

# 论风机发电系统中变频器的故障诊断

孟子宣 王 强

新疆龙源新能源有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**随着风力发电技术的快速发展，变频器作为风机发电系统中的关键组件，其性能和稳定性对于整个系统的运行至关重要。变频器不仅能够实现电能的转换，还能对电机进行精确控制，以最大化发电效率。然而，在实际运行过程中，变频器可能会出现各种故障，影响风机的正常运行。因此，旨在深入探讨风机发电系统中变频器的常见故障及其诊断方法，为相关从业人员提供有益的参考和指导。

**关键词：**风机发电；变频器；故障诊断

引言：电力资源的利用是当代中国工业生产的重要能源和基本保障，本文深入探讨了变频器在风机发电中的常见故障。变频器是电能转换的核心，对风机稳定运行极为重要。并阐述了变频器的定义，列举了过压、逆变及编码器故障等问题。为有效诊断变频器故障，也提出了上电、开机运行、温度与过热、电流与电压、控制电路、传感器与反馈信号及大容量滤波电容等多项检测方法。这些方法有助于及时发现并解决变频器运行中的问题，确保其高效稳定运行。

## 1 风机发电系统中变频器的定义

在风机发电系统中，变频器是一个至关重要的组件，它的核心功能是将直流电转换为可调电压、可调频率的交流电。在风力发电的背景下，变频器能接收风力发电机产生的原始电能，并根据需要调整其电压和频率，以适应电网的要求或储存设备的需求；其次，变频器的作用不仅仅局限于电能的转换。它还可以实现对电机的速度、扭矩和位置等参数进行精确控制，这一点在风力发电中尤为重要，因为风速是不断变化的，而变频器可以根据风速的变化实时调整风机的运行状态，以最大化发电效率。再者，变频器的工作原理涉及到现代电力电子技术的应用，它通过对输入电源进行调节，将输入的固定频率、固定电压的电源转换为可调频率、可调电压的输出电源<sup>[1]</sup>。具体来说，变频器会先将交流电源转换为直流电源，然后再利用逆变器将直流电转换为可变频的交流电，最后根据需要调整交流电的频率和电压。

## 2 风机发电系统中变频器的常见故障

### 2.1 过压保护故障

过压保护故障的出现，其核心问题在于电网电压的不稳定或剧烈波动，这种电压的不稳定性背后隐藏着多重复杂的原因。第一，电网中的负载变化是一个主要的诱因。每当有大型设备突然启动或停机，它都会在电网

中产生一个瞬时的电流冲击，这种冲击不仅会影响电网的整体稳定性，还会使电压产生大幅度的波动。第二，电力设备的一些常规操作，如电容补偿或变压器分接头的调整，虽然是为了优化电网的运行状态，但在操作过程中也可能带来电压的瞬间变化，从而触发过压保护。第三，不可预测的自然灾害，特别是雷击，也是导致电网电压瞬间升高的一个重要原因，雷击带来的电流冲击是巨大的，它能够在极短的时间内对电网造成严重影响，使电压稳定性受到破坏。第四，电网的整体结构和实时运行状态也与电压稳定性息息相关，电网的短路容量、线路的阻抗特性，以及变压器的配置方式，都是影响电压波动的重要因素。

### 2.2 逆变故障

逆变故障是变频器运行中的常见问题，其根本原因在于逆变过程的不稳定，该过程负责将直流电转换为交流电，直接影响变频器的正常输出。元器件老化是一个关键因素。变频器中的元器件，特别是IGBT，经受频繁的开关操作和高电压高电流冲击，随时间老化，性能衰退，电阻增加，导通能力减弱，甚至可能短路或断路，导致逆变失败。逆变电路设计问题也很重要，不合理的布局可能增加电磁干扰，影响稳定性；不恰当的元器件选择，如耐压、耐流能力不足，也可能导致故障<sup>[2]</sup>。过热或过载的环境对元器件性能有极大影响，长时间高温工作或过大负载都可能导致元器件过热，影响其性能和寿命；特别是在高功率输出场合，过载可能导致元器件瞬间损坏，驱动信号异常也是一个重要原因，如果驱动信号失真、延迟或丢失，可能导致逆变过程受阻。

