

220千伏变电站主变非电量误动作事件解析

刘文政, 贺晓宇, 沈体高

国网湖北省电力有限公司荆州供电公司变电检修分公司, 湖北 荆州

收稿日期: 2025年1月10日; 录用日期: 2025年2月16日; 发布日期: 2025年3月19日

摘要

根据220 kV某变电站1号主变回路两点接地, 使非电量跳闸回路导通, 导致主变三侧开关分闸事件进行详细分析, 从多方面对该事件发生的过程及原因进行解析。首先, 对该事件的发生时间和现场调查情况进行概述; 之后, 结合现场调查的主变本体状况, 对非电量回路两点接地进行过程性分析; 最后, 结合220 kV主变非电量保护特征, 提出了相应的预防措施。

关键词

主变, 误动作, 非电量保护, 直流接地

220 kV Substation Main Transformer Non-Electrical Quantity Misoperation Event Analysis

Wenzheng Liu, Xiaoyu He, Tigao Shen

Jingzhou Power Supply Company Substation Maintenance Branch, State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd.,
Jingzhou Hubei

Received: Jan. 10th, 2025; accepted: Feb. 16th, 2025; published: Mar. 19th, 2025

Abstract

According to a 220 kV substation No. 1 main transformer circuit two grounding, so that the non-power trip circuit open, resulting in the main transformer three-side switch events are analyzed in detail, this paper analyzes the process and reason of the event from many aspects. Firstly, the time of the incident and the situation of field investigation are summarized, then, the process of two-point grounding of non-power loop is analyzed according to the condition of main transformer, according to the non-electric protection characteristics of 220 kV main transformer, the corresponding

preventive measures are put forward.

Keywords

Main Transformer, Misoperation, Non-Electric Protection, Dc Grounding

Copyright © 2025 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/>



1. 引言

非电量保护是变压器保护的一个重要组成部分，是对常规保护的有效补充。非电量保护在主变运行过程中，发挥了反应油面是否降低、油温是否过高、绕组温度是否过高以及油箱内压力及冷却系统是否故障等现象，受外界环境因素影响较大，故其动作正确率较低。本文以一起变电站非电量保护事故进行分析，表明事故原因。

2. 非电量保护介绍

2.1. 非电量保护原理

2.1.1. 瓦斯保护

轻瓦斯保护：当变压器内部发生轻微的故障时，可能会产生少量气体，这些气体会逐渐聚集在瓦斯继电器中。当气体量达到一定阈值时，轻瓦斯保护会发出警报信号。

重瓦斯保护：如果变压器内部出现严重的故障，如绝缘击穿或短路，会产生大量的气体并伴随油流冲击。此时，重瓦斯保护将动作，切断变压器电源以防止事故扩大。

2.1.2. 油温保护

变压器运行过程中，油温是一个重要的监控指标。通过安装在油箱内的温度传感器来实时监测油温。一旦温度超过设定的安全限值，保护系统将启动冷却装置或者发出报警信号，必要时还会切断变压器电源。

2.1.3. 绕组温度保护

类似于油温保护，但这里是直接测量变压器绕组的温度。这是因为绕组过热可能导致绝缘材料老化甚至破坏，影响变压器寿命和安全性。

2.1.4. 油位保护

油位对于油浸式变压器来说至关重要。如果油位过低，可能会导致变压器内部元件暴露在外，增加故障风险。因此，使用液位开关或其他传感器来监控油位，并在异常情况下采取相应措施。

2.2. 功能描述

2.2.1. 故障预警与预防

通过对上述各种非电量参数的持续监测，可以提前发现潜在问题，提供早期预警，使运维人员能够及时采取预防性维护措施。

2.2.2. 即时响应机制

在检测到任何危险状况后，非电量保护系统能迅速做出反应，例如触发断路器跳闸，从而有效避免

更严重的故障发生。

2.2.3. 提高系统可靠性

非电量保护为变压器提供了额外的安全层，增强了其应对突发情况的能力，有助于维持电力系统的稳定性和可靠性。

3. 现场检查情况

2023年某日，某220kV变电站1号主变三侧开关出口跳闸，无保护动作，事故造成10千伏#5母线失压，故障发生时站内无检修工作及倒闸操作[1]。

3.1. 一次设备检查

3.1.1. 主变本体检查

1号主变本体及三侧开关未见异常。打开压力突发继电器接线盒时有水流出。

3.1.2. 油样检查

主变本体及三侧开关未见异常，变压器油化试验合格。图1为现场主变本体压力突发继电器锈蚀情况。



Figure 1. Shows the rusting condition of the main transformer body pressure surge relay
图1. 主变本体压力突发继电器锈蚀情况

