

电力系统继电保护中的故障分析与处理策略探讨

吴 哲

朝阳燕山湖发电有限公司 辽宁省朝阳市 122000

摘 要: 电力系统要安全稳定运行,这对国家经济和社会生活十分关键。而继电保护则是捍卫电力系统安全的第一道屏障,本文意在深入探究继电保护领域的关键部分:故障分析及应对策略。文章先全面整理了电力系统中常见故障的基本种类,短路故障,接地故障以及断线故障等,然后细致论述了针对这些故障的分析手段,覆盖故障信息收集,特性分析并做到精准定位。在此基础上,论文着重论述了保护装置出现异常时的处理办法,还有故障发生之后的一系列应对措施,包含隔离,复原和防范等方面。对于处理效果的考量以及持续改善机制展开探讨,从而创建起较为完备且严谨的故障防御体系,以此来优化电力系统的整体可靠性。

关键词: 电力系统;继电保护;故障分析;处理策略;可靠性

引言

电力系统是复杂的电能生产,输送与分配网络。它的连续性和稳定性是现代社会正常运行的根基。外部环境的干扰,设备的磨损,绝缘性能的下降等很多因素都会引起系统出现故障,而且这些故障如果不能及时,精准地切除掉,就有可能引发一系列反应,造成大规模停电,带来巨额的经济损失和社会动荡。继电保护装置就像是电力系统的“守护神”,它最重要的任务就是随时观察系统的运行状况,只要一有故障产生,就能自动而快速地找出故障部件,并将其隔离,最大幅度地保留住未出故障部分的正常运行能力。所以,深入剖析电力系统故障的本质规律,依此制订出科学合理的应对方案,这对于改善继电保护品质,捍卫电网安全十分关键。本文将会围绕故障种类,分析手段,装置异常处理,系统规划方案以及成果评价等方面实施全方位探讨。

1 电力系统故障基本类型

1.1 短路故障

短路故障属于电力系统当中最为常见而且危害极大的故障种类,即相与相之间或者相与地之间通过一个相对较小的阻抗而产生的非正常相连情况。短路故障一旦出现就会致使回路中的电流骤然上升,有可能增至额定电流的十几倍乃至几十倍之高。短路电流若极大,会产生严重的电动力效应与热效应,这会令发电机,变压器,输电线路等电气设备遭受机械损伤,还可能致使绝缘层发生热击穿。短路时,系统电压会大幅下降,严重影响用户正常用电,甚至可能打破系

统稳定性。

1.2 接地故障

接地故障指的是电力系统里带电导体同大地或者与地相接的部件之间的电气连通情况。在中性点有效接地系统当中,单相接地故障会生成比较大的短路电流,对于这种故障的分析和解决方法和短路故障比较类似。但是在中性点未接地或者是经过消弧线圈接地的系统里面,出现单相接地故障的时候,接地电流就比较小,系统中的线电压能够维持对称,可以允许短时间内带着故障继续运行。接地故障即便存在,其潜在危险不容忽视,接地点产生的电弧有可能引起间歇性过电压,造成设备绝缘受损,严重时还可能演变成相间短路。

1.3 断线故障

断线故障因外力破坏,材料疲劳或者连接点松动等因素致使输电线路一相或者多相导线发生断裂。该故障会令系统转入非全相运行状态,造成三相电流和电压出现严重不对称情况。这样的不对称现象会在旋转电机内形成负序电流,进而引发电机转子过热及振动状况。断线有可能引发接地现象,从而造成复杂的复合故障,这给继电保护的判断和动作带来了更高的要求。断线故障不像短路故障会立即产生极大冲击,但它对系统稳定性以及设备安全造成的长远影响不可轻视,所以要求保护装置具有相应的检测能力。

2 继电保护故障分析方法

2.1 故障信息采集

全面而准确的故障信息是执行有效分析的根基。继电保

护故障信息的收集大多依靠安装在网络各个节点的互感器，即电流互感器和电压互感器，这些互感器会把一次系统的高电压，大电流按照一定比例转换成标准的二次信号，以供保护装置实施测量。智能电网持续发展过程中，故障录波器，保护信息经营系统等设备得到全面应用，它们可以记录故障发生前后完整的电气量波形（包含电流，电压），保护装置的动作时序以及开入开出量等详细情况。

