

电力系统中继电保护事故分析及处理策略

顾玉龙 梁潇 杨海荣 芦浩

国网宁夏电力有限公司吴忠供电公司 宁夏吴忠 751100

摘要: 继电保护作为电力系统安全稳定运行的第一道防线,其可靠性直接关系到整个电网的运行安全。本文系统分析了电力系统中继电保护的常见事故类型,包括拒动、误动、越级跳闸等故障形式,深入探讨了导致继电保护事故的主要原因,涵盖装置本体缺陷、二次回路问题、定值整定不当、人为因素等多个方面。在此基础上,提出了完善的事故处理策略体系,包括建立健全继电保护管理制度、加强技术改造与设备更新、优化定值整定与校验流程、强化人员培训与技能提升、构建智能化监测预警系统等措施。研究表明,通过实施综合性的预防和处理策略,可以显著降低继电保护事故发生率,提高电力系统运行可靠性。

关键词: 继电保护; 事故分析; 故障处理; 电力系统; 运行可靠性; 预防措施

随着我国经济社会的快速发展,电力需求持续增长,电网规模不断扩大,系统结构日趋复杂。在这一背景下,继电保护作为保障电力系统安全稳定运行的关键技术手段,其重要性愈发凸显。继电保护系统承担着快速、准确地切除故障元件,防止事故扩大,保证电网安全稳定运行的重要任务。然而,在实际运行过程中,继电保护装置本身也可能发生各类事故,如拒动、误动等,这些事故不仅会影响供电可靠性,严重时甚至可能引发大面积停电事故。近年来,虽然继电保护技术取得了长足进步,微机保护、数字化保护等新技术得到广泛应用,但继电保护事故仍时有发生。据统计,在电力系统事故中,由继电保护引起或扩大的事故占有相当比例。因此,深入分析继电保护事故的特点、原因,研究制定科学有效的处理策略,对于提高电力系统运行可靠性具有重要意义。

1 电力系统中继电保护常见事故

1.1 继电保护拒动事故

继电保护拒动是指当电力系统发生故障时,继电保护装置未能按照预定的动作逻辑正确动作,导致故障不能及时切除的现象。拒动事故是继电保护最严重的事故类型之一,其危害性主要体现在以下几个方面:首先,拒动会导致故障持续时间延长,故障电流长时间流过设备,造成设备损坏加剧。例如,当变压器内部发生匝间短路时,如果差动保护拒动,持续的短路电流会使故障点温度急剧升高,可能导致绝缘击穿范围扩大,甚至引发变压器爆炸等严重事故。其次,

拒动可能导致事故范围扩大。在电网互联程度日益提高的今天,局部故障如果不能及时切除,可能通过电气联系影响到相邻区域,造成连锁反应。特别是在重负荷运行状态下,拒动事故可能导致系统失稳,引发大面积停电。

1.2 继电保护误动事故

继电保护误动是指在电力系统正常运行或非保护区内发生故障时,继电保护装置错误动作,导致正常运行设备被切除的现象。误动事故虽然不会直接威胁设备安全,但会造成不必要的停电,影响供电可靠性。误动事故的主要危害包括:一是造成用户停电,影响生产生活;二是可能破坏系统运行方式,特别是在系统薄弱环节发生误动,可能导致潮流转移,引发过载等问题;三是频繁的误动会降低运行人员对保护装置的信任度,可能导致在真正需要保护动作时人为干预,造成更大的事故。

1.3 继电保护越级跳闸事故

越级跳闸是指当故障发生时,本应由故障点最近的保护动作切除故障,但该保护未能正确动作,而由后备保护或上一级保护动作,导致停电范围扩大的现象。越级跳闸介于拒动和误动之间,既反映了主保护的不正确动作,又体现了后备保护的作用。越级跳闸的危害主要体现在扩大了停电范围。例如,10kV 馈线发生故障时,如果馈线保护拒动,可能导致变电站 10kV 母线保护动作,造成该母线所有出线停电,影响范围从一条线路扩大到整段母线。

1.4 继电保护装置本体故障

继电保护装置本体故障是指保护装置硬件或软件出现缺陷,导致保护功能异常的现象。随着微机保护的普及应用,装置本体故障的表现形式也更加多样化。硬件故障主要包括:电源模块故障导致装置失电、采样回路故障导致测量异常、出口继电器故障导致无法正确出口、通信接口故障影响信息传输等。这些硬件故障可能是由于元器件老化、环境因素影响或设计缺陷等原因造成。软件故障则包括:程序逻辑错误、数据处理异常、参数存储错误等。特别是在装置升级改造过程中,如果软件版本管理不当,可能引入新的缺陷。某些厂家的保护装置还存在“Y2K”类似的问题,在特定日期或运行时间达到一定值后出现异常。

