

电缆航空插头进水导致直流系统接地故障查找及处理

闻涛

江苏华电昆山热电有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i7.8192

[摘要] 本文探讨了电缆航空插头进水导致直流系统接地故障的案例，着重分析故障发生的环境与设备，并详细描述了航空插头的结构与防水性能。通过初步诊断与故障表现，结合防水性能评估和故障原因分析，明确了进水途径与影响因素。笔者提出了紧急处理措施和长期解决策略，包括加强检查与维护、优化安装流程和引入新技术等。

[关键词] 直流系统；接地故障；航空插头；进水

Finding and handling of grounding fault in DC system caused by water ingress in cable aviation plug

Wen Tao

Jiangsu Huadian Kunshan Thermal Power Co., Ltd

[Abstract] This article explores a case of grounding fault in a DC system caused by water ingress into a cable aviation plug, with a focus on analyzing the environment and equipment in which the fault occurred, and detailing the structure and waterproof performance of the aviation plug. Through preliminary diagnosis and fault manifestation, combined with waterproof performance evaluation and fault cause analysis, the water inlet pathway and influencing factors have been clarified. The author proposed emergency measures and long-term solutions, including strengthening inspection and maintenance, optimizing installation processes, and introducing new technologies.

[Keywords] DC system; Grounding fault; Aviation plug; inlet

在现代电力系统中，直流系统的稳定性至关重要，而电缆航空插头作为关键连接部件，需具备出色的防水性能以应对复杂环境。然而，近年来多次发生的防水航空插头进水故障，暴露了现有防护措施的不足。2022年9月，我国某地区一座200kV变电站因持续降雨导致防水航空插头失效，进而引发直流系统接地故障，严重影响电力系统的运行。本文将通过这一故障案例，深入探讨航空插头的结构、防水性能及故障原因，提出有效的处理和预防措施，以提升电力系统的安全性和可靠性。

一、故障案例描述

1. 故障发生的环境与设备

在2022年9月10日，位于我国某地区的一家200kV变电站内，一个重要的电力故障事件突然发生，引起了运维团队的高度关注。该变电站装备了新东北电气（沈阳）生产的ZHW-550型号的设备，这些设备自2015年3月以来一直稳定运行。涉事的防水连接器，是由美国泰科公司负责生产，该元件在电力系统中扮演着至关重要的角色，主要用于确保设备的电气连接在恶劣环境下依然保持良好的绝缘状态。当天，该站点正值雨季，连续的降雨可能对设备的防水性能构成了额外的考验。

2. 初步诊断与故障表现

故障一发生，立即触发了绝缘能力降低的报警信号，站

点的维护人员迅速响应,对报警进行了初步的诊断。他们观察到,直流系统的接地故障警示灯亮起,这是一个明确的指示,表明系统某处的绝缘性能出现了严重问题。为了进一步查明故障原因,维护团队联合厂家技术人员,对故障设备进行了现场勘查。通过检查,他们初步判断,故障最有可能是由于 HGIS 用的防水连接器的密封功能失效引起的。这种密封失效可能是因为长时间的使用和外部环境因素(如温差、湿度和机械磨损)共同作用的结果,导致防水连接器的橡胶密封圈老化,进而失去了原有的防水密封性能。

二、航空插头的结构与防水性能分析

1. 航空插头的基本构造

航空插头是一种精密的电子元件,主要用于确保在复杂环境下电路的稳定连接。这种插头的设计允许它在极端条件下维持高效的信号和电力传输。航空插头通常由几个关键部分组成:插座和插头是其主体结构,插座固定在设备上,通常通过安装法兰来实现。插头本身是电缆形式,它通过一端的电缆与插座精准对接,从而完成电力或信号的传递。

这些连接器的尾端设计有环氧树脂封装,以确保内部元件的保护。同时,在连接界面,设计有专用的长方形橡胶圈,确保连接时的紧密和密封。在安装过程中,通过两个安装螺钉将插座牢固固定在安装板上,密封圈在螺钉的压力下发挥防水作用。航空插头的结构不仅需要保证机械强度,还需满足高度的密封性,以应对各种外部条件。



图1 航空插头

2. 防水性能要求与评估

在航空插头的设计和使用过程中,其防水性能的确保是至关重要的。根据国际防护标准(IP等级),航空插头需要达到至少 IP67 的防护等级。这意味着插头能够在短时间内完全浸入水中而不会对其性能产生负面影响。达到此等级的防

水性能,对于确保在恶劣气候条件下设备的正常运行是必不可少的。

评估航空插头的防水性能通常涉及多种测试,这些测试旨在验证插头在极端条件下的防水密封能力。测试中,特别注意检查插头在经过短暂浸水后是否存在内部潮湿或水分侵入。此外,防水性能的评估还包括对连接器的每一个密封界面进行详细检查,确保所有橡胶圈和密封材料都能在长时间使用后保持其完整性和功能。

在实际应用中,除了标准的浸水测试外,航空插头还需经过严苛的环境模拟试验。这包括高低温冲击试验,其中连接器需在极低和极高温下反复循环使用,以检验其材料和结构在温度剧烈变化情况下的稳定性。例如,连接器可能会被置于 -55°C 和 $+105^{\circ}\text{C}$ 的环境中,每个温度持续30分钟,进行多次循环,以此来模拟自然环境中可能出现的极端温度变化。

通过上述严格的测试和评估过程,可以确保航空插头在所有预期的使用环境中均能维持其高防水性能,从而保护电力系统免受因进水引起的潜在故障。这些措施有助于延长设备的使用寿命,并提高整个电力系统的可靠性和安全性。

