

35kV 变电站接地变压器故障烧损事故分析

胡 越, 陈嘉豪

(国网湖北省电力有限公司天门市供电公司, 湖北 天门 431700)

摘 要 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故是电力系统中常见而严重的问题, 对系统的稳定运行和设备的寿命造成不可忽视的影响。本文通过对一起 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故进行深入分析, 从事故原因、影响及防范措施等方面展开研究, 通过对事故的剖析, 以期为电力系统中相似问题的预防提供有益的参考和经验。

关键词 35kV 变电站; 接地变压器; 故障烧损事故

中图分类号: TM63

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)03-0103-03

在电力系统运行中, 及时发现并解决潜在问题, 对于保障系统的平稳运行具有重要作用。35kV 变电站接地变压器在电力系统中扮演着至关重要的角色, 其正常运行直接关系到系统的稳定性和可靠性。然而, 在实际运行中, 由于各种原因, 接地变压器故障烧损事故时有发生, 给电网安全运行带来一定威胁。为深入了解和分析 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故, 需要研究事故原因, 找到问题的症结所在, 并提出相应的解决方案, 以防未来类似事故的发生。

1 35kV 变电站事故前的运行方式

在事故前的运行方式中, 1 号主变已经完成投运, 主变压器是电力系统中能量传递的核心设备, 其正常运行对电网的稳定性会产生直接影响, 1 号主变投运意味着系统有了更多的传输能力和备用能力; 35kV 变电站采用两段 10kV 母线并列运行的方式, 使得系统在正常运行状态下可以实现备用互换, 提高了系统的可靠性, 母线并列运行也为系统提供了更好的灵活性, 方便对系统进行维护和检修; 在正常运行状态下, 35kV 变电站有 6 条 10kV 出线同时运行, 出线负责将电能传输到下游用户或其他变电站, 确保电力系统的供需平衡, 通过多条出线的运行, 系统不仅能够满足不同负荷需求, 还提高了系统的容错性; 在事故前, 35kV 变电站正常运行时带有 4000kW 的负荷, 表示系统在事故前处于一种正常运行状态, 能够满足相应的用电需求, 负荷的变化会直接影响电网的稳定性, 而在事故前的运行状态下, 系统负荷处于合理范围内^[1]。

事故发生后, 仔细检查接地选线装置柜内情况, 发现除了干式接地变压器外壳存在放电痕迹外, 柜内还有 3 根熔断器熔断, 接地变压器中性点避雷器击穿,

选线装置控制器仅有熔丝熔断告警, 没有其他接地故障记录。

2 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故经过

事故发生时间为 2021 年 4 月 25 日 12 时 13 分 15 秒至 18 秒左右, 系统发生了一次间歇性的 U 相弧光接地故障, 并伴随着极高弧光过电压, 通过对 I 段电压互感器柜控制器接地故障录波的详细分析, 能够更清晰地了解事故的经过。在事故发生的瞬间, 系统中 U 相发生了间歇性的弧光接地故障, 该类型的故障通常由于设备老化、绝缘损坏或操作不当等原因引起, U 相弧光接地导致电流异常升高, 产生了大量的高次谐波; 通过 I 段电压互感器柜控制器接地故障录波分析, 观察到系统在故障期间伴随着大量的高次谐波, 是由于弧光的高温和电弧振荡所引起, 高次谐波的产生加剧了电网中的电压畸变, 对设备和系统稳定性造成了严重影响; 由于故障引起的弧光过电压, 使得电压互感器零序电压输出呈现平顶波的异常波形, 情况表明系统中出现了过高的零序电压, 导致设备的绝缘击穿, 对电网的稳定性产生不可忽视的威胁。

异常的零序电压直接影响了接地变压器中性点保护系统, 引起了其中的可控硅避雷器反复动作, 由于零序电压过高, 避雷器受到不断的冲击, 反复触发并逐渐受损; 避雷器和连接铜排在故障期间受到了巨大的电流冲击, 留下了明显的放电痕迹, 表明避雷器在保护系统的过程中受到了严重的击穿和损坏; 经过实际测量, 发现 3 只串联避雷器中存在明显的异常, 其中 1 只避雷器完全被击穿, 阻抗为零, 另外 2 只避雷器阻抗降低, 阀片损坏, 进一步证实了避雷器在事故中的关键作用, 并显示出在电弧接地故障下的严重受损程度^[2]。

3 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故原因分析

事故中最直接的原因在于接地变压器中性点避雷器的设计动作值偏低,在事故中,避雷器的设计动作值并未能有效地抵御弧光接地情况下的高电压,导致其发生击穿,设计动作值过低使得避雷器在事故发生时无法提供足够的防护,从而直接导致了事故的发生;弧光接地是导致事故的另一个重要因素,在系统中当出现弧光接地情况时,电压会突然升高,对各个设备都带来了巨大的电压冲击,在本次事故中,弧光接地导致中性点电压升高,避雷器在高电压的作用下失效。

