

# 风电变电站继电保护抗干扰措施

刘 贺

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

**摘 要：**风电变电站作为电力系统的重要组成部分，其继电保护系统的抗干扰能力直接关系到电网的安全稳定运行。针对风电场特有的电磁环境，需采取一系列抗干扰措施，包括降低一次设备接地电阻以减少电位差，建立继电保护装置的电位面以隔离干扰，断开滤波器与一、二次线圈接地连线以防雷电及操作干扰，以及提升保护装置本身的抗干扰能力等。这些措施将有效提升风电变电站继电保护系统的稳定性，保障电力系统的高效、可靠运行。

**关键词：**风电变电站；继电保护；抗干扰措施

**引言：**随着全球对清洁能源需求的不断增长，风电作为最具发展潜力的可再生能源之一，其发电规模和重要性日益凸显。然而，风电变电站内部复杂的电磁环境，对继电保护系统的正常运行构成了严重威胁。电磁干扰不仅可能导致保护装置误动作，还可能造成保护拒动，严重影响电网的安全稳定运行。因此，研究并实施高效、可靠的继电保护抗干扰措施，对于保障风电变电站及整个电网的安全运行具有极其重要的意义。本文旨在深入分析风电变电站的电磁干扰源，并探讨相应的继电保护抗干扰策略。

## 1 风电变电站电磁环境分析

### 1.1 风电变电站电磁特性

风电变电站作为连接风能资源与现代电力网络的桥梁，其内部电磁环境的复杂性不容忽视。这一环境主要由高强度电磁场构成，其根源在于站内大电流、高压设备的运行与交互。深入探讨这一电磁环境的特性，对于确保变电站的安全、稳定运行，以及保护敏感设备免受电磁干扰至关重要。（1）高强度电磁场环境。风电变电站内的电磁场强度显著高于一般环境，这主要归因于风电发电机、大型变压器及高压输电线路等设备存在。这些设备在运行时，会产生大量的电磁能量，并通过空气、金属部件等介质传播，形成广泛的电磁辐射区域。这种高强度电磁场环境不仅存在于设备的近场区，还可能通过长距离传播影响变电站外部区域。（2）风电发电机、变压器、输电线路的电磁特性分析。1）风电发电机：作为风能转换的核心部件，风电发电机在旋转过程中，其内部的发电机系统会产生交变电磁场。这些电磁场不仅用于发电过程，还会向外辐射能量，对周围环境形成电磁干扰。此外，风机的启停、风速变化等因素也会引起发电机电流和电压的波动，进而加剧电磁辐射的复杂性。2）变压器：变压器在电力系统中承担电

压等级变换的重要角色。在风电变电站中，变压器不仅要承受来自风电发电机的高压电能，还要将其转换为适合电网传输的电压等级。这一过程中，变压器内部的电磁感应现象极为显著，不仅会在其周围产生强烈的电磁场，还可能通过漏电感、耦合电容等途径对二次侧设备造成干扰。3）输电线路：输电线路是电能传输的“高速公路”。在风电变电站内，输电线路往往以高塔架、大跨距的形式存在，以承载高压电能。这些线路在传输电能时，会产生显著的电磁辐射，且随着电压等级的提高和传输距离的延长，电磁辐射的强度也会相应增大。同时，输电线路也是雷电等自然灾害的主要袭击目标，一旦遭受雷击，将产生强烈的电磁脉冲，对变电站内的设备构成严重威胁。

### 1.2 电磁干扰源分类

在风电变电站复杂的电磁环境中，电磁干扰的来源多种多样，这些干扰源对变电站内设备的正常运行构成了潜在的威胁。根据干扰的产生机理和影响特性，可以将其大致分为以下几类：（1）接地故障型干扰。当风电变电站内发生接地故障时，故障电流会通过接地系统流入大地。由于地网电阻的存在和分布不均，会在地网中产生电位差，形成工频干扰。这种干扰可能通过二次电缆进入继电保护装置等敏感设备，导致误动作或失效。

（2）断路器操作引起的干扰。断路器在分合闸过程中会产生电弧放电现象，这一过程中会伴随高频电磁波的产生和辐射。这些高频电磁波可能通过空间传播或耦合到二次电缆中，对继电保护装置等二次系统形成强烈的电磁干扰。特别是当断路器操作频繁或状态不稳定时，这种干扰尤为严重。（3）电感耦合型干扰。在风电变电站中，高压母线、电缆等一次侧设备的电磁场会通过电感耦合的方式影响二次电缆。当一次侧设备中的电流发生突变时（如短路、雷击等情况），会在二次电缆中感应