2 电力系统中继电保护事故原因分析

2.1 设备因素

设备因素是导致继电保护事故的重要原因之一,主要涉及保护装置本身的质量问题和老化问题。在装置质量方面,部分厂家的产品存在设计缺陷或制造工艺问题。例如,某些型号的微机保护装置在电磁兼容性设计上存在不足,容易受到强电磁干扰的影响;部分装置的电源设计不合理,在电网电压波动较大时容易出现故障;还有些装置的软件存在隐藏缺陷,在特定工况下会表现出异常。此外,继电保护装置长期运行在高温、高湿、强电磁场等恶劣环境中,电子元器件会逐渐老化。特别是电解电容、继电器触点、光耦等关键元件,其性能会随时间推移而下降。据统计,运行超过 10 年的微机保护装置,其故障率明显高于新装置。

此外,备品备件管理不当也是设备因素的重要方面。部分单位对继电保护装置的备品备件储备不足,或者备件长期存放导致性能下降,在需要更换时无法保证质量。

2.2 人为因素

人为因素在继电保护事故中占有相当大的比例,主要表现在以下几个方面:(1)设计阶段的人为失误:保护配置方案不合理、图纸设计错误、设备选型不当等。例如,在某些改造工程中,设计人员对系统运行方式变化考虑不充分,导致保护配置无法适应新的运行要求。(2)施工安装阶段的人为失误:接线错误、极性接反、端子压接不良等。特别是在工期紧张的情况下,施工质量容易出现問題。某电厂曾发生因 CT 极性接反导致的差动保护误动事故。(3)调试阶段的人为失误:保护定值输入错误、功能投退设置不当、

试验方法不正确等。调试人员的技术水平和责任心直接影响调试质量。(4)运行维护阶段的人为失误:误碰、误操作、维护不到位等。例如,在进行二次回路工作时,工作人员误碰运行设备导致保护误动;定期检验工作不到位,未能及时发现设备缺陷。(5)管理方面的人为因素:制度执行不严、培训不足、人员配置不合理等。部分单位对继电保护工作重视不够,专业人员数量不足或技术水平不高,影响了继电保护的运行维护质量。

2.3 定值问题

保护定值是继电保护正确动作的基础,定值问题是导致继电保护事故的重要原因。在实际运行中,定值问题主要表现在计算错误、配合不当、管理混乱和适应性差等方面。定值计算错误是最基本也是最常见的问题。在进行定值计算时,如果系统参数选择不当、计算方法错误或考虑不周全,会导致定值偏离实际需求。例如,某 220kV 变电站在进行线路保护定值计算时,未充分考虑系统小方式运行时的短路电流水平,导致保护灵敏度不足,在线路末端发生高阻接地故障时出现拒动。另外,在计算过程中对负荷电流、系统阻抗等参数的取值不准确,或者采用过于简化的计算模型,都会影响定值的准确性。特别是在系统运行方式变化较大的情况下,如果仍采用单一运行方式下的计算结果,必然导致在某些运行方式下保护性能不满足要求。

2.4 环境因素

环境因素对继电保护设备的影响不容忽视,恶劣的运行环境会加速设备老化,增加故障概率。继电保护装置作为精密的电子设备,对运行环境有较高要求,而实际运行环境往往存在各种不利因素。高温环境会加速电子元器件的老化过程,缩短设备使用寿命。研究表明,环境温度每升高 10℃,电子元器件的寿命将缩短一半。在夏季高温时期,如果保护室的空调系统出现故障,室内温度可能超过 40℃,这种极端高温会导致保护装置内部的电解电容、集成电路等关键元件加速失效。高湿度环境则可能导致绝缘性能下降、电路板腐蚀等问题。特别是在南方潮湿地区,空气相对湿度长期保持在 80% 以上,湿气容易侵入设备内部,在电路板表面形成水膜,造成爬电、短路等故障。