在事故前,系统的最高电压为12kV,根据中性点计算值($12\text{kV} \div 3 \approx 6.93\text{kV}$),避雷器直流1mA值不低于12.3kV,但是接地变压器中性点避雷器的设计动作值为12.6kV,说明其设计值偏低,而线路避雷器额定电压为17kV,折算到中性点的电压值为9.82kV,氧化锌阀片直流1mA动作值不低于13.9kV,事故中避雷器的性能与电压计算值不匹配,进一步加剧了其在弧光接地情况下的失效。事故中避雷器不仅用于过电压的保护,还作为并联在高压可控硅两端的保护元件,然而由于避雷器设计动作值偏低,其在可控硅不同期导通时并未起作用;因为避雷器设计动作值偏低,使得在弧光接地情况下避雷器反复动作,导致避雷器不仅要承受弧光接地带来的高电压,还需要反复忍受工频放电能量,增大了避雷器损坏的风险,反复动作与工频放电能量的结合,使得避雷器在事故中扮演了不良的角色。

在事故分析的初期,对避雷器进行解剖是关键步骤,而解剖过程中的发现揭示了制作工艺上的明显瑕疵,瑕疵是导致事故中发生的重要因素,促成了避雷器的失效;事故中解剖发现,该型号避雷器采用了环氧筒套装结构,但是该结构相对简单,很难保证阀片侧面的爬电安全,阀片侧面的爬电安全对于避雷器的正常运行具有重要作用,而制作工艺简单的结构存在缺陷,增加了阀片爬电的风险;在制作过程中,硅橡胶压模封装是常见的工艺,然而解剖库存避雷器时发现,阀片表面存在残留的硅橡胶,残留导致阀片与其他部件之间的不良接触,影响避雷器的正常运行,进而对系统的安全性产生严重威胁^[3]。

在事故中,保护熔断器未能快速开断是造成接地变压器故障烧损的重要原因,故障点的接地阻抗突然下降主要是由于设备故障、绝缘损坏或其他因素引起,导致故障电流的急剧增加,使得熔断器需要迅速响应,

然而如果熔断器设计不当或存在故障,就无法在短时间内完成快速开断;单相短路电流的剧增表明系统出现了严重的电气故障,熔断器应当能够迅速断开电路,防止进一步的损坏,但是熔断器的额定电流或快速开断特性不符合实际需求,导致在高电流条件下无法快速开断;熔断器在流经大电流时会产生热量,热量无法迅速散失或熔断器设计存在缺陷,就导致绕组的过热,最终导致开裂和喷弧,造成熔断器动作的延迟,失去快速开断的效果。此外,单相短路电流的异常增加是事故的关键节点,短时间内无法迅速切断高电流导致设备过载和烧损。

4 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故处理措施

4.1 优化避雷器选型

在重新选型避雷器之前,首先需要全面评估35kV变电站的电气系统参数,包括系统电压、电流特性、接地变压器的额定电流和额定电压等,通过对参数的详细了解,可以为选型提供准确的依据,确保新避雷器符合系统实际需求;重新选型避雷器时,要考虑35kV变电站的电气系统频率与波形,不同系统频率和波形对避雷器的性能有不同的要求,需要确保选择的避雷器在实际运行中能够有效工作,防范因频率和波形变化导致的问题。在遭受接地变压器故障烧损事故后,需要对系统故障模式进行深入分析,了解故障模式有助于确定新避雷器的性能需求,不同的故障模式对避雷器的选择产生不同的影响,因此需要有针对性地进行选型;重新选型避雷器时,需注意技术参数的优化选择,包括击穿电压、动作电流、动作时间等,优化参数可以提高避雷器在系统中的适应性和响应速度,从而更好地保护电气设备免受过电压的影响。根据35kV变电站的实际需求,需要选择合适的避雷器类型,常见的避雷器类型包括氧化锌避雷器、钼钨避雷器等,不同类型的避雷器具有不同的特性,需要根据具体情况进行选择,以确保其在实际运行中发挥最佳作用;在确定了新的避雷器选型方案后,需要进行全面的试验与验证,包括在实验室条件下对避雷器进行性能测试,以及在35kV变电站实际运行环境中进行验证,通过试验与验证可以确保新选型的避雷器能够稳定可靠地工作^[4]。

