

Analysis and Response of Common Equipment Trip in 500kV Substation

Zhanfeng Li Kaijun Zhao

State Grid Shandong Electric Power Company Ultra High Voltage Company, Jinan, Shandong, 250021, China

Abstract

In the operation of power system, 500kV substation, as a key node of high-voltage transmission and power distribution, plays an important role. However, in the process of operation, the substation equipment tripping problem occurs frequently, which will not only have a negative impact on the operation of the power system, but also have a serious impact on people's work and life. Therefore, it is particularly important to analyze the causes of common equipment trip in 500kV substation and carry out targeted treatment. Based on this, the paper conducts an in-depth analysis of the important reasons for common equipment tripping in 500kV substations, and proposes corresponding countermeasures for the corresponding reasons, providing reference and communication for relevant personnel in substations.

Keywords

500kV substation; equipment; trip; reason; response

500kV 变电站常见设备跳闸原因分析与应对

李占峰 赵凯君

国网山东省电力公司超高压公司, 中国·山东 济南 250021

摘要

在电力系统运行中, 500kV变电站作为高压输电和电能分配的关键节点, 承担着重要角色。但是运行过程中, 变电站设备跳闸问题频繁出现, 不单单会对电力系统的运行造成负面影响, 还会对人们的工作与生活造成严重影响。所以, 做好500kV变电站常见设备跳闸原因分析, 并进行针对性处理显得尤为重要。基于此, 论文针对500kV变电站常见设备跳闸的重要原因深入分析, 并对相应的原因提出对应的应对措施, 供变电站相关人员参考与交流。

关键词

500kV变电站; 设备; 跳闸; 原因; 应对

1 引言

500kV 变电站是电力系统的重要组成部分, 其安全与稳定运行状况对于整体电网而言至关重要。在具体运行过程中受环境、负荷、天气、人为、设备缺陷等因素影响, 设备跳闸现象也比较常见, 这需要我们予以充分重视分析并及时提出应对策略。

2 500kV 变电站常见设备跳闸原因分析

2.1 变压器故障引起跳闸

变压器是 500kV 变电站中的核心装置之一, 承担将高电压转换为低电压的任务, 以满足不同用户的需求。然而, 在运行过程中, 变压器受各类因素影响, 引发跳闸。引发跳闸的原因主要有以下几个方面:

第一, 内部绕组是变压器的核心部分之一, 完成电压的升降。如果内部绕组出现短接、断开或放电、发热等问题, 将严重削弱变压器的运行功能, 进而引发断开^[1]。绕组故障的原因可能是制造过程中的品质瑕疵、超负荷操作、外界撞击、内部发热、放电、绝缘油变质等。

第二, 铁芯是变压器的磁通路部分, 如果铁芯出现多处接地、短接或绝缘物质损坏等问题, 将导致变压器的磁通路不正常, 进而引发断开。铁芯故障的原因可能是铁芯制造过程中的缺陷、内部放电、短路、超负荷电流等。

第三, 内部绝缘性是变压器的稳定运行重要因素, 内部绝缘击穿往往造成设备不可逆损坏。如果绝缘物出现破损、湿润、绝缘油气体含量超标、脏污等问题, 将导致变压器的绝缘性能降低, 进而引发断路。常见绝缘性故障的原因如长时间运行绝缘油老化、呼吸作用气体含量超标、内部杂质引起绝缘击穿、工艺质量造成沿面放电等。

2.2 母线故障引发跳闸

各电压等级母线在 500kV 变电站中承担连接变压器、

【作者简介】李占峰(1990-), 男, 中国山东莱芜人, 硕士, 工程师, 从事500kV变电站运行与维护研究。

出线、无功设备的任务，母线故障跳闸可能导致变电站所属相应电压等级线路及设备跳闸，进一步扩大停电范围。母线故障是常见设备跳闸影响较大者，影响所连接附属设备的安全运行，故障电流较大，对设备损害也较大，电流差动保护是常见的母线保护原理^[2]。以下是一些常见的母线故障引发跳闸的原因：

第一，母线断路器和绝缘子旁边的套管绝缘体受损或闪络故障可能导致跳闸。这类故障一般因长期电气负荷、环境污染、污秽、设备老化、构件锈蚀、接触不良等原因而发生，绝缘体损坏或闪络可能导致母线对地短路，从而引发跳闸。

第二，连接母线上的电压互感器若发生故障，可能造成测量失真，达到保护装置启动条件，导致误动作跳闸。

第三，母线隔离开关的绝缘损坏或闪络、触头接触不良也可能引发跳闸。隔离开关用于隔离母线与其他设备，常见故障如瓷瓶断裂、导电回路过热、动静触头接触不良、关键构件锈蚀可能导致母线对地短路，从而引发跳闸。

