机发电效率的重要指标；另一方面是无功功率，它与电网的电压调节相关，原因在于风机需要能够根据电网需求进行无功功率的补偿或吸收，以维持电网电压的稳定。功率参数可通过对采集到的电流和电压信号进行计算得到，即有功功率为电压与电流同相分量的乘积，无功功率则为电压与电流正交分量的乘积。而在实时检测当中，数据处理中心需要根据采集到的电流和电压瞬时值，实时地计算出有功功率和无功功率，并绘制出功率曲线，以便直观地观察功率的变化趋势。

## 2.4 频率

频率是电网运行的基本参数之一，风机在并网时必须保证其输出频率与电网频率一致，否则将会产生较大的冲击电流，导致设备出现损坏。因此需要实时地检测风机输出频率和电网频率，务必确保两者的偏差在允许范围之内。对于频率的检测，需要使用专门的频率传感器或者是从电压信号中提取频率信息来实现，如此检测精度才能满足相关标准的要求，通常偏差不超过  $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

## 2.5 功率因数

众多因素中的功率因数反映了风机输出有功功率与视在功率的比值，该比值的高低会直接影响到电网的利用率和输电效率。就并网调试阶段来说，需要检测风机的功率因数是否在规定的范围内，并且通过调节变流器的控制策略，使功率因数达到最优值。而功率因数可根据有功功率和无功功率的检测结果计算得出，即功率因数等于有功功率与视在功率的比值。

## 2.6 谐波

谐波在电网中是一种污染，由于风机在运行过程中，

变流器等电力电子设备的非线性特性，会产生谐波电流和谐波电压，此时注入电网后就会影响到其他用电设备的正常运行，甚至导致电网谐振<sup>[2]</sup>。因此对谐波的检测是至关重要的，务必检测各次谐波的含量和幅值，判断出其是否符合国家的标准。谐波检测则建议采用傅里叶变换等数字信号处理技术，将采集到的电流和电压信号进行分析，从中提取各次谐波的信息，再与标准值进行比较。

## 3 基于数据融合的故障预警

单一的电气参数检测往往难以准确判断风机的故障状态，原因是某些故障可能会导致多个参数同时发生变化，而不同的故障也可能引起相同参数的异常。对此，需要采用基于数据融合的故障预警策略，经由将多维度的电气参数检测数据、设备历史运行数据以及环境数据等进行融合分析，进而提高故障预警的准确性和可靠性<sup>[3]</sup>。本节以数据融合为切入点进行阐述；数据融合可分为三个层次，即数据层融合、特征层融合和决策层融合。从数据层融合阶段入手来看，此时主要来自不同传感器的原始数据进行预处理，其中包括了数据清洗、去噪和归一化等操作。但由于不同传感器的精度、量程和输出形式可能不同，所以需要对其进行标准化的处理，使其具有可比性。而特征层融合是在数据层融合的基础上，提取能够反映出风机运行状态的特征参数。经由对预处理后的数据进行分析，再采用时域分析、频域分析和时频域分析等方法，从中提取出如电流的有效值、电压的峰值、功率的波动系数、谐波含量等特征量。因为这些特征量能够更加直观地反映出风机的电气性能变化和潜在故障。决策层融合则是数据融合的最高层次，其目的是根据特征层融合得到的特征信息，随后结合故障诊断模型，对于风机的故障状态进行判断和预警。一般在决策层的融合当中，可以采用多种智能算法，像神经网络、支持向量机、贝叶斯网络等等。在实践当中，为了提高故障预警的准确性，检测人员可以采用多种算法融合的方式进行监测，即综合不同算法的诊断结果，进行加权投票或者模糊推理，得到最终的预警结论。

## 4 自适应调整的检测周期

在新建风机并网调试阶段之中，电气性能一般处于动态的变化之中，而不同的调试阶段和运行状态之下，风机出现故障的概率和电气参数的变化速率存在这差异<sup>[4]</sup>。如果采用固定的检测周期，就可能会出现检测过于频繁进而导致资源浪费的情况出现，或者出现检测间隔过长而错过故障预警时机的的问题。因此急需制定自适应调整的检测周期策略，应当根据风机的运行状态和参数变化情况，动态地调整检测周期，以确保能够在保证检测效果的前提下，提高检测的效率，达到降低系统开销的目的。

第一步要确定检测周期的初始值。因为调试初期风机刚刚开始与电网连接，此时各项参数尚未稳定，所以故障发生的概率较高，那么就应采用较短的检测周期，如每1秒检

测一次,以便及时地捕捉参数的异常变化。然后随着调试的进行,当风机的运行逐渐变得稳定时,即各项电气参数的波动范围在允许的范围且变化速率减缓时,可以适当地延长检测周期。