3.2. 二次设备检查情况

3.2.1. 保护装置动作情况

经检查1号主变两套保护装置无保护动作报文，保护未动作。

3.2.2. 直流系统检查

跳闸前某时间段，该变电站直流I母正接地[2][3]。现场对直流绝缘监控装置检查，如图2、图3所示，直流绝缘监测装置选线为馈电屏第17支路接地。如图4所示。



Figure 2. DC insulation detection monitoring information
图2. 直流绝缘检测监测信息

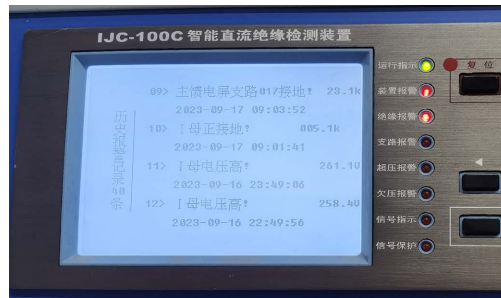


Figure 3. DC insulation detection historical alarm information
图 3. 直流绝缘检测历史报警信息



Figure 4. The 17th branch circuit breaker
图 4. 第 17 支路空开

3.3. 其他二次设备检查

现场对其他二次设备进行检查，发现主变本体智能组件柜内调压重瓦斯跳闸硬压板上端有金属块搭在上面且与柜内金属地板连接[4]-[6]。经检查该金属块是光纤配线箱右端光缆接地金属板(该金属板未使用)。

4. 跳闸过程分析

4.1. 直流绝缘监控装置接地告警分析

F02	本体重瓦斯		26
F03	开关重瓦斯		27
F04	本体压力释放阀1接点		28
F05	本体压力释放阀2接点		29
F06	开关压力释放阀接点		30
F07	油面温控器1跳闸K4接点		31
F08	油面温控器2跳闸K4接点		32
F09	绕组温控器跳闸K4接点		33
F10	本体压力突发继电器接点		34
			35
Z11	接温度变送器		36
Z12	MCR-9010C A2	Pt100	37
Z13	(安装在智能柜中)		38
Z21	接温度变送器		39
Z22	MCR-9010C A2	Pt100	40
Z23	(安装在智能柜中)		41

Figure 5. Shows the internal situation of the main transformer intelligent component cabinet
图 5. 主变本体智能组件柜柜内情况

直流绝缘监控装置显示 U: 227.7 V、U+: 0.9V、U-: -226.8 V、R+: 0.7k、R-: 999.9，因 U+、R+ 值几乎为 0，可判断为直流正极金属性接地。图 5 为主变本体智能组件柜柜内接线情况，根据直流绝缘监

控装置中提供的支路 17 接地信息[7] [8]，用直流感地查找仪进一步查找发现本体端子箱内本体压力突发继电器公共端接地 X3/15-QJ 绝缘降低，解开后直流正接地恢复[9]。

4.2. 非电量保护动作回路分析

如图 6 所示，为主变非电量保护回路图，5QDM 为回路正电源，5KLP1 为本体重瓦斯压板，5KLP2 为调压轻瓦斯压板，光纤配线箱右端光缆接地金属板掉落至 1 号主变本体智能组件柜内调压重瓦斯跳闸硬压板 5KPL2 上端接地[10] [11]，调压重瓦斯跳闸硬压板为投入状态造成负接地，其负接地点与直流正极接地点导通，使 CKJ1 继电器励磁，对应的 1-CKJ1、1-CKJ2、1-CKJ3 常开接点闭合，主变高、中、低三侧出口回路导通，1 号主变三侧开关跳闸。

