

智能电网继电保护技术创新应用研究

黎杰 杨越

国网冀北电力有限公司秦皇岛供电公司，河北省秦皇岛市，066000；

摘要：随着智能电网的快速发展，继电保护技术作为保障其安全稳定运行的核心要素，创新应用需求愈发迫切。本文深入聚焦智能电网继电保护技术，全面剖析其于智能电网中的关键地位与发展现状。通过细致梳理现有技术，深度挖掘基于信息共享、自适应保护等创新技术的突破点，并结合分布式电源接入、微电网运行等典型场景，系统阐述创新技术的具体应用方式与实施策略。研究结果表明，创新继电保护技术可有效提升智能电网安全性、可靠性和稳定性，为智能电网的高效运行筑牢技术根基，对推动电力系统现代化发展具有重要意义。

关键词：智能电网；继电保护技术；创新应用；电力系统

DOI：10.69979/3041-0673.25.09.015

引言

智能电网作为未来电力系统的核心发展方向，承载着推动能源转型、提升供电质量的重要使命，其运行的安全性和可靠性直接关乎国家能源战略的实施与社会经济的稳定发展。继电保护技术作为电网安全运行的

“卫士”，在智能电网环境下，面临着前所未有的挑战与机遇。传统继电保护技术基于固定的逻辑和参数，在应对智能电网中分布式电源大量接入、电网拓扑结构频繁变化、故障特性复杂多变等问题时，逐渐显露出局限性。例如，分布式电源接入后，电网潮流方向改变，传统保护可能出现误判。因此，深入开展智能电网继电保护技术的创新应用研究，探索契合智能电网特性的保护方案，成为提升电网运行质量和效率、实现智能电网可持续发展的必然选择，对保障电力系统安全稳定运行具有重要的现实意义。

1 智能电网继电保护技术概述

1.1 智能电网的特点

智能电网具有高度的信息化、自动化和互动化特征。它通过先进的传感器、通信技术和计算机技术，系统内部能够进行有效互动，实现对电网运行状态的实时监测和控制^[1]。智能电网能够整合多种能源形式，包括可再生能源，提高能源利用效率。同时，智能电网还具备强大的自愈能力，能够在故障发生时迅速隔离故障区域，恢复供电。这些特点使得智能电网在运行过程中更加灵活、可靠，但也对继电保护技术提出了更高的要求。

1.2 继电保护技术在智能电网中的作用

继电保护技术是智能电网安全运行的重要保障。它能够在电网发生故障时，迅速、准确地切除故障设备，防止故障扩大，保护电力设备和人员安全。继电保护装

置还可以对电网运行状态进行监测和分析，为电网的优化运行提供依据。在智能电网中，继电保护技术需要与其他自动化系统进行协同工作，实现对电网的智能化控制和管理。

2 智能电网继电保护技术现状分析

2.1 现有继电保护技术的优势

传统继电保护技术经过多年的发展，已经具备了较高的可靠性和成熟度。例如，电流保护、电压保护等基本保护原理在实际应用中取得了良好的效果。这些保护技术能够快速响应故障，准确切除故障设备。同时，现有继电保护装置的制造工艺和质量也得到了很大提高，能够适应复杂的电网运行环境。

2.2 现有继电保护技术的局限性

然而，在智能电网快速发展的背景下，传统继电保护技术的局限性日益凸显。一方面，传统继电保护装置大多依赖本地采集的信息进行故障判断和决策，缺乏对电网全局信息的综合分析与利用。在智能电网中，分布式电源、储能装置等大量接入，电网拓扑结构复杂多变，仅依靠本地信息难以准确判断故障性质和范围，容易导致保护误动或拒动。另一方面，分布式电源的接入改变了电网的故障电流特性。传统继电保护技术通常基于单向潮流的故障电流特征进行设计，当分布式电源向故障点注入电流时，故障电流的大小、方向和相位都会发生变化，使得传统保护的动作灵敏度降低，甚至无法正确动作，严重威胁电网的安全稳定运行^[2]。据统计，在部分分布式电源高渗透率地区，传统继电保护装置的误动率较以往增加了 20% - 30%。

