

[GIS]

一起110 kV GIS瓷套管断裂事故的分析与处理

文/胡小艳¹ 戴振^{1,2}

1. 无锡恒驰中兴开关有限公司; 2. 江苏南瑞恒驰电气装备有限公司

某变电站110 kV GIS设备发生一起瓷套管断裂事故，导致线路跳闸。通过对保护装置录波进行分析，还原了整个事故过程。结合现场检查设备损坏情况，分析认为硅胶防水层脱落、胶装区域发生渗水结冰膨胀是导致本次事故的具体原因。最后根据分析结果提出提高瓷套安全稳定运行的建议。

气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear, GIS）具有结构紧凑、占地面积小、配置灵活和维护工作量小等诸多优点，在电力系统中扮演了重要的角色^[1, 2]，GIS的安全稳定运行直接关系到用户的用电可靠性^[3]。

本文介绍一起110 kV GIS瓷套管断裂导致线路跳闸的严重事故。结合故障录波和现场调查结果分析了事故发生的过程，针对事故原因提出相应的整改建议和防范措施，以提高电网安全稳定运行水平。

事故概述

1. 事故前运行方式

变电站A地处甘肃省，属大陆性暖温带半湿润气候^[4]。该变电站于2017年8月投运，其110 kV出线M经间隔N接于110 kV I段母线。事故发生前，I段母线相电压66.64 kV，线路M相电流0.10 4 kA。

2. 事故概况

某日15:59:4，变电站A间隔N报“其他气室SF₆压力低”信号；15:59:6该间隔断路器跳闸；15:59:7重合闸启动但重合闸失败，断路器再次跳闸，损失负荷15.849 MV·A。

事故发生时，站区为多云天气，微风，变电站内无操作，无设备异常，未发生外部故障，架空线的抗度存有裕度且无其他动态载荷。

3. 事故设备检查和信息系统分析

变电站人员现场发现，间隔NB相瓷套管断裂坠落，如图1所示，断裂位置位于瓷套根部，如图2所示。瓷套内部如图3所示，其内部导体存在烧灼痕迹，壳体内表面被熏黑。



图1 坠落的瓷套

基金项目：中国西电电气股份有限公司科技项目“126-252 kV GIS优化设计”（XDHC-2023-KJ-002）



图2 瓷套断裂部位

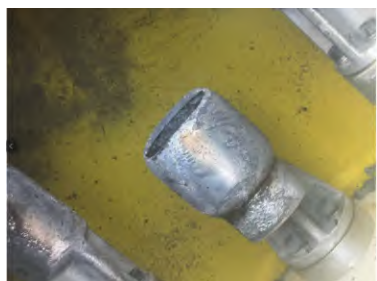
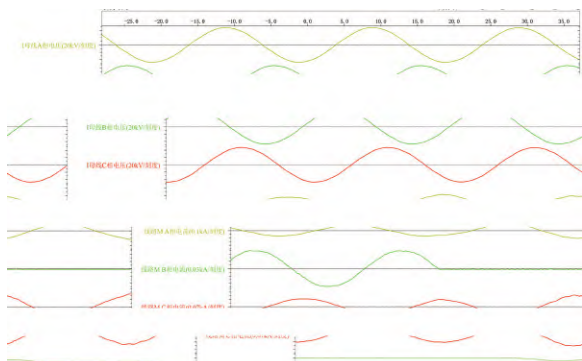
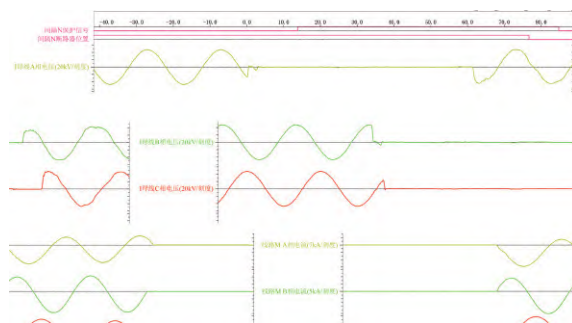