### 2.3 编码器类故障

编码器是变频器中用于检测位置和速度的重要元件，其输出的波形和数据对于变频器的正常运行至关重要；然而，编码器也可能会出现波形异常、锯齿波形缺

失或位置数据丢失等问题，这些问题都可能导致变频器报出故障。（1）编码器波形异常可能是由于编码器内部的感光元件或信号处理电路损坏所致，长时间的使用、高温环境或其他外部因素都可能导致这些元器件损坏，从而影响编码器的输出波形；此外，如果编码器与控制器之间的连接出现问题，比如接触不良或线路故障，也可能导致波形异常。（2）锯齿波形缺失或位置数据丢失则可能是由于信号传输过程中的干扰所致，电磁干扰、噪声或其他外部因素都可能影响编码器信号的传输质量，导致数据丢失或波形缺失。此外，如果编码器的规格与控制器的要求不匹配，或者编码器本身存在质量问题，也可能导致这类故障的发生。

### 3 风机发电系统中变频器的故障诊断方法

#### 3.1 上电检测

在变频器上电后如果无显示或者出现跳闸，我们必须首先确保操作环境的安全，安全永远是第一位的，断开电源后，接下来的步骤是仔细检查电源线路。电源线路的问题可能表现为缺相或断路，电源缺相，即三相电源中缺少一相或多相，这可能导致变频器无法正常工作，因为其内部的电路设计通常是基于三相电源来工作的。而断路，则是电源线路中某处出现断开，直接导致电流无法流通，变频器因此无法启动，如果经过检查，电源线路一切正常，那么我们需要再次上电进行测试。此时，重点要检查的是变频器中间电路的直流侧端子P、N之间的电压，这两个端子之间的电压值反映了变频器内部开关电源的工作状态，如果测得无电压或电压值明显偏离正常范围，那么很可能变频器内部的开关电源部分已经出现了故障或损坏。在这种情况下，非专业人员不应随意拆卸变频器进行检修，而应该请专业的技术人员进行进一步的检修或更换损坏部件。

#### 3.2 开机运行检测

当变频器开机后，如果电动机没有启动，即没有输出，我们首先需要排除电动机本身的问题。一个简单而有效的方法是断开与电动机的连接线路，然后重新启动变频器，在重新启动变频器的过程中，我们需要密切观察变频器面板上显示的输入频率。这个频率值应该与我们设置的启动频率相匹配，如果频率显示异常，那么可能是启动参数设置错误，如频率、加速时间等设置不当。这些参数的不当设置可能导致变频器无法正常启动电动机，如果电压和电流均正常，但电动机仍不启动，那么可能是运行端子的接线存在错误，导致控制信号无法正确传递。此外，逆变部分发生故障也会影响电能的转换和输出，导致电动机无法启动；最后，我们还需要

检查电动机是否已正确连接到变频器上，如果接线松动或错误，那么电动机也无法正常启动。因此，在排查问题时，我们需要仔细检查电动机与变频器之间的连接线路，确保一切连接正常；通过以上步骤的详细检测和排查，我们通常可以找到导致变频器无法正常启动的原因，并采取相应的措施进行修复。

#### 3.3 温度与过热检测

变频器过热是一个潜在的严重问题，对变频器进行定期的温度和过热检测至关重要。（1）冷却风扇检查：冷却风扇在变频器的散热系统中扮演着关键角色，如果风扇停止工作或转速减慢，变频器内部的热量将无法有效散发，导致温度升高；检查风扇时，应注意其运转是否平稳、无噪音，并确保风扇叶片没有积尘或堵塞，如果发现风扇存在问题，应及时清理或更换。（2）散热通道检查：除了风扇，散热通道的畅通性也对变频器的散热效果至关重要，散热通道包括散热片、散热器和通风口等；这些部分应定期清理，以确保没有灰尘、污垢或其他障碍物影响热量的散发<sup>[3]</sup>。（3）红外测温仪检测：利用红外测温仪等高精度测量工具，可以非接触式地精确测量变频器内部各个元器件的温度，这种检测方法不仅可以快速定位过热区域，还可以避免传统接触式测温方法可能带来的干扰。在检测过程中，如果发现某个元器件或区域的温度明显高于周围部分，这可能意味着该处存在散热问题或元器件损坏，针对这种情况，应进一步检查并采取相应的维修或更换措施。

#### 3.4 电流与电压检测

电流和电压是变频器运行过程中的两个关键参数，对它们的稳定性进行实时监测，有助于及时发现并解决潜在的问题。（1）电流检测：通过使用电流表等精密测量工具，可以实时监测变频器的输入和输出电流，正常情况下，电流应保持稳定且在设备额定范围内，如果发现电流异常增大或波动不稳，可能表明变频器内部电路存在问题；这些问题可能包括元器件老化、接触不良、短路或过载等，针对这些问题，应进一步检查并采取相应的维修措施。（2）电压检测：与电流检测类似，电压的稳定性也对变频器的正常运行至关重要；通过使用万用表等测量工具，可以实时监测变频器的输入输出电压。正常情况下，电压应保持稳定且在设备额定范围内，如果输入输出电压值超出正常范围，可能意味着内部电路出现故障或外部电源供应不稳定；针对这些问题，应及时检查电源线路和内部电路，并采取相应的修复措施。

