

35kV 变电站接地变压器故障烧损事故分析

李栋梁 柳忠甫 李华清 王自鹏
许继变压器有限公司, 河南 许昌 461000

[摘要] 35kV 变电站接地变压器在电力系统中起着重要作用, 一旦发生故障烧损事故, 不仅会影响电力系统的正常运行, 还会造成严重的安全隐患和经济损失。文中对 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故进行深入探讨, 首先介绍了事故背景和影响, 分析了可能导致事故的原因, 并提出了预防和应对措施, 如定期检查维护、提高设备负荷能力、改善环境条件等, 以保障电力系统的安全稳定运行。

[关键词] 多点接地故障; 35kV 变电站; 故障烧损; 预防措施

DOI: 10.33142/ec.v7i7.12583

中图分类号: TM406

文献标识码: A

Analysis of Grounding Transformer Fault and Burning Accident in 35kV Substation

LI Dongliang, LIU Zhongfu, LI Huaqing, WANG Zipeng
Xuji Transformer Co., Ltd., Xuchang, He'nan, 461000, China

Abstract: The grounding transformer of a 35kV substation plays an important role in the power system. Once a fault burning accident occurs, it not only affects the normal operation of the power system, but also causes serious safety hazards and economic losses. The article delves into the grounding transformer failure and burning accident in a 35kV substation. Firstly, the background and impact of the accident are introduced, the possible causes of the accident are analyzed, and preventive and response measures are proposed, such as regular inspection and maintenance, improving equipment load capacity, and improving environmental conditions, so as to ensure the safe and stable operation of the power system.

Keywords: multiple grounding fault; 35kV substation; fault burning; preventive measures

引言

近年来, 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故引起了广泛关注。接地变压器在电力系统中承担着重要的功能, 其故障可能导致停电、安全事故等严重后果。因此, 深入分析这类事故的原因及影响, 有利于提高电力系统的可靠性和安全性, 本文探讨 35kV 变电站接地变压器故障烧损的可能原因, 以便为制定预防和策略提供科学依据。

1 事故经过

2023 年 3 月 20 日 16 时 30 分 18 秒至 20 秒左右, 系统发生间歇性 U 相弧光接地故障, 并伴随着很高的弧光过电压。从 1 段电压互感器柜控制器接地故障录波可以观察到, 系统出现 U 相弧光接地并伴有大量高次谐波, 过高的零序电压导致电压互感器零序电压输出为平顶波。过高的零序电压导致接地变压器中性点保护可控硅的避雷器反复动作并被击穿, 避雷器和连接铜排都有大电流放电痕迹。经实际测量, 3 只串联避雷器中间有 1 只完全击穿, 阻抗为零, 另外 2 只阻抗大大降低, 阀片损坏。

结合干式接地变压器损坏情况, 3 只绕组均有损伤。其中, U 相绕组靠 V 相内侧环氧浇筑层有开裂, 柜壁外侧完好, 无对柜壁放电痕迹。V 相绕组有开裂, W 相绕组开裂并对柜壁放电, 3 只绕组均无对铁芯及铁芯夹件放电痕迹。接地变压器两侧对柜壁的空气距离满足国标要求, 且

有 3mm 环氧浇筑层。接地变压器本体不是初始故障点, 判断系统 U 相弧光接地故障点应在变电站外部, 接地变压器中性点避雷器击穿, 外部接地造成接地变压器和故障点长时间单相短路, 三相绕组过流、过热导致喷弧, 引起 W 相绕组对柜壁放电, 最终导致三相短路。

根据综保后台动作记录, 相同时间内除 1 号主低, U 相短路电流突然增大到约 330 A, 100 ms 后发展为三相短路, 短路电流约为 1000A, 此时判断为干式接地变压器过热喷弧所致, 短路时间约 20ms 后三相熔断器熔断。三相熔断器熔断后, 故障点和接地变压器之间的短路电流消失。此时接地变压器已经过热喷弧损坏, 柜内产生了大量导电烟雾, 导致熔断器上端口三相短路, 主变低压后备保护动作。

2 事故原因

(1) 高零序电压和高次谐波的产生。系统经历 U 相弧光接地故障, 伴随着高的弧光过电压。由于弧光接地故障产生大量高次谐波, 这些谐波和高的零序电压共同作用于电力系统, 导致电压互感器的零序电压输出为平顶波, 这种高零序电压和高次谐波对电力系统的正常运行构成了极大的干扰。

(2) 接地变压器保护装置的失效。事故中, 接地变压器中性点的保护可控硅避雷器因反复动作并最终被击穿, 保护装置在极端条件下无法有效保护接地变压器免受高

电压冲击,导致3只串联避雷器中1只完全击穿,其他两只阻抗大大降低。保护装置的失效是事故发生的直接原因。

(3) 干式接地变压器的物理损坏。接地变压器三个绕组均受损,尤其是U相和W相绕组的损坏情况更为严重,说明故障电流导致绕组过流、过热,进一步引发喷弧和对柜壁放电,导致设备的物理损坏,这种物理损坏不仅影响了接地变压器的正常工作,而且进一步加剧了事故的严重性。

