

发电厂电气二次继电保护故障诊断与处理

丁段峰

国家能源聊城发电有限公司 山东 聊城 252000

摘要：随着发电厂单机容量不断增大、电力系统联网范围持续扩展，电气二次继电保护系统的作用愈发凸显，其能否准确、快速响应故障，直接决定着电力设备的安全与电网的稳定运行。本文围绕发电厂电气二次继电保护的故障诊断与处理展开研究。首先概述了继电保护装置的组成、工作原理、发展历程及其在发电厂中的重要作用；接着分析了常见故障，包括干扰问题、整定错误、高频收发信问题、CT饱和问题及插件接线故障；随后介绍了分析法、电位变化法、经验判断法和对比法等故障诊断方法；最后针对各类故障提出了对应的处理措施。研究旨在为发电厂电气二次继电保护故障的有效诊断与处理提供参考，保障电力系统的稳定运行。

关键词：发电厂；电气二次；继电保护；故障诊断；处理

引言：在发电厂的电力系统中，电气二次继电保护装置是保障设备安全、防止事故扩大的关键环节，其性能直接影响电力系统的稳定性与可靠性。随着电力工业的快速发展，发电厂机组容量不断增大，系统结构日益复杂，对继电保护装置的要求也愈发严苛。然而，在实际运行中，继电保护装置常因干扰、整定错误、设备缺陷等因素出现故障，若不能及时诊断与处理，可能引发严重的电力事故。因此，深入研究发电厂电气二次继电保护的故障诊断方法与处理措施，对于提高电力系统运行的安全性和经济性具有重要意义。

1 发电厂电气二次继电保护概述

1.1 继电保护装置的组成与工作原理

继电保护装置主要由测量元件、逻辑元件和执行元件组成。测量元件负责监测电力系统的运行参数，如电压、电流、功率等，并与设定值比较；逻辑元件根据测量结果进行逻辑判断，确定是否发生故障及故障类型；执行元件则在逻辑元件指令下动作，如跳闸或发出信号。其工作原理是通过实时监测系统参数，当参数超出正常范围时，迅速启动保护机制，切断故障部分，防止故障扩大，保障系统其余部分正常运行。

1.2 继电保护的发展历程

继电保护技术经历了多个发展阶段。早期为电磁型继电保护，依靠电磁感应原理工作，结构简单但精度较低。20世纪中期出现晶体管型保护，体积缩小且响应速度提升。随后发展为集成电路保护，可靠性进一步增强。如今已进入微机保护时代，结合计算机技术，具备数据处理、通信和自适应能力，能更精准地识别故障，动作速度更快，功能更完善，推动了电力系统保护技术的跨越式发展。

1.3 继电保护在发电厂中的重要作用

继电保护在发电厂中扮演着关键角色。它能实时监测发电设备及电力系统的运行状态，一旦发生短路、过负荷等故障，可迅速动作切除故障，避免设备损坏和事故蔓延，保障发电厂机组安全。同时，它能缩小故障影响范围，减少停电时间，提高电力供应的可靠性。此外，继电保护还为系统运行人员提供故障信息，便于快速排查和恢复，对维持发电厂乃至整个电力系统的稳定、高效运行至关重要^[1]。

2 发电厂电气二次继电保护常见故障分析

2.1 干扰问题

干扰问题是继电保护装置运行中的常见隐患，主要源于外部电磁环境与内部电路干扰。外部干扰包括高压设备产生的强电磁场、雷电冲击形成的电磁脉冲，以及无线电波的辐射干扰，这些都会导致装置接收的信号出现杂波。内部干扰则多因电缆敷设不当，强电回路与弱电信号回路平行布线引发的电磁耦合，或接地系统混乱造成地电位波动。干扰会使保护装置出现误判断，表现为无故障时跳闸、动作时限异常，甚至数据采集失真，严重时会导致保护功能失效，影响系统稳定运行。

2.2 整定错误

整定错误主要是指保护装置的参数设置与实际运行需求不匹配。成因包括计算过程中未考虑系统最大、最小运行方式的差异，导致短路电流核算偏差；或忽略设备投退状态变化，沿用旧有整定参数。整定错误会使保护装置动作特性异常，如整定数值过大时，故障发生后装置无法及时动作，扩大事故范围；数值过小时，则会在正常运行中误动作，造成不必要的停电。

