

Discussion on Hidden Danger and Investigation Technology of Secondary Circuit of Thermal Power Plant Relay Protection

Kai Wang

Liaoning Datang International New Energy Co., Ltd., Jinzhou Thermal Power Branch, Jinzhou, Liaoning, 121011, China

Abstract

In the context of parallel peak regulation and technical upgrades for power units, relay protection secondary circuits frequently accumulate "hidden defects," leading to operational issues such as false trips, trip failures, and signal inaccuracies. These problems jeopardize both unit safety and grid stability. Drawing from literature review and practical experience, this paper addresses hidden risks in relay protection secondary circuits at thermal power plants. The approach establishes institutional guidelines as the foundation, supplemented by operational countermeasures and field verification. It systematically addresses transformer secondary circuits, DC tripping circuits, and circuit cross-checking, ultimately creating a reusable troubleshooting framework for maintenance teams.

Keywords

Thermal power plant relay protection; Secondary circuit hazard inspection; Polar closed-loop verification; Trip circuit energy calibration

火电厂继电保护二次回路隐患及排查技术探讨

王恺

辽宁大唐国际新能源有限公司锦州热电分公司, 中国·辽宁 锦州 121011

摘要

在机组调峰、技改并行环境下, 继电保护二次回路以“隐蔽缺陷”的方式大量积聚, 导致一次运行出现误动、拒动、信号不准等问题, 危及机组的安全以及电网的稳定性。本文通过查阅相关文献资料以及结合自身实践情况下, 从发火电厂运维实践出发, 针对其继电保护二次回路隐患及排查以制度条款为前提, 以运行反措为补充, 依靠现场复核, 围绕互感器二次回路、直流跳闸回路、回路对点核对等内容进行梳理, 形成一套能让班组可复用的排查链路。

关键词

火电厂继电保护; 二次回路隐患排查; 极性闭环核验; 跳闸回路能量校验

1 引言

随着电力系统规模的扩大和复杂性的增加, 电站机组的安全、平稳运行关系到整个电网的健康和稳定。继电保护是保证电站正常工作的一个重要步骤, 而二次回路是其中的一个主要部件, 其可靠与否将对保护设备的正常工作产生较大影响。但由于二次回路结构复杂、设备众多, 加之长期运行和环境因素的影响, 容易出现各种隐患, 威胁电厂的安全运行^[1]。有鉴于此, 文章将基于研究与实践先就火电厂继电保护二次回路隐患排查必要性及其具体隐患展开阐述, 随后就相关排查技术进行分析, 以供参考。

2 火电厂继电保护二次回路隐患排查必要性

火电厂一次设备容量大、短路电流高, 如果发生电气

故障, 则继电保护是否能及时、正确动作, 往往取决于二次回路是否处于正常的状态。尽管二次回路不直接承受大电流, 但是要完成采样、逻辑判断、跳闸出口和信号返回等功能。如果二次回路出现开路、短接、接线错误、端子松动、触点接触不良以及多点接地等情况, 容易引起保护误动、拒动或者是信号波动, 造成一次故障转变为机组解列, 扩大停运范围, 导致设备损伤和影响电网安全。

其次, 现场作业辐射机组启停、保护投退、检修转方式、试验等工序, 这些环节涉及二次回路的短接、改接、压板切换等操作, 有时还需要跨专业、跨班组多工种协作交叉作业。如果交接不到位、恢复不彻底、复核不严格, 很容易留下问题隐患, 包括试验短接片没拆除、临时线没恢复、接地线重复引入及端子螺丝没有紧固等问题, 这些在平稳运行中不易察觉, 一旦出现一次故障、波动工况或者系统振荡, 就会集中暴露出来, 带来非计划跳闸甚至更大事故后果, 所以说二次回路隐患排查要做到“每次动线必复核、每次投运

【作者简介】王恺(1999-), 男, 中国山西朔州人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

必确认”，使火电厂继电保护的风险控制最大化。

3 火电厂继电保护二次回路隐患

3.1 互感器二次侧接地与回路开断风险

在实际情况中，CT、PT二次回路的隐患有两点：一是接地口径不统一，二是临时操作不规范，即使是同一个回路，在开关场端子箱、保护屏端子排、检修短接装置中均采用“就近接地”方式，最终造成多点接地，出现回路环流。表现为电流、电压指示不稳定，保护装置相量偏差较大，甚至还会造成方向、差动等保护条件偏移；相反，如果接地点螺栓松动、接地线断股或检修时被拆除未及时恢复，则会出现二次回路“悬空”，此时如果遇到一次侧感应、电磁干扰或者雷雨天气，端子电位异常将引发误报码、误动现象。其次，CT回路在检修窗口拆线、短接、切换较多，如果操作未严格按照“先短接后拆线、先接线后解短接”的要求进行，一旦发生瞬时开路，端子之间容易产生高感应电压，进而造成端子发热、变色，绝缘击穿、端子碳化等问题，长期积累还会留下间歇性接触不良隐患^[2]。另外，PT回路中存在二次熔断器的型号不一致、N线接地装置状态不良以及跨屏并接引入地电位差异等问题，这些都是衍生测量误差，影响低压闭锁、逻辑判断的诱因。