第二步为建立检测周期调整的判断依据。一般情况下,建议以电气参数的波动幅度和变化速率作为主要的判断指标。若参数的波动幅度超过了设定的阈值或变化速率较快时,便说明风机可能处于不稳定的状态,也就是存在着故障风险。面对上述情况,应当缩短检测的周期,且提高检测频率。但当参数波动变得平稳,变化速率较慢时,则可以延长检测的周期。

第三步即结合故障预警的结果进行检测周期的调整。如果系统发出了故障预警信号,无论当前处于何种检测周期,都应立即缩短检测的周期,对系统进行高频次的检测,以获取更加详细的参数变化数据,以此为故障诊断和定位提供支持。接着在故障排除之后,经过一段时间的稳定运行,再逐渐地恢复至正常的检测周期。同时考虑到不同类型的电气参数对故障的敏感性不同,对关键的参数应该采用更短的检测周期,对次要的参数则采用相对较长的检测周期,经由差异化地检测过程来优化系统资源的配置。

## 5 联动响应的故障处理

当故障预警系统发出了预警信号之后,能否及时、有效的故障处理便成为了避免故障扩大、保障风机和电网安全的关键。联动响应的故障处理旨在经由协调风机控制系统、电网调度系统以及维护人员等多方力量,形成快速响应的故障处理机制,从而实现对于故障的及时处理和恢复。

首先系统在发出故障预警的同时,应立即将预警信息传递给风机控制系统。而风机控制系统根据故障的类型和严重程度,会自动地采取相应的控制措施。类似于功率因数偏离正常值较小这种轻微的故障,经由调整变流器的控制参数,即可纠正功率因数,使风机恢复到正常的运行状态<sup>[5]</sup>。但对于较严重的故障,如定子电流过大、电压严重跌落等,为了防止设备被损坏,控制系统就应立即发出停机指令,使风机脱离电网,促使其进入安全停机状态,并记录下故障发生时的各项参数和运行状态。

其次在于建立与电网调度系统的联动机制。通常在风机并网的调试阶段,风机与电网之间存在着密切的相互作用,风机的故障在极大程度上会对电网产生影响,反之,电网的异常也可能会导致风机出现故障。因此,当风机出现故障预警时,就应及时地将故障信息上传至电网调度系统,以

便于电网调度人员了解情况,再采取相应的调度措施,进而减少故障对电网的冲击。

再者便是要及时地通知维护人员到现场进行处理。特别是对于一些无法通过自动控制措施解决的故障,比如设备硬件损坏等等,系统需要通过短信、电话或监控平台等方式,将故障信息详细地告知维护人员,其中包括故障发生的时间、位置、类型以及相关参数等。而维护人员接到通知之后,一定要迅速地赶赴现场,根据故障信息进行排查和维修。

最后是在故障处理的过程中,一定要建立信息共享机制,以确保风机控制系统、电网调度系统和维护人员之间能够实时地传递故障处理进展情况。例如,维护人员在现场排查出故障原因并开始维修时,应该及时地将信息反馈给系统,系统再将信息传递给电网调度系统,以便于调度人员合理地安排电网运行计划。在故障排除之后,维护人员通过系统即可发出恢复运行的指令,风机控制系统在确认各项参数正常后,则会按照并网流程重新将风机接入到电网之中。

## 6 结语

新建风机并网调试阶段的电气性能检测与故障预警为保障风机安全稳定运行的关键环节。而本文之中设计的多维度电气参数实时检测策略,在实践中能够全面、准确地捕捉风机的电气状态信息;而基于数据融合的故障预警策略,提高了故障预警的准确性和可靠性;自适应调整的检测周期策略,则在保证检测效果的同时还优化了系统资源;加之联动响应的故障处理策略,最终便实现了对故障的快速处理和恢复。

### 参考文献

- [1] 姜立刚,王文强,李智,等.风电场调试电源超长距离供电方法研究[J].电工技术,2023,(22):196-199.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2023.22.059.
- [2] 内蒙古察哈尔新能源有限公司.一种通过小容量储能设备对大容量风力发电机的进行并网调试方法:CN115051402A[P/OL].2022-09-13[2025-08-09].<https://www.cqvip.com/doc/patent/1970842180>.
- [3] 姚晓明.HQ风电并网方案及其风机变流器冷却系统控制设计[D].山西省:太原理工大学,2020.DOI:10.27352/d.cnki.gylgu.2020.002076.
- [4] 乔海洋,陈浩,张宇舟.风电场调试并网的孤岛微电网系统[J].大众用电,2020,36(12):19-21.
- [5] 王朝辉.海上风机并网调试的“黑启动”研究[J].电力系统装备,2021,(16):32-33.