第四，断路器间的电流互感器发生故障可能导致电流互感器误判电流值，如回路断开、变比偏差、磁芯饱和等，进而误动保护装置，导致跳闸。

第五，母线上的绝缘子、避雷器等设备若发生故障，可能导致母线受电气冲击，进而引发跳闸。

第六，二次回路发生故障可能导致保护装置误判或失效，导致跳闸。

第七，母线故障也可能由于操作失误引起。操作失误可能源自操作人员的疏忽、误操作或操作不熟练等原因。例如，误合或误分隔离开关、带接地线送电、带电合接地刀闸等误操作事件可能导致母线短路，造成恶性跳闸事故。

2.3 越级跳闸

在电力系统中，越级跳闸是一种常见的故障现象，本应跳闸的断路器未分闸，通过继电保护原理，由上一级断路器跳闸隔离故障设备，如短路故障、负荷功率大等都可引发越级跳闸，扩大停电范围，它可能严重影响整个电力系统的稳定运行。越级跳闸的主要原因可以分为四个方面：

一是保护出口开关拒跳，开关操动机构受损、电气回路故障、防误逻辑失灵、构件变形等可能造成开关无法正常断开。其中开关机械受损可能是由于长期运行导致的磨损或分合时角度出现偏差造成的损坏，而电气回路故障可能是由于接触不良、线路老化、受潮等原因引起的。该类故障均会引发开关不能跳闸的现象，进而导致越级跳闸的情况出现^[3]。

二是继电保护装置拒动。保护拒动也是引发越级跳闸的一个主要因素，可能是因为线路没有良好接触、破损，或是电源不稳定等原因而引发直流回路故障，不过对于交流电压短路故障则主要是因为二次回路故障或是电压互感器、电流互感器故障所导致。

三是保护装置参数设置错误。这类错误很大情况下是人为操作失误，未正确设置保护定值，其次没有合理设置装

置配置、保护装置老化、未升级也是导致保护装置内部故障的主要原因。一旦发生保护装置不能正常运作的情况，便难以在第一时间将故障切除，最终出现越级跳闸。没有科学设置保护装置限值，该问题出现通常是由上下级保护无法协调配合所导致，若上级保护整定时间过小，而下级保护的整定值过大，则可能导致越级跳闸。

四是其他因素。越级跳闸的诱发原因多样化、复杂化，除了这几种因素外，还有诸如短路、雷电、电网扰动、自动化装置匹配不合格等外部因素，开关控制熔断器或保护电源熔断器熔断等其他因素可能会引发越级跳闸的现象，影响到电力系统的运行。

3 500kV 变电站常见设备跳闸的应对策略

3.1 变压器故障引起跳闸的应对

避免变压器故障的发生需要运维人员开展日常巡视及维护，提高巡查质量，也需要检修人员按期开展定检及标准化作业维修试验。

首先，减小变压器缺陷风险发生概率。变电站运维人员日常巡视记录所属开关、刀闸动作次数、机构压力、避雷器泄漏电流、套管油位、风冷系统等，通过对比数值变化及及时发现问题。

其次，运维人员利用带电检测、红外测温、特高频、超声波检测手段主动发现线路故障。当前变电站也建设有无人机巢、智能巡检机器人、智能巡检摄像头等高科技手段分段定期巡航，并在后台对每月、每日数值曲线进行比对，协助运维人员准确把控。检修人员通过定期对油样油色谱数据进行分析，对油质以及气体含量进行评估。

再次，注重变压器超负荷耐受性的提升。可以对变压器的制造以及设计工艺进行优化，将其热平衡性提升，确保其在超负荷的状态下依旧具有良好的散热能力。不仅如此，还需要做好变压器机械结构的优化，让其能够更好地承载短路电流，大大减少由于负荷过大而出现的机械故障风险。

最后，做好变压器绝缘防护。合理运用隔离工艺以及材料来提升变压器的绝缘能力，采用具有良好耐热能力以及耐电强度的绝缘材料提高变压器的绝缘等级。此外，通过优化隔离结构设计和提高隔离件的加工精度，我们可以减少绝缘故障的发生概率^[4]。

3.2 母线故障引发跳闸的应对

母线故障跳闸极易造成扩大停电范围，处理此类故障需要迅速、准确。

其一，当母线发生跳闸时，值班运行人员需要立即通过监控后台信号及现场设备外观进行一系列的初步判断。运维人员合理分配工作任务，详细记录跳闸时间、跳闸开关的状态、屏示信号和保护动作信号光字、设备损坏的情况，这些记录对于后续的故障分析至关重要。确认记录无误后，如果设备出现明显故障，应立即将跳闸的设备相关开关拉开隔

