

Research on mechanism and preventive measures of relay protection misoperation under complex fault condition of power grid

Wenli Li

State Grid Zaozhuang Power Supply Company, Zaozhuang, Shandong, 277000, China

Abstract

With the continuous expansion of power grid scale and the increasing complexity of power grid, the frequency of complex faults in power grid is gradually increasing, which puts forward a higher standard for the reliability and accuracy of relay protection system. Relay protection misoperation is a common situation in power grid under complex fault conditions, which may lead to large-scale power outage or even power grid collapse. This paper focuses on analyzing the characteristics of complex faults of power grid and their impact on relay protection system, deeply discusses the principle of relay protection misoperation, and puts forward corresponding preventive measures. By means of optimizing the design of relay protection devices, improving the operation mode of power grid, introducing intelligent technology and strengthening maintenance management, the probability of relay protection misoperation can be effectively reduced, and the safety performance and stability of power grid operation can be improved.

Keywords

complex fault of power grid; relay protection misoperation; preventive measures; intelligent technology; anti-interference ability

电网复杂故障条件下继电保护误动作机理及防范措施研究

李文利

国网枣庄供电公司, 中国·山东 枣庄 277000

摘要

随着电网规模持续扩大以及复杂程度日益提高, 电网复杂故障发生的频率渐渐攀升, 这对继电保护系统的可靠性与准确性提出了更高标准, 继电保护误动作是电网处于复杂故障状况下的常见情形, 有可能致使大面积停电甚至电网崩溃, 此篇文章着重分析电网复杂故障的特性及其对继电保护系统产生的影响, 深入探讨继电保护误动作的原理, 提出对应的防范举措。借助优化继电保护装置设计、改良电网运行方式、引入智能化技术以及强化维护管理等手段, 可切实降低继电保护误动作出现的概率, 提升电网运行的安全性能与稳定程度。

关键词

电网复杂故障; 继电保护误动作; 防范措施; 智能化技术; 抗干扰能力

1 引言

电网作为现代社会中极为关键的基础设施, 其安全且稳定地运行, 直接关联着经济发展以及人民的生活状况, 然而随着新能源大量接入、电力电子设备广泛应用以及电网结构变得日益复杂, 电网故障的类型与特征也呈现出更为多样的态势, 复杂故障大多时候有多发性、叠加性以及不确定性, 这给继电保护系统动作的准确性给予了严峻的挑战。继电保护出现误动作, 会使故障范围扩大, 还可能引发连锁反应, 造成严重的经济损失以及社会影响, 深入剖析电网复杂故障状况下继电保护误动作的机理, 并制定出有效的防范举措,

有着关键的理论意义与实践意义。

2 电网复杂故障概述

2.1 电网复杂故障的定义与分类

电网复杂故障即在电网运行时, 因多种因素相互作用所引发的故障, 其有故障类型多样、故障点分布广泛以及故障过程复杂的特点, 按照故障的性质与表现形式, 复杂故障可分成短路故障、断线故障、接地故障以及多故障叠加等类别, 短路故障覆盖单相短路、两相短路以及三相短路, 断线故障包含单相断线和多相断线, 接地故障分为直接接地与间接接地^[1]。

2.2 复杂故障的成因分析

电网复杂故障有着多种成因, 主要涉及设备老化、自然灾害、人为操作失误以及外部环境干扰等方面, 设备老化

【作者简介】李文利(1986-), 女, 中国山东枣庄人, 硕士, 副高级工程师, 从事继电保护专业研究。

乃是致使故障出现的常见缘由，像绝缘材料性能降低、接触不良这类情况，雷击、台风、地震等自然灾害也有引发电网故障的可能性，误操作开关、保护定值设置不妥当等人为操作失误，同样会致使故障发生^[2]。另外电磁干扰、谐波污染等外部环境干扰也会给电网运行带来不利作用，这些因素彼此相互作用，使得故障的复杂性与不确定性有所增加^[3]。

2.3 复杂故障对电网运行的影响

复杂故障给电网运行带来的影响是多方面的，故障出现后会致使电网电压与电流产生异常波动，对电力设备的正常运行造成影响，故障有引发继电保护系统误动作或者拒动的可能性，使得故障范围扩大，复杂故障还可能破坏电网稳定性，造成频率波动、功率失衡等问题，严重时会导致电网崩溃。研究复杂故障的特点以及其对电网运行的影响，对制定有效的防范措施意义重大^[4]。

