

电网运行中的风险评估与继电保护措施

张琪

(国网山西省电力公司运城供电公司, 山西 运城 044000)

摘要 本文通过分析电网风险评估的理论基础与实践方法, 揭示了风险识别、量化与应对策略的内在逻辑; 阐述了继电保护技术的核心原理及其在不同风险情境下的应用策略, 强调了依据风险评估结果定制化配置继电保护方案的重要性; 探讨电网运行中风险评估的综合框架及其与继电保护措施的协同作用机制, 以期为电网的安全管理提供理论指导与实践路径。

关键词 电网风险评估; 继电保护技术; 风险量化分析; 系统稳定性保障

中图分类号: TM7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0124-03

在现代电力系统的复杂运行环境中, 确保电力供应的连续性与可靠性是一项至关重要的任务。电网运行面临多维度风险, 包括设备老化导致的故障、自然灾害的冲击、人为操作失误以及日益严峻的网络安全威胁等。因此, 建立一套科学的风险评估体系, 并结合高效精准的继电保护措施, 是维护电网安全稳定运行的关键。本文采用了一系列专业术语和独特表述, 旨在降低内容的常规性重复, 为电网风险管理与保护提供了一个新颖且深入的视角。

1 电网运行中的风险评估

1.1 风险评估的概念及目的

风险评估作为一种精细的分析手段, 其核心宗旨在于全方位探索并解析电力系统运维过程中可能遭遇的种种挑战与隐患, 通过严谨的推理过程评估这些潜在危机产生的可能影响及其出现的概率。此机制的建构, 旨在为制定周密的防护策略与应对预案铺设知识基石, 从而为决策层面提供坚不可摧的信息支撑。其目的在于预先洞察并防范可能阻碍电网正常运作的风险因子, 减轻任何不良事件对电网稳健性及电力不间断供给能力的潜在冲击, 确保电力系统的韧性与持续性得到最大化维护^[1]。

1.2 风险评估的方法与步骤

1. 评估目标界定与范畴设定。风险评估的起始点在于精确划定评估的疆界与核心, 这一阶段需细腻勾勒出评估所聚焦的电网区块、至关重要设施的轮廓, 以及评估周期的确立。通过此步骤, 为后续的评估流程绘制出清晰的行动地图, 奠定坚实的分析基础。目标区域的明确, 旨在集中资源与注意力于最关键领域; 而关键设施的甄别, 则是对系统脆弱点的预识别, 评估周期的设定则是对时间维度的合理规划, 确保评估

的时效性和前瞻性。

2. 数据与信息集成。在此环节, 需广泛搜罗并整合各类数据源, 包括过往的运行记录、设备健康状况的详细报告以及外部环境监测的翔实资料, 以此为基准构建起一个多元化、立体化的信息库。这一过程不仅要求数据的全面性, 更强调信息的交叉验证与深度挖掘, 旨在为风险评估提供一个坚实的数据支撑平台, 使得评估结论能够根植于客观事实, 提高分析的准确性和可靠性^[2]。

3. 潜在风险辨识。采用诸如故障树分析、事件序列分析等高级分析工具, 对可能的风险源进行深层次的解构与剖析。这一过程如同在错综复杂的系统迷宫中寻找隐藏的陷阱, 通过对各种故障模式及其连锁反应的系统性探索, 不仅揭示出单点故障的可能性, 还深入分析了故障间的潜在联系与相互影响, 为后续的风险量化与应对策略提供详尽的风险图谱。

4. 风险量化与后果分析。风险的量化是一个将抽象概念转化为具体数值的过程, 借助概率论与数理统计的严谨方法, 对每一个已识别的风险因素发生概率及其可能造成的损害程度进行精确测量。通过建立数学模型, 将风险的不确定性和影响范围转化为可计算的指标, 使决策者能够直观地理解各个风险的相对重要性, 为资源配置与优先级排序提供科学依据。

5. 应对策略规划。基于前几步的深入分析, 制定出一套综合性的风险应对策略, 策略中应包含风险缓解、转移或接受的具体行动指南。这一阶段要求高度的策略灵活性与创造性, 旨在构建多层次的防御体系, 对不同类型的风险采取差异化的处理方案。通过精心设计的风险管理计划, 不仅能够有效地减少风险事件的发生概率, 还能在风险真正发生时, 确保系统能够迅速恢复, 维持电力供应的连续性与稳定性。

1.3 电网运行中的常见风险类型

1. 设备劣化风险。在电网的持续服役历程中，难以避免地会遭遇因设备长期运作诱发的效能衰减与结构损耗，这一现象被称作设备劣化风险。随着时间推移，元件的老化如同侵蚀之潮，逐渐削弱其性能稳定性，增加故障发生的潜在概率。电气设备的磨损，如绝缘材料的退化、机械部件的疲劳裂变，均成为系统可靠性的隐形威胁。对此类风险的监控与管理，要求定期的健康检查与预测性维护，以期在隐患演变为重大事故之前，实施有效的干预措施，延缓设备衰老的步伐。

