

隔离开关的故障分析与科学维护策略研究

蒋浩, 詹乐贵

贵州电网有限责任公司铜仁供电局, 贵州 铜仁

收稿日期: 2024年5月14日; 录用日期: 2024年6月16日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

本文旨在提高电力系统的稳定性和可靠性, 分析和处理变电一次设备中隔离开关的常见故障。隔离开关的正常运行对保障电力供应至关重要, 而故障可能导致供电中断和安全事故。文章首先概述了隔离开关的结构、工作原理及其在电力系统中的作用, 然后详细列举了机械、电气和环境因素引起的故障类型, 并介绍了红外热像和局部放电检测等故障分析方法。针对各类故障, 提出了相应的处理措施, 包括机械故障的维修调整、电气故障的绝缘性能恢复和环境因素的防控策略。强调了定期检查维护的必要性, 并提出了预防性维护措施和故障应急预案, 以降低故障发生率。通过案例分析, 展示了实际故障处理过程和原因分析, 总结了经验教训。最后, 总结了研究成果, 并提出了未来发展建议, 为电力系统运维人员提供指导, 确保电力系统的安全稳定运行。

关键词

隔离开关, 故障分析, 科学维护

Research on Fault Analysis and Scientific Maintenance Strategies of Isolating Switch

Hao Jiang, Legui Zhan

Tongren Power Supply Bureau of Guizhou Power Grid Co., Ltd., Tongren Guizhou

Received: May 14th, 2024; accepted: Jun. 16th, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

The purpose of this paper is to improve the stability and reliability of power systems and analyze and deal with the common faults of isolating switches in substation primary equipment. The normal operation of the isolating switch is very important to ensure the power supply and the fault may lead to power supply interruption and safety accidents. Firstly, the structure, working principle, and

function of isolating switches in the power system are summarized. Then, the fault types caused by mechanical, electrical, and environmental factors are listed in detail, and the fault analysis methods such as infrared thermal imaging and partial discharge detection are introduced. For all kinds of faults, the corresponding treatment measures are put forward, including the maintenance and adjustment of mechanical faults, the recovery of insulation performance of electrical faults, and the prevention and control strategies of environmental factors. The necessity of regular inspection and maintenance is emphasized, and preventive maintenance measures and contingency plans are proposed to reduce the failure rate. Through case analysis, the actual fault treatment process and cause analysis are shown, and the experience and lessons are summarized. Finally, the research results are summarized, and future development suggestions are put forward to provide guidance for power system operation and maintenance personnel and ensure the safe and stable operation of the power system.

Keywords

Isolating Switch, Fault Analysis, Scientific Maintenance

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在现代电力系统中, 变电一次设备不仅负责电能的有效转换与分配, 而且确保了电力供应的稳定性和可靠性[1]。隔离开关作为变电一次设备的组成部分, 具有极其重要的功能和作用[2]。

随着电力系统的不断发展和技术的进步, 隔离开关的质量和运行维护状况直接影响着整个系统的安全运行[3]。近年来, 由于隔离开关故障引发的事故频发, 部分原因是隔离开关本身的质量问题[4], 更多的是由于缺乏及时和正确的检修维护所导致。隔离开关在电力系统中起到连接和断开电路的重要作用, 是维护电气设备、确保电力系统安全稳定运行的重要组成部分。然而, 隔离开关故障可能会导致电力系统供电中断, 甚至引发安全事故[5]。因此, 对隔离开关的故障进行分析和处理, 对于提高电力系统的稳定性和可靠性具有重要意义。

鉴于此, 本研究旨在深入探讨隔离开关的故障机理, 分析其运行中可能出现的问题, 并提出相应的科学检修管理制度和维护策略, 旨在提高隔离开关运行的可靠性, 减少因隔离开关故障导致的事故风险。这对于提升电力系统的运维管理水平, 保障社会经济的正常运行具有重要的理论和实践意义。