2.3 高频收发信问题

高频收发信故障会导致线路纵联保护失去通信基础，主要表现为信号中断、误码率高或收发信不一致。设备层面，收发信机内部元件老化，如振荡器频率漂移、功率放大模块性能下降，会造成信号发送功率不足；通道层面，高频电缆绝缘层破损引发的信号泄漏、耦合电容器受潮导致的参数变化，会使信号传输衰减增大。此外，高频通道中的干扰信号可能伪装成正常信号，导致保护装置误判，而信号同步偏差则会造成两侧保护动作时序混乱，失去协同保护能力。

2.4 CT饱和问题

CT饱和多发生在系统出现短路故障时，当一次侧短路电流远超额定值，铁芯磁通量超过饱和点，导致二次侧输出电流波形畸变、数值失真。饱和会使继电保护装置接收的电流信号失去真实性，如差动保护中两侧电流差值计算错误，引发误动作；或使过流保护的动作时限延长，无法快速切断故障。尤其在近距离短路时，短路电流含有大量直流分量，会加速CT饱和进程，且饱和后的非线性特性会导致二次电流中出现高次谐波，进一步干扰保护装置的判断逻辑。

2.5 插件接线故障

插件接线故障多由安装或维护不当引发，常见于装置的插件与插座连接部位。插针长期使用后会因氧化、磨损导致接触电阻增大，表现为回路时通时断，装置指示灯闪烁不定。接线错误则包括导线接错端子、多股线头压接不牢导致的脱落，使电流、电压信号无法正常传输，造成保护装置“拒动”。此外，插件内部焊接点虚焊会使电路形成隐性断点，故障现象具有随机性，排查时需逐一检查插件的每处连接，尤其在振动环境下，接线松动的概率会显著增加，加剧故障发生频率。

3 发电厂电气二次继电保护故障诊断方法

3.1 分析法

分析法是基于继电保护装置的工作原理和电路逻辑，通过对故障现象的系统梳理，逐步推导故障原因的诊断方法。其核心是结合装置的动作特性、回路接线图及相关参数，建立故障分析模型。例如，当保护装置出现误动作时，先查看动作报告中的电流、电压数据，对比整定值判断是否符合动作条件；再检查测量元件、逻辑元件的信号传输路径，排查是否存在异常信号干扰或元件失效。该方法要求诊断人员熟悉装置的电路结构和逻辑关系，适用于因参数异常、逻辑错误或元件性能下降引发的故障，能通过层层拆解逐步缩小故障范围，最终定位问题点。在实际应用中，需结合保护装置的技术手册和运行记录，确保分析过程的严谨性，避免因遗漏

关键参数导致误判^[2]。

3.2 电位变化法

电位变化法通过监测电路中各节点的电位数值及变化规律，判断故障位置和性质。在正常运行状态下，电路各节点的电位处于相对稳定的范围，当发生故障时，电位会出现异常波动。诊断时，先断开装置电源，使用万用表测量关键节点的静态电位，与设计值对比；再接通电源，监测动态运行时的电位变化，记录异常点位。例如，在排查插件接线故障时，若测量发现某端子电位突然消失或偏离正常值，可能是接线松动或断线；对于高频收发信故障，可通过监测收发信机输入输出端的电位变化，判断信号传输是否中断。该方法能直观反映电路的通断状态和信号完整性，尤其适用于接线故障、元件短路或断路等问题，但其准确性依赖于测量点的选择和仪器精度，需避免因接触不良导致的测量误差。

3.3 经验判断法

经验判断法是基于技术人员长期实践积累的经验，对常见故障现象进行快速识别和定位的方法。该方法通过总结历史故障案例，归纳出各类故障的典型特征，形成“现象-原因”对应关系。例如，当保护装置在雷雨天气后出现误动，多与外部电磁干扰或接地不良相关；若装置频繁无规律动作，可能是插件接触不良或元件老化。诊断时，技术人员先观察故障的外在表现，如指示灯闪烁、报警信号类型等，结合运行环境（如温度、湿度）和设备使用年限，初步判断故障类型，再通过针对性检查验证。经验判断法能显著提高诊断效率，尤其适用于重复出现的常见故障，但需注意避免经验固化导致的误判，对于复杂或新型故障，需结合其他方法进一步验证，确保诊断结果的可靠性。

3.4 对比法

对比法通过将故障装置的参数、状态与正常装置或标准值进行对比，找出差异点以确定故障原因。对比对象包括同型号正常运行的装置、历史运行数据、设计标准参数等。例如，在排查整定错误时，将故障装置的整定值与系统要求的计算值对比，判断是否存在参数偏差；对于CT饱和问题，可对比故障时的二次电流波形与正常运行时的波形，分析畸变程度。在应用中，可采用横向对比（同类型装置对比）和纵向对比（同一装置不同时期数据对比）相结合的方式。例如，当某一插件出现功能异常时，可与备用插件交换位置，观察故障是否转移，以此判断插件是否损坏。该方法操作简单，适用于设备参数异常、元件性能下降等可量化对比的故障，但需确保对比基准的一致性，避免因运行条件不同导致

