

Research on Emergency Treatment Process of Busbar Fault in Substation Operation and Maintenance

Hongli Wan Qiuxia Yuan Yong Zhang Muye Shaer Dulikun

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Changji Power Supply Company, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

With the expansion of power grid scale and the growth of power demand, emergency treatment of bus faults is the core of ensuring the safe and stable operation of power grid. Under the complex background of power system, busbar is a key node, and it is particularly important to deal with its faults in time. The purpose of this paper is to study the emergency treatment process of bus faults in substation operation and maintenance. By combining theoretical analysis with practical cases, this paper makes an in-depth analysis of bus faults and discusses the troubleshooting methods, and clarifies the principle of bus protection and treatment. In view of the problems existing in the emergency response of busbar faults in the current substation operation and maintenance, such as slow response speed and improper treatment measures, suggestions are put forward from the dimensions of technology update, management improvement, personnel training, etc. to achieve a more efficient and accurate emergency response mechanism and improve the power grid. The ability to respond to faults provides guarantee for the safe operation of the power grid, provides reference for emergency response work in the power industry, and promotes the improvement of power grid operation and maintenance levels.

Keywords

substation operation and maintenance; Busbar failure; Emergency response

变电运维中母线故障应急处置流程研究

万红丽 员秋霞 张勇 木叶沙尔·都力昆

国网新疆电力有限公司昌吉供电公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

随着电网规模扩展和电力需求增长, 母线故障应急处置是确保电网安全稳定运行的核心。在电力系统复杂背景下, 母线作为关键节点, 其故障及时处理尤为重要。本文旨在研究变电运维中母线故障的应急处置流程。采用理论分析与实际案例相结合, 对母线故障情况的深入分析以及故障排查方法的探讨, 明确母线保护原理及处理原则。针对当前变电运维中母线故障应急处置存在的问题, 如响应速度慢、处理措施不当等, 从技术更新、管理改进、人员培训等维度提出建议, 实现更高效精准的应急处置机制, 提升电网应对故障能力, 为电网安全运行提供保障, 为电力行业应急处置工作提供参考, 推动电网运维水平提升。

关键词

变电运维; 母线故障; 应急处置

1 引言

在电力系统中, 母线是电力系统各个电气元件之间的联系通道, 母线的安全、可靠直接影响整个电力系统的安全、可靠, 所以做好变电站运检工作, 重视对母线故障事件发生后应急处置流程的研究, 保证故障处理过程更加高效有序, 有着重大的实践价值。

2 变电运维中母线故障分析

2.1 母线故障情况

某220KV变电站于2014年投入运行, 全站GIS结构, 三相母线共箱布置, 220KV I段、II段、III段母线并列运行, 系统接线见图1。该故障为220KV母差保护A、B两套差动保护同时动作, 短路电流达14.248kA, #1主变220KV侧22A开关、母联22M开关、柳银II路221开关、柳桐II路223开关及接柳华II路227开关跳闸^[1]。

2.2 母线故障排查及分析

在母线故障发生后, 运维人员对故障现场进行查勘时, 明确保护动作信息, 开关跳闸情况和现场设备状况符合规定要求; 经数据分析, 母差保护动作正确; 查看故障母线, 有

【作者简介】万红丽(1993-), 女, 中国甘肃白银人, 本科, 工程师, 从事变电运维研究。

明显烧蚀痕迹；母线绝缘子处有放电现象，故障点可能属于母线绝缘损坏导致的短路故障。故障发生后，对故障母线进行全面查找，仔细查看保护动作情况、开关跳闸及设备状态等情况，初步判定故障点在母差保护范围内。进一步查看发现，该条母线存在烧灼痕迹，部分绝缘子出现放电现象，初步认定为母线绝缘击穿引起的短路故障。为确保正确判断故障原因，对母线进行全部绝缘及耐压测试，并对相关二次回路进行检查，可以排除二次设备故障导致误动可能，通过试验结合现场情况最终确认此次故障原因为母线支持绝缘子内部隐性故障，在长期运行过程中由于长时间承受过高的电压后导致绝缘发生击穿^[2]。

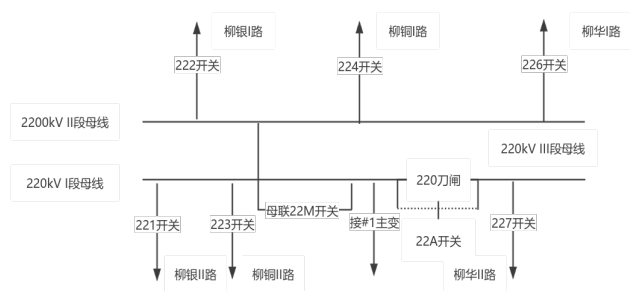


图1 某220kV变电站系统运行图

3 变电运维中母线保护原理及处理原则

3.1 动作原理

基于基尔霍夫电流定律为基础原理，当系统正常运行或系统故障不在保护装置内，理想情况下流入母线的电流和流出母线的电流相等，差动电流为零；当故障发生于保护范围之内时，其故障电流即为差动电流^[3]。考虑到电流互感器存在饱和问题以及电流互感器传动误差的影响因素，为了能够躲过正常运行或者外部故障条件下的最大不平衡电流，进行差动继电器动作电流整定计算时需避让其出现的误差影响。

