

新能源场站低电压穿越能力现场验证探讨

张娟霞 王彦辉

国网宁夏电力有限公司宁东供电公司 宁夏 银川 750411

【摘要】：新能源场站在电网中扮演着重要角色，其低电压穿越能力直接影响系统的稳定性。随着新能源接入比例的提升，低电压穿越能力成为保障电网安全的重要技术难题。通过对新能源场站低电压穿越能力的现场验证，探讨了相关技术手段、设备响应及优化策略，提出了提高穿越能力的解决方案。研究表明，优化电力设备性能、改善控制策略及强化系统协调，能够有效提升新能源场站的低电压穿越能力，确保电力系统在遭遇电压暂降时依然稳定运行。此项研究为提升新能源场站的可靠性及电网安全性提供了有效的技术支持。

【关键词】：新能源场站；低电压穿越；现场验证；电力设备；电网安全

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.059

引言

新能源场站的接入为电网的稳定运行带来了新的挑战，尤其是在低电压情况下的穿越能力问题。随着新能源发电比例的不断增长，其低电压穿越能力逐渐成为电力系统稳定性保障的关键因素。在电力系统发生电压暂降时，新能源场站的发电设备必须能够维持正常运行，否则将可能导致电力中断和设备损坏。因此，研究新能源场站低电压穿越能力，并对其进行现场验证，成为提高系统稳定性和安全性的重要课题。本研究通过对不同类型新能源场站的低电压穿越能力进行现场测试与分析，探讨了提高其穿越能力的技术手段和策略，旨在为电力系统的安全运行提供有力的保障。

1 低电压穿越能力的现状与问题分析

1.1 新能源场站低电压穿越的基本概念

低电压穿越（LVRT, Low Voltage Ride Through）能力是指电力系统中，当电压暂时下降时，新能源场站仍能够保持稳定供电并避免设备故障的能力。新能源场站，特别是风电和光伏发电系统，因其受外部环境的影响较大，容易在电网发生电压跌落时受到冲击。低电压穿越能力的要求是新能源发电设备能够在电压下降的情况下不立即停机，而是通过控制策略和设备保护功能持续运行，直到电压恢复。该能力是衡量新能源场站能否与电网稳定协作的一个重要指标。新能源场站具备较强的低电压穿越能力，可以确保其在电网发生电压暂降时，及时响应并顺利度过这一过程，避免对电网的冲击。

1.2 现有新能源场站面临的低电压问题

随着新能源接入电网的比例不断增大，低电压问题在新能源场站中越来越突出。尤其是在一些风电和光伏发电的高渗透区域，电网频繁遭遇低电压事件，这对新能源场站的低电压穿越能力提出了更高要求^[1]。当前，许多新能源场站的设备在面对较为剧烈的电压暂降时，难以迅速做出有效反应，存在掉电甚至停机的现象。部分风电和光伏发电设备因控制系统不够精细，未能及时调节工作状态，导致无法穿越低电压事件，进而

影响到电力系统的稳定运行。

1.3 低电压穿越能力对电网稳定性的影响

新能源场站如果无法有效穿越低电压事件，可能会造成电网频繁波动，甚至引发系统失稳。在电压跌落的瞬间，发电机组若未能及时响应并持续发电，将会导致大量电力的突然缺失，可能引发系统保护动作、设备跳闸，甚至导致大规模停电。低电压穿越能力的提升，有助于减少因新能源场站停机或掉电引发的电网波动，确保电网能够维持稳定运行。在新能源场站的低电压穿越过程中，若能够实现快速恢复和无缝衔接，不仅能够提升系统的整体稳定性，还能有效缓解电网调度压力，避免由于突发停机导致的电网崩溃。

2 影响新能源场站低电压穿越能力的关键因素

2.1 电力设备的响应速度与稳定性

风电机组和光伏逆变器在遭遇电压暂降时，必须能够迅速感知电网电压波动并采取相应的调整措施。如果电力设备的响应速度过慢，可能导致电压波动持续时间较长，甚至引发设备停机或出现电网脱网现象。新能源发电系统的控制装置需要通过精确的参数设定和快速响应机制，在电压下降时迅速对设备进行保护性调整，并能够及时恢复到正常运行状态。在设备稳定性方面，风电机组的转子和光伏逆变器的电力变换系统必须在电网电压波动下保持稳定运行，避免因过载或其他突发事件导致设备损坏。提升电力设备的响应速度和稳定性，尤其是在电压暂降瞬间的快速反应能力，是提高低电压穿越能力的关键。

2.2 电网电压波动特性对穿越能力的影响

电网电压的跌落幅度和持续时间是新能源发电设备能否成功穿越低电压事件的决定性因素。电压跌落幅度较大且持续时间较长时，新能源设备往往难以承受，这时设备如果未能及时调整输出功率，可能会出现失稳或脱网情况。电网中电压波动的频率和幅度也会直接影响新能源场站的适应能力^[2]。长时间的电压波动不仅影响发电设备的运行效率，还会导致设备频