3 智能电网继电保护技术创新点

3.1 基于信息共享的继电保护技术

在智能电网中，海量的传感器和监测设备持续产生丰富的电网运行信息，为继电保护技术的创新提供了数据基础。基于信息共享的继电保护技术通过构建统一、高效的信息交互平台，打破不同继电保护装置之间的信息壁垒，实现信息的实时交互与共享。该平台采用标准化的数据通信协议，确保不同厂家、不同型号的继电保护装置能够顺畅地进行数据传输和交换。当电网某一区域发生故障时，故障区域的继电保护装置可迅速将故障信息上传至信息平台，相邻区域的保护装置能够实时获取这些信息，结合自身监测数据，从全局角度对故障进行综合判断和分析，协同动作，实现对故障的快速、精准隔离。例如，在某城市智能电网试点项目中，应用基于信息共享的继电保护技术后，故障隔离时间从原来的数百毫秒缩短至 100 毫秒以内，大幅提高了电网的故障处理效率和供电可靠性。

3.2 自适应继电保护技术

自适应继电保护技术是针对智能电网运行状态多变的特点而提出的创新技术，其核心在于能够根据电网运行工况的动态变化，自动调整保护参数和动作特性。该技术通过实时监测电网的负荷变化、分布式电源出力情况、电网拓扑结构调整等信息，利用先进的算法和模型，动态计算并优化保护定值^[3]。例如，当分布式电源接入电网时，自适应继电保护技术可根据电源的类型、容量、接入位置以及实时出力情况，自动调整电流保护的动作门槛，避免因分布式电源注入电流导致保护误动作；在电网负荷高峰时段，根据负荷变化自动调整过负荷保护的延时时间，确保保护装置在不同工况下都能准确、可靠地动作。此外，自适应继电保护技术还可通过对电网运行趋势的分析和预测，提前调整保护策略，提高电网应对潜在故障的能力。

3.3 广域继电保护技术

广域继电保护技术利用广域测量系统（WAMS）获取电网的全局信息，实现对电网故障的快速、准确判断。广域继电保护系统可以综合考虑多个变电站的信息，对故障进行全局分析和决策^[4]。与传统继电保护技术相比，广域继电保护技术具有更高的灵敏度和可靠性，能够有效解决智能电网中分布式电源接入带来的保护难题。例如，在分布式电源接入的配电网中，广域继电保护技术可以通过分析多个节点的电压、电流信息，准确判断故障位置，实现对故障的快速隔离。

4 智能电网继电保护技术创新应用场景

4.1 分布式电源接入场景

随着分布式电源的大量接入，智能电网的故障特性发生了显著变化。传统继电保护技术在应对分布式电源接入时，可能会出现误动作或拒动作的情况。创新的继电保护技术可以有效解决这些问题。例如，基于信息共享的继电保护技术可以实时获取分布式电源的运行信息，结合电网的全局信息进行故障判断，提高保护的准确性。自适应继电保护技术可以根据分布式电源的出力情况自动调整保护参数，确保保护装置在分布式电源接入时能够正常工作。

4.2 微电网运行场景

微电网作为智能电网的重要组成部分，具有独立运行和并网运行两种模式，不同运行模式下电网的运行特性和故障特征差异显著，对继电保护技术提出了更高的灵活性要求。广域继电保护技术在微电网运行场景中发挥着重要作用。当微电网处于独立运行模式时，广域继电保护系统可基于微电网内部各节点的监测信息，快速判断故障位置和类型，实现对微电网内部故障的精准隔离和处理；在微电网并网运行时，该技术能够与大电网的继电保护系统进行信息交互和协同配合，综合考虑微电网和大电网的运行状态，制定合理的保护策略，确保微电网与大电网之间的安全稳定连接和协同运行^[5]。此外，基于信息共享和自适应保护技术，也可根据微电网运行模式的切换，自动调整保护参数和动作逻辑，实现对微电网的全方位、灵活保护。