2. 隔离开关的结构与工作原理

隔离开关作为电力系统中重要的组成部分, 其结构和工作原理直接影响着其可靠性和安全性。本节将从隔离开关的基本结构、工作原理概述和分类等方面进行介绍。

2.1. 隔离开关的基本结构

如图 1 所示, 隔离开关的基本结构包括隔离刀片、隔离间隙、操作机构和支架等部分。其中, 隔离刀片是隔离开关的主要工作部件, 用于打开和关闭电路; 隔离间隙则用于在开关断开时确保电路被可靠隔离; 操作机构用于控制隔离刀片的运动, 使其实现闭合和断开电路的功能; 支架则起到支撑和固定的作用, 保证隔离开关的稳定运行。

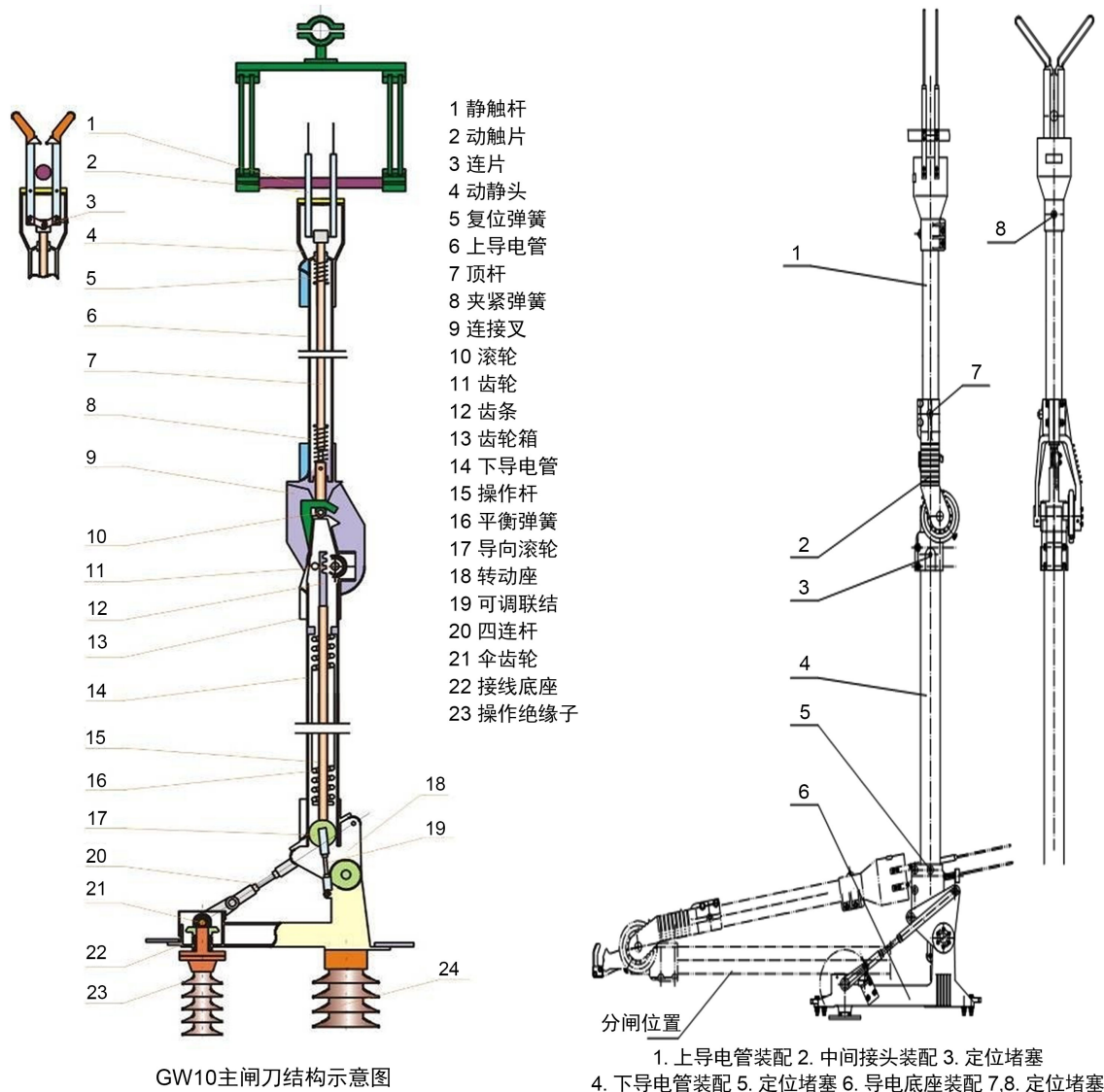


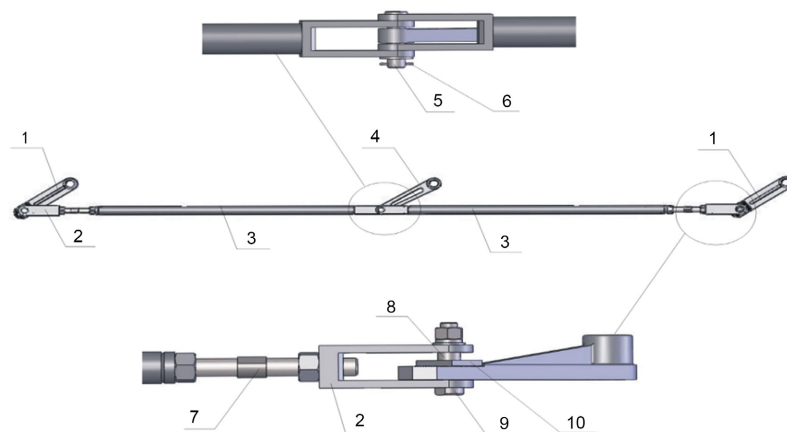
Figure 1. Basic structure of isolating switch
图 1. 隔离开关基本结构

2.2. 工作原理概述