2.2 故障特征分析

故障特征分析就是从收集来的原始数据当中获取可用于区分故障类型及性质的关键信息。当系统出现故障的时候，电气量就会表现出不同于正常状态的突然变化特点：短路故障会引起电流急剧增大，电压急剧减小；接地故障会产生零序电流和零序电压；断线故障则主要体现为电流存在严重的不均衡现象。保护装置内置有算法，该算法会随时计算电气量的幅值，相位，阻抗，序分量等特征参数，把计算所得值与预先设定好的整定值做对比，就可以判断故障是否产生，故障的性质以及故障的大致范围。现代保护装置还会运用谐波分析，行波分析等更为先进的技术以获取更微小的故障特征。

2.3 故障定位方法

快速而准确地找到故障点的位置，这对加强线路巡视以及缩减修复时间十分关键。故障定位的方法大致可归为阻抗法和行波法两类。阻抗法依照的是故障发生时测量点所见阻抗与故障距离呈正比这一原理，经由计算故障回路阻抗来推算故障距离。此方法原理较为简单，应用范围也较广，不过它的精度却容易受到系统运行方式，过渡电阻以及线路参数不对称等因素的影响。行波法则依靠故障瞬时产生的电压，电流行波在输电线路近乎光速的流传特性，经由测量行波抵达线路两端检测点的时间差来计算故障位置。此方法定位精度较高，过渡电阻影响较小，特别适合高压长线路，不过却对采样率和信号处理技术提出了更高要求。

3 常见保护装置异常处理

3.1 保护误动处理

保护误动指的是电力系统既未发生故障，故障也不在其保护范围之内时，保护装置却错误地执行了跳闸操作，这种行为属于不正确的动作现象。保护误动会造成供电被无端切断，引发不必要的停电损失。应对保护误动首先要做的是精准地记录下动作的相关信息，包含动作时间，有关电气量

的波形以及装置信号灯的指示情况等，然后借助保护信息经营系统来仔细展开分析。原因可能在于定值设置不合理，二次回路绝缘受损造成干扰，装置内部元件老化或者软件逻辑存在错误等方面。应对策略涉及重新核查并校正保护定值，查看二次回路的绝缘状况以及接线是否牢固，全方位地检测和考察保护装置。在找到原因并且解决相关问题之前，依照调度命令，对于存疑的保护措施必要时暂时退出运行，还要加大对其他保护措施的监测力度。

3.2 保护拒动处理

保护拒动指的是电力系统出现了应当响应的故障，可是保护装置却拒绝执行动作这样一种严重的异常状况。拒动带来的后果十分严重，也许会造成故障得不到及时切除，只能凭借后备保护或者上一级保护来执行动作，从而加剧停电的规模，还可能损害主要设备。对待拒动应当持有非常严谨而又彻底的态度。处理流程包含马上分析故障录波图，确认故障性质以及保护装置应有的动作行为，查看装置电源是否正常，保险是否熔断，检测保护装置的输入电流电压是否正常，出口回路是否完好，继电器动作功率是否充足。对装置自身执行模拟故障检测，验证其逻辑功能。如果确认装置有缺陷，就要立即执行修理或者更换，并且追溯同型号，同批次的装置是否存在共性隐患。

3.3 装置自检异常

现代微机保护装置一般都具有完备的自检功能，可以随时监测自身硬件（比如 CPU，存储器，采样回路，电源模块）以及软件的健康状况。一旦自检程序察觉到异常就会发出告警信号，而且有可能闭锁那些可能会误动的保护功能。对待自检异常告警务必要尽快处理。运行人员收到告警之后，要记录下告警信息，依照告警内容大致判定故障的严重程度。如果是普通告警，可以加强观察，安排计划性的检修工作；而针对严重的告警，特别是那些可能造成保护功能丧失的告警，应当马上向调度请求退出保护运行，并告知检修人员前来处理。

4 故障处理策略

4.1 隔离策略

故障隔离属于故障处理的关键阶段，该环节期望尽快而精准地把故障元件从正常电网当中分离出来，阻止故障影响进一步扩大。隔离策略大多依靠继电保护系统自行运作：主保护充当第一层屏障，负责及时切除自身元件范围之内的

故障。主保护若出现拒动情况,则由后备保护执行隔离操作。后备保护包含近后备和远后备两种类型:近后备依靠本元件另一套保护来达成隔离目标;远后备则靠相邻电气元件的保护动作来做到,其动作时限要与主保护以及相邻元件的后备保护协调一致,从而符合选择性的需求。在复杂网络架构下,还须要凭借断路器失灵保护这种特别的隔离手段来保障可靠性。

4.2 恢复策略

故障元件得以有效隔离之后,系统便踏入了复原阶段。复原策略旨在快速让非故障区域恢复供电,而且要尽力让被隔离的完好元件重新投入运行。复原操作务必小心开展,以免造成新的故障。策略包括:自动重合闸装置会尝试对瞬时性故障线路实施重合,如果重合成功,就能立即恢复供电;备用电源自动投入装置可把负荷从故障线路转到备用线路;在调度中心的指挥之下执行网络重构,以此来改善潮流分布情况并防止设备出现过载现象。

