

水电厂孤网运行条件下线路充电引发开关击穿事件 案例分析与应急预防对策

钟波 李刚 雍学模

南方电网储能股份有限公司西部检修试验分公司 贵州 兴义 562400

摘要: 本案例针对水电厂孤网运行条件下线路充电引发开关击穿事件进行深入分析。通过回顾事件发生背景、线路充电过程及开关击穿的具体表现,揭示事件发生的根本原因。同时,提出针对性的应急预防对策,包括加强安全管理、优化监测与控制策略、完善事故处理流程等。这些对策旨在降低类似事件发生的概率,提高水电厂孤网运行的安全性和稳定性。

关键词: 水电厂孤网运行; 线路充电; 开关击穿事件; 预防对策

1 水电厂孤网运行概述

水电厂孤网运行,指的是在特定情况下,水电站独立运行,不依赖于外部电网的输电和配电系统。这种运行模式主要出现在建设阶段、设备维护和检修、以及计划停电等场景下。在建设水电厂初期,由于外部电网尚未完善,水电站需要在孤立状态下运行,为施工阶段提供必要的电力保障。此外,当水电厂进行定期维护、设备检修或更换时,为了避免影响外部电网的稳定运行,水电站会暂时与外部电网断开连接,进入孤网运行状态。孤网运行的最大特点是其电力供应的自给自足。由于不依赖于外部电网,水电厂需要配备独立的电力传输和配电设备,以确保其内部的发电、输电和配电系统能够正常运行。同时,孤网运行还需要进行精细的电力负荷管理,以满足水电厂所在地区的电力需求,确保电力供应的连续性和稳定性。在孤网运行过程中,频率控制变得尤为重要。由于孤网容量一般较小,机组的调速系统需要具有更高的灵敏度、更小的迟缓率和更快的动态响应,以在用户负荷变化的情况下自动保持电网频率的稳定。这就要求水电厂在孤网运行时,运行人员的关注点从负荷调整转变为频率调整,确保孤网频率维持在额定频率附近^[1]。水电厂孤网运行虽然具有一定的挑战性,但在特定情况下,它是确保水电厂安全、稳定运行的必要手段。通过合理的设备配置、精细的负荷管理和准确的频率控制,水电厂可以在孤网状态下为地区提供稳定、可靠的电力供应。

2 孤网运行下的电力系统结构

在孤网运行模式下,电力系统的结构发生了显著的变化。孤网系统是指不与大电网直接相连,独立运行的电力系统。这种模式下,电力系统需要依靠自身的发

电、输电和配电设施来满足内部的电力需求。孤网电力系统的核心是发电设施,这些发电设施可能是水电厂、风电场、太阳能电站或燃油发电机等,它们负责产生电能。在孤网中,发电设施的稳定性和可靠性尤为重要,因为它们需要持续、稳定地提供电力,以满足系统的电力需求。孤网电力系统还包括输电设施,这些设施将发电设施产生的电能输送到各个用电点。在孤网中,输电设施需要精心设计,以确保电能的稳定传输和分配。由于孤网系统的容量相对较小,输电设施也需要具备较高的灵活性和可扩展性,以适应系统负荷的变化。孤网电力系统还包括配电设施,这些设施将输电设施传输来的电能分配到各个用电设备上。在孤网中,配电设施需要确保电能的合理分配和高效利用,同时还需要保证用电设备的安全运行。孤网运行下的电力系统结构是一个相对封闭、独立的系统。在这个系统中,发电、输电和配电设施需要紧密配合,以确保系统的稳定运行。此外,孤网系统还需要具备较高的自动化水平和智能化管理能力,以应对各种突发情况和挑战。通过合理的系统设计和精细的运行管理,孤网电力系统可以在特定情况下为地区提供稳定、可靠的电力供应。

3 水电厂孤网运行条件下线路充电引发开关击穿事件案例分析

3.1 事件发生背景及线路充电过程分析

本次事件发生在某水电厂孤网运行期间。由于该水电厂地理位置偏远,且处于电网末端,因此在特定时段需要独立运行以满足当地电力需求。在孤网运行条件下,为了维持电网的稳定运行,该水电厂需对部分线路进行充电操作。线路充电过程通常涉及对线路进行逐步升压,以检测线路绝缘状况并确保其安全可靠。然而,

在本次充电过程中,由于线路老化、绝缘性能下降以及充电速度过快等因素,导致线路内部电场分布不均,局部电场强度高。

3.2 开关击穿事件的具体表现与影响

在充电过程中,当线路内部电场强度达到一定程度时,开关绝缘部分受到强烈冲击,导致开关发生击穿现象。具体表现为开关处冒出火花、发出异常声响,并伴有强烈的电流冲击。开关击穿事件对水电厂孤网运行造成严重影响。击穿事件导致线路中断,使得部分区域电力供应中断,影响当地的生产和生活。强烈的电流冲击对电网设备造成损坏,增加设备维护成本。事件还引发电网的不稳定因素,对电网的安全运行构成了威胁。