隔离开关的工作原理比较简单,其主要工作方式是通过控制隔离刀片的运动,使其打开或关闭电路。当隔离刀片处于闭合状态时,电路通路完整,电流可以正常流动;当需要断开电路时,操作机构将隔离刀片移动到开启位置,使电路中断,从而实现了对设备的隔离检修。在正常运行时,隔离开关不承受电流负荷,主要用于电气设备的安全检修和维护(图 2)。

2.3. 隔离开关的分类

根据隔离开关的结构和用途不同,可以将其分类为手动隔离开关、机械隔离开关和电动隔离开关等。手动隔离开关通过人工操作实现开关动作;机械隔离开关通过机械传动实现开关动作;电动隔离开关则通过电动机驱动实现开关动作。根据安装方式的不同,还可以将隔离开关分为室内隔离开关和户外隔离开关等类型(图 3、图 4)。



GW10-252三相联动装配

- 1. 边相联动臂 2. 接头 3. 水平连杆焊装 4. 中相联动臂 5. 销
- 6. 开口销 7. 调节螺栓 8. 轴套 9. 螺栓 10. 齿板

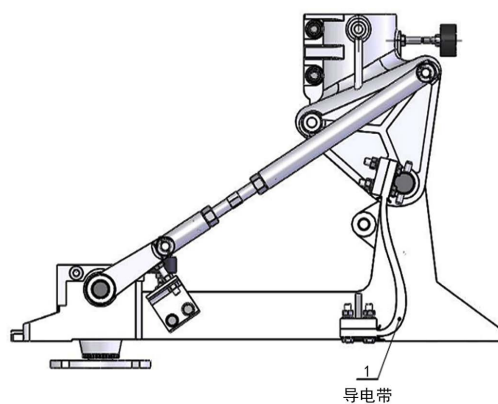


Figure 2. Conductive base and the rotating base are connected to form a conductive belt structure