3.2 直流控制电源与跳闸回路的隐性失效

火电厂保护出口需要靠直流系统向跳闸线圈供给足够的电压和电流把断路器跳开，此举措存在以下现实问题：一是直流母线绝缘能力不足，二是因蓄电池老化导致的容量不能满足保护出口的要求，或者分支熔断器选型过小、与跳闸线圈接触不良，虽然引起保护动作：如信号正常、指示灯亮，但线圈无电压，使得保护措施“有动作不跳闸”。另外更难检测的是直流两点接地：若正极侧出现多点接地可能会导致线圈误带电而引起非故障跳闸；负极侧多点接地则会使出口处电流旁路，不管出口保护接点是否闭合都难以推动线圈。长期运行中，防跳继电器、中间继电器触点、并联二极管、回路监视电阻等元件，一旦触点烧蚀、簧片疲劳、线鼻压接不良，就会造成回路压降增大、跳闸时间增长；除此之外，断路器辅助开关触点振动、机构线圈电阻变化、端子发热变色等原因均会引发瞬间失灵。

3.3 端子排与电缆标识失真引起的接线偏差

火电厂继电保护屏柜在大修、技改和消缺工作中经常开盖改线，回路增删、端子迁移、跨屏引线，在这些情况下如果没有做到“改一处、更新一套资料、再现场核对”，容易出现同名线号接错、跨列跳接漏做、公共端误共用、试验插座触点对调等问题，后果轻则信号不准，重则导致保护误动或拒动。另一方面，端子压线时如果出现多层叠压、线鼻规格无法与线径匹配、选择压接钳口与电线不适应，或者压完后未做拉脱检查，都有可能造成铜芯夹持处脱落，尤其是在振动运行下易产生断股问题。而电缆在沟道、夹层、穿墙套管

等部位如果弯曲半径小于规定的最小值或固定卡松动，其护套或绝缘功能将大打折扣，造成信号忽明忽暗、回路串扰^[3]。

4 火电厂继电保护二次回路隐患排查技术探讨

4.1 互感器回路的接地定位与极性闭环核验

互感器二次回路的接地定位和极性核验并不是为了“做一遍试验”，而是要把“接地点明确、回路不断、相量不偏”落实到检修、消缺、技改后的整个投运过程。

第一步：根据回路清册找出CT、PT二次侧所要保留的唯一接地点，然后沿着开关场端子箱→屏柜端子排→试验短接装置逐点追线，对于可疑支路利用“断开—测量—恢复”的思路，识别并联接地、临时搭接或屏间公共端误共用的情况，同时检查接地软铜带截面、线鼻压接是否到位，检查端子是否氧化以及端子紧固力矩情况等，保证接地位置、连接形式及复测数据高度耦合。

第二步：针对CT回路，先核对短接片和短接端子的动作，遵循先合后分，行程到位原则，再用压降法抽检部分关键端子和中间接线点的接触电阻，继而利用目测检查定位端子发黑炭化、线鼻松脱、导体断股、压接层叠等问题。拆线与切换必须严格按照“先短接、后拆线、再复核”的工序卡操作，并在恢复后复查端子跳接和回路是否连续，防止因再次开路产生高电压伤人或者击穿绝缘。

第三步：做好注流及带负荷核对。通过相位对比核对每个绕组极性、变比与合流接入关系，对跨屏引线、合流端子、转换接线点逐点核对线号、端子号，并结合图纸对照，若有必要也可对部分重要回路进行反方向注流验证，避免技改后同名线号接错或端子跨列连接不到位引起判据偏移的情况。

第四步：PT回路侧同步核查二次熔断器容量选配、熔丝座接触弹力与N线接地结构，检查放电间隙或阀片装置的绝缘状况，必要时分段测量二次回路对地绝缘电阻并标出测点（此项工作需与其他环节交叉执行）。当多套互感器汇集于同一面屏上，需比对不同接地点电位差对零序回路造成的影响，以免出现N线电流误差现象。最后将测量结果、端子照片和更换件编号签字后归档。