繁启动与停机,进而影响设备寿命。特别是在电力系统内风电和光伏发电的渗透率较高时,电网电压波动对新能源场站的影响更为显著。因此,了解电网电压波动的特点,并通过技术手段优化控制策略,对于提升新能源场站低电压穿越能力具有至关重要的作用。

2.3 系统协调与控制策略的作用

电网中的调度中心、风电机组、光伏系统以及储能设备需要在电压波动发生时协同工作,以实现稳定的电网输出。在这一过程中,控制策略的优化显得尤为关键。智能控制技术通过实时监控电网状态,能够在电压发生暂降时迅速调整风电机组和逆变器的输出功率,确保电网不会因新能源发电中断而产生不稳定情况。系统协调的有效性还体现在发电设备与储能设备的配合上,储能系统可以在电压低于设定值时迅速补充电网的电能,进一步增强低电压穿越能力。通过提升电网与设备之间的协调性,并优化控制策略,不仅能够提高新能源场站的低电压穿越能力,也能够增强整个电网的稳定性和可靠性。

3 现场验证方法与实验设计

3.1 现场验证的实施步骤

在进行新能源场站低电压穿越能力的现场验证时,实施步骤的精确性直接影响验证结果的可靠性。现场验证需要对电网的实际电压波动特性进行充分了解和他分析,确定电网中低电压事件的发生频率、幅度及持续时间。在此基础上,选择适合的新能源场站进行验证,通常是风电或光伏场站,确保场站的设备能够在实际运行条件下进行测试。验证过程中的第一步是模拟不同程度的电压跌落情境,通过调控电网供电参数,创建多种低电压发生场景。需要对现场设备进行必要的准备工作,确保其控制系统、保护机制和数据采集装置已正确设定。开始实施低电压事件,并实时监控设备反应,记录数据。验证过程中,采用的数据采集系统必须覆盖电网电压、设备输出功率、设备响应时间、设备稳定性等关键指标。最后,通过对比不同电压情境下设备的表现,评估新能源场站在电压暂降情况下的穿越能力,为后续的优化方案提供科学依据。

3.2 验证过程中设备的表现与数据采集

设备表现与数据采集是现场验证过程中至关重要的一环。在低电压事件发生时,发电设备的反应表现直接反映其低电压穿越能力。在现场验证过程中,风电机组和光伏逆变器的输出功率、转速、设备保护动作以及电压变化等关键数据都需要精确采集。数据采集系统通常包括高频率的电压、电流采集装置、设备状态监测模块以及温度与振动传感器^[3]。风电机组在电压暂降时,其叶片转速、发电机转矩等变化需要实时监测,以确保机组能够快速调整工作状态,维持稳定发电。对于光伏发电系统,逆变器的反应时间和功率调节能力也是关键监测指标。通过数据采集,可以了解电力设备在低电压穿越过程中是否能

够维持稳定输出,设备的保护动作是否及时,以及是否会出现因电压波动过大而导致的停机现象。监测设备的稳定性,确保其在高频次的测试条件下运行正常,是保证验证数据准确性的前提。验证过程中所采集的所有数据需通过先进的数据分析平台进行实时处理,确保数据的及时反馈和处理,进而为后续的分析提供基础。

3.3 结果分析与问题总结

经过现场验证所获取的数据需要进行详细分析,得出关于新能源场站低电压穿越能力的结论。分析过程中,首先应将不同情境下的电压波动与设备表现进行对比,重点分析设备在各类低电压事件中的反应速度、功率恢复能力和系统稳定性。通过对比各类设备在低电压穿越过程中不同时间段的表现,可以揭示出设备响应的滞后性或不稳定性,进而找出影响穿越能力的潜在问题。其次结合现场数据,还应对设备的保护动作进行深入分析,评估是否存在误动作或滞后动作的情况,判断其对电网安全的影响。若在电压暂降过程中发生设备停机或异常脱网事件,需要重点分析电网电压波动与设备适应能力之间的关系。最后,根据结果分析总结现场验证中出现的主要问题,并对这些问题提出相应的解决措施。针对设备响应滞后的问题,可考虑改进控制策略或优化设备的保护设置;若出现不必要的停机现象,可以考虑通过加强电压调整和频率补偿等手段来提升设备的低电压穿越能力。通过问题总结,可以为新能源场站在未来面对类似电压波动时提供更加完善的技术支持和改进方向。

4 提升新能源场站低电压穿越能力的优化策略

4.1 设备技术优化与升级

风电机组和光伏逆变器的性能直接决定了其在低电压事件中的表现。风电机组的设计可以通过优化变频器和功率变换系统的响应能力,提升其在电压暂降时的恢复速度和稳定性。改进控制系统算法和传感器技术,使风电机组能够更快速地检测到电网电压的变化,并且及时调整其运行状态,以避免因电压波动而产生的停机或失效。光伏逆变器的功率控制系统同样可以通过提高其对电压波动的适应性,增强逆变器在低电压下的稳定输出。逆变器的最大功率点追踪技术(MPPT)可以进一步优化,使其在电压暂降时能持续跟踪并维持最佳功率输出。通过对这些关键设备进行技术升级,不仅可以减少低电压事件对设备运行的影响,还能显著提升新能源场站整体的低电压穿越能力,保证电网的平稳运行。