图3 瓷套内部情况

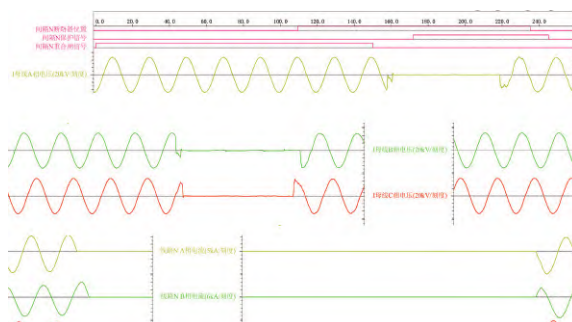
调取录波装置中的录波文件进行分析，当日15:59:3秒，如图4a所示，线路MB相电流突然变为零；结合现场视频监控判断此时为间隔NB相瓷套断裂发生的时刻。因套管断裂导致气室内气体泄漏，与事件顺序记录系统15:59:4报“其他气室SF₆压力低”信号相对应。同时，因SF₆气体泄漏，间隔N绝缘性能下降，当日15:59:6间隔N发生三相短路故障，如图4b所示，短路持续时间65.3 ms，短路电流17.9 kA；随后保护起动，断路器分闸。当日15:59:7，重合闸起动，断路器合闸；但因间隔N气体泄漏并未解决，仍发生三相短路故障，如图4c所示，短路持续时间67.3 ms，短路电流14.7 kA，随后保护再次起动，断路器第二次分闸。



(a) 15:59:3故障录波信息



(b) 15:59:6故障录波信息



(c) 15:59:7故障录波信息

图4 故障录波图

事故原因分析

1. 事故直接原因

根据上述检查和分析情况，初步判断短路事故发生在瓷套断裂之后，可以排除因内部故障电弧引起气压力升高造成瓷套断裂的可能。瓷套断裂在先，而导致气室气体泄漏是导致该起事故的直接原因。

2. 瓷套断裂原因

瓷套根部切面示意如图5所示。瓷瓶与法兰之间采用水泥胶装工艺，而水泥胶装工艺则决定了瓷套质量的优劣^[1, 5]。瓷套断裂可能由水泥的强度不够、水泥胶装偏心或水泥与法兰及瓷瓶之间的沥青涂抹不均匀，或防水层失效使得法兰胶装部位渗入水分，在低温下水结成冰使法兰与瓷瓶的结合部位受到应力导致^[6, 7]。

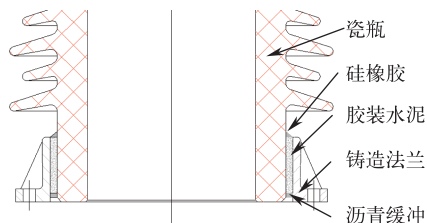


图5 瓷套根部切面示意

对瓷套进行拆解，发现瓷套与壳体法兰连接处涂

抹的硅橡胶防水层失效，如图6所示；并在瓷套端面密封圈的外围发现多处明显的积液渗水痕迹，如图7所示，且水分已渗透瓷套与下法兰的胶装水泥内部。判断是由于瓷套硅胶防水层脱开使水渗入胶装区域，当环境温度较低时，出现渗水结冰膨胀并造成瓷套下颈部损伤是导致瓷套断裂的主要原因。



图6 失效的硅胶防水层



图7 积液渗水痕迹

事故处理

事故检查完毕，检修人员对损坏设备进行整修；另外对于变电站M的其余间隔的瓷套，利用本期停电的时间采取外观检测及超声波爬波探伤，进行套管的整体检测。主要检查硅胶防水层的损伤情况并现场进行修复。

结束语

本文针对110 kV某变电站GIS瓷套管断裂事故，结合解体情况，剖析了故障发生的原因，该次事故给电网带来极大的经济损失。根据事故分析结果，后续应结合检修周期，利用超声波探伤等带电检测手段加强设备运行状态检测，做到早发现、早处理，并及时发现和更换失效的硅胶防水层，降低安全风险避免故障再次发生。以上分析及改进方法可应用于工程实际的安装与检修过程，避免GIS终端套管因开裂而漏气故障的再次发生。EA

(收稿日期：2024-05-05)

参考文献

- [1] 黎斌. SF₆高压电器设计[M]. 北京：机械工业出版社，2015.
- [2] 许文. GIS高压组合电器在智能化变电站中的应用研究[J]. 电子世界，2020(14)：78-79.
- [3] 刘靖羽. GIS设备现场安装工艺和质量控制要点[J]. 电工电气，2023(8)：55-60.
- [4] 王乃昂. 甘肃地理[M]. 北京：北京师范大学出版社，2020.
- [5] 李永毅，曲妍，党建，等. 某550 kV瓷柱式断路器灭弧室瓷套断裂原因分析[J]. 高压电器，2019，55(8)：249-252.
- [6] 袁开明，舒乃秋，杨松伟，等. 3AT型断路器灭弧室瓷套断裂故障机理分析[J]. 电瓷避雷器，2017(2)：174-179.
- [7] 孙庆峰，沈荃，付军，等. 法兰进水结冰引起的瓷套开裂研究[J]. 电瓷避雷器，2023(1)：229-236.

