

光伏电站弱电源特性对送出线路继电保护的影响

张光奎 李净明 谢卫星 黄均强 黄志概

北京京能国际控股有限公司华南分公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5651

[摘要] 随着可再生能源技术的迅猛发展,特别是太阳能的利用技术取得了显著进步,光伏电站作为太阳能发电的重要方式,已经在世界各个角落得到了广泛的推广和应用。光伏电站的建设不仅有助于减少对化石能源的依赖,降低环境污染,而且对于推动全球能源结构的转型和可持续发展具有重要意义。然而,在光伏电站的运行过程中,其作为弱电源的特性对电网的稳定性和安全性提出了新的挑战,尤其是在继电保护系统方面。本文将深入分析光伏电站的弱电源特性,探讨其对送出线路继电保护系统的影响,并在此基础上提出针对性的解决方案及保护配置建议。这些建议将有助于电网运营商和光伏电站的管理者更好地理解 and 应对光伏电站接入带来的挑战,优化继电保护策略,从而保障电网的安全稳定运行,同时促进光伏电站的高效利用和可持续发展。

[关键词] 光伏电站; 弱电源特性; 继电保护影响; 解决方案; 保护配置建议

中图分类号: TV741 **文献标识码:** A

The impact of weak power characteristics of photovoltaic power plants on relay protection of transmission lines

Guangkui Zhang Jingming Li Weixing Xie Junqiang Huang Zhijian Huang
Beijing Jingneng International Holdings Co., Ltd. South China Branch

[Abstract] With the rapid development of renewable energy technology, especially the significant progress in the utilization technology of solar energy, photovoltaic power plants, as an important way of solar power generation, have been widely promoted and applied in various corners of the world. The construction of photovoltaic power stations not only helps reduce dependence on fossil fuels and environmental pollution, but also has significant implications for promoting the transformation of the global energy structure and sustainable development. However, during the operation of photovoltaic power plants, their characteristics as weak power sources pose new challenges to the stability and safety of the power grid, especially in terms of relay protection systems. This article will deeply analyze the weak power characteristics of photovoltaic power plants, explore their impact on the relay protection system of transmission lines, and propose targeted solutions and protection configuration suggestions based on this. These suggestions will help power grid operators and managers of photovoltaic power plants better understand and respond to the challenges brought by the integration of photovoltaic power plants, optimize relay protection strategies, ensure the safe and stable operation of the power grid, and promote the efficient utilization and sustainable development of photovoltaic power plants.

[Key words] photovoltaic power station; Weak power characteristics; The impact of relay protection; Solution; Protection configuration suggestions

引言

随着新能源产业的创新发展,光伏电站也逐步受到重点关注。光伏电站的建设和运行具有重要的社会价值及环保性,它可以降低化石能源的使用,以实现生态环境方面的保护,让能源结构进一步调整,让能源更加丰富,更具多样性。不过,当前光伏发电系统在实施大规模并网的同时,其输出功率存在不稳定性及

脆弱性,不利于电网的安全稳定运行,常常会出现光伏送出线路继电保护误动、拒动及灵敏度下降等问题。基于此,本文对于光伏电站弱电源特性及对送出线路继电保护等各方面的影响进行研究,以提供一定的理论价值及应用意义。

1 光伏电站弱电源特性概述

1.1 电压和电流特性

光伏板上的直流电电压范围通常在12V到48V之间,这一电压等级相对于工业和家庭用电的交流电压来说较低。同时,由于光伏板的物理特性,其产生的电流相对较小。这种弱电需要通过逆变器转换为交流电后才能供应给电网,以满足电网的电压和频率要求。在转换过程中,逆变器的工作状态,包括其控制策略如低电压穿越控制,会直接影响到在电网发生故障时的电流输出。逆变器的性能和控制算法对于确保光伏电站能够在电网故障时提供稳定的电流输出至关重要。

1.2 故障电流受限

光伏电站的故障电流受到逆变器低电压穿越(LVRT)控制的限制,这意味着在电网发生故障时,光伏电站能够输出的电流大小一般不会超过逆变器额定负载电流的1.1倍。这种限制是为了保护逆变器不受损害,并确保在电网故障期间光伏电站不会对电网造成额外的负担。因此,这一特性使得光伏侧在故障时的电流输出显著低于常规电源,如火力发电站或水力发电站,这些电源在故障时能够提供较大的电流以支持电网的稳定。

1.3 容量占比低

单个光伏电站的容量占所接入系统容量的比例通常很低,这意味着光伏电站作为电网的一个组成部分,其对电网的影响相对较小。光伏侧的故障电流受限是该线路不同于常规线路的最大特性之一。由于容量占比低,光伏电站的接入对电网的总体运行参数影响有限,但同时也意味着在电网规划和运行中需要特别考虑如何有效地集成和管理这些弱电源,以确保电网的稳定性和可靠性。