离,为后续的故障排查和恢复供电做好准备。

其二,值班人员需要仔细检查仪表指示数据、保护动作情况,观察保护运行正常,需记录故障类型、故障测距等关键数据。通过对这些数据的分析,可以初步研判故障的起因。随后,对所有设备进行现场查验,特别关注是否有放电、闪络或破裂等其他故障现象。一旦发现故障点,应立即采取隔离措施,以防止故障扩大影响其他设备。在初步排查后,值班人员应将故障信息数据和现场检测情况向调度进行详细汇报。若保护正常动作、设备无受损,可以联系调度强送一次。否则根据调度指令,如果可能从母线上将故障隔离,应迅速操作隔离故障,恢复其他无故障设备的正常供电。这一过程需要值班人员高度的专业知识和技能,对故障类型有绝对的正确判断,以确保操作的安全和准确。然而,有时在现场可能无法直接找到明显的故障部位。这时,值班人员可以考虑进一步检查母线保护回路是否存在异常情况,以及直流系统是否接地等^[5]。通过对这些因素的分析,可以进一步研判是否因保护误动作引起的跳闸。如果是保护回路的故障导致的问题,应及时向调度汇报,并请求有关上级部门进行处理。如果经过上述检查后仍然未能发现故障所在或原因,值班人员需要按照调度的指令安排后续处理。这可能包括进一步的故障排查、设备更换,厂家到站协助分析或采取其他临时措施来确保电力系统的稳定运行。此外,当变电站为双母线结构时,如果母联断路器或分段断路器、母线上的电流互感器及电压互感器发生故障,两条母线有可能同时跳闸。在这种情况下,变电值班运行人员应立即向调度汇报,并迅速查找可能的故障点。在隔离故障后,应根据调度指令保障设备安全,尽快恢复供电正常。倒母线操作、母线隔离操作复杂,要求值班人员具备高度的应急处理能力和专业素养,以确保电力系统的稳定运行和供电的连续性。

3.3 越级跳闸的应对

在电力系统中越级跳闸因素较多涉及设备自身故障、保护装置故障、电网系统干扰等。具体可由如下几方面着手:

一是线路故障越级跳闸处理。当发生线路故障导致越级跳闸时,首先仔细观察光字信号、表计、开关指示灯以及保护动作信号,同时做好详细记录,这些信号和指示是判断故障原因的重要依据。分析研判开关拒动的原因,这包括对拒动开关储能机构、操动机构、油位油压进行仔细检查,液

压机构泄油也较为常见。其次,还需重点检查拒跳开关到线路出口之间设备,查看是否存在缺陷或故障。一旦确定拒动开关,应立即将其两侧的隔离开关拉开,向调度中心报告,依照调度指令对跳闸母线和其他非故障线路进行送电操作。最后,对直流熔断器、直流母线电压、端子等故障线路上的控制回路进行全面排查,找出越级跳闸的本级故障位置和原因。

二是主变与母线故障越跳处理。前两步的处理方式与线路故障越级跳闸相同。第三步如果有保护动作信号,应根据保护动作情况判断故障母线(或故障变压器)所在位置,并仔细检查该母线(或变压器)的一次设备情况。如果没有保护动作信号,则需要检查站内所有母线(或变压器),以确定可能的故障范围及原因。在确认故障范围后,要断开失压母线上的全部开关,拉开故障母线开关(或主变三侧开关)和隔离开关,确保系统的隔离和安全性。向调度中心报告排查检验工作情况,等待调度操作指令。最后恢复无故障设备的运行,并将故障母线(或变压器)所带负荷全部转移到正常设备上供电。

4 结语

设备跳闸可能导致电力系统中断,甚至对整个电网的稳定运行造成威胁。了解设备跳闸的原因对于提高电力系统的可靠性和稳定性至关重要。因此,需要加强对变电站设备的定期检测和维护,及时发现和排除潜在故障隐患,以确保电力系统的安全稳定运行。同时,也需要提高操作人员的技术水平和操作规范性,减少人为操作失误对设备跳闸的影响。

参考文献

- [1] 徐胜光,林英瑞,刘俊雨,等.基于线路故障的变电站跳闸事件分析[J].内蒙古电力技术,2022,40(2):72-78.
- [2] 罗挺宇.500kV变电站运行中跳闸原因分析与应对措施[J].电力设备管理,2023(15):207-209.
- [3] 王飞虎.变电站越级跳闸的原因分析及防范措施[J].工程技术研究,2018(1):2.
- [4] 刘京辉,范志远.500kV变电站事故跳闸信号异常分析与防范措施[J].农村电气化,2019(12):3.
- [5] 王倩,韩本帅,孙中尉,等.特殊情况下智能变电站保护跳闸实现方式研究[J].电工技术,2014(8):2.