图 2. 导电底座与转动座连接为导电带结构

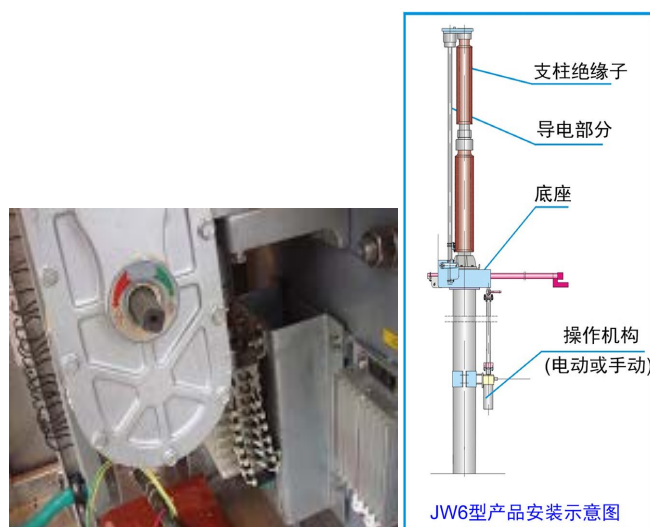


Figure 3. Manual operation structure

图 3. 手动操作结构

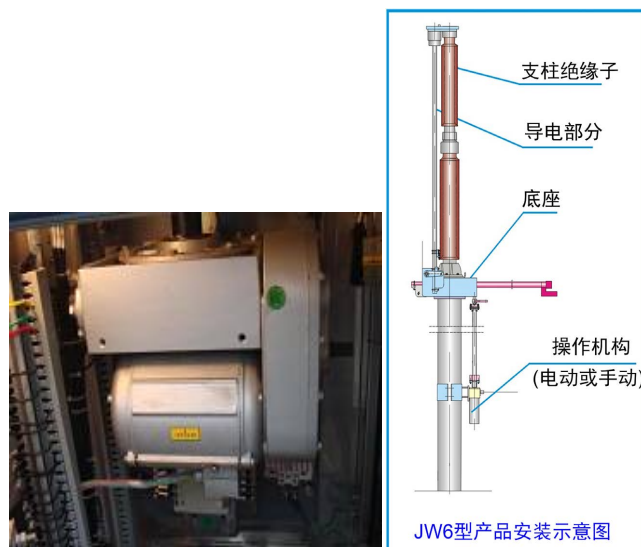


Figure 4. Electric operation structure

图 4. 电动操作结构

3. 隔离开关常见故障类型

隔离开关在电力系统中扮演着至关重要的角色，其稳定性和可靠性直接关系到电力系统的正常运行[6]。因此，了解隔离开关的常见故障类型及其可能的原因对于保障电力系统的安全运行具有重要意义[7]。

3.1. 机械故障

机械故障是隔离开关常见的故障类型之一。传动机构故障可能是由于零部件损坏、润滑不良等原因造成的，这会导致隔离刀片无法正常运动(图 5)，影响开关的闭合和断开功能。接触不良是另一种常见的机械故障，通常是由于接触面积不足、表面氧化或腐蚀等原因导致的，这会增加电路的电阻，影响电流传输。