4.2 智能控制系统的应用

在新能源场站中,智能控制系统能够通过实时监控电网状态、设备性能和环境条件,对设备进行灵活调节。当电压发生波动时,智能控制系统可以迅速识别电压变化并作出响应,以保证新能源设备持续运行而不发生停机或脱网。通过引入先进

的控制算法,如自适应控制、预测控制等技术,控制系统可以根据历史数据和实时电网状态调整设备的输出功率,以确保设备能够在低电压事件中快速恢复并维持稳定运行^[4]。智能控制系统还能够协调场站内各类设备的运行,优化能源的输出和分配,减少低电压事件对系统稳定性的影响。

4.3 系统协调与集成解决方案

新能源场站通常包含多个不同类型的设备,包括风电机组、光伏发电设备、储能系统及变电设备等,如何协调这些设备的运行,确保系统在电压暂降时依然能够保持稳定运行,是提升低电压穿越能力的关键。通过优化各类设备之间的协调工作,确保在低电压事件发生时,储能系统能够迅速提供电力支持,而风电机组和光伏系统则能按照需求调整发电量,避免因单一设备响应不及时而导致的系统崩溃。集成解决方案还包括对整个电网与新能源场站之间的互联互通进行优化设计,提升信息交换和数据共享能力。在低电压事件发生时,通过更高效的数据通信和协调机制,电网调度中心和新能源场站可以实时进行数据交换,并作出快速反应,确保电网和场站的同步稳定运行。通过综合运用现代通信技术、控制技术以及能源管理平台,新能源场站的整体运行效率和低电压穿越能力将得到显著提升,确保其在复杂电网环境中的可靠性和稳定性。

5 提升低电压穿越能力的实际应用与展望

5.1 优化措施的实际应用案例

在多个新能源场站的实际应用中,优化低电压穿越能力的措施已显示出显著效果。通过改进风电机组和光伏逆变器的控制系统,提高了其对电压波动的响应能力,保证设备在电压暂降时能够快速调整输出功率并稳定运行。以某风电场为例,通过优化风机变频器的算法,使得机组在电压波动时能够快速适应,避免了系统因低电压事件停机的情况。某光伏场站引入了储能系统与智能调度平台,通过动态调整储能电池的充放电策略,有效缓解了电网低电压带来的冲击,确保了电力输出的连

续性。通过这些实践应用,新能源场站的低电压穿越能力得到了显著提升,保障了电网的稳定。

5.2 未来技术发展趋势与方向

未来,随着新能源接入比例不断提升,低电压穿越能力的技术将朝着更高效、更智能的方向发展。先进的智能控制技术将发挥更大作用,通过机器学习与大数据分析,实时优化设备的响应策略,提高设备在电压波动中的自适应能力。储能技术的发展也将为低电压穿越提供更加可靠的支持,能够在电压暂降时迅速补充电网功率,降低电压波动对电网的影响^[5]。智能电网与分布式能源的融合将使得电力系统更加灵活,能够通过灵活调度和协调,实现新能源场站与电网的高效协作,进一步提升低电压穿越能力。

5.3 新能源场站低电压穿越能力提升的综合评价

新能源场站低电压穿越能力的提升需要综合考虑设备性能、控制策略、系统协调等多方面因素。通过优化风电机组与光伏逆变器的控制系统、引入储能系统、采用先进的智能调度方案,场站的低电压穿越能力可以得到显著增强。在评估时,需结合电压波动的幅度、持续时间、设备响应速度等多个指标来进行综合分析。不同场站的实际情况不同,需要根据具体的地理位置、设备类型及电网环境,制定个性化的低电压穿越提升方案。

6 结语

低电压穿越能力是保障新能源场站稳定运行的重要技术指标。通过对新能源场站低电压穿越能力的优化策略进行深入分析,可以发现,设备技术升级、智能控制系统的应用以及系统协调的加强,是提升穿越能力的关键。随着技术的不断发展和智能化控制手段的引入,新能源场站将在电网中发挥更为稳定的作用。未来,随着相关技术的进一步突破,低电压穿越能力将更加完善,新能源场站将更加高效地与电网协同运行。

参考文献:

- [1] 华文,董炜,杨滢,等.考虑无功电压交互影响的新能源低电压穿越控制参数优化方法[J].可再生能源,2025,43(11):1527-1536.
- [2] 冷若寒,庄可好,侯智贤,等.考虑跟网型新能源低电压穿越特性的构网型变流器功能定位与容量优化配置[J/OL].中国电机工程学报,1-11[2026-01-10].
- [3] 刘昊霖,贾科,毕天姝,等.接入新能源大基地汇集系统的柔直换流站低电压穿越方法[J].电工技术学报,2025,40(03):759-770.
- [4] 方舟,潘雪晴,刘芳冰,等.新能源场站低电压穿越控制性能对河南电网的影响[J].河南电力,2024,(S2):32-37+59.
- [5] 张国沛.低电压穿越下光伏场站电压耦合型连锁故障研究[D].山东大学,2024.