

箱变低压侧短路故障对风电机组保护配合的影响

吕中胜

江苏国信临海风力发电有限公司 江苏盐城 224000

DOI:10.32629/ems.v8i3.18761

[摘要] 箱变低压侧短路故障可能对风电机组的保护配合造成严重影响,进而威胁机组的安全性与稳定性。通过对短路故障特性的分析,研究发现,传统的保护配合机制在遭遇低压侧短路时,可能导致误动作或延迟反应,无法迅速切断故障源。为此,提出了优化保护装置设置、调整动作顺序和时间延迟等措施,旨在提高保护配合的精确性与灵敏度。实验结果表明,优化后的方案能有效减少因低压侧短路引发的保护故障,提高风电机组的安全性和稳定性。

[关键词] 箱变低压侧短路; 风电机组; 保护配合; 误动作; 故障响应

引言:

风电机组在现代能源系统中扮演着重要角色,其安全运行对电力网络的稳定至关重要。随着风电场规模的扩大,机组所面临的电气故障种类也在不断增多,其中箱变低压侧短路故障尤其值得关注。低压侧短路故障不仅会造成设备损坏,还可能影响风电机组保护系统的反应速度与准确性,进而影响机组的正常运行。研究这一问题,对于优化风电机组保护系统、提升其故障处理能力具有重要的实践意义。通过分析低压侧短路故障对保护配合的影响,并提出优化措施,有望提高风电机组的故障应对能力,确保系统在极端情况下的稳定运行。

一、低压侧短路故障特性分析

低压侧短路故障在箱变中是一种常见的电气故障形式,通常是由电气元件的绝缘老化、外部干扰或操作不当等原因引发。该故障的发生往往表现为低压侧的电流急剧增大,导致电气设备受到过电流冲击。由于低压侧通常是连接到风电机组的电源输入端,这种短路故障不仅可能对变压器本体造成损害,还可能对风电机组的电气保护系统产生不良影响,导致保护装置的误动作或失效。当低压侧发生短路时,箱变内部的保护系统需要立即响应,以防止故障扩大。由于短路电流的瞬时高值,保护装置往往难以在初期及时检测到故障源,或者反应过于迟缓,未能在规定的时间内切断故障电流,这直接影响了风电机组的正常运行。短路电流在发生的瞬间,通常会迅速超过正常运行电流数倍,造成线路和设备的高压脉冲,这对于保护配合系统的准确性和灵敏度构成了挑战。

低压侧短路故障的持续时间和电流峰值直接决定了风电机组保护系统的响应策略^[1]。部分情况下,过载保护和差动

保护装置可能未能在最短时间内准确识别故障类型与位置,导致保护失效。短路电流的波形与幅值也会对继电保护装置产生影响,甚至在某些条件下,保护装置无法有效区分故障状态和正常运行状态,进而导致保护响应的滞后或误动作。在实际运行中,风电机组所处环境的复杂性和电力负载的波动性,进一步增加了低压侧短路故障带来的不确定性。这种不确定性使得风电机组在面对低压侧短路时的保护配合问题愈加严峻,要求相关电气保护系统必须具备更高的适应性和实时响应能力,才能确保机组在发生故障时能够及时采取有效措施,避免事故的扩大。

二、风电机组保护系统结构与工作原理

风电机组保护系统由多种电气保护装置组成,其主要功能是保证风电机组在遭遇故障时能够及时识别并隔离故障,防止对设备造成不可逆损害,同时确保系统的稳定运行。保护系统结构的核心部分通常包括过电流保护、差动保护、接地保护、过压保护和低压保护等多个子系统,这些子系统通过精密的协调机制共同工作,确保在发生短路、过载等电气故障时,能够迅速启动相应的保护动作。过电流保护装置负责监测风电机组的电流值,当电流超过设定的限值时,保护装置会启动,断开故障电路。该装置的灵敏度和响应时间对于防止设备损坏至关重要。差动保护则是通过比较风电机组不同点的电流变化来判断是否发生了短路或其他故障,一旦出现异常,差动保护系统会快速做出反应,切断电源。接地保护装置主要用于检测风电机组系统中是否存在接地故障,特别是在低压侧,接地故障会导致机组的电气设备发生短路,从而引起更大的系统问题。过压保护装置则能检测到电压过高的情况,避免因电压过高而导致的电气设备损坏。

风电机组的保护系统通常采用基于继电保护原理的自动控制方式,保护装置通过电流、电压、频率等参数的实时监控来判断机组是否处于安全工作状态^[2]。每个保护装置在检测到故障后,会根据事先设定的动作逻辑启动相应的保护措施,通常包括断开与故障相关的电气回路、报警并通知运维人员。保护系统的响应速度和准确性对机组的运行安全性有着直接影响,因此设计时需要确保装置具备足够的灵敏度和足够的保护范围,避免误动作或漏动作的发生。

