

变电运行中的继电保护问题与对策分析

童振华

(国网鄂州供电公司 湖北鄂州 436000)

摘要: 继电保护作为电力系统的核心组成部分, 对确保电网安全稳定运行至关重要。本文深入探究了继电保护技术的最新进展和它在电网稳定性中的关键作用, 以及变电运行中遭遇的常见问题, 文章提出了多种针对性对策, 从技术、管理和人员培训等多方面进行综合考虑, 全面解决变电运行中的继电保护问题。

关键词: 继电保护, 电网稳定性, 变电运行, 技术进展

引言: 随着电力系统的持续复杂化, 电网安全与稳定运行逐渐成为行业焦点。继电保护作为电力系统中的关键环节, 起到隔离故障、确保设备和系统连续运行的核心作用, 然而由于技术、设备和操作等多重因素, 变电运行中的继电保护面临众多挑战, 可能对系统稳定性产生不良影响, 深入剖析这些问题并寻求针对性解决策略对保障电网稳定性具有深远意义。

1. 继电保护在变电运行中的重要性

1.1 当前继电保护技术的进展

近年来继电保护技术在算法、硬件和通讯技术方面均取得了显著进步, 特别是随着数值保护的普及, 多种新算法被广泛采纳, 为短时故障、暂态过程和非线性负载等复杂情境提供了更为精确的保护响应。微处理器的应用使得保护装置具备更强大的数据处理能力, 为故障录波、故障诊断和保护逻辑实施提供了坚实基础。与此同时采用光纤通讯技术的保护信息传递方式逐渐替代了传统的有线方式, 大大提高了信息传输速度和可靠性, 然而更先进的技术带来的同时也引入了新的挑战, 如系统复杂度的增加和对操作人员技能要求的提高, 这也需要业界持续关注。

1.2 继电保护在确保电网稳定中的作用

继电保护的主要任务是在系统部分出现故障时, 迅速、准确地检测并隔离这些故障, 从而避免更大范围的连锁反应或系统崩溃。对于复杂和相互连接的大型电网系统, 继电保护的作用显得尤为重要, 因为其中的任何小故障, 如果未被及时处理, 都可能引发大规模的电网事故, 对公共和私人资产造成巨大损失, 甚至危及人命, 在高度现代化的电网中系统的连续性和可靠性往往取决于继电保护的响应速度和准确性。对于用户来说继电保护的高效性能确保了持续、不间断的电力供应, 使得关键设备、关键基础设施、甚至整个城市的正常运转成为可能, 而这一点在需要应对自然灾害、设备老化或其他突发事件的紧急情况下显得尤为关键。随着技术的进步, 继电保护已经不再是一个孤立的系统, 而是与其他先进的电网技术, 如系统控制、电网自动化、分布式能源资

源和能量管理系统等紧密结合形成了一个综合的、互补的保护和控制体系, 这种紧密结合使得电网不仅可以在常规操作中保持稳定, 而且在非常规或极端条件下也能有效应对, 确保电力系统的安全、高效和可靠运行, 满足现代化城市和产业的不断增长的电力需求^[1]。

2. 变电运行中常见的继电保护问题分析

2.1 误动作与失动作的原因及影响

继电保护系统的误动作和失动作常被视为电力系统中的严重问题, 直接威胁到电力系统的稳定和安全。误动作是指保护装置在无需操作时错误地启动, 而失动作是指保护装置在需要操作时未能正确响应, 这些问题的根源可能包括传感器误差、通讯故障、保护设定不当或系统干扰, 例如外部环境如雷击或其他电磁干扰可能导致保护装置误判。同时随着电力系统复杂度的增加和分布式能源的广泛接入, 系统的暂态过程变得更为复杂, 进一步增加了误动作和失动作的风险, 这些问题不仅可能导致供电中断、设备损坏和经济损失, 而且在极端情况下, 可能引发更大规模的电网事故, 对社会造成巨大的负面影响。

2.2 设备故障与保护系统的脱节问题

设备故障和保护系统脱节是电力行业面临的另一大难题, 随着电力设备日趋老化, 其内部故障的可能性增加, 但继电保护系统可能无法及时检测到这些隐患。另一方面由于继电保护系统升级和更换的周期往往长于设备自身, 这可能导致新旧技术之间的不匹配, 例如新型保护装置的特性可能与老化设备不完全匹配, 导致保护动作不准确。随着智能电网技术的快速发展, 保护装置与其他系统(如SCADA或分布式控制系统)之间的接口问题也愈发明显, 这种脱节可能导致信息传输的延迟或误差, 进而影响保护动作的准确性和及时性, 这种脱节现象不仅增加了操作风险, 而且可能导致电网事故, 对电力系统的稳定性构成威胁^[2]。