#### 3.5 控制电路检测

控制电路作为变频器的核心部分，其重要性不言而喻，它负责接收和处理各种输入信号，并根据预设的逻辑和控制算法输出相应的控制指令，从而驱动变频器的各个部分协调工作。因此，在变频器出现故障时，对控制电路进行全面而细致的检测是至关重要的，在进行控制电路检测时，维修人员首先会进行目视检查。他们会仔细观察主控制电路板和开关电源板上的每一个元器件，检查是否有烧焦、变黑、变形等明显的物理损坏，这些损坏可能是由电路过载、电压冲击、温度过高或元器件老化等原因引起的。一旦发现这些损坏，维修人员就需要进一步分析其原因，并采取相应的修复措施，除了目视检查外，维修人员还会利用专业的电子设备对控制电路进行更深入的检测。其中，示波器是一种常用的检测工具，它能够精确地捕捉到控制电路上的信号波形，并显示在屏幕上；通过对这些波形的观察和分析，维修人员可以判断电路中的信号是否正常，是否存在异常的电压波动、信号失真或噪声干扰等问题。在检测过程中，维修人员还需要注意电路中的连接点和焊点是否牢固可靠，是否存在虚焊、冷焊等潜在问题。

### 3.6 传感器与反馈信号检测

传感器是变频器中不可或缺的组成部分，变频器的各个关键部位，实时采集和监测着设备的各种运行参数。这些参数包括但不限于电机的转速、温度、压力等，每一个数据都对变频器的稳定运行至关重要，当变频器出现故障或性能下降时，维修人员首先会检查传感器及其反馈信号。这是因为，传感器的工作状态直接影响到变频器对运行环境的感知和判断，一个失灵或误差较大的传感器，可能会导致变频器做出错误的决策，进而影响整个系统的性能和稳定性。在检查传感器时，维修人员会首先确认传感器的物理连接是否牢固，他们会逐一检查传感器的接线端子，确保没有松动、脱落或腐蚀的现象。接下来，维修人员会使用专业的测试设备，如信号发生器或数字万用表，来模拟传感器的输入信号；通过这种方式，他们可以观察变频器对模拟信号的反应，从而判断传感器的工作状态是否正常，如果变频

器对模拟信号的反应符合预期，那么说明传感器及其反馈信号路径是畅通的。反之，则可能需要对传感器进行进一步的检修或更换。此外，维修人员还会关注传感器本身的性能指标，例如，他们会检查温度传感器的精度是否达标，速度传感器的响应速度是否满足要求等。

### 3.7 大容量滤波电容检测

大容量滤波电容在变频器中扮演着重要角色，其主要任务是平滑直流电压，减少电压中的脉动成分，为变频器提供一个稳定的直流电源。并且确保变频器的稳定运行，维修人员需要定期对大容量滤波电容进行检测，这一检测过程不仅涉及到电容的外观检查，还包括对其电气性能的评估。在外观检查方面，维修人员会仔细观察电容的表面是否有鼓包、裂纹或漏液等异常情况，这些现象通常是电容内部出现问题的征兆，一旦发现，就需要立即采取措施进行处理。除了外观检查外，维修人员还会使用专业的测试设备来评估电容的电气性能，他们会测量电容的容量值、等效串联电阻（ESR）以及耐压能力等关键参数。这些参数可以反映电容的健康状况和工作效率，如果检测结果显示电容性能下降或存在安全隐患，维修人员会及时更换新的电容以确保变频器的正常运行。

结语：综上所述，通过对风机发电系统中变频器的常见故障及其诊断方法的详细探讨，我们可以看出，变频器的稳定运行对于整个风机发电系统的性能和效率具有至关重要的影响。为了确保变频器的正常运行，需要定期进行全面的检测和维护。通过采用本文介绍的诊断方法，可以及时发现并解决变频器在运行过程中可能出现的问题，从而保障风机发电系统的高效、稳定运行。

### 参考文献

- [1]何建平.风力发电系统变频器故障诊断探讨[J].百科论坛电子杂志,2020(2):580,598.
- [2]程施霖.风力发电系统变频器故障诊断研究[J].建筑工程技术与设计,2020(31):1513—1513.
- [3]谭江.风力发电系统变频器故障诊断研究[J].通讯世界,2020(20):227-228.