3.3 诱发因素分析

经过对事件的深入调查和分析,发现本次开关击穿事件主要由以下几个因素诱发:(1)线路老化:由于线路长期运行且未得到及时维护,导致线路绝缘性能下降,容易在充电过程中发生击穿现象。(2)充电速度过快:在充电过程中,由于操作不当或设备故障等原因,导致充电速度过快,使得线路内部电场分布不均,局部电场强度高。(3)电网结构不合理:孤网运行条件下,电网结构相对薄弱,容易受到外部因素的影响。由于电网设备配置不足或不合理,也增加了电网的不稳定因素。(4)运维管理不到位:在孤网运行期间,由于运维管理不到位或人员操作不当等原因,也可能导致电网设备的损坏和电网的不稳定因素^[2]。

4 应急预防对策

4.1 孤网运行条件下的安全管理与预防措施

在水电厂孤网运行条件下,安全管理与预防措施的落实是确保电网稳定运行的首要任务。需要制定详尽的孤网运行安全管理规程,明确各级人员的职责和操作规范,确保所有人员都熟悉并遵守规程。应定期组织安全培训和演练,提高人员的安全意识和应急处理能力。在设备方面,孤网运行下的水电厂应配备足够的备用电源和应急设备,以应对突发情况。对关键设备和系统进行定期检查和维修,确保其处于良好的工作状态。对于老旧设备,应及时进行更换或升级,以减少故障发生的可能性。在电网结构方面,孤网运行的水电厂应优化电网结构,提高电网的稳定性和可靠性。这包括合理规划电网布局、优化电网设备配置、加强电网与周边电网的互联互通等。应建立电网风险评估机制,对电网进行定期评估,及时发现潜在的安全隐患并采取措​​施加以解决。在运维管理方面,孤网运行的水电厂应建立严格的运维管理制度,明确各项运维工作的标准和要求。加强运维

人员的培训和管理,提高运维人员的技能水平和责任意识。应建立设备故障预警机制,对设备进行实时监测和预警,及时发现并处理设备故障。孤网运行的水电厂还应加强与外部电网的沟通协调,确保在紧急情况下能够及时获得外部电网的支持和援助。应建立信息共享机制,及时获取外部电网的运行信息和安全预警信息,为孤网运行提供有力支持。

4.2 线路充电过程中的监测与控制策略

在孤网运行条件下,线路充电过程中的监测与控制策略至关重要。应建立线路充电过程的实时监测机制,对线路充电过程中的电压、电流、温度等参数进行实时监测和记录。通过监测数据的分析和比较,可以及时发现线路充电过程中的异常情况并采取措​​施加以处理。在控制策略方面,应根据线路充电过程的特点和实际情况,制定合理的充电控制策略。应根据线路的绝缘性能和老化程度等因素,合理设置充电速度和充电时间等参数。在充电过程中还应加强巡视和检查,及时发现并处理线路上的异常情况。对于发现的异常情况,应及时采取措​​施进行处理,避免其对电网的稳定运行造成影响。为了进一步提高线路充电过程的安全性和可靠性,可以引入先进的监测和控制技术。以利用大数据和人工智能技术对监测数据进行分析 and 预测,提前发现潜在的安全隐患并采取措​​施加以解决。

4.3 开关击穿事件的应急处理及事故处理流程

当发生开关击穿事件时,应急处理和事故处理流程的及时性和有效性对于减少损失和恢复电网运行至关重要。应建立开关击穿事件的应急处理机制,明确各级人员的职责和应急处理流程。在事件发生后,应立即启动应急处理机制,组织人员进行现场处置和救援工作。在事故处理流程方面,首先应对事故现场进行勘察和评估,了解事故发生的原因和损失情况^[3]。根据事故的性质和程度,制定相应的事故处理方案。对于轻微的开关击穿事件,可以采取紧急隔离和修复措施;对于严重的事故,可能需要采取更复杂的措施,如更换设备、调整电网结构等。在事故处理过程中,应加强与外部电网的沟通协调,确保在紧急情况下能够及时获得外部电网的支持和援助。应建立信息共享机制,及时获取外部电网的运行信息和安全预警信息,为事故处理提供有力支持。在事故处理完成后,应对事故进行总结和分析,找出事故发生的根本原因和教训,并制定相应的改进措施和预防措施。