3 继电保护误动作机理分析

3.1 继电保护误动作的定义与分类

继电保护出现误动作的情况，具体是指继电保护装置在本不应该动作的时候却发生了动作，又或者是在在理应动作的时候却没能及时动作，这样的误动作一旦出现，会让故障范围扩大，还说不定引发一系列连锁反应，给电网安全带来十分严重的威胁，依据误动作自身的性质，可以把它划分成误动和拒动这两类。所谓误动，指的是保护装置在不存在故障或者故障并未达到动作条件的情况下就发生了动作，而出现这种情况，一般是因为保护装置的定值设置不太合理、硬件出现故障或者受到了外部干扰，误动这种情况有可能致使正常运行的设备出现误跳闸现象，造成不必要的停电以及经济损失，拒动指的是保护装置在故障发生之时未能及时做出动作，这种情况一般是由于保护装置的灵敏度不够、逻辑设计存在缺陷或者故障信号没能准确传递所导致的^[5]。拒动有可能使得故障没办法及时被切除，让故障范围不断扩大，甚至引发连锁反应，最终造成大面积停电。

3.2 复杂故障条件下继电保护误动作的机理

在复杂故障情形下，继电保护出现误动作的机理主要涉及电压电流异常、频率波动、谐波与间谐波干扰以及多故障叠加等诸多因素，电压电流异常指的是故障使得电网电压和电流的幅值以及相位发生了明显变化，这种变化有可能触发保护装置产生误动作，比如说，当电网出现短路故障的时候，电流会急剧地增大，电压会降低，要是保护装置的定值设置得不合理，就有可能被误判为过流或者欠压故障，引发误动。频率波动是指电网频率偏离了正常的范围，这会对保护装置的动作特性造成影响，例如当电网发生大功率负荷突变时，频率可能会出现波动，要是保护装置的频率检测功能不够完善，就可能被误判为频率异常，引发误动，谐波与间谐波干扰是说电网中存在的高次谐波和间谐波会对保护装置的测量以及判断产生干扰^[6]。

3.3 继电保护误动作对电网安全的影响

继电保护出现误动作对电网安全会产生灾难性的后果，这种误动有可能致使正常运行的设备出现误跳闸情况，造成不必要的停电现象以及经济方面的损失，比如说，要是保护装置误判为过流故障，那么正常运行的设备就可能会被误跳闸，最终导致用户停电，对生产和生活都产生影响，而拒动的話，就可能使得故障没办法及时被切除，故障范围会不断扩大，甚至还会引发连锁反应，造成大面积的停电。例如当保护装置没能及时把短路故障切除时，故障电流就会持续存在，这样会导致设备损坏，甚至引发火灾之类的严重后果，另外误动作还可能会破坏电网的稳定性，引发频率波动、功率失衡等问题，严重的时候甚至会导致电网崩溃，比如要是保护装置误判为频率异常，就可能会误跳闸发电机，造成电网频率波动，影响电网稳定运行^[7]。

4 继电保护误动作的防范措施

4.1 继电保护装置的优化设计

继电保护装置的优化设计乃是防范误动作的首要步骤，提升保护装置的抗干扰能力极为关键，于电力系统之中，外部电磁干扰、雷电冲击以及开关操作等均有可能对保护装置造成影响，引发误动作，为了削减这些干扰，可采用高精度传感器与滤波器，举例而言，高精度的电流互感器以及电压互感器可更为精确地采集电流与电压信号，降低测量误差，以此降低误动的可能性。并且滤波器可有效滤除高频干扰信号，保证保护装置仅对有效的故障信号作出响应，在硬件设计方面，还可采用屏蔽技术以及接地技术等举措，强化保护装置的抗干扰能力，优化保护逻辑与定值设置同样是防范误动作的要点，保护逻辑是保护装置判断故障并执行动作的核心所在，合理的保护逻辑可保证装置在故障发生时准确动作，同时避免在非故障情形下误动^[8]。比如过流保护、欠压保护、频率保护等都需依据电网的实际运行状况设置合理的定值，定值设置过高可能致使保护装置在故障时拒动，而设置过低则可能引发误动，定值的设置需要综合考量电网的负荷特性、故障类型以及设备参数等诸多因素。

4.2 电网运行方式的优化

电网运行方式的优化对于防范继电保护误动作而言是一项关键举措，电网拓扑结构的优化是降低故障发生概率以及影响范围的关键所在，合理设计电网结构可提升电网的可靠性以及抗故障能力，举例来说，采用环网结构或者多电源供电结构，当某一线路或者设备出现故障时，可借助其他路径持续供电，减少故障对电网产生的影响。而且分布式电源的接入也需要进行合理规划，防止因分布式电源的波动性给电网稳定性带来不利影响，在电网规划阶段，还得考虑设备的冗余设计，保证在关键设备发生故障时，备用设备可迅速投入运行，保证电网的连续供电，优化运行方式调整与故障隔离策略是防范复杂故障的关键方式。在电网运行进程中，

