

电气工程继电保护中的故障与处理技术

付明芝

中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 电气工程继电保护对电力系统稳定运行意义重大。本文详细阐述常见故障类型, 涵盖二次回路、装置硬件、定值与逻辑及隐形故障。介绍直观检查、仪器检测等故障诊断技术, 以及针对不同故障的处理方法。同时提出设备管理、人员培训和技术升级等故障预防与管理策略, 为提升继电保护可靠性, 保障电力系统安全稳定运行提供参考。

关键词: 电气工程; 继电保护; 故障诊断; 故障处理; 预防管理

引言: 在电气工程领域, 继电保护是电力系统的关键防线, 能快速切除故障, 保障系统稳定。随着电力系统规模扩大、结构复杂, 继电保护面临诸多挑战, 故障类型多样且隐蔽。准确诊断与有效处理故障, 并做好预防管理, 对提高继电保护可靠性、确保电力系统安全运行至关重要。

1 继电保护常见故障类型

1.1 二次回路故障

二次回路故障在继电保护系统中较为常见, 其中回路断线问题多源于CT或PT二次回路的接触不良情况, 这种接触不良会直接阻碍信号的正常传输, 进而导致保护装置无法及时接收准确信号, 最终引发拒动现象; 而完全断线则会使保护装置失去关键数据支撑, 同样可能造成误动, 影响整个电力系统的正常运行^[1]。接线错误也是二次回路故障的重要形式, 极性接反会使电流或电压信号的方向出现偏差, 相序错误则会打乱信号的正常顺序, 这两种情况都会导致保护装置的逻辑判断出现偏差, 无法按照预设程序准确识别故障状态。绝缘损坏会破坏回路原有的绝缘性能, 当回路出现接地情况时, 会导致部分电流泄漏, 引发信号干扰, 影响装置对故障的判断精度; 若发生短路, 则会产生过大电流, 可能直接造成相关设备的损坏, 进一步扩大故障影响范围。

1.2 装置硬件故障

装置硬件故障主要体现在多个方面, 元器件老化是常见诱因, 继电器在长期使用过程中, 触点会不断磨损, 导致接触性能下降, 出现接触不良问题, 影响信号的传递; 电容经过长时间运行后, 会逐渐失去原有的电容特性, 出现失效情况, 这两种老化现象都会导致保护装置的部分功能无法正常实现。电源问题对装置稳定性影响显著, 直流电源波动会使装置获得的供电电压不稳定, 时而过高时而过低, 无法为装置提供持续稳定的电力支持; 纹波超标则会在电源中引入额外的干扰信号,

这两种情况都会干扰装置内部电路的正常工作, 降低装置运行的稳定性。插件故障在微机保护装置中较为突出, 插件接触不良会导致插件与装置主体之间的信号传输中断或不稳定, 芯片损坏则会使插件失去核心运算和控制能力, 这两种故障都会引发数据处理错误, 严重时甚至会导致装置死机, 完全丧失保护功能。

1.3 定值与逻辑故障

定值与逻辑故障会直接影响保护装置的动作准确性, 定值错误可能由整定值计算过程中的偏差导致, 计算时对电力系统参数考虑不全面或计算方法有误, 都会使设定的数值与实际需求不符; 人为误整定也是重要原因, 操作过程中的疏忽会将错误的数值输入装置, 这两种情况都会使保护装置在面对故障时, 无法按照正确的阈值和时间动作, 导致动作不准确, 无法有效保护电力设备。逻辑缺陷源于保护算法设计环节, 算法对故障特征的识别方式、判断逻辑设计不合理, 使得装置在遇到复杂故障情况时, 不能准确捕捉故障特征, 无法做出正确的逻辑判断, 进而影响保护动作的有效性。抗干扰能力差会让装置容易受到外部电磁干扰, 外部环境中的电磁信号会侵入装置内部, 干扰逻辑元件的正常工作, 导致逻辑元件出现误动作, 使保护装置做出错误的故障响应。

1.4 隐形故障

隐形故障具有较强的隐蔽性, 潜在缺陷通常隐藏在设备内部, 设备内部元件在长期运行中会慢慢老化, 性能逐渐下降, 部分连接部位会出现接触不良情况, 这些问题在初期不会明显表现出来, 但随着运行时间的增加, 在特定条件下会突然爆发, 引发故障, 给故障排查和处理带来较大难度。环境因素对装置性能的影响不容忽视, 温度过高会加速元件老化, 降低元件使用寿命, 温度过低则可能影响元件的正常工作性能; 湿度过大会导致装置内部出现受潮现象, 可能引发短路或绝缘性能下降, 湿度过低则容易产生静电, 干扰装置运行; 灰尘