目前常用的微机型母线差动保护回路包括两种：一种是除母联开关和分段开关之外所有的支路电流构成的大差母线差动回路；另一种是以该段母线上的全部支路（包括分段开关和母联开关）电流组成的小差母线差动回路。利用母线大差比率差动判别母线区外，区内故障，利用母线小差比率差动判别故障母线选择。

3.2 母线故障处理原则

若双母线系统的母差保护出现误动造成电网同时停电，值班人员不需要等待调度命令立即手动将没有掉闸的开关断开，保证电网安全稳定及供电可靠性；待设备查看无异常后根据当值调度命令用线路开关强送一次，并报当值调度员选择决定强送开关，然后根据电网实际情况（如：实际负荷大小、备用线路开关状况）是否需要再次强送电及切换恢复送电方案，尽量减少停电时间并避免其他大的冲击^[4]。

双母线接线方式，当单母线运行，发生母差保护动作导致母线失电时，由值班主任决定是否给电源线路开关强送一次，如果送不上电再倒换到备用母线，故而快速正确判断十分重要，并且，对于备用母线必须做认真的查核，保证及时安全地投入运行。

对于双母线停运（母差保护选相切除）并经检查无异常的设备，在查明原因后应及时向值班调度员汇报，采用外部电源（带检套）对失压母线进行试送一次，且该电源并网不应引起电网振荡或降低电压；采用母联开关进行强送时，该母联开关必须带有完善的充电保护；若强送失败，则应将故障母线从系统中隔离出去，并用冷倒法来切换出事故线路，避免故障点扩大化。

母差保护动作引起GIS母线失压，在原因不明、试验不合格情况下，不允许送电；严禁盲目试送，以确保电网安全稳定运行。

4 变电运维中母线故障应急处置流程

4.1 详尽掌握故障前运行模式

在接到母线故障报警后，应尽快弄清故障前母线的运行情况，是单母线还是双母线运行，各线路和设备的连接、接线情况及各线路、设备担负的负荷情况。对故障前的运行情况进行正确判断是分析判断故障原因、计算故障的影响范围及编制正确的应急处理方案的重要依据，只有掌握故障前的正确运行情况，才能保证故障处理及时、准确，在处理故障时，避免由于不熟悉系统运行方式出现处理错误扩大事故的情况。

例如，如果单母线运行需要检查有无备用电源自动投切、各个线路是否能正常工作；如果是双母线运行，需检查两段母线之间的切换逻辑是否正确、各设备能否切换；检查是否存在负载分配不均衡问题，因为某个回路载荷过大导致设备烧毁的问题^[5]。在明确上述情况之后，才能进一步判断是由于负荷过大引起的过热，还是因为长期使用而造成的设备破损问题。

4.2 深入分析保护配置

接下来分析故障前的运行模式，核对保护配置是否正确；核对母线保护装置的类型、版本及定值，看该保护配置是否适用于现有的电网接线和运行模式；通过分析保护装置的动作记录及报警信息，核对保护动作的正确性、及时性，有没有出现误动或拒动的现象，通过核对保护配置可知故障的原因是否正确，是否能起到警示作用；在故障扩展或系统重构中能否良好适用。

例如，为保证母线保护装置可以有效识别新出现的故障类型，须校验母线保护装置软件版本；校验定值设置能否与当前电网的保护方式一致，比如过电流定值合理，能够防止由于负荷波动产生的误动情况；查看动作记录时，要注意是否存在多次重合与报警现象，如果母线保护有重复动作、报警的现象，说明母线保护有可能存在隐患；最后还要注意，

根据保护装置在极寒、暴雨等情况下的使用状态以及变电站负荷突变等因素的影响,在极端条件下校验保护装置能否对电网变化,并仍能发挥出正常的保护作用。

4.3 详细记录事故简要过程

全面分析保护配置,对故障原因做出判断,并简要记述事故经过:包括故障发生的时间、故障现象(发生爆炸、发生火花或有异味)、故障时母线及其所在母线间隔设备运行情况(如电压、电流值变化),保护动作情况(如何动作、动作先后顺序),现场运行人员采取的措施等;并要求尽量详细、准确,为事故调查分析提供第一手资料,并为进一步吸取经验教训、提高变电运维人员事故应急处理能力做好准备。