出电压和电流,形成对地干扰。这种干扰可能通过测量回路进入继电保护装置等二次设备,影响其正常工作<sup>[1]</sup>。

(4) 雷电干扰。雷电是自然界中最强烈的电磁干扰源之一。当雷电击中风电变电站或其附近的物体时,会产生巨大的电磁脉冲和电流。这些电磁脉冲和电流通过导线、地网等路径传播到变电站内部,对电气设备造成冲击性损害或干扰。雷电干扰具有突发性强、能量大、影响范围广等特点,是风电变电站需要重点防范的电磁干扰源之一。(5) 其他外部干扰源。除了上述几种主要的电磁干扰源外,风电变电站还可能受到其他外部干扰源的影响。例如,通信设备、移动设备等在工作过程中会产生电磁辐射;附近的工业设备、交通工具等也可能成为潜在的干扰源。这些外部干扰源虽然强度相对较低,但在特定条件下仍可能对变电站内的设备造成一定的影响。因此,在风电变电站的设计、建设和运行过程中,需要综合考虑各种因素,采取有效的措施来降低外部干扰对变电站的影响。

## 2 风电变电站继电保护抗干扰措施

### 2.1 降低接地电阻

(1) 降低避雷器、电流互感器、电压互感器等一次设备接地电阻的必要性。风电变电站中,避雷器、电流互感器和电压互感器等一次设备是电磁干扰的主要来源之一。这些设备在正常运行或发生故障时,会产生大量电磁能量,若接地电阻过高,则会导致接地电位差增大,从而引发地电位差干扰。这种干扰可能通过接地系统传播至二次系统,进而影响继电保护装置的正常工作。因此,降低这些一次设备的接地电阻,对于减少电磁干扰、提高继电保护装置的抗干扰能力具有重要意义。(2) 具体实施方法及其效果。具体实施方法包括选用低电阻率土壤、增加接地体数量、使用降阻剂以及深埋接地体等。通过这些措施,可以显著降低接地电阻,减少地电位差干扰。例如,选用低电阻率土壤并适当铺设,可以增加接地体与土壤的接触面积,降低接地电阻;使用降阻剂可以进一步降低接地电阻,提高接地效果;而深埋接地体则可以利用深层土壤的低电阻率特性,降低整体接地电阻。这些措施的实施可以显著改善风电变电站的接地环境,提高继电保护装置的抗干扰能力。

### 2.2 高频同轴电缆接地处理

(1) 高频同轴电缆两端接地的必要性及具体接法。高频同轴电缆在风电变电站中广泛用于载波通信和保护信号的传输。其外层的屏蔽层虽具有防干扰作用,但若不正确接地,则会成为干扰信号传播的通道。两端接地的高频同轴电缆可以有效防止因外界电磁场感应产生的

电动势对内部芯线造成干扰,保证信号的纯净性和完整性。具体接法是将电缆两端的屏蔽层通过铜编织带或接地线与变电站的接地网相连,形成良好的电气连接,确保高频信号的稳定传输<sup>[2]</sup>。(2) 接地电阻的选择和接地铜排的铺设方法。接地电阻的选择应充分考虑高频信号的传输特性和接地网的布局。一般来说,接地电阻越小越好,以便及时将感应电荷泄放至大地。但在实际操作中,需结合具体工程情况进行综合考虑。接地铜排的铺设则应根据电缆沟的走向和设备分布情况进行合理规划和设计。铺设时需注意保持铜排的连续性和电气连接的良好性,并采取适当的防腐措施以提高其使用寿命。同时,铜排的截面积应足够大以承载可能出现的感应电流,避免因过载而导致的热量积累和温升过高问题。

### 2.3 构造等电位面

(1) 将微机保护装置及其他控制装置置于同一等电位平台上。为减少地电位差对继电保护装置的影响,可将所有与继电保护相关的设备置于同一等电位平台上。通过该平台的接地系统与变电站的主接地网相连形成一个局部等电位区域,确保区域内所有设备的电位相等或相近从而避免因电位差产生的干扰。该措施能够有效抑制来自外部的电磁干扰并通过平衡内部设备的电位减少地电位差的影响提高保护的准确性和可靠性。(2) 详细介绍等电位面的构建方法和注意事项。构建等电位面时需注意以下几点:首先应选择合适的等电位平台材料并确保其具有良好的导电性能以便与接地系统形成有效连接;其次应合理规划设备的布局避免过于集中或分散以确保各设备间的电位差尽可能小;再次应注意保持平台的接地连续性避免出现多点接地或断开接地的情况以减少小电位波动的风险;最后还需定期对平台进行检查和维护确保连接紧密可靠及时发现并处理可能存在的故障点以保障其正常运行状态<sup>[3]</sup>。