4.3 预防策略

预防策略着眼于长远,旨在通过一系列措施降低故障发生的概率,防患于未然。这包括技术和管理两个层面。技术层面包括:加强设备状态监测,并按时执行检修工作,这样就能及时察觉到绝缘方面的瑕疵并予以解决;改良设备的运行环境,比如巩固线路的防雷,防风偏以及防覆冰措施;采用更为可靠的保护原理及硬件设施,从而优化保护系统自身抵御干扰的能力及其可靠性。管理层面包括:改良电网结构以提升系统运行方式的灵活性;制订详细的应急预案并定时开展演练;加强对运行守护人员的专业培训,从而提升他们处理事故的能力。防范策略对于形成坚强智能电网十分关键,也是做到由被动应对故障向积极防范风险过渡的重要因素。

5 处理效果评估与改进

5.1 效果评估指标

为了科学衡量故障处理体系的有效性,需要建立一套全面的评估指标体系。这些指标应涵盖可靠性、速动性、选择性和灵敏性等继电保护的基本要求。具体指标可包括:保护正确动作率、保护装置投运率、故障切除时间、平均停电持续时间、平均停电频率、供电可靠率等。长期对这些指标执行统计并加以对比分析,便能定量考量故障处理各个阶段的性能,从而找出系统中的薄弱点。比如某个线路的保护正确动作率始终处于低位,这表明该线路的保护设置或者设备

大概存在一些深层次的问题,应当着重去剖析并加以改善。

5.2 改进措施

基于效果评估发现的问题,需制定并实施针对性的改进措施。如果评估发现保护误动较多,改进措施可能包括:复核并改良保护定值计算方案以改善定值配合的合理性;加强二次回路的屏蔽与接地来减小电磁干扰;升级保护装置的硬件或者软件,从而改进其抗干扰能力以及逻辑判断的准确性。故障定位精度若不达标,可考虑采用更先进的行波测距装置,或者改良既有阻抗法定位的算法模型。针对恢复策略效率低的情况,可以改善配电自动化系统的逻辑,亦或是提升调度支持系统的辅助决策功能。这些改进举措需形成一个持续更新,循环管理的进程。

5.3 预防机制完善

完善的预防机制是故障处理体系持续提升的保证。要形成起系统化的经验反馈及学习机制。每次发生故障事件,特别是复杂的连锁故障时,都应该深入做根源分析,找到技术和经营方面的问题所在,把分析结果变成具体的技术准则,反事故措施或者规章制度。要积极采用新技术以提升预防能力:利用大数据和人工智能技术对大量的运行数据以及故障录波数据执行分析,找出故障前兆特征,从而做到故障的预测与警报;推行状态检修模式,按照设备即时的健康状况来安排检修,取代固定时段的检修,以此加强检修的针对性和效率。

结语

电力系统继电保护的故障分析与处理属于多环节,多技术的系统工程。要清楚故障的基本类型,用科学方法精确分析,还要妥善处理保护装置自身的异常,由此形成包含隔离,恢复和预防的层次化策略,再加上持续的效果评价与改进,这些一起形成了捍卫电网安全的坚强壁垒。电力系统朝着高比例新能源,高电力电子化方向发展时,故障特征会变得越发繁杂,这给继电保护技术带来了新难点。未来,仍然得持续推进故障机理研究,促使分析方法智能化,改善处理策略的自适应能力,这样就能创建起更可靠,高效又智能的电网安全保护系统。

参考文献:

- [1] 张博华. 电力系统继电保护故障分析与安全控制 [J]. 大众用电, 2025, 40(04): 46-47.
- [2] 卜昱家. 电力系统继电保护中的隐性故障分析 [J]. 集

成电路应用,2025,42(03):190-191.

[3] 王馨瑶, 史宇. 电力继电保护的故障分析与维修技术研究 [J]. 张江科技评论, 2024,(06):89-91.

[4] 罗明飞, 汤瑞, 秦正升, 等. 基于信息技术的继电保护与故障诊断分析 [J]. 集成电路应用, 2024,41(03):256-257.

[5] 邵磊, 崔越. 变电站继电保护常见故障处理分析 [J]. 光源与照明, 2023,(10):234-236.

作者简介: 吴哲 (1990.02-), 男, 汉族, 辽宁省朝阳市, 本科, 工程师, 研究方向: 继电保护