例如,(1)故障发生的环境条件:说明当时气温、湿度、湿度等情况;还有没有施工、有无灾害性的天气情况。(2)故障现象的记录要详细、具体,特别是反映其特点的特殊的异常现象(声音、异味),这对判断故障起着十分重要的作用。(3)对母线及有关设备的工作情况,要记上该时刻的电压和电流等参数实测值。(4)保护的動作情况:详细的记录下每次保护动作的时间点、动作顺序,查看其动作是否合理、是否具有时间顺序。(5)记录值班人员紧急处理所做工作以及工作步骤,值班人员第一时间做出故障发生的根本原因初步分析及采取的处理措施。

4.4 立即进行当前母线故障的保护分析

在完成事故简要经过的记录后,应当尽快开展该条母线发生故障的保护动作分析,将保护装置的動作报告、故障录波、监控系统获取的当前时刻的数据作为分析保护动作的重要资料依据,通过对资料中数据进行深度挖掘与梳理,分析判定是否按照事先制定好的逻辑与定值进行正确动作,对動作时间是否有偏差,或動作值是否偏大或偏小等问题作出确定性结论。结合事故简要过程中所反映出来的故障现象、故障部位、设备状态等相关信息,再对保护动作做出全面地评估。如果发现保护装置发生误动或拒动现象,则应进一步分析产生的原因。

例如,分析保护装置的動作报告时,要检查其是否存在异动,如延时长短不一,動作方向相反等情况;同时还要查看各保护之间是否存在相互影响的情况,特别是定值设置不合理的现象。对故障录波数据认真分析、仔细判断,得出准确可靠的故障点,确定故障时刻以及故障点发生的时间、持续的时间以及故障点的电流、电压波形等。将监控系统的实时信息和保护装置的動作报告进行比较,以确定二者所反应的動作情况是否相符;还要将保护動作情况和监控系统的各个事件以及各个不同的動作进行比较,并结合其他的外部条件(如保护装置的运行状况、二次回路完整性、接线的正确性等),作出最为正确的保护動作分析判断。

4.5 制定具体改进措施

在记录事故经过及完成本次母线故障的保护分析后,需针对此次分析过程存在的问题来制定相应的改进措施。

由于主变差动保护范围涵盖了母线,在计算差动保护

的動作电流、制动电流的整定值时需要充分考虑到母线故障情况下的差动保护可靠动作;若区外发生故障,应能防止误动,对于主变和母线之间的CT变比问题也应加以考虑,避免因主变和母线CT变比不同而导致保护误动。例如,重新整定值时,需要更新电网参数、设备特性值,才能保证计算结果准确无误;同时考虑CT变比匹配问题,主变、母线侧CT变比相同或通过换算系数转换成同一值,以使差动保护正确动作。

关于母线配置保护,需要对保护装置进行改造,即需要设置保护逻辑和定值等。如:双母线接线方式下,需保证母差保护在母线解列运行情况下的正常动作;具备断路器失灵保护功能的母线,在满足条件的情况下,可设置断路器失灵保护启动条件,其動作时间以断路器拒动为前提,正确切除故障。例如,在调整保护装置逻辑的时候,当出现母线解列的情况后,为了满足单母线运行的需要,应该自动地将保护装置切换到相对应的保护模式。另外,要通过计算选取失灵保护启动条件,在计算失灵保护的启动条件时要考虑断路器的典型故障方式和動作时间等参数,以防在断路器拒动的时候失灵保护不能够及时地启动。

对母线分过流保护进行改进,重点提高保护的灵敏度和选择性,可通过加大过流保护定值或加方向元件来实现;用微机保护,则可利用其强大的数据处理功能来进行较精确的故障定位和隔离,减小停电范围,提高供电可靠性。例如,提高过流保护的灵敏度,可以通过提高整定值来尽量逼近正常情况下的运行电流水平,但是又不能太灵敏以防发生拒动。

5 结语

本文主要针对变电运维中母线故障开展应急处置的相关内容,包括故障情况分析、保护原理、处理原则等展开探讨,提出针对性地故障排查、隔离及供电恢复的策略,并且通过对优化后的应急处置流程的应用,达到减少故障给电网运行带来的影响,提高电力系统可靠性的目的。随着各种新技术的发展和應用,今后应继续完善预案,强化人员的培训力度,保障电网安全稳定运行,为其保驾护航。

参考文献

- [1] 朱峻永,杨东赞,王昕,童晓阳,崔馨文,王英琪,范臻.面向智能变电站运维的连锁故障态势感知研究[J].电力系统保护与控制,2025,53(16):136-146.
- [2] 张文超,张婧.一起10kV全绝缘管型母线故障综合分析及防范措施[J].电力设备管理,2025,(04):53-55.
- [3] 刘禹兴,谢金莲,卞灿桐.直流牵引供电系统母线故障越区供电自愈方案研究[J].电工技术,2023,(24):74-76.
- [4] 陈锡磊,叶汉铮,徐文琴.35kV单母线分段变电站母线故障的保护分析与改进[J].电工电气,2023,(07):33-36.
- [5] 邝浚哲,檀林青,靳楠,张岩坡,张韶光.220kV母线故障引起旁路转代线路误跳闸事故分析与改进[J].电工技术,2023,(03):119-121+126.