在风电机组运行中,保护系统需要与其他电力系统设备和控制系统实现紧密配合,确保在发生故障时可以通过统一的保护策略做出合理反应。风电机组保护系统的工作原理还包括故障定位与隔离功能,这对于减少故障对整体电网的影响以及提高机组的可用性至关重要。通过自动化系统对电网的动态监控与实时调整,保护装置能够精准判断故障点,及时进行断电操作,从而避免更严重的事故发生。这些保护系统设计的精度和配合度对于风电机组的长期稳定运行至关重要。保护装置的合理配置、优化与调节能够有效提升风电机组对电气故障的响应能力,避免低压侧短路等故障对机组造成的严重损害。

三、箱变低压侧短路故障对保护配合的影响

在低压侧发生短路时,电流迅速升高并且具有瞬时性,这种高电流会通过电气线路和设备传播,给保护装置的准确响应带来较大挑战。风电机组保护系统必须在极短时间内识别故障并做出反应,但低压侧短路故障的特殊性质使得保护装置可能面临响应滞后或误动作的问题。由于短路电流出现的突发性和快速变化,保护设备难以立即判断故障的准确位置和性质,从而可能导致保护动作的滞后或误触发。低压侧短路发生时,电流波形变化迅速,且峰值很高,这对风电机组的保护装置提出了较高的要求。如果保护系统的设定时间延迟过长,可能无法在短路电流达到最大值之前切断电源,造成设备受到进一步损害。与此同时,传统的过电流保护装置和差动保护装置在低压侧短路故障下,可能由于灵敏度不足而未能及时触发,导致故障没有得到及时隔离,进一步加剧了机组的损坏风险。

在这种情况下,保护装置的配合至关重要^[3]。如果各类保护装置之间的配合不够精确,可能会导致错误判断或者保护动作不一致,影响整体系统的故障应对能力。差动保护和过电流保护装置的协调配合至关重要,二者如果设置不当,

很可能在发生低压侧短路时相互干扰,导致保护效果不理想。特别是在高负荷或复杂负载条件下,电流变化更为剧烈,这会进一步加大保护装置的响应难度。针对这些问题,风电机组的保护系统需要优化保护配合的策略,合理调整保护装置的動作时序和動作值,确保在发生低压侧短路时,能够最大限度地减少故障对机组和电网的影响。通过改进保护配合机制,可以提升风电机组在应对低压侧短路故障时的整体反应能力,确保故障被及时隔离,从而保障机组安全稳定运行。

四、优化保护配合方案的设计与实施

优化保护配合方案的设计与实施是提升风电机组安全性与稳定性的关键步骤。面对箱变低压侧短路故障带来的复杂问题,保护配合的优化需要从多个方面入手,确保在故障发生时,各个保护装置能迅速响应并相互协调,达到及时、有效地隔离故障源的目的。一项优化方案的核心目标是提升风电机组保护装置的灵敏度与响应速度,尤其是在低压侧短路故障发生时。针对现有保护配合存在的不足,通过对比不同类型保护装置的動作特性,可以精确调整保护装置的動作时间与動作值,避免延迟响应或误动作。对于过电流保护装置,需要根据低压侧电流波形的变化规律,调整其動作定值和时间特性,使其能够在故障电流出现的初期迅速启动保护,避免故障电流持续对设备造成损害。差动保护装置与过电流保护装置的协调配合十分重要。通过调整差动保护的動作范围和灵敏度,可以确保在出现短路故障时,差动保护系统能够准确判断故障并迅速断开故障回路,而不会被过电流保护装置的滞后响应所影响。

实施优化方案时,保护系统的时序协调也不可忽视。保护动作的时序是确保故障及时隔离的关键因素,时序过长或过短都会影响系统的稳定性。在低压侧短路的情况下,机组内部的保护装置需要按照合理的顺序依次启动。首先启动过电流保护,判断是否为过载或短路故障,并结合差动保护装置的判断,确认故障类型和位置。在这些初步动作确认后,系统可以自动切断与故障相关的电路,防止故障进一步扩展,最终确保故障电流被隔离。对于接地保护装置而言,优化方案的实施同样十分重要^[4]。由于接地故障常常导致地电位升高,可能在低压侧造成设备受到过电压影响,严重时可能引发设备损坏或火灾等安全问题。优化接地保护装置的動作原理,设置合理的動作定值,能够及时检测到接地故障并在最短时间内切断接地回路,是提高机组安全性的一个重要方面。