4.2 直流绝缘分区排查与跳闸回路能量校验

这一排查思路的核心价值在于通过持续运行将隐形缺陷转化为可视化、可量化的过程。首先按直流屏分段、间隔馈线、保护屏支路绘制绝缘分区图，然后结合绝缘监测告警与兆欧表绝缘电阻测试找对应支路，按支路逐段隔离、复测回填，满足直流保护分区及交界面重叠反措要求，避免一次拉闸出现连带影响。定位后重点复核护套破损、端子排积尘受潮、熔断器座弹片疲劳、线鼻压接松脱、端子发热等现象，同时梳理共用返回线形成的分流旁路情况^[4]。

其次，通过分别解除正负极的方法，依托技监规定来判别、检验绝缘监测的原理及方式，确定是否存在两点接地

和对应位置，并对正负极分别隔断。另外，借助跳闸回路上下游能量的方向校验，判断第一种跳闸回路的方式是否适用，以及第二点接地是否消除完全。如果不能达到检验要求，则要利用其负载端和源端试验相关断路器端，测量断路器跳闸线圈冷态电阻、吸合电流、端电压。而在保护出口端测试触点闭合压降、回路总压降，能够避免因串入元器件过多、接触电阻异常、熔断器降容配错等原因导致动作电流不足的情况。此过程还要对防跳继电器、并联二极管、回路监视支路逐一进行通断、极性校核。

最后，组织复归演练，核对辅助开关全回路变换一致，复查端子箱温升、凝露防护和紧固力矩，复核各分支熔断器额定值与配合关系。全过程纳入“两票三制”管理，党支部全过程监督参与。关键测点要求2人互读互签，保证全量数据留痕可溯。

4.3 端子对照、线号再校与回路追踪的逐点验真

第一，对于改造频次比较高的保护屏柜，采用“图纸—端子—电缆”三表合一的方式重新建立回路对照表单（以间隔为单位），将每根线从起点端子到终点端子、线号、颜色、截面、线鼻型号以及所穿过的电缆芯号逐一填写，将端子排编号与装置端子号相对应，并且标注回路名称及功能去向，方便值班按回路查接点。遇技改后资料有出入的，应结合现场端子排、电缆芯线一起核对更新，并将新的日期和责任人填写至表头。

第二，回路跟踪应按端子排分列分块逐点查找，并用对讲机或者电话通线核对，此过程可引入万用表导通查线，兆欧表测对地、对邻芯绝缘，必要时拆开接收端，采用抽测的方式对跨屏跳线逐根进行点名查线；对于导通不稳定的情况则优先排查端子松动、熔断器座弹片疲劳、线鼻发热变色这类容易恢复的问题；电流回路严格按照先短接再拆线，电压回路试验要确保试验插头状态一致，同时信号回路、跳闸回路要核对极性、公共端以及返回线，不能误用共用；对于同名线号重号、跳线跨列、备用芯借用或中途改接的点位，应及时补做永久标识牌，使用标签机按“回路名+端子号

+芯号”的方式规范标识，更新端子图并对原端子标识进行清理。

第三，实施接线工艺专项复查，杜绝多线共用螺钉压接，不允许细线压在铜排边缘，必要时用过渡端子实现“一线一压”；使用多股软线时加装线端套管或压线鼻，在连接点逐一对断股、偏压、线鼻层叠及端子污染等进行检查，面向插拔式试验端子还要检测其插针的弹力与镀层是否氧化，待安装完后再试插、再检测导通情况；线鼻压接后的拉力抽检和外观抽检要求：压痕完整，没有露出铜线、未出现热缩不到位现象，端子螺钉必须用扭矩起子拧紧并加涂防锈漆后封固，班组启用互检、抽检、复核三道签字程序，把差异清单、整改记录及复测值纳入台账^[9]。

5 结语

综上所述，本文根据火电机组深度调峰与技改并行的现场特点，归纳出火电机组运行和改造期间普遍存在互感器接地、回路开断问题多发、直流跳闸链路隐性失效，以及端子、线号辨识不清等问题。并提出以接地点定位、绝缘分区、能量校验和逐点追踪为主要排查方式的方法思路，同时落实“两票三制”和班组互检复核制度，以期将隐患排查常态化，通过及时消除隐患，压低误动、拒动风险，保障机组安全稳定运行。

参考文献

- [1] 李曼.火电厂继电保护二次回路隐患及排查技术探讨[C]//全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(二).2024.
- [2] 张起志.电厂继电保护二次回路常见运行故障分析处理及预防[C]//全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(二).2024.
- [3] 杨琨.继电保护系统中的二次回路故障诊断技术分析[J].集成电路应用, 2024, 41(12):162-163.
- [4] 赵铁锤孟楷金.继电保护二次回路问题连带故障处理与预防[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(002):000.
- [5] 罗吴锦.火电厂继电保护二次回路隐患及排查技术研析[J].电力设备管理, 2025(18).