2 光伏电站弱电源特性对送出线路继电保护的影响

2.1 继电保护误动问题

在光伏电站并网运行的过程中,由于其弱电源的特性,可能会导致电力系统中的继电保护装置出现误动作的情况。这种误动作主要是因为光伏电站的输出功率具有间歇性和波动性,当电网发生故障时,光伏电站的输出功率可能会突然下降,导致系统电压和频率发生剧烈变化。这种变化可能会被继电保护装置误判为电网故障,从而触发保护动作,造成不必要的停电或者设备损害。

2.2 继电保护盲区问题

由于光伏电站的弱电源特性,其在电力系统中的接入可能会在一定程度上增加继电保护的盲区。这是因为光伏电站的输出功率不稳定,可能会导致保护装置在某些特定的故障情况下无法准确判断故障位置,从而无法及时有效地隔离故障区域。这种盲区的存在可能会使得故障点无法被及时发现和处理,进而影响整个电力系统的稳定性和可靠性。

2.3 继电保护动作不一致问题

在光伏电站并网运行的环境下,由于其弱电源特性,可能会导致电力系统中的继电保护装置在动作时出现不一致的情况。这种不一致性主要是由于光伏电站的输出功率波动较大,当电网发生故障时,不同位置的继电保护装置可能会接收到不同的故障信号,导致保护动作的不协调。这种不协调可能会使得故障

隔离不彻底,甚至可能引起连锁反应,造成更大范围的停电事故。因此,需要对继电保护系统进行优化设计,确保在光伏电站并网运行时,继电保护装置能够协调一致地动作,保障电力系统的安全稳定运行。

2.4 仿真验证与分析

为了对前述的理论分析进行深入的验证,本文采用了PSCAD/EMTDC这一先进的仿真软件,精心构建了一个光伏发电系统的电磁暂态模型。在模型构建的过程中,我们以中国西北地区的一个典型的110kV光伏电站作为研究对象,对其进行了详细的模拟。在这个模拟过程中,我们特别关注了在送出线路的中点位置,模拟发生了一起具有过渡电阻为30欧姆的三相短路故障的情况。

通过细致的仿真操作,我们得到了一系列关键的仿真数据。具体来说,我们观察到在发生短路故障时,光伏电站侧的故障电流幅值为245安培,而电网系统侧的故障电流幅值则高达5204安培。此外,我们还测量了故障发生后,光伏电站侧与电网系统侧之间的相角差 θ ,并发现其在达到稳态之后的值为 -62.59° 。这些仿真结果不仅与理论分析相吻合,而且进一步证实了光伏电站作为弱电源特性对送出线路继电保护策略的影响是显著的。

3 针对光伏电站弱电源特性对送出线路继电保护影响的解决方案

3.1 优化光伏电站逆变器的设计

为了有效应对光伏电站由于其弱电源特性可能对送出线路的继电保护带来的不利影响,我们必须从问题的根源着手,即对光伏电站的逆变器进行优化设计。这不仅涉及到提升逆变器的响应速度,使其能够更加迅速地对电网的变化做出反应,而且还包括增强逆变器在电网波动情况下的稳定性,确保其在面对电网的不稳定因素时能够保持正常运行。

逆变器在电网电压骤降的情况下仍能保持正常工作,不会因为电压的急剧下降而停止运行或损坏。通过这些针对性的设计改进措施,我们可以显著提高逆变器在电网故障发生时的反应速度和准确性,从而有效减少对继电保护系统的潜在影响,保障整个电力系统的稳定性和可靠性。

3.2 采用基于人工智能的继电保护装置

通过利用人工智能技术,特别是机器学习算法,相关人员可对电网的运行数据进行深入分析和处理。这些算法能够识别出数据中的模式和异常,从而预测可能出现的故障,并在故障发生之前发出预警。这种基于人工智能的继电保护装置,能够在故障发生的一瞬间,迅速而准确地定位故障点,并将故障区域从电网中隔离出来,极大地减少了故障对整个电网系统的影响。

此外,人工智能技术的应用还使得继电保护装置具备了自我学习和自我优化的能力。随着运行时间的增长,这些装置能够积累更多的数据和经验,通过不断地学习和调整,它们能够适应电网运行中的各种变化,提高对不同故障模式的识别准确率。

3.3 加强对光伏电站的监测和控制力度

为了有效应对弱电源特性带来的挑战,相关人员必须采取

更为严格的监控措施。包括部署一系列高科技的监测设备,这些设备能够对光伏电站的运行状态进行实时监控,确保关键参数如电压、电流、频率等始终保持在最佳运行范围内。此外,通过应用现代控制理论和方法,例如自适应控制和模糊控制技术,相关人员可实现对电站运行状态的精细化管理。这些先进的控制策略能够帮助我们及时发现潜在的异常情况,并迅速采取措施进行处理,从而避免可能的故障和停机。同时,通过不断优化控制策略,还能显著提升电站的运行效率,增强其整体性能和稳定性,确保电力供应的连续性和可靠性。