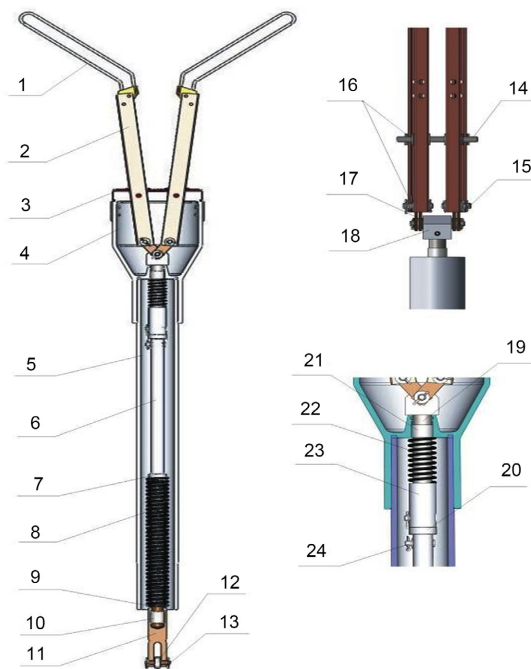
3.2. 电气故障

电气故障也是隔离开关常见的故障类型之一。绝缘性能下降可能是由于绝缘材料老化、污染或受潮等原因造成的，这会导致隔离开关在关闭状态下产生漏电现象，影响电路的正常隔离。闪络现象是另一种常见的电气故障，通常是由于操作不当、电压过高或环境条件恶劣等原因导致的，这会在开关操作时产生电弧，造成电气设备损坏(图 6)。

3.3. 环境因素引起的故障

环境因素引起的故障也是隔离开关常见故障的重要原因之一。污染导致的接触电阻增大可能是由于环境中存在的灰尘、湿气或化学物质等导致的，这会影响隔离开关的正常导电；温度变化对设备的影响可能是由于温度变化引起的设备材料膨胀或收缩，导致设备松动或接触不良。

了解隔离开关的常见故障类型及其可能的原因对于及时发现和处理隔离开关故障，确保电力系统的安全稳定运行具有重要意义。通过采取有效的维护和管理措施，可以减少隔离开关故障的发生，提高电力系统的可靠性和安全性(图 7)。



GW16, 17A上导电杆装配

- 1. 弧角装配 2. 动触片 3. 防雨罩 4. 动触头座
- 5. 上导电管 6. 操作杆 7. 套 8. 夹紧弹簧 9. 接管
- 10. 复合轴套 11. 接头 12. 滚子 13. 销轴 14. 销轴
- 15. 销轴 16. 绝缘垫 17. 连板 18. 接头 19. 端杆
- 20. 绝缘棒 21. 复合轴套 22. 复位弹簧 23. 套 24. 带孔销

Figure 5. Transmission mechanism and moving contacts

图 5. 传动机构及动触头

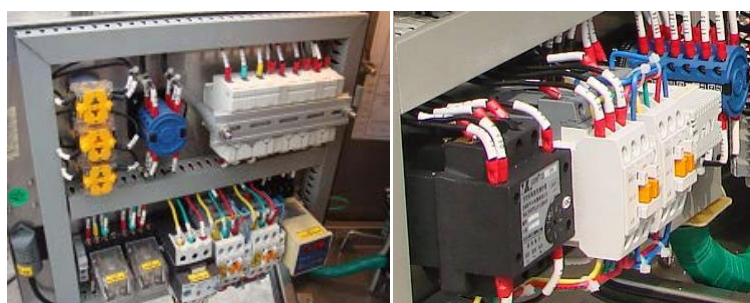


Figure 6. Secondary air switch and relay

图 6. 二次空开和继电器



Figure 7. Support insulator

图 7. 支柱瓷瓶

4. 故障分析方法

隔离开关故障的分析方法是确保电力系统稳定性和可靠性的关键步骤之一。了解这些方法有助于运维人员及时准确地诊断和处理隔离开关故障, 确保电力系统的安全运行。因此, 本节将进一步介绍故障分析方法的细节和应用。

4.1. 故障现象的观察与记录

在观察隔离开关故障现象时, 应注意以下几个方面: 首先, 观察隔离开关的运行状态, 包括是否正常闭合或断开、是否有异常声音或振动等; 其次, 观察周围环境的情况, 包括温度、湿度、污染程度等, 这些因素可能影响隔离开关的正常运行; 最后, 记录故障发生的时间、地点、环境条件等信息, 为后续的故障分析提供依据。