积累会覆盖在元件表面,影响元件的散热和绝缘性能,这些环境因素都会导致装置出现间歇性故障,故障时有时无,增加故障诊断的复杂性。

2 继电保护故障诊断技术

2.1 直观检查法

直观检查法是故障诊断中较为基础且直接的手段,外观检查通过观察装置指示灯的亮灭状态和报警信号的显示情况,能初步判断故障的大致范围。正常运行时指示灯会呈现特定规律的亮灯模式,若指示灯出现异常闪烁、常亮或熄灭,结合报警信号所传递的信息,可初步锁定故障可能发生的模块或区域,为后续深入排查提供方向。接线核查需仔细检查二次回路接线的连接状态,查看接线端子处是否存在松动情况,松动会导致接触不良影响信号传输;检查导线外层是否有破损,破损可能引发线路短路或接地;同时确认接线顺序是否与设计要求一致,接错会导致回路功能紊乱,通过这些检查可及时发现因接线问题引发的故障隐患。

2.2 仪器检测法

仪器检测法借助专业设备提升故障诊断的精准度,万用表测量可用于检测回路中的电压、电流以及元件的电阻值。通过测量得到的电压、电流数据与正常范围对比,能判断回路是否存在通断异常;测量元件电阻值可了解元件自身状态,电阻值超出正常范围往往意味着元件存在损坏或性能下降问题。示波器分析能够实时观察回路中各类信号的波形,正常信号波形具有稳定的形态和参数,当波形出现畸变、杂波干扰或谐波成分时,可准确识别出信号传输过程中存在的干扰或谐波问题,为解决信号干扰类故障提供依据。绝缘电阻测试专门用于检测回路的绝缘性能,通过测试仪器施加特定电压,测量回路对地或对其他回路的绝缘电阻值,电阻值过低表明回路存在绝缘损坏情况,可据此排查出接地或短路故障的潜在位置。

2.3 逻辑分析法

逻辑分析法依靠数据和逻辑推理排查故障,故障录波分析通过调取故障发生时的录波数据,能够完整还原故障从发生到发展的整个过程。录波数据包含电流、电压等关键参数的变化曲线,通过对这些曲线的分析,可清晰了解故障发生瞬间各参数的突变情况,进而定位保护装置动作异常的原因,判断是装置自身逻辑问题还是外部故障信号异常导致动作偏差。保护动作时序检查需核对保护装置启动和出口的时间节点,不同保护功能的启动与出口时间有预设的合理范围,将实际时间与预设范围对比,若时间偏差超出允许值,可判断保护装置的

动作逻辑存在错误^[2]。定值核对通过将装置内设定的整定值与电力系统实际运行参数进行比对,若两者不匹配,说明定值设置存在问题,可能导致保护装置无法按预期准确动作。

2.4 替换法与短接法

替换法与短接法是快速验证故障点的实用技术,替换法针对怀疑存在故障的元件,如微机保护装置中的插件、回路中的继电器等,将正常且性能完好的元件替换掉可疑元件后,观察故障是否消除。若替换后装置恢复正常运行,说明原可疑元件确实存在故障;若故障依旧,则需进一步排查其他可能引发故障的部位。短接法适用于排查回路断线故障,在确保安全的前提下,用导线临时短接回路中疑似存在断点的部位,短接后若回路功能恢复正常,可快速判断断线位置就在短接的这段线路中,大大缩短断线故障的查找时间,提高故障处理效率。

3 继电保护故障处理技术

3.1 二次回路故障处理

二次回路故障处理需根据不同故障类型采取对应措施,断线修复时需先找到断线位置,对松动的接线端子进行紧固操作,确保接线与端子紧密连接;对于外层破损或内部断裂的导线,及时更换新的导线,通过这些操作恢复回路的连续性,保障信号正常传输。绝缘处理要针对影响绝缘性能的因素,清理绝缘子表面附着的污秽,避免污秽导致绝缘性能下降;对于使用时间较长、绝缘层老化的电缆,更换为新的电缆,通过这些方式提高回路整体绝缘性能,防止出现接地或短路问题。极性校正需调整CT或PT二次回路的极性连接方式,按照正确的极性要求重新接线,确保电流、电压信号采集方向准确,为保护装置提供正确的数据支持,避免因极性错误导致保护判断偏差。

3.2 装置硬件故障处理

装置硬件故障处理围绕硬件元件性能恢复展开,元件更换针对损坏的关键元件,如无法正常动作的继电器、失去电容特性的电容、运算功能异常的芯片等,将这些损坏元件拆除,更换为性能完好的新元件,使装置硬件功能恢复正常。电源优化需采取措施稳定直流电源输出,通过调整电源内部结构或增加稳压模块,减少输出电压的波动;同时增加滤波装置,过滤电源中的杂波信号,降低纹波干扰对装置的影响,为装置运行提供稳定电力环境。插件维护时需清洁插件表面及触点处的灰尘和污垢,避免灰尘影响触点接触;适当调整插件与插槽之间的接触压力,确保插件与装置主体之间信号传输稳定,防止因接触问题导致数据传输中断或错误。