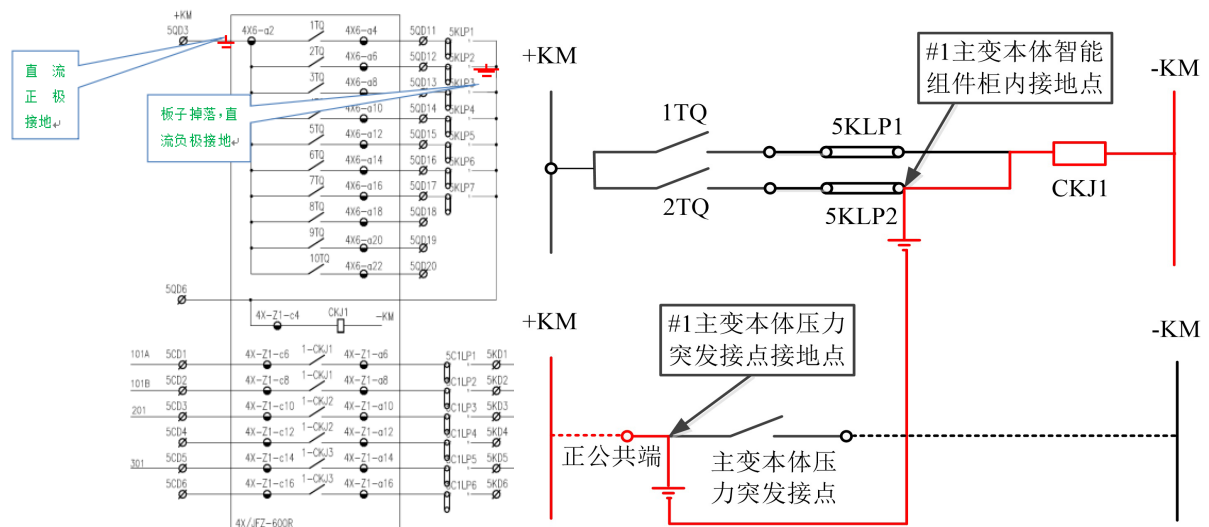


Figure 6. Non-electric quantity protection circuit diagram
图 6. 非电量保护回路图

综合以上分析可知，该 1 号主变跳闸事件的原因为：该 1 号主变本体压力突发继电器接线盒信号电缆从变压器顶端槽盒穿过接到本体端子箱，对电缆进行保护的金属波纹管从槽盒接到本体压力突发继电器接线盒处，且接线盒密封良好[12] [13]。下雨时，由于投运时间过久未加防雨罩，连接处密封不严，尤其是在法兰连接或螺纹连接的地方，外界雨水通过泄漏点进入顶部槽盒，因槽盒处的波纹管高于继电器接线盒处的波纹管，雨水顺着槽盒波纹管倒灌入接线盒内引起电缆绝缘不良造成公共端直流正接地，本体智能组件柜内光纤配线箱光缆接地金属板因支撑件老化断裂跌落到调压重瓦斯跳闸硬压板 5KPL2 上端造成直流负接地，在非电量跳闸回路上形成两点接地后正、负导通，使非电量跳闸继电器励磁，1 号主变三侧开关分闸。

5. 暴露的问题

该 1 号主变本体压力突发继电器连接处二次电缆波纹管符合反措中需采取雨水沿外壁倒灌的措施，但该主变为 2014 年投运，设计时未采取加装防雨罩措施，检修时因变压器出厂时未预留防雨罩安装固定螺口未同步加装防雨罩，导致雨水可能沿二次电缆入口或某处破损处渗漏进入波纹管内部，灌或积水引起的水汽造成 1 号主变压力突发继电器接线端子锈蚀接地。

6. 总结

直流感地缺陷均应纳入危急缺陷进行管理，当系统发生直流接地时，检查定位接地点位于控制回路

或可能引起跳闸的重要信号回路时，应申请主动停运方式进行下一步查找，防止处置过程中引起设备误动[14]。

参考文献

- [1] 刘彬, 黄杰. 一起 220kV 变电站主变跳闸事故[J]. 自动化应用, 2023, 64(14): 52-53, 56.
- [2] 郑亚会, 郑文林, 李杰. 一起 35kV 变电站避雷针倒塌事故处理及建议[J]. 农村电工, 2023, 31(6): 47.
- [3] 陈旭东, 石岩松, 周莹. 一起 220kV 变电站主变压器跳闸事故分析[J]. 吉林电力, 2023, 51(1): 51-52, 56.
- [4] 潘陈志, 赵旭州, 周刚, 等. 一起 220kV 变电站 GIS 断路器 A 相合闸异常事故分析[J]. 电气开关, 2022, 60(5): 113-117.
- [5] 潘朝阳, 汪李来, 胡细兵, 等. 某 110kV 变电站 I# 主变压器差动保护事故分析[J]. 电气时代, 2022(8): 66-68.
- [6] 李品霖, 王楠. 某 110kV 变电站事故分析及预防措施[J]. 农村电气化, 2022(5): 93-94.
- [7] 马建伟, 陈胜, 梁铃, 等. 变电站事故总智能自动合成技术研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2022, 34(1): 23-25.
- [8] 黄瑶, 姚思宇, 杨银花. 220kV 变电站支柱瓷瓶断裂事故分析[J]. 大众用电, 2021, 36(12): 52.
- [9] 耿娜娜, 苏高峰, 王代娟, 曹芳铭. 一起 110kV 变电站主变保护跳闸事故分析[J]. 河南电力, 2020(S1): 95-96.
- [10] 杜力. 一起 220 kV 变电站主变压器跳闸事故分析[J]. 电世界, 2020, 61(7): 23-25.
- [11] 张爱书, 侯少雯, 王生斌. 一起变电站全停事故分析[J]. 农村电气化, 2019(12): 31-32.
- [12] 邓革伟. 35kV 变电站主变跳闸的技术分析[J]. 大众用电, 2019, 34(12): 38.
- [13] 曹芳铭, 苏高峰, 闫冬雪, 耿娜娜. 某 110kV 变电站主变非电量保护误动作分析[J]. 河南电力, 2019, 47(S1): 42-43, 91.
- [14] 刘永亮, 史蕾瑒, 魏宁, 纪永尚, 崔建, 宋斌. 关于十八项反措中的 GIS 开关事故预防策略[J]. 电气时代, 2017(9): 62-64.