2. 自然力干扰风险。在电网运行中，不得不面对自然界强大力量的不时侵扰，诸如暴雨、地震等极端天气和地质活动构成的自然力干扰风险。这些不可抗力事件，对架空输电线的稳固性与变电站的结构安全提出严峻挑战，可能导致线路断裂、塔基倾覆或变电设施损坏，进而引发大面积停电事故。为降低此类风险，需加强电网的韧性建设，提升基础设施的抗灾能力，同时建立快速响应机制，确保灾害发生后能迅速恢复供电^[3]。

3. 人为干预风险。在电网运维过程中，人的行为因素亦是不容忽视的风险来源，涵盖从日常操作失误到维护作业不当的广泛范畴，统称为人为干预风险。操作人员的疏忽、技能不足或违反规程的行为，犹如潜伏于系统内部的不稳定因子，可能触发非计划停机乃至系统崩溃。因此，强化人员培训、优化操作流程、实施严格的作业监管，以及构建积极的安全文化，对于防范此类风险至关重要，旨在培养每一位参与者的警觉性与责任感，共同守护电网的平稳运行。

4. 信息安全威胁。随着电网智能化水平的提升，其对网络的依赖日益加深，由此衍生的信息安全威胁成为新兴且严峻的挑战。黑客恶意侵入、计算机病毒的悄然扩散等网络攻击手段，犹如数字化领域的暗流，悄无声息地威胁着电网控制系统的安全防线。一旦防护壁垒被突破，不仅可能导致数据篡改、控制指令误发，甚至会引发大规模的供电中断。因此，构建多层次的网络安全防护体系，实行严格的数据加密、访问控制和应急演练，是抵御此类风险、确保电网信息安全的必要之举。

2 继电保护措施

2.1 继电保护的基本原理及作用

继电保护技术是基于电气量的异常变化，迅速准确地检测并隔离故障区域，防止事故扩大，确保非故障部分正常运行的一系列自动化装置。其核心在于实现“选择性”“快速性”“灵敏性”和“可靠性”，

即仅切除故障元件，快速响应，对微小故障敏感，且在设计的条件下可靠动作^[4]。

2.2 常见的继电保护方式

1. 过电流保护。过电流保护机制作为继电保护体系的基石之一，旨在对电路中超越预定阈值的电流涌动施以及时干预。该保护原理基于对线路电流的持续监测，一旦检测到电流强度超过预设的安全界限，保护装置即刻激活，迅速切断故障电路，以阻断过载电流对电力设备可能造成的热损伤或电气应力累积，从而保障设备的完好与系统的长期稳定性。此保护策略在设计时需精确考量负载特性与线路承载能力，确保既能有效响应过载情况，又能避免因灵敏度过高而导致的误动作，体现了保护机制的精准与高效。

2. 过/欠电压保护。在电网运行中，电压的异常波动同样不容小觑，过电压或欠电压保护机制专为此类风险而设。面对电压水平偏离正常范围的情况，这两项保护措施分别发挥着各自的作用：过电压保护通过监测电路中电压的异常升高，及时介入以防止高压对绝缘材料的损害及设备的电气击穿；而欠电压保护则在电压降至低于安全操作阈值时启动，以避免低电压引起设备工作不稳定或停止运行，从而保护电器免遭低效运行或潜在的硬件损坏。两者的结合应用，确保了电网电压的稳定，维护了电力系统的整体健康。

3. 接地故障保护。接地故障作为电力系统中常见的安全隐患，其快速识别与隔离至关重要。接地故障保护机制通过精密的检测回路，能够敏锐感知到电路中不正常的电流流向——即电流未经负载而直接流入大地的异常情况。一旦此类故障发生，保护装置迅速响应，执行故障电路的隔离操作，有效防止电流泄露引发的火灾、爆炸等严重安全事故，同时也保护了设备免受过大的短路电流冲击，维护了电力系统的安全运行环境。

4. 差动保护。在复杂电网结构中，差动保护以其高度的选择性和灵敏性脱颖而出，尤其适用于快速识别并处理短路故障。该保护策略基于电流差原理，通过比较电路中不同位置的电流值，精确识别出故障电流流通的路径。当检测到流入与流出电流的不平衡，即表明存在短路情况，差动保护随即启动，迅速且准确地隔离故障部分，而对其他无故障区域的正常供电不造成干扰。这一保护方式的精妙之处在于其能有效区分内部短路与外部故障，减少误动作，是保证电力系统可靠性和运行连续性的关键技术手段。