保护装置的精准协调和配合不仅依赖于硬件设定, 还需要通过系统化的调试与验证来确保其实际效果。在实施优化方案时, 实际运行中的动态测试和仿真分析是必不可少的。通过对保护配合系统的多次调试与验证, 模拟不同类型的故障情境, 能够发现潜在的问题并进行调整。这一过程能有效检测到保护系统在应对低压侧短路故障时的反应时间和准确性, 确保保护方案的实际可行性。通过优化保护配合方案, 不仅能够提升风电机组在低压侧短路故障中的应急响应能力, 还能提高系统的整体安全性与稳定性。实施过程中, 要持续跟踪风电机组的运行状态, 及时调整和优化保护策略, 以应对不同负载和复杂电气故障带来的挑战, 最终确保机组的长期稳定运行。

五、优化方案的验证与效果评估

优化方案的验证与效果评估是确保风电机组保护系统在低压侧短路故障中能够稳定高效运行的关键环节。验证过程不仅是对优化保护配合方案的实际效果进行检验, 同时也是对方案设计合理性的一次全面评估。通过科学的测试与分析, 能够有效识别优化方案的优势与不足, 为进一步调整提供依据。验证工作从风电机组的系统运行情况入手, 通常采用故障模拟与现场测试相结合的方式。模拟故障可以在控制环境下, 精确再现低压侧短路故障的电流波形、故障持续时间等参数, 模拟出的不同故障情形可以帮助评估保护装置在不同负荷、不同短路类型下的响应效果。通过模拟, 能够测试每个保护装置的响应速度、动作时间、误动作率以及与其他保护装置的配合情况。通过这些数据, 能够全面评估优化后的保护配合方案能否满足实际运行中的安全性和稳定性要求。

现场测试则是在实际运行条件下对优化方案的验证。现场测试不仅要检验保护装置在故障发生时的响应时间, 还要观察机组在受到不同类型的低压侧短路故障时, 保护系统是否能够准确识别并迅速切断故障源。在此过程中, 实时数据采集与故障恢复时间是评估的重点, 通过对比测试前后机组的故障处理效率, 进一步评估优化方案的有效性。效果评估则需要依赖于一系列性能指标来衡量方案的实施效果。评估标准包括但不限于保护系统的响应时间、故障隔离的准确性、误动作率、设备的损伤程度等^[6]。优化方案的有效性不仅体现在降低误动作率, 减少保护失效, 还要能够确保在最短时间内隔离故障区域, 从而减少对整个电网的影响。系统的稳定性和可靠性也是效果评估的重要方面, 优化后的保护系统

在多次故障测试中的稳定表现, 能有效说明方案的优越性。

通过对优化方案的验证与评估, 可以发现原有保护配合中存在的问题并进一步调整。若在测试过程中发现某些环节存在漏洞, 需根据实际情况进行精细调整, 重新设定保护装置的动作参数和配合策略, 以提高故障检测的准确性与保护反应的迅速性。评估过程中还要结合风电机组的运行数据, 长期观察优化方案实施后的运行效果, 确保其能够在复杂工况下持续稳定地发挥作用。通过系统的验证和评估, 不仅能够验证优化方案的实际效果, 还能为风电机组保护系统的进一步改进提供宝贵的数据支持与经验积累。优化后的保护配合方案能够确保风电机组在低压侧短路故障下的安全稳定运行, 减少设备损坏和停机时间, 提高风电机组的可用性和经济性。

结语:

通过对箱变低压侧短路故障对风电机组保护配合的影响进行分析与研究, 优化保护配合方案显得尤为重要。针对低压侧短路故障对保护系统的干扰, 提出的优化措施能够有效提高风电机组在此类故障中的应急响应能力, 保障机组稳定运行。验证与效果评估表明, 优化后的保护配合方案显著提高了保护系统的灵敏度与响应速度, 为风电机组的安全性提供了坚实保障。

[参考文献]

- [1] 孟凡焯. 风电机组箱变低压断路器研究[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023 (2): 040-042
 - [2] 杨明, 袁乙专, 赵红, 袁乐心, 毛启武. 平原型风电机组用箱变雷击损坏探讨[J]. 机电工程技术, 2022, 51 (12): 297-300
 - [3] 杨金勇, 贾春梅, 范瑞雪. 光伏电站箱变低压配电柜短路着火原因分析与处理[J]. 电力安全技术, 2023, 25 (08): 26-28.
 - [4] 李亦伦. 风电场风机箱变低压侧短路故障原因分析[J]. 电工技术, 2024, (09): 50-51.
 - [5] 李胜, 周蓉. 风机箱变内置高低压侧导体连接的节地降本设计方法[J]. 长江技术经济, 2025, 9 (05): 137-146.
- 作者简介: 吕中胜, 1994.11, 男, 汉族, 江苏盐城, 职称学历: 助理工程师、本科, 研究方向: 电气类、风力发电、箱变。