3.4 提升光伏电站电源质量的管理水平

提升光伏电站电源质量的管理水平是至关重要的,这不仅关系到电站的运行效率,还直接影响到整个电力系统的稳定性和可靠性。为了确保光伏电站的电源输出始终保持在最佳状态,必须对电站内部的电源质量进行持续的监控和评估。这包括对电压、电流、频率等关键参数的实时监测,以及对电源波动、谐波失真等潜在问题的分析和处理。通过实施一系列有效的电源质量管理措施,例如合理配置滤波器以减少电磁干扰,实施无功功率补偿以提高功率因数,可以显著降低电源波动对继电保护系统的影响,从而保障整个电力系统的安全稳定运行。

相关人员要定期对光伏电站进行维护和检查,以确保光伏电站电源质量。通过定期对电站的电源设备进行检查和维护,可以及时发现潜在的电源质量问题,并采取相应的措施进行修复和优化,进一步延长设备的使用寿命。

4 保护配置建议

4.1 优化电流保护配置

为了确保光伏电站的电流保护配置能够适应其作为弱电源的特殊性,相关人员须对光伏送出线路的电流保护进行深入的分析和细致的调整。这涉及到对光伏电站的输出特性以及电网的运行条件进行详尽的研究,以便重新设定电流保护的整定值。通过这种优化措施,旨在提高电流保护在故障发生时的响应速度和可靠性,确保其能够迅速而准确地动作,有效地隔离故障区域。这样的做法对于保障整个电力系统的稳定运行至关重要,因为它能够减少故障对电网的影响,提高系统的抗干扰能力,从而确保电力供应的连续性和安全性。通过这种针对性的优化,不仅能提升光伏电站的运行效率,还能够增强整个电力系统的稳定性和可靠性,为用户提供更加稳定和安全的电力服务。

4.2 增强差动保护灵敏度

为了进一步提升保护系统的响应速度和准确性,确保电力系统的稳定运行,建议采用先进的自适应差动保护技术。这种技术的核心优势在于其能够根据光伏电站侧和电网系统侧故障电流的实际变化情况,实时地、动态地调整差动保护的灵敏度。通过这种智能化的自适应机制,差动保护系统能够更加精确地识

别故障点,有效区分正常运行状态和故障状态,从而显著减少误动作和拒动作的发生概率。这不仅能够提高保护的可靠性,确保在故障发生时能够迅速准确地切断故障部分,避免故障扩散,同时也能提高保护的效率,减少不必要的停电时间,确保电力供应的连续性和稳定性。

4.3 优化距离保护算法

距离保护作为一种至关重要的继电保护手段,其算法的精确性对于保护动作的正确执行具有决定性的影响。鉴于此,相关人员要对现行的距离保护算法进行细致的优化处理,以期达到更加精确地识别和判断故障发生的确切位置。通过这种算法的改进和优化,能显著减少保护装置可能出现的误动作和拒绝动作的情况,从而在电网运行面临各种复杂多变的状况时,确保距离保护机制能够稳定而准确地发挥其应有的保护作用。这种优化不仅涉及算法的理论层面,还包括实际应用中的调整和测试,以确保算法在实际电网环境中的适应性和可靠性。

4.4 增设辅助保护

为了进一步提高整个保护系统的可靠性和灵活性,建议在光伏送出线路上增设其他类型的辅助保护措施。这些辅助保护可以包括方向保护、过流保护等多种形式,它们能够在主保护失效或者不适用的情况下,提供额外的保护层。通过这样的多重保护策略,可以显著提升整个电力系统的安全性和稳定性,确保在各种异常情况下,电力系统的连续性和可靠性得到保障。

5 结语

总而言之,光伏电站的弱电源特性对送出线路的继电保护产生了显著影响。通过理论分析和仿真验证,本文揭示了光伏电站弱电源特性对电流保护、差动保护和距离保护的影响机制,并提出了相应的解决方案及保护配置建议。这些解决方案及建议对于提高光伏电站送出线路的保护水平、保障电网的安全稳定运行具有重要意义。

[参考文献]

- [1]刘健.分布式光伏电源对配电网短路电流影响的仿真分析[J].电网技术,2023,37(8):103-105.
- [2]杨杉.含分布式电源配电网的短路电流计算方法研究[J].电网技术,2023,39(7):127-128.
- [3]张保会.具有低电压穿越能力的风电接入电力系统继电保护的配合[J].电力自动化设备,2023,32(3):51-56.
- [4]陈炜.光伏并网发电系统对电网的影响研究综述[J].电力自动化设备,2023,33(2):106-107.

作者简介:

张光奎(1977--),男,汉族,甘肃省永昌县人,本科,研究方向:光伏电站安全评估分析。