(4) 外部条件和故障点的影响。事故分析显示,U相弧光接地故障点应在变电站外部。接地变压器中性点避雷器的击穿以及外部接地导致接地变压器和故障点之间长时间的单相短路,从而导致三相绕组过流、过热,说明外部环境和故障点的具体位置对事故的发生和发展有重要影响。

总之,此次事故的发生是多方面因素共同作用的结果,包括系统内部的弧光接地故障、保护装置的失效、设备的物理损坏、外部故障点的影响以及综合保护系统响应不足等。未来防止类似事故的发生,需要从这些方面入手,加强系统的保护设计和设备的耐压能力,优化故障检测和响应机制,以及加强对外部环境和故障点的监控和管理。

3 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故的预防和应对措施

3.1 预防措施

3.1.1 提高绝缘水平

绝缘水平的提高可以保障设备的正常运行,并有效减少因绝缘故障导致的事故发生。首先,应选择高品质的绝缘材料,这些材料需要具有良好的耐电压、耐电流和耐环境因素(如潮湿、高温等)的特性。常见的绝缘材料包括绝缘纸、绝缘漆、绝缘胶、绝缘胶带等,在选择绝缘材料时,应考虑其耐老化性能、介电常数、介质损耗因子等指标,以确保其能够长期稳定地在35kV的电压等级下工作。其次,绝缘涂层的质量和厚度也是影响绝缘水平的重要因素,绝缘涂层通常被应用于接地变压器的绕组、端子和外壳等部位,以提高其绝缘性能,为了确保绝缘涂层的质量,应严格控制涂覆工艺参数,例如涂覆厚度、固化温度、固化时间等,并定期进行涂层的检测和维护。再者,定期进行绝缘测试和维护,通常采用介电强度测试仪进行,以检测绝缘材料的耐电压能力,定期维护包括清洁绝缘表面、检查绝缘连接、紧固螺栓等,以确保绝缘系统的完整性和可靠性。最后,一旦发现绝缘材料老化、破损或存在裂纹等情况,应立即采取措施进行修复或更换,以防止绝缘故障进一步扩大,确保设备的安全可靠运行,减少故障烧损事故的发生。

3.1.2 改善避雷保护系统

避雷保护系统的改善可以有效减少雷击过电压对接地变压器的影响,提高其运行的稳定性和可靠性。避雷器是保护设备免受雷击过电压影响的重要装置,其主要作用是通过引导雷电流到接地,从而减轻雷击过电压对设备的

影响,在35kV变电站的避雷保护系统中,常见的避雷器类型包括气体放电管避雷器、氧化锌避雷器等,应根据变电站的具体情况和环境特点选择合适的避雷器类型,并确保其性能符合相关标准和要求^[1]。避雷线是将雷电流引入地下的重要通道,其质量和连接方式直接影响到避雷系统的性能,安装中应确保避雷线的铺设路径短、直,并且与接地装置良好连接,以减小雷击过电压的传导阻抗,提高避雷效果。接地装置是将雷电流引入地下的关键设备,应采用良好的导电材料,并且进行良好的接地处理,以确保其导电性能和稳定性。另外,还需要定期对避雷保护系统进行检查和测试,包括检查避雷器的接地状态、避雷线的连接状态、接地装置的导电性能等,并及时发现并修复潜在问题,可利用智能监测装置和远程监控系统对避雷保护系统进行实时监测,及时发现异常情况并采取相应措施。

3.1.3 定期检查与维护

通过定期检查和维护,可以及时发现潜在问题,保障设备的正常运行。应定期使用绝缘电阻测试仪对绝缘电阻进行测试,以确保绝缘系统的完整性和可靠性,清洁绝缘表面,去除表面污垢和积尘,以提高绝缘效果;检查各接线端子的连接状态,确保接线牢固可靠,避免接触不良或松动引起的故障,对于发现异常的接线端子,应及时进行修复或更换。还需定期检查机械部件(如绝缘子、连接线、支架等)和附件(如散热器、油箱等)的状态,发现异常情况及时进行维修或更换,以确保设备的安全可靠运行,同时制定维护计划,并按计划进行维护工作,更换老化或损坏的部件、检查油液质量和油位、清洗设备表面等,以延长设备的使用寿命和提高设备的可靠性。

3.1.4 加强继电保护系统

继电保护系统在接地变压器运行过程中起着至关重要的作用,能够及时准确地检测并保护设备免受各种故障的影响。首先,完善差动保护系统是加强继电保护系统的重要步骤。差动保护系统通过比较接地变压器的输入端和输出端电流之差,检测设备内部是否存在故障,并采取相应的保护措施,应确保差动保护系统的设定值合理,并对其定期进行校验和测试,以确保其准确可靠地工作。其次,过电压保护系统能够有效应对雷击、操作失误等原因导致的过电压情况,保护设备免受过电压损害,应根据35kV变电站的特点选择合适的过电压保护装置,并进行定期检查和测试,确保其灵敏可靠地响应过电压事件^[2]。再者,接地保护系统能够检测接地故障并采取保护措施,防止接地变压器发生故障烧损,应确保接地保护系统的设定值准确可靠,并对其进行定期测试和校验,以保证其工作正常,有效预防故障烧损事故的发生。