3 电力系统中继电保护事故处理策略

3.1 建立健全继电保护管理制度

完善的管理制度是保障继电保护安全运行的基础,首

先要建立全生命周期管理体系,从设备入网检测、运行监督到退役评估,每个环节都制定明确的技术标准和管理流程。其次要完善定值管理制度,实行定值票管理,任何定值修改必须经过计算、审核、批准、执行、归档五个环节,建立定值数据库实现版本控制和历史追溯。再次要强化运行维护管理,制定差异化巡视策略,重要设备增加巡视频次,建立设备缺陷闭环管理机制。此外要建立事故分析和经验反馈制度,每起事故都要深入分析原因、总结教训、制定措施,定期召开技术交流会交流经验。最后要加强专业协同,继电保护涉及一次、自动化、通信等多专业,需建立联合工作机制,确保各环节无缝衔接。通过制度化、规范化管理,从根本上提升继电保护运行管理水平。

3.2 加强技术改造与设备更新

对于老旧设备要制定更新计划,运行超过 15 年的电磁型保护、故障频发的早期微机保护应优先更换,选用技术成熟、运行可靠的新型装置。实施二次系统标准化改造,统一接线方式、端子排布、电缆标识,推广预制电缆和标准化端子箱,减少现场施工差错。对 220kV 及以上重要设备实施双重化改造,两套保护采用不同厂家、不同原理,从电源、采样到出口回路完全独立,避免共因失效。推进数字化升级,采用电子式互感器、合并单元、智能终端等技术,简化二次回路,提高抗干扰能力。改善设备运行环境,加强温湿度控制、电磁屏蔽、防尘防潮等措施,特别是沿海和工业污染地区要采取特殊防护。通过系统性技术改造,全面提升继电保护装备水平。

3.3 优化定值整定与校验流程

科学的定值整定是保护正确动作的前提,要采用专业整定软件建立准确的系统模型,计算时充分考虑各种运行方式,包括大小方式、检修方式和特殊工况,确保定值在各种情况下都能满足选择性、灵敏性、速动性和可靠性要求。建立三级审核机制,整定人员自查、专业负责人复核、技术负责人审批,重要保护还需组织专家评审,重点把关配合关系和灵敏度校验。规范现场校验程序,新投产和定值修改后必须进行完整的保护传动试验,模拟各种故障类型验证动作逻辑,多装置配合的保护要进行联动试验。建立定值动态评估机制,当系统方式变化时及时分析影响并调整,定期开展定值适应性核查。积极应用在线整定技术,基于实时运行数据动态优化定值,发展自适应保护提高对

系统变化的适应能力。

3.4 强化人员培训与技能提升

高素质的技术队伍是继电保护安全运行的根本保障。要建立分层次培训体系,新员工重点学习基础理论和规程规范,在岗人员定期更新知识掌握新技术新设备,骨干人员深入学习前沿技术参与科研项目。建设实训基地配备各类保护装置和试验设备,通过实物操作、故障模拟、应急演练等方式提高实战能力。实施导师带徒制度,发挥老专家传帮带作用,加快青年人才成长。定期开展技能竞赛和技术比武,以赛促学、以赛促练。加强安全教育和案例分析,学习事故教训,强化红线意识和底线思维。注重培养严谨细致的工作作风,关键操作双人把关,重要工作复核确认。建立激励机制,技术等级与待遇挂钩,为优秀人才提供发展平台。通过持续培训和实践锻炼,打造一支技术精湛、作风过硬的专业队伍。

4 结束语

继电保护作为电力系统安全稳定运行的第一道防线,其重要性不言而喻。本文通过对电力系统中继电保护常见事故类型的系统梳理,深入分析了导致事故的设备因素、人为因素、定值问题、环境因素和系统因素,并在此基础上提出了建立健全管理制度、加强技术改造、优化定值整定、强化人员培训、构建智能监测系统等综合性处理策略。这些措施相辅相成,共同构成了继电保护事故预防和处理的完整体系。随着电力系统向着特高压、大容量、远距离、智能化方向发展,继电保护面临的挑战也日益严峻。新能源的大规模接入改变了系统的故障特性,直流输电的广泛应用带来了新的保护难题,数字化技术的应用对保护装置提出了更高要求。在这种形势下,继电保护工作者必须与时俱进,不断学习新知识、掌握新技术、适应新要求。

参考文献:

- [1] 李渊文. 电力系统中继电保护事故原因分析及处理技术[J]. 科技创新与应用,2012,(32):133.
- [2] 冉小康. 电力系统中继电保护事故原因分析及处理技术[J]. 中国新技术新产品,2012,(03):164.
- [3] 黄波,顾艳. 电力系统中继电保护事故分析及处理[J]. 中国新技术新产品,2011,(24):175-176.

作者简介: 顾玉龙(1996—),男,回族,宁夏回族自治区吴忠市同心县人,本科,就职于国网宁夏电力有限公司吴忠供电公司,继电保护员,研究方向为继电保护。