4.2. 故障原因的初步判断

根据观察和记录的故障现象, 可以初步判断故障的可能原因。例如, 如果观察到隔离开关闭合不良, 可能是由于接触不良或传动机构故障引起的; 如果观察到隔离开关在闭合过程中产生火花或弧光, 可能是由于绝缘性能下降或闪络现象引起的。初步判断故障原因有助于确定后续的故障诊断方向。

4.3. 故障诊断技术

为了更准确地确定隔离开关的故障原因, 可以采用一些先进的故障诊断技术。例如, 红外热像技术可以用于检测隔离开关在运行过程中的热量分布情况, 帮助判断是否存在异常热量产生的故障; 局部放电检测技术可以检测隔离开关中可能存在的局部放电现象, 帮助确定故障位置和原因。

4.4. 故障机理分析

故障机理分析是电力系统维护中至关重要的一环。通过对隔离开关故障原因的深入分析, 可以找到解决问题的根本方法。在进行故障机理分析时, 首先需要对隔离开关的结构和工作原理有清晰的认识。随后, 针对不同类型的故障, 如机械故障、电气故障和环境因素引起的故障, 进行具体分析。

对于机械故障, 可能涉及传动机构故障和接触不良等问题。在分析这类故障时, 需要考虑隔离开关的工作环境、使用频率和维护情况。对于电气故障, 可能包括绝缘性能下降和闪络现象等。这类故障可能与隔离开关的绝缘材料、绝缘设计和使用条件有关。另外, 环境因素引起的故障可能涉及污染导致的接触电阻增大和温度变化对设备的影响等情况。在分析这类故障时, 需要考虑隔离开关所处的环境条件、污染程度和防护措施等因素。

通过对隔离开关故障机理的深入分析, 可以找到解决故障的方法和措施。例如, 针对机械故障, 可能需要进行机械部件的更换或维修; 针对电气故障, 可能需要恢复绝缘性能或提高绝缘等级; 针对环境因素引起的故障, 可能需要加强环境监测和防护措施。通过这些措施, 可以有效地解决隔离开关故障问题, 提高电力系统的安全稳定运行水平。

5. 故障处理措施

5.1. 针对机械故障的处理

针对机械故障的处理, 传动机构故障可能会导致隔离开关无法正常切换或闭合, 影响设备的正常运行。对于这种情况, 需要首先对传动机构进行检查, 确认故障原因。如果是由于传动机构部件损坏引起的故障, 需要及时更换损坏部件, 并进行必要的调整, 确保传动机构能够正常运行。此外, 还应注意传

动机构的润滑情况, 定期添加润滑油, 保持传动机构的良好工作状态。

接触不良是隔离开关常见的故障之一, 可能会导致开关无法正常导通或断开, 严重影响设备的正常使用。针对接触不良的情况, 需要检查触头和触头固定螺母是否松动, 如有松动应及时紧固, 确保触头能够良好接触。同时, 还需要检查触头表面是否存在氧化或污染, 如有需要及时清洁或更换触头, 保证触头的良好接触性能。

5.2. 针对电气故障的处理

针对电气故障的处理, 绝缘性能下降可能会导致设备绝缘击穿或漏电现象, 严重影响设备的安全运行。对于这种情况, 需要对绝缘表面进行清洁, 去除污垢和积尘, 保持绝缘表面的干净。另外, 还可以采取提高绝缘等级的措施, 如增加绝缘间隙或使用更高等级的绝缘材料, 提高设备的绝缘性能。

闪络故障是电气设备常见的故障之一, 可能会导致设备的绝缘击穿和局部烧毁, 严重影响设备的正常使用。针对闪络故障, 需要采取紧急处理措施, 如降低设备的工作电压或增加绝缘距离, 以减少闪络的发生。同时, 还需要对设备进行定期检查和维修, 保持设备的正常运行状态, 降低闪络故障的发生率。