2.3 通讯与信息传递的障碍

电力系统中的继电保护设备依赖于高效且稳定的通讯来确保其正确和及时的响应, 但在现实运行中通讯和

信息传递经常受到各种障碍，导致继电保护的不稳定性和不可靠性，由于现代电力系统越来越依赖于数字化和网络化技术，任何通讯链路的微小故障或延迟都可能导致继电保护装置的误动作或失动作，例如光纤通讯线路可能因为外部干扰、物理损伤或连接问题而导致数据传输中断。随着分布式能源资源和智能电网的普及，数据交换和通讯需求显著增加，而旧有的通讯基础设施可能难以应对这种日益增长的负载。此外，网络安全问题也给通讯带来了挑战，如黑客攻击或恶意软件可能导致信息传递的中断或篡改，这些通讯和信息传递的障碍不仅增加了系统的运行风险，还可能对电力系统的整体稳定性和安全性产生潜在的负面影响。

3. 针对继电保护问题的有效对策

3.1 技术创新与设备更新对策

近年来，电力系统继电保护领域的技术快速发展，伴随着一系列先进的设备和算法的涌现。采用先进的微处理器技术，现代的继电保护装置在数据处理能力、响应速度以及功能扩展性方面有了显著的提升。以数字保护继电器为例，其采样频率可以达到 4kHz，相对于传统的模拟继电器的 200Hz，提升了 20 倍，大大增强对瞬时故障的检测和判别能力。另一方面宽带通讯技术的应用在同步测量系统（如 PMU）中，使得保护装置能够获取到电网中不同位置的实时电压和电流信息，精度可达到微秒级，这种数据的实时同步为基于全局信息的保护策略提供了可能。为应对 2.3 节中提到的通讯与信息传递障碍，新一代的光纤通讯模块已经在市场上推出，其数据传输速率可以达到 100Gbps，且具备更强的抗干扰能力和更高的数据完整性。更为关键的是为了提高电网的抗干扰能力，一种基于模糊逻辑的故障检测算法被提出，它可以在电网出现复杂的故障或干扰时，快速准确地定位故障点，这种算法已经在多个电网系统中得到了实际应用，故障检测的准确率可达到 99.5%^[3]。以下表格展示了一些关键技术参数的比较：

表 1：关键技术参数的比较

技术/设备	传统技术	现代技术
继电器采样频率	200Hz	4kHz
通讯模块速率	10Gbps	100Gbps
PMU 数据精度	毫秒级	微秒级
故障检测准确率	97%	99.5%
光纤通讯抗干扰性	中等	高

3.2 强化维护管理与操作流程

维护管理应遵循预防为主、检修结合的原则，定期对继电保护设备进行检查和维护，确保其处于最佳工作

状态。为此基于大数据和机器学习技术的预测性维护策略逐渐受到电力企业的关注，通过收集继电保护装置的运行数据，如温度、湿度、电压、电流等参数，机器学习模型可以预测设备的故障概率，并提前为维护团队发出警报。根据统计数据此种预测性维护策略可以降低设备故障率 30%以上。操作流程方面为提高操作人员的响应速度和操作准确性，一种基于虚拟现实技术的操作模拟训练系统被开发出来，可以模拟各种复杂的电网故障场景，帮助操作人员熟悉和掌握正确的操作流程，使用此种系统进行培训的操作人员，在实际工作中的误操作率比传统培训方式低了 40%以上。

3.3 人员培训与知识更新策略

继电保护领域的快速技术进展要求电力行业人员不断更新知识和技能，确保与时俱进。近年来模块化和数字化的继电保护设备变得越来越复杂，因此对操作人员的技能要求也相应提高，为此多模态学习环境，结合线上和线下培训逐渐成为主流，这种环境通过虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和混合现实(MR)技术，模拟真实的电力系统故障场景，使培训过程更为直观和互动。同时，基于大数据和云计算技术可以为每位参训者提供个性化的培训内容和进度，确保培训效果最大化^[4]。此外，为提高培训的实效性，采用机器学习算法对参训者的操作数据进行实时分析，及时反馈操作中的错误，并给出改进建议。研究表明，采用上述技术手段进行人员培训，相较于传统培训方法可以提高培训效果约 50%。

结论

继电保护在变电运行中占据核心地位，与电力系统的稳定、安全和高效运行紧密相关，本文从继电保护的重要性、常见问题及其对策三个方面进行了深入分析，现代电网面临的复杂性和高技术要求使得继电保护问题及其对策的研究显得尤为重要。针对这些问题技术创新、强化维护管理和人员培训等策略逐渐浮现并被广泛应用，通过不断完善技术与管理措施，确保电力系统在未来能够持续、稳定地为社会提供电力服务。

参考文献：

[1]冯新悦.变电运行中的继电保护问题与对策分析[J].产业创新研究,2023(14):129-131.
 [2]刘盼. A 供电公司继电保护流程管理问题及对策研究[D].河南大学,2022.
 [3]歌乃东.变电运行中的继电保护问题与对策分析[J].集成电路应用,2021,38(10):110-111.
 [4]杨昆.500kV 变电站继电保护故障及解决对策[J].电力设备管理,2021(03):58-59+91.