### 2.4 滤波器接地处理

(1) 断开结合滤波器一、二次线圈接地连接。在某些情况下,为了减少高频电流干扰对继电保护装置的影响,需要断开结合滤波器一、二次线圈的接地连接。这是因为当滤波器接地时,可能会引入高频电流干扰信号,这些干扰信号可能通过接地系统传播到继电保护装置,从而影响其正常工作。断开一、二次线圈的接地连接,可以有效地隔离这部分高频干扰源,提升继电保护装置的抗干扰能力。(2) 接地点的选择和布局优化。即使断开了滤波器的接地连接,也仍需合理设置接地点,以确保在必要情况下能迅速释放积累的静电荷,防止设备因过电压而损坏。接地点的选择应综合考虑变电站的

电磁环境、设备的布局以及安全规程等因素。同时,接地系统的布局也需要优化,确保接地线路路径短、阻抗小,以便在发生雷击或设备故障时,能够迅速将电流引入大地,降低对设备的冲击。

### 2.5 光纤通道的应用

(1) 光纤通道在继电保护中的优势。光纤通道在继电保护系统中具有显著的优势。首先,光纤通信具有极高的传输质量,信号衰减小,传输距离长,能够确保继电保护信号的准确无误传输。其次,光纤通道具有极强的抗干扰能力,不受电磁干扰、雷电冲击等因素的影响,大大提高了继电保护的可靠性和稳定性。此外,光纤通道还具有保密性好、抗电磁辐射强等特点,能够保障数据传输的安全性。(2) 光纤保护装置与光纤通道的连接方式和特点。光纤保护装置与光纤通道的连接通常采用专用的光纤接口,如FC、SC等类型的光纤接头。这些接头具有连接稳定、插拔方便、信号衰减低等特点。光纤通道通过光纤连接各个保护装置,形成一个封闭的光信号传输网络,能够有效避免外界电磁干扰的侵入。同时,光纤通道还支持高速数据传输,能够满足现代继电保护系统对实时性、准确性的要求<sup>[4]</sup>。(3) 光纤通道在实际应用中可能遇到的问题及解决办法。在实际应用中,光纤通道可能会遇到光纤断裂、接头污染、信号衰减等问题。针对这些问题,可以采取以下解决办法:一是定期检查光纤线路,及时发现并修复断裂或损伤的光纤;二是保持光纤接头的清洁和干燥,防止接头污染导致信号衰减;三是采用高质量的光纤和接头设备,降低信号衰减和传输误差;四是配置冗余光纤通道,实现主备切换功能,提高系统的可靠性和可用性。

### 2.6 其他抗干扰措施

(1) 继电保护高频通道中严禁连接带电设备。为了防止高频通道中引入高频电流干扰,应严格禁止在继电保护高频通道中连接带电设备。这些带电设备可能会产生高频电磁辐射或电流泄漏,对高频通道产生干扰。因此,在设计和安装过程中,必须确保高频通道与带电设

备之间保持足够的电气隔离距离。(2) 收发信机通道入口严禁接入电缆。收发信机是继电保护系统中的关键设备之一,其通道入口的电气环境对信号的传输质量具有重要影响。为了防止电缆等外部设备引入电磁干扰或高频电流干扰,应严禁在收发信机通道入口接入电缆。同时,应采取有效的屏蔽措施和滤波措施,确保通道入口的电气环境干净、稳定。(3) 设置延时等抗干扰措施。在某些情况下,为了提高继电保护的抗干扰能力,可以设置延时等抗干扰措施。例如,在检测到可能的干扰信号时,可以通过设置一定的延时来等待干扰信号的消失或减弱,再对保护动作进行判断。这样可以有效避免因干扰信号引起的误动作或误判断,提高继电保护的准确性和可靠性。

### 结束语

综上所述,风电变电站继电保护抗干扰措施是确保电力系统稳定运行的关键环节。通过采取降低接地电阻、高频同轴电缆接地处理、构造等电位面、滤波器接地优化、光纤通道应用以及多种综合抗干扰策略,我们能够有效抵御电磁干扰对继电保护系统的影响,提升风电变电站的运行可靠性和安全性。未来,随着风电技术的持续发展和智能化水平的提升,我们有理由相信,风电变电站的继电保护抗干扰技术将更加成熟和完善,为清洁能源的广泛应用提供更加坚实的保障。

### 参考文献

- [1] 许尧,马欢,许昱鹏,等.智能变电站继电保护智能运维系统自动配置技术研究[J].电力系统保护与控制,2018,50(11):160-168.
- [2] 刘健,王效妍,白梦.浅析变电站继电保护抗干扰技术[J].黑龙江科技信息,2019,(12):157-158.
- [3] 张冬,王晓丹.对变电站继电保护的抗干扰技术探析[J].黑龙江科学,2019,(09):78-80.
- [4] 李融,王栋.关于变电站继电保护抗干扰技术探讨[J].科技创新与应用,2020,(18):160-161.