5.3. 针对环境因素的处理

针对环境因素引起的故障, 污染导致的接触电阻增大可能会导致设备的电气连接不良, 影响设备的正常使用。对于这种情况, 需要定期对设备表面进行清洁, 去除污染物, 保持设备的良好工作状态。另外, 还需要加强环境监测, 防止污染物对设备的影响, 保证设备的正常使用。

温度变化对设备的影响可能会导致设备的材料膨胀或收缩, 影响设备的正常工作状态。对于这种情况, 可以采取温度管理策略, 如安装温度传感器, 监测设备的工作温度, 保持设备的正常工作温度范围。另外, 还可以采取隔热措施, 减少温度变化对设备的影响, 确保设备的正常运行。

5.4. 预防措施与维护策略

为了降低隔离开关故障的发生率, 需要加强预防措施和维护策略。定期检查与维护是保证设备正常运行的关键, 通过定期检查可以及时发现设备的问题, 采取相应的维护措施, 保证设备的正常使用。另外, 还可以采取预防性维护措施, 如定期更换易损件, 加强设备的润滑和防腐处理, 延长设备的使用寿命。此外, 还需要制定故障应急预案, 以便在设备发生故障时能够迅速有效地处理, 减少故障对设备的影响。

隔离开关的故障可能会严重影响电力系统的正常运行, 因此需要加强对隔离开关的检查和维修工作, 及时发现和处理潜在故障隐患, 保证电力系统的安全稳定运行。同时, 还需要加强对环境因素的监测和防控, 确保设备在良好的工作环境下运行, 延长设备的使用寿命, 保障电力系统的安全稳定运行。

6. 结论

隔离开关的质量和运行维护状况直接关系到整个系统的安全运行。本文通过深入分析隔离开关的结构、工作原理、常见故障类型及处理措施, 以及故障分析方法等内容, 总结了隔离开关故障的可能原因和解决方法。

首先, 机械故障、电气故障和环境因素引起的故障是隔离开关常见的故障类型, 针对不同类型的故障需要采取相应的处理措施。其次, 故障分析方法对于准确判断隔离开关故障原因至关重要, 包括故障现象的观察与记录、故障原因的初步判断、故障诊断技术和故障机理分析等内容。最后, 为了降低隔离开关故障的发生率, 需要加强预防措施和维护策略, 定期检查与维护是保证设备正常运行的关键。

参考文献

- [1] 崔迎春. 变电一次设备故障预测及检修方法分析[J]. 电气技术与经济, 2024(1): 310-312.
- [2] 王巧红, 温庆国, 李付永, 等. 新型抗干扰隔离开关在风载作用下的力学特性分析[J]. 高压电器, 2024, 60(3): 58-68. <https://doi.org/10.13296/j.1001-1609.hva.2024.03.008>
- [3] 黄少波, 张文强, 杨秦星. GIS 中隔离开关运动可靠性的装配质量控制措施[J]. 电气时代, 2021(9): 60-62.
- [4] 刘景宇. 110 kV 隔离开关放电故障分析[J]. 农村电工, 2024, 32(3): 46. <https://doi.org/10.16642/j.cnki.ncdg.2024.03.056>
- [5] 钟秋添, 李德才, 吴益斌. 双地刀隔离开关新型防误操作装置故障自动化诊断研究[J]. 自动化与仪表, 2023, 38(12): 99-104. <https://doi.org/10.19557/j.cnki.1001-9944.2023.12.022>
- [6] 张涛, 陈浩, 郑建军, 等. 一起 220 kV GIS 三工位隔离开关故障原因分析[J]. 高压电器, 2023, 59(10): 247-252. <https://doi.org/10.13296/j.1001-1609.hva.2023.10.029>
- [7] 李琦. 高压隔离开关的故障原因及排除对策[J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 108-109. <https://doi.org/10.19339/j.issn.1674-2583.2023.12.043>