4.2 优化熔断器选型

熔断器在电气系统中担任着过电流保护的关键角

色,合理选择熔断器可以更有效地隔离故障、保护设备、减小事故影响范围,而在 35kV 变电站接地变压器的故障处理中,优化熔断器选型显得尤为重要。在优化熔断器选型时,需要充分考虑接地变压器的负载特性,不同的负载情况导致过电流的幅度和持续时间不同,因此应选择熔断器具有较宽的过载容量范围,以适应不同负载条件;瞬时过载和热过载是熔断器需要考虑的两个主要因素,瞬时过载是由于短路等突发事件引起的,而热过载则是由长时间的过载引起,熔断器的选型应兼顾两个方面,确保在短时间内迅速动作,同时能够承受一定时间的额定负载;根据 35kV 变电站接地变压器的具体情况,选择适用的熔断器类型也是优化选型的关键,常见的熔断器类型包括高压熔断器、熔断开关等,其工作原理和适用场景有所不同,需根据变电站的实际需求和设备特性进行选择;35kV 变电站通常处于恶劣的环境中,例如高温、高湿等,在熔断器选型时需要考虑环境因素对设备的影响,选择具有良好环境适应性的熔断器,确保其稳定可靠运行;在确定熔断器选型之前,可以通过系统仿真和实际试验来验证所选熔断器的性能,通过模拟不同故障情况,检验熔断器的动作时间、动作特性等,以确保其能够在实际故障发生时快速而可靠地动作。

4.3 构建故障信息收集系统

在接地变压器的关键位置部署各类传感器,包括温度传感器、湿度传感器、压力传感器等,传感器能够实时监测设备运行状态的变化,一旦发生异常,即可产生报警信号,通过信息收集系统传送到监控中心;引入智能监测装置,通过先进的数据采集技术,对接地变压器的关键参数进行实时监测,装置能够通过网络将采集到的数据传输到信息收集系统,形成完整的设备运行数据。对 35kV 变电站的遥测遥控系统进行升级,使其具备更强的实时性和准确性,通过遥测遥控系统,可以实时获取接地变压器的运行数据,同时可以对设备进行遥控,提高设备运行的可控性;采用红外热像技术,对接地变压器的热情况进行监测,通过红外热像技术可以直观地观察设备的热分布情况,及时发现潜在的故障点,为故障的提前预警提供可靠依据。在关键的设备位置安装摄像头,建设视频监控系统,视频监控系统可以实时监测设备的外部情况,如果发生异常,能够通过图像传输迅速反馈到信息收集系统;利用先进的故障诊断技术,对接地变压器的故障信息

进行深度分析,通过故障诊断技术,可以精准地判断故障的类型、位置以及可能的原因,为事故处理提供有力支持^[5]。

4.4 及时更换装置损坏元器件

接地变压器作为电力系统的核心设备之一,其元器件的正常运行直接关系到电网的稳定性和安全性,发生元器件损坏后,如果不能及时更换将导致设备进一步损坏,甚至引发事故,所以需要及时更换装置损坏元器件。为了及时发现装置元器件的潜在故障,需要建立定期的巡检和监测机制,通过使用先进的监测设备,包括红外热像仪、振动传感器等,对接地变压器的元器件进行全面、细致的监测,以提前发现元器件的异常情况;根据巡检和监测的结果以及维护记录,制定科学合理的元器件更换计划,该计划应包括元器件更换的时机、更换的具体步骤、更换所需的时间等详细信息,从而可以有序地进行元器件更换工作,最大限度地减小对电网的影响;建立完善的备件管理体系,确保所需的元器件备件能够随时准备就绪,备件储备应充足,并进行分类管理,以便在发生故障时能够迅速调配,并确保更换元器件的高效进行。

5 结语

35kV 变电站事故前的运行方式表明系统在正常运行状态下,设备分布合理,供电能力充足,事故后的分析显示出一些潜在的问题,如干式接地变压器绝缘老化、熔断器熔断、避雷器击穿等。为确保系统的稳定性和可靠性,建议优化避雷器与熔断器选型,并对设备进行定期检测与维护,加强对监测设备的功能评估,以及强化事故发生后的详细记录与分析。

参考文献:

- [1] 方扬,贾晓辉,郑升讯,等.一起 35kV 单相接地故障引起接地变跳闸的事故分析[J].电工电气,2023(01):39-42.
- [2] 黄江浩,慕宗江,林文亮,等.避雷器击穿引起的 110kV 主变二次跳闸事故分析[J].黑龙江电力,2022,44(04):350-354.
- [3] 杜卫仕,王瑞虎,胡松华.一起 35kV 母线电压不平衡故障的处置[J].农村电气化,2023(09):80-82.
- [4] 于云娟,谢潇磊,胡书通.不接地系统单相断线故障分析与诊断[J].电力设备管理,2022(16):25-28,41.
- [5] 田巍.35kV 电缆突发绝缘击穿事故分析及防范措施[J].电世界,2021,62(01):29-30.