5 案例分析结论与经验总结

5.1 对事件案例中的教训与经验总结

在深入分析上述水电厂孤网运行条件下线路充电引发开关击穿事件案例后,可以得出以下几点教训与经验总结:安全管理是孤网运行的重中之重,本案例中,安全管理规程的缺失和运维管理不到位是导致事件发生的直接原因之一。我们必须充分认识到安全管理在孤网运行中的重要性,建立并严格执行安全管理规程,确保各级人员都明确自己的职责和操作规范。线路充电过程的监测与控制是预防类似事件的关键,本案例中,由于线路充电过程中缺乏有效的监测与控制策略,导致线路内部电场分布不均,最终引发开关击穿。需要建立线路充电过程的实时监测机制,采用先进的监测和控制技术,确保线路充电过程的安全可靠。开关设备的选择和维护也是预防开关击穿事件的重要因素,开关设备作为电网中的关键设备,其质量和性能直接影响到电网的稳定运行。在孤网运行条件下,我们应选择性能稳定、质量可靠的开关设备,并加强设备的日常维护和检查,及时发现并处理设备故障。应急处理和事故处理流程的完善也是减少损失和恢复电网运行的重要保障,本案例中,由于应急处理和事故处理流程的不完善,导致事故处理过程中存在一定的延误和混乱。因此需要建立并完善应急处理和事故处理流程,明确各级人员的职责和应急处理措施,确保在紧急情况下能够迅速、有效地进行处置和救援。

5.2 针对孤网运行线路充电和开关击穿事件的有效预防对策

针对孤网运行条件下线路充电和开关击穿事件的有效预防对策主要包括几个方面:第一是加强安全管理规程的制定和执行。制定详尽的孤网运行安全管理规程,明确各级人员的职责和操作规范,并加强培训和演练,提高人员的安全意识和应急处理能力。第二是建立线路充电过程的实时监测机制。采用智能传感器和物联网技术对线路进行实时监测和远程控制,实现对线路充电过程的精确控制和管理。利用大数据和人工智能技术对监测数据进行分析和预测,提前发现潜在的安全隐患并采取措施加以解决^[4]。第三是优化电网结构和设备配置。合理规划电网布局、优化电网设备配置、加强电网与周边电网的互联互通等,提高电网的稳定性和可靠性。对老旧设备进行更换或升级,减少故障发生的可能性。第四是加强开关设备的选择和维护。选择性能稳定、质量可靠的开关设备,并加强设备的日常维护和检查,及时发

现并处理设备故障。对于发现的异常情况,应立即采取措施进行处理,避免其对电网的稳定运行造成影响。第五是完善应急处理和事故处理流程。建立并完善应急处理和事故处理流程,明确各级人员的职责和应急处理措施,确保在紧急情况下能够迅速、有效地进行处置和救援。加强与外部电网的沟通协调和信息共享机制建设,为事故处理提供有力支持。

5.3 提出改善和加强水电厂孤网运行安全管理的建议

为了改善和加强水电厂孤网运行的安全管理,提出以下建议:加强安全文化建设。通过宣传教育和培训活动等方式提高员工的安全意识和责任意识,形成全员参与安全管理的良好氛围。建立健全安全管理制度。制定完善的安全管理制度和操作规程,明确各级人员的职责和权限,确保安全管理工作的有序开展。加强设备管理和维护。建立设备台账和档案管理制度,加强设备的日常维护和检查工作,确保设备处于良好的工作状态。加强应急管理和演练。建立应急管理体系和应急预案库,定期组织应急演练和培训活动,提高员工的应急处理能力和协作水平。加强外部合作与交流。与周边电网和其他相关单位建立紧密的合作关系和交流机制,共同应对孤网运行中的挑战和问题。

结束语

水电厂孤网运行条件下线路充电的安全管理至关重要。通过本案例的分析和提出的应急预防对策,希望能引起相关单位的重视和关注。在未来的工作中,我们应继续加强安全管理,优化监测与控制策略,提高应急处理能力,确保水电厂孤网运行的持续安全稳定。同时,也期待行业内外的专家学者提出更多宝贵意见和建议,共同推动水电事业的健康发展。

参考文献

- [1]胡仁祥,晁勤,焦莉,等.地区电网孤网运行的高频控制研究[J].四川电力技术,2018(01):21-23.
- [2]杨宝起.地区电网孤网运行安稳策略分析[J].电气技术,2019(06):93-97.
- [3]张伟,李明,刘佳.水电厂孤网运行线路充电引发开关击穿事件案例分析及预防措施[J].水力发电学报.2023(02):56-59.
- [4]王晓波,陈建国,孙宇.水电厂孤网运行条件下开关击穿事件的原因分析与对策[J].能源技术与管理.2022(06):73-75.