三、故障原因详细分析

1. 进水途径与机理

在彻底分析该200kV变电站内的直接地故障后,发现故障原因主要归咎于防水航空插头进水。这种航空插头设计用于防止任何液体进入电气系统内部,但实际上,由于密封圈的失效,水分却成功渗透了进来。水通过航空插头内部的密封圈渗入,该密封圈位于插座和插头之间,本应作为阻止液体入侵的首要防线。

密封圈的老化和物理损伤是其失效的主要原因。随着时间推移,由于温度波动、紫外线暴晒和化学腐蚀等外部环境因素的影响,橡胶材质可能会变脆并出现裂纹。密封圈一旦完整性被破坏,就会形成微小的裂缝,水分便可以通过这些裂缝进入航空插头内部,从而破坏电气系统的绝缘性。

此外,安装过程中的操作失误也可能导致密封不良。例如,若安装螺钉未能正确紧固,密封圈可能未被均匀压紧,这会在接口处留下微小间隙。这样的间隙足以让水分穿透,尤其在连续降雨或湿度较高的条件下更为明显。

2. 影响因素的分析

在此次故障分析中,几个关键因素显著影响了防水航空插头的防水效果,进而导致了故障的发生。首先,环境因素

如气温波动和高湿度对橡胶密封圈的物理状态有着显著的影响。极端的温度变化会导致橡胶材料膨胀或收缩,从而影响其密封性能。持续的湿润环境也会加速橡胶老化过程,使其更容易开裂和硬化。

其次,安装和维护不当也是此次故障的重要原因之一。如果防水航空插头的安装未严格遵循制造商的指导,或者在维护检查中未能及时发现并替换已损坏的密封圈,都可能导致防护功能的失效。

最后,防水航空插头的设计可能存在局限性。虽然这些插头按标准设计应能承受一定程度的环境影响,但如果设计未充分考虑极端或非典型环境条件的特殊需求,其防水能力可能不足以应对实际使用情况。

这些因素的共同作用最终导致了直接地故障的发生,这强调了在设计、安装和维护各阶段对细节关注的重要性。

四、故障处理与预防措施

1. 紧急处理措施

一旦发现防水航空插头因进水导致的直接地故障,立即采取紧急措施至关重要,以防止故障扩散并保护电力系统的安全运行。以下步骤详述了在初步确认接地故障源头后,维护团队如何快速响应以减轻故障带来的影响。

首先,维护人员需对受影响区域加装应急防护措施。这包括安装防雨罩或使用防水塑料布覆盖,目的是阻止更多的水分进入航空插头,从而减少进一步的损害。此外,紧急情况下应立即检查并紧固所有相关的螺栓和观察孔,以确保没有额外的水分通过这些小缝隙进入系统。

如果通过上述措施故障未能排除,或故障继续影响设备的正常运行,建议立即停运受影响的设备。停运期间,维护团队可以更详细地检查并评估故障的具体原因和范围。这一步骤是至关重要的,因为它提供了进行彻底检查和必要维修的机会,而不是仅仅对症下药。

在紧急处理措施的执行过程中,通讯和协调同样重要。维护团队需要确保所有操作都有记录,同时与站点管理层保持密切沟通,确保所有措施都得到适当的支持和批准。这样的流程不仅帮助快速解决问题,还能避免可能的安全事故,确保电力系统的稳定运行。

2. 长期解决策略与改进

为了防止未来防水航空插头导致的直接地故障再次发生,制定和实施长期解决策略与改进措施是必要的。这些措

施不仅涉及对现有设备的升级和维护,还包括对安装、检验流程的优化,以及人员培训的加强。

首先,对现有防水航空插头进行彻底的检查和必要的更换是长期解决策略的基础。应定期检查所有连接器的密封圈和其他关键部件的状况,尤其是在极端天气后。对于检测到的任何老化、损坏或不符合防水标准的部件,都应立即更换,以确保其持续的防水性能和电气安全。

接下来,优化安装和维护流程也至关重要。应制定详细的安装指南,并确保每一位操作人员都能严格遵守,以减少因安装不当导致的问题。同时,增强维护工作的周期性和系统性,确保所有的防水航空插头都处于最佳状态,可以大大降低未来发生故障的风险。

此外,加强对维护团队的培训也是确保长期稳定运行的关键。所有维护人员都应接受关于防水航空插头的专业培训,包括其设计原理、故障诊断和正确维护方法。通过提高维护团队的专业能力,可以更有效地识别和解决潜在的故障点。

最后,建议引入新技术和材料来提升防水航空插头的整体性能。例如,采用更先进的防水材料 and 更严格的制造标准,可以提高连接器的耐久性和可靠性。同时,定期评估和测试新技术的应用效果,确保这些技术可以有效地应对极端环境条件,从而保护电力系统的安全稳定运行。

五、结语

通过对防水航空插头故障案例的详细分析,笔者发现设备长期暴露在恶劣环境中,密封圈老化和安装不当是导致进水的主要原因。为了预防类似故障的再次发生,定期检查和更换密封圈、优化安装和维护流程显得尤为重要。此外,笔者建议引入先进的防水材料和技术,以提升连接器的耐久性和可靠性。加强维护团队的专业培训,也有助于提高故障识别和处理能力,确保电力系统的长期稳定运行。通过这些综合措施,可以有效减少类似故障的发生,提高电力系统的可靠性和安全性。

[参考文献]

[1]王宇,赵彦平. 500 kV 组合电器户外防水连接器防水失效原因分析及处理建议[J]. 现代工业经济和信息化, 2019, 9 (02): 129-130.

[2]周锋. 连接器常见密封形式及其失效模式分析[J]. 汽车电器, 2016, (07): 62-64.