运行方式的调整要依据负荷变化、设备状态等因素展开动态优化,比如在负荷高峰期,可以借助调整变压器分接头、切换运行线路等办法,优化电网的运行状态,降低故障发生的可能性,故障隔离策略的优化也十分关键,在电网发生故障时,快速切除故障设备并隔离故障区域,可防止故障扩大,减少对电网的冲击^[9]。

4.3 继电保护装置的智能化与自适应技术

继电保护装置的智能化以及自适应技术属于未来继电保护发展的关键方向,最先基于人工智能的保护策略是提升继电保护准确性与可靠性的关键所在,凭借引入机器学习、深度学习这类技术,可达成对电网运行状态的实时监测以及故障预测,以此提升保护装置的智能化程度,比如借助机器学习算法对电网的历史数据给予分析,可识别出潜在的故障模式,并且预测有可能发生的故障。基于此,保护装置可提前采取相应措施,预防故障的发生或者降低故障带来的影响,另外人工智能技术还可用于优化保护逻辑以及定值设置,比如借助剖析电网的负荷特性、设备状态等数据,智能保护装置可动态调整保护定值,保证在不同运行条件下可准确动作,自适应保护技术是提高继电保护装置适应性的关键方式^[10]。自适应保护技术可依照电网的运行状态动态调整保护定值以及逻辑,提升保护装置的可靠性与准确性,例如在电网负荷波动比较大的情形下,自适应技术可依据实时负荷数据动态调整过流保护的定值,保证保护装置在不同负荷条件下可准确动作,另外自适应技术还可以用于优化保护装置的故障判断逻辑。例如在电网发生复杂故障的时候,自适应技术可依据故障特征动态调整保护判据,提高故障判断的准确性,减少误动以及拒动的发生。

4.4 继电保护装置的维护与管理

继电保护装置的维护以及管理乃是保障其正常运行的关键举措,起初定期实施检测以及维护乃是预防误动作的根基所在,继电保护装置在长时间的运行进程当中,有可能会受到环境因素以及设备老化等影响,致使性能出现下降或者产生故障,定期针对保护装置开展检测以及维护工作,及时察觉并排除潜在故障,是保证其正常运行的关键要点。举例来说,定期对保护装置的硬件开展检查工作,保证传感器、滤波器等设备可正常运行,对保护装置的软件给予更新以及

优化,保证其可契合电网的运行需求,另外定期开展保护装置的整定试验以及功能测试,可验证其在不同故障状况下的动作性能,保证其在实际运行时可准确动作。

5 结论

在电网复杂故障情形下,继电保护出现误动作这一状况,对电网安全稳定运行而言是颇为关键的问题,深入剖析复杂故障所有的特点以及其对继电保护系统产生的影响,剖析继电保护误动作的内在机理,可制定出有效的防范举措,对继电保护装置设计给予优化、改进电网运行方式、引入智能化技术以及强化维护管理,这些皆是降低继电保护误动作发生概率、提升电网运行安全性与稳定性的关键办法。未来随着技术持续取得进展,继电保护系统会变得日益智能化且有自适应能力,为电网的安全稳定运行给予更为有力的保障。

参考文献

- [1] 巩怀鹏,程宇.光伏电站并网对配电网继电保护的影响研究[J].光源与照明,2024(11):117-119.
- [2] 梁君亮,董玉辉.探究光伏电站并网对配电网继电保护的影响[J].中国新科技,2022(7):58-60.
- [3] 张正祥,孙农,黄昱昊.光伏电站并网对配电网继电保护的影响探索[J].自动化技术,2020(3):87-88.
- [4] 杜亮.光伏电站并网对配电网继电保护的影响分析[J].电子技术,2022,51(11):298-299.
- [5] 吴其鲁.光伏电站并网对电网继电保护的影响研究[J].光源与照明,2024(7):150-152.
- [6] 万勇徐,鸿彦王,尚松时.浅谈智能站设计在变电二次继电保护中的作用[J].水电科技,2023,6(11):86-88.
- [7] 陈国平,王德林,裘愉涛,等.继电保护面临的挑战与展望[J].电力系统自动化,2017,41(16):1-11.
- [8] 李维强.论电力系统继电保护的作用及发展趋势[J].水利电力技术与应用,2024,6(9):49-51.
- [9] 张腾,胡瑶惠.电力系统继电保护技术及其维护管理[J].工程学研究与应用,2024,5(2):196-198.
- [10] 谢小瑜,周俊煌,张勇军.深度学习在泛在电力物联网中的应用与挑战[J].Electric Power Automation Equipment/Dianli Zidonghua Shebei,2020,40(4).