3.3 定值与逻辑优化

定值与逻辑优化旨在提升保护装置动作准确性，定值校核需结合电力系统参数的变化情况，如负荷调整、设备更换等，重新计算符合当前系统运行状态的保护定值，并将新的定值输入装置进行整定，确保定值与实际运行需求匹配，避免因定值过时导致保护动作不准确。逻辑改进通过优化保护算法的设计，完善算法对各类故障特征的识别逻辑，尤其是针对复杂故障的特殊特征，增强算法对复杂故障的识别能力，使装置在面对复杂故障时能做出正确判断。抗干扰设计需增加屏蔽措施，如为线路添加屏蔽层、为装置设置屏蔽外壳，同时采取措施隔离外部干扰源，减少电磁干扰对装置内部电路的影响，提高装置运行稳定性。

3.4 隐形故障预防

隐形故障预防注重提前管控和环境优化，定期巡检需制定科学合理的巡检计划，明确巡检周期、巡检内容和巡检标准，巡检人员按照计划检查装置运行状态，查看指示灯、仪表显示是否正常，有无异常声响或气味，提前发现潜在问题并及时处理。状态监测利用在线监测技术，实时采集元件运行参数，如温度、电压、电流等，通过对参数变化趋势的分析，跟踪元件性能变化情况，当参数出现异常时及时预警老化风险，为元件更换提供依据^[3]。环境控制通过改善装置运行环境，安装温湿度调节设备，将环境温湿度控制在适宜装置运行的范围；同时采取防尘措施，如安装防尘罩、定期清理环境灰尘，减少灰尘侵入装置内部，避免环境因素影响装置性能。

4 继电保护故障预防与管理

4.1 设备管理

设备管理是故障预防的基础环节，选型与验收需优先选择质量可靠的继电保护装置，关注装置的性能参数、稳定性及适配性，确保符合电力系统运行需求；验收阶段需严格开展测试工作，检查装置各项功能是否正常，各项指标是否达标，从源头把控设备质量。定期维护需制定详细的维护计划，明确维护周期与具体内容，按照计划对装置进行清洁，去除表面及内部灰尘；对松动的部件进行紧固，确保连接可靠；同时开展性能测试，及时发现潜在问题，通过这些维护操作延长装置使用寿命。备件管理需提前储备常用备件，如易损的元件、插件等，明确备件的储备种类与数量，确保故障发

生时能快速调取备件进行更换，减少故障处理时间。

4.2 人员培训

人员培训是保障故障处理效率的关键，技能提升需加强对相关人员的培训，内容涵盖继电保护原理、各类故障处理技术等，通过理论讲解与实操训练相结合的方式，帮助人员深入理解知识要点，熟练掌握操作技能，提高专业水平。安全意识培养需强化安全操作规范的学习，明确操作过程中的禁止事项与注意要点，让人员在操作中严格遵守规范，避免因误碰设备、误接线等人为失误引发故障。应急演练需定期组织，模拟各类常见故障场景，让人员在演练中熟悉故障处理流程，锻炼应急处置能力，提升面对突发故障时的应急响应速度与处理效果。

4.3 技术升级

技术升级能提升故障预防与管理的现代化水平，智能化改造需引入微机保护装置与智能传感器，微机保护装置具备更强的数据处理与逻辑判断能力，智能传感器能更精准采集运行数据，两者结合可提高故障检测精度，更早发现故障迹象。网络化监控需构建继电保护信息管理系统，将各装置运行数据接入系统，实现对装置的远程监控，系统可对采集的数据进行分析，为故障判断与设备维护提供数据支持。标准化建设需完善技术标准与操作规范，明确设备选型、维护、故障处理等各环节的标准要求与操作流程，让各项工作有章可循，提升管理效率与工作质量。

结束语

电气工程继电保护故障与处理技术，是保障电力系统安全稳定运行的核心要素。通过对常见故障类型的剖析、诊断技术的运用、处理方法的实施以及预防管理策略的落实，能有效提升继电保护装置的可靠性与稳定性。未来，随着技术不断发展，需持续优化故障处理技术，加强预防管理，以适应电力系统日益复杂的需求，为电力行业稳定发展筑牢根基。

参考文献

- [1]潘纹文.漏电保护技术在建筑电气工程安装中的应用研究[J].山西建筑,2025,51(10):91-93+161.
- [2]孟伟航.电气工程中的继电保护故障与对策分析[J].集成电路应用,2023,40(01):146-147.
- [3]王坤焯.电气工程继电保护的故障与对策分析[J].集成电路应用,2021,38(01):176-177.