的误判。

4 发电厂电气二次继电保护故障处理措施

4.1 针对干扰问题的处理措施

针对干扰问题，需从屏蔽、布线和接地三个维度综合施策。首先强化装置屏蔽，为继电保护装置柜体及内部插件加装金属屏蔽层，确保屏蔽层与接地系统可靠连接，形成完整的电磁防护屏障，阻挡外部电磁辐射侵入。其次优化电缆敷设方式，将强电电缆与弱电信号电缆分槽布置，避免平行敷设，交叉时保持垂直角度，减少电磁感应耦合。对于高频干扰信号，可在信号输入回路增设滤波元件，滤除高频杂波。同时完善接地网络，采用独立接地方式，将保护装置的工作接地、保护接地与其他系统接地分开设置，避免不同接地系统间的电位干扰。

4.2 解决整定错误的方法

解决整定错误需构建全流程校验体系。在整定计算阶段，结合发电厂实际运行方式，运用专业计算工具精确核算各类故障参数，避免简化计算带来的偏差。实行双人复核机制，由两名技术人员分别完成整定计算后交叉核对，确保计算结果一致后提交审核。整定参数输入装置后，通过继保测试仪模拟多种故障状态，验证保护装置的动作特性是否符合整定要求。对于新投运或改造后的设备，需进行带负荷测试，通过向量分析确认电流、电压相位关系与整定方案匹配。

4.3 高频收发信故障的处理方式

处理高频收发信故障需按通道、设备顺序分步排查。首先检查高频通道完整性，通过信号发生器向通道注入测试信号，观察收信端信号状态，若信号传输异常，排查耦合电容器、结合滤波器等部件是否损坏，更换性能下降的元件。对于高频电缆，检测其绝缘性能和物理完整性，若存在破损或受潮情况及时修复或更换，确保信号传输通路可靠。针对收发信机故障，重点检查电源模块输出稳定性，更换老化的电容、稳压元件等关键部件。若存在频率偏差问题，使用专业仪器校准收发信机工作频率，确保收发频率匹配。

4.4 CT饱和问题的应对策略

应对CT饱和问题需从设备选型、回路设计和算法优

化三方面协同解决。选型时，根据系统可能出现的最大短路电流，选择具有暂态特性的电流互感器，采用高磁导率铁芯材料，降低饱和发生概率。在回路设计中，于CT二次侧串联饱和抑制元件，当电流异常增大时自动介入，延缓铁芯饱和进程。对于微机保护装置，采用先进的饱和识别算法，通过分析电流波形特征区分故障电流与饱和电流，在饱和期间合理闭锁相关保护功能，避免误动作。定期对CT进行伏安特性试验，评估其性能状态，当特性参数偏离标准值时及时更换。运行中加强二次回路维护，通过加装保护装置防止CT二次侧开路，确保电流信号正常传输。

4.5 插件接线故障的修复措施

修复插件接线故障需遵循规范的操作流程。操作前先断开装置电源，使用专用工具拆卸插件，避免因操作不当造成部件损坏。检查插件与插座接触部位，对氧化的插针进行清洁处理，校直弯曲的插针并紧固松动部件，确保接触可靠。对于接线错误问题，对照电气原理图和端子排图逐点核对导线连接，使用对线工具检查回路通断状态，纠正错误接线后重新压接端子，做好绝缘防护处理。针对插件内部虚焊问题，使用恒温电烙铁重新焊接，确保焊点牢固光滑^[3]。

结束语

综上所述，发电厂电气二次继电保护的故障诊断与处理对电力系统稳定运行至关重要。从常见的干扰、整定错误等故障，到分析法、对比法等诊断方法，再到针对性的处理措施，形成了一套完整的应对体系。通过科学诊断与有效处理，能显著提升继电保护装置的可靠性。未来需持续优化技术手段，结合智能化发展趋势，提高故障处理效率，为发电厂安全高效运行提供更坚实的保障，推动电力行业持续健康发展。

参考文献

- [1]杨勃.试析如何提高电厂继电保护的动作率[J].计算机产品与流通,2022(12):87.
- [2]卜群杰.发电厂继电保护可靠性的影响因素探析[J].山东工业技术,2021(10):180.
- [3]郭庆,任蓓蓓.电厂继电保护故障诊断及处理对策[J].电子技术与软件工程,2020(23):218.