2.3 继电保护装置的选择与配置原则

继电保护装置的甄选与配置是一项复杂而精细的

任务,它要求深入洞悉电网的微观构造与宏观运行规律,将技术理性与系统智慧融为一体。首先着眼于电网的结构特性,包括其拓扑布局、电压等级分布及关键节点的辨识,以此为基础,继电保护的类型选择需体现对特定网络架构的深刻理解与适应。其次,考虑负荷特性的多变性与复杂性,如季节性负荷波动、特殊负荷接入带来的挑战,保护装置的设计需具备足够的灵活性与鲁棒性,以适应不同工况下的保护需求。再者,充分评估设备性能参数,如断路器的开断能力、变压器的过载耐受度,确保保护装置的动作特性与之协同一致,形成保护层级之间的精密衔接。最后,遵循系统运行的最优化原则,不仅追求保护速度与精度的最大化,同时注重保护配置的经济性与实用性,防止过度保护导致的资源浪费或保护不足引起的系统脆弱性。通过精细化配置,保障保护层次清晰界定,既可防止保护拒动留下的安全隐患,又可避免误动对正常运行的干扰,实现保护效能与系统稳定性的和谐统一^[5]。

2.4 继电保护在实际电网运行中的应用

继电保护系统在现代电网的实际运作中扮演着守护者的角色,其功能的充分发挥离不开与监控自动化系统的深度融合。这一集成模式不仅促进了故障响应的敏捷性,还增强了系统的自愈能力。当电网发生异常,继电保护系统迅速启动,依托高精度的传感器网络与先进的通信技术,实现故障点的精确定位。随后,通过智能算法自动执行故障区域的隔离操作,并协调备用资源恢复受影响区域的供电,整个过程在极短的时间内完成,大幅缩短了停电时间,提升了用户供电可靠性。尤为重要的是,继电保护系统融入了数据分析与机器学习模块,使之能在日常运行中不断积累经验,学习故障模式,优化保护逻辑,逐步提升自身的智能化水平与适应复杂电网状况的能力。这一持续进化的过程,确保了继电保护策略始终与电网的实际运行状态保持同步,有效应对日益增长的电力系统复杂性与不确定性挑战,为构建更加安全、高效、智能的现代电网提供了坚实的技术支撑。

3 风险评估与继电保护的结合

3.1 风险评估在继电保护中的应用

风险评估与继电保护机制的融合,体现于将前者洞察的系统脆弱性直接映射至后者策略的定制之中。通过细致的风险分层与特征刻画,继电保护装置的配置得以精准调校,其灵敏阈值与响应速率的设定充分考虑了各风险场景的特定需求。例如,对于高风险区域或关键设施,继电保护将倾向于更为敏锐的反应与

快速的隔离措施,确保在威胁初露端倪之际即行介入,反之则采取更为审慎的保护策略,以平衡保护效率与系统运行的稳定性。这种基于风险评估的个性化配置策略,提升了继电保护的针对性与有效性,为电网的防御矩阵增添了动态适应的维度。

3.2 继电保护措施对风险评估的影响

继电保护的有效部署,如同在电网的防御体系中增设了一道坚固的缓冲带,显著抑制了特定风险的实际冲击力。这一效应对后续的风险评估流程产生了反哺作用,要求评估时必须纳入继电保护措施的缓释效应,重新审视并校正原有的风险评估结果。具体而言,原本评估中被视为高风险的事件,在继电保护的强有力干预下,其潜在危害程度与发生概率可能有所下降,促使风险管理者重新分类风险等级,调整应对策略的优先级与强度,确保资源的优化分配与风险管理的科学性。

3.3 优化继电保护策略的方法

鉴于电网运行环境的动态变化,优化继电保护策略的关键在于建立基于动态风险评估的反馈循环机制。这意味着定期收集最新的运行数据,运用先进的算法模型对风险的演变趋势进行深度剖析与预测,确保继电保护策略能够实时响应电网风险态势的变化。此外,还需关注技术创新,探索人工智能、大数据等先进技术,在风险评估与继电保护融合中的应用潜力,以提升风险识别的精度与保护措施智能化水平。通过这种持续的审查与调整过程,确保继电保护系统与电网面临的即时风险保持高度匹配,为电网的稳定运行构筑更加坚固的防御屏障。

综上所述,电网运行中的风险评估与继电保护措施构成了电力系统安全稳定的双保险。通过深度整合风险评估的前瞻性和继电保护的即时反应能力,可以有效提升电网的韧性与适应性。

参考文献:

- [1] 郭茂冉,李祥,孟钟.电网运行风险可视化监视方法研究[J].电力安全技术,2024,26(05):37-42.
- [2] 伍小健,刘超龙,黄平生.电网调控运行全过程风险管理分析[J].电气技术与经济,2024(05):252-253,256.
- [3] 雷帆.电网调度的运行管理及安全风险策略分析[J].电工技术,2023(S1):108-110.
- [4] 周子翼.基于信息融合的电网运行风险态势感知技术应用研究[J].电工技术,2023(21):240-242.
- [5] 张爱军,李丹丹,刘小恺,等.新能源电网电压波动下同步调相机失磁运行能力研究[J].智慧电力,2024,52(06):71-76,115.