3.1.5 备品备件齐全

具备充足的备品备件能够在设备出现故障或损坏时快速替换,并尽快恢复设备的正常运行,从而减少停机时

间和降低事故风险。首先,应根据 35kV 变电站接地变压器的型号、规格和使用情况,合理评估所需备件的种类和数量,并建立相应的备件库存清单,备件库存清单应包括备件名称、规格型号、数量、存放位置等信息,以便及时查找和管理。定期对备件库存进行盘点和清查,检查备件的存放状态和数量,及时更新和补充不足的备件,确保备件库存的及时性和准确性。对于 35kV 变电站接地变压器中的关键部件和易损件,如绝缘子、绝缘材料、接线端子等,应优先保障其备件的供应,并建立长期稳定的供应渠道,以应对突发情况和保障设备的持续运行。另外,可以通过建立内部信息共享平台或与供应商建立合作关系,及时了解备件市场的供应情况和价格变动,提前采购备件并储备,以应对可能出现的紧急情况。

3.2 应对措施

3.2.1 紧急停电与隔离

出现接地变压器发生故障烧损,应立即启动紧急停电程序,通过操作控制系统或手动开关将 35kV 变电站的供电系统断开,确保电力系统停止供电状态,以减少事故扩大的风险。在紧急停电的基础上,对接地变压器进行隔离操作,即切断与主电网的连接,将接地变压器与电力系统隔离开来,以防止故障扩大和进一步损坏其他设备^[3]。完成紧急停电与隔离操作后,立即启动相应的应急预案,并组织专业人员进行现场处置,对接地变压器进行检查、评估故障原因、制定修复方案等工作,以尽快恢复设备的正常运行。在紧急停电与隔离操作完成后,应及时向电力运营部门、安全监管部門和其他相关人员通报事故情况,以便协调故障处理和应对措施,最大限度地减少事故对电网运行和生产生活的影响。

3.2.2 安全排查与现场处理

在接地变压器发生故障烧损时,应立即采取措施确保现场人员的安全,迅速撤离人员至安全地点,避免接近故障设备,穿戴好必要的防护装备,如绝缘手套、安全帽等,并严格控制现场的人员进出,防止事故扩大。在确保人员安全的前提下,组织专业人员进行现场安全排查,评估故障情况和风险程度,判断是否存在火灾、电击等安全隐患,及时制定应对措施,确保现场安全稳定。针对接地变压器发生故障烧损的情况,迅速展开故障诊断工作,通过检查设备、分析数据、查阅记录等方式,尽快确定故障原因,是电气故障、设备老化、外部损伤等因素引起的,并

据此制定修复方案^[4]。根据故障原因和现场情况,采取针对性的处理措施,如更换损坏部件、修复电气连接、调整保护参数等,尽快恢复设备的正常运行。同时,应加强现场监控和安全管理,防止二次事故的发生。

3.2.3 信息通报与应急响应

发生接地变压器故障烧损事故,应立即启动通报机制,将事故情况及时通报给电力运营部门、安全监管部門、管理人员以及其他相关部门和人员,通报内容应包括事故发生时间、地点、事故原因初步判断、现场情况等信息,以便及时采取应对措施,立即组织应急响应工作,指定专人负责协调应急处置工作,组织专业人员前往现场进行故障处置,调动必要的资源和力量,以最快的速度恢复设备的正常运行,减少事故造成的损失。为了提高应对突发事件的效率和水平,应建立健全的应急响应预案,并定期组织演练和培训,预案内容应包括应急响应组织架构、应急响应流程、人员职责分工、资源调配方案等内容,确保在事故发生时能够迅速、有序地进行应急处置。在应急响应过程中,应加强与相关部门和单位的信息共享和协作,密切配合,共同应对突发事件,可以建立信息共享平台或成立跨部门协调机制,及时交流信息、协调资源,形成合力应对突发情况。

4 结束语

在 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故中,往往是由于设备老化、操作失误、外部损伤等多种因素综合作用所致。因此,需要不断加强设备的定期检查与维护,提升人员的安全意识和操作技能,加强设备的监控和管理,做好预防和应对措施,减少类似事故的发生。

[参考文献]

- [1]张强,孙兆成,王东. 变电站 35kV 系统小电阻接地技术研究及应用分析[J]. 科技创新与生产力,2022(11):130-133.
- [2]高明相. 35 kV 变电站接地变压器故障烧损事故分析[J]. 农村电工,2020,28(11):48-49.
- [3]孙振超. 35kV 变电站接地变压器故障烧损事故分析[J]. 电子乐园,2021(06):005.

作者简介:李栋梁(1985.4—),毕业院校:河南工业大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:许继变压器有限公司,职称级别:中级工程师,长期从事消弧线圈、接地变压器开发设计工作。