4.3 智能变电站场景

智能变电站作为智能电网的关键枢纽，集成了大量智能化设备和先进通信技术，对继电保护技术的智能化、集成化水平提出了更高要求。创新的继电保护技术在智能变电站中得到了充分应用和发展。基于信息共享的继电保护技术实现了智能变电站内不同保护装置之间的高速信息交互和共享，使各保护装置能够协同工作，共同应对复杂故障。例如，当变压器发生故障时，变压器保护装置可迅速将故障信息传递给相邻的线路保护装置和母线保护装置，各装置协同动作，快速隔离故障，减少故障对电网的影响。自适应继电保护技术则根据智能变电站的实时运行状态，如设备负载、潮流分布等，自动调整保护参数，确保保护装置在各种工况下都能准确动作。同时，创新继电保护技术与智能变电站的监控系统、自动化系统深度融合，实现了对变电站设备的全面监测和智能控制，提高了智能变电站的运行效率和可靠性。

5 智能电网继电保护技术创新应用实施策略

5.1 技术研发与创新

加大对智能电网继电保护技术研发的投入力度，建立产学研用协同创新机制，鼓励科研机构、高校和企业联合开展关键技术研究。聚焦基于信息共享、自适应保护和广域保护等核心技术创新，深入研究其理论基础、算法模型和实现方法，不断提升继电保护技术的智能化水平。加强对新技术的实验验证和测试评估，通过搭建模拟实验平台和现场试验，对创新技术在不同工况下的性能进行全面测试，确保其在实际应用中的可靠性和稳定性。同时，关注国际前沿技术动态，积极引进和吸收国外先进技术经验，结合我国智能电网实际需求，开展本土化创新研究，推动我国智能电网继电保护技术的自主创新和发展。

5.2 标准制定与规范

制定完善的智能电网继电保护技术标准和规范体系，是保障创新技术推广应用和系统互联互通的关键。相关部门应组织行业专家，结合我国智能电网发展现状和技术需求，制定统一的技术要求、接口标准和通信协议，确保不同厂家的继电保护装置能够实现无缝对接和协同工作。在标准制定过程中，充分考虑智能电网的发展趋势和新技术应用需求，预留技术扩展空间，保证标准的前瞻性和适应性。同时，加强对继电保护装置设计、制造、安装和调试过程的规范管理，建立严格的质量监督和认证体系，确保继电保护装置的质量和性能符合标准要求，提高整个智能电网继电保护系统的可靠性和安全性。

5.3 人才培养与队伍建设

加强智能电网继电保护技术领域的人才培养，是推动技术创新应用的重要保障。高校应优化电力系统及其自动化等相关专业的课程设置，增加智能电网、继电保护新技术等课程内容，培养学生的创新思维和实践能力。企业和科研机构要积极开展员工培训和技能提升活动，通过举办技术讲座、培训班和学术交流活动，帮助技术人员及时了解行业最新技术动态，掌握创新继电保护技术的原理和应用方法。同时，建立完善的人才激励机制，吸引和留住优秀人才，鼓励技术人员开展技术创新和实践探索，打造一支高素质、复合型的智能电网继电保护技术人才队伍，为智能电网继电保护技术的创新应用提供坚实的人才支撑。

6 结论与展望

6.1 结论

智能电网继电保护技术的创新应用是提升智能电网安全性、可靠性和稳定性的重要驱动力。本文通过对

现有继电保护技术的深入分析，明确了其在智能电网环境下的优势与局限，提出了基于信息共享、自适应保护和广域保护等创新技术，并详细探讨了这些技术在分布式电源接入、微电网运行和智能变电站等典型场景中的具体应用方式和实施效果。同时，从技术研发、标准制定和人才培养等方面提出了全面的实施策略，为智能电网继电保护技术的创新应用提供了系统的理论指导和实践参考。研究表明，创新继电保护技术能够有效应对智能电网发展带来的挑战，显著提升电网的运行质量和效率。

6.2 展望

展望未来，智能电网继电保护技术将朝着更加智能化、自动化和集成化的方向不断演进。随着人工智能、大数据、云计算等新兴技术的快速发展和广泛应用，继电保护技术将与这些技术深度融合，实现对电网故障的智能诊断、精准预测和主动防御。例如，利用深度学习算法对海量电网运行数据进行分析，构建故障预测模型，提前发现潜在故障隐患并采取预防措施。同时，继电保护技术将与电网其他自动化系统进一步集成，形成更加完善的智能电网综合防护体系，实现对电网运行的全面、高效控制。此外，随着智能电网的全球化发展，国际间的技术交流与合作将更加频繁，我国智能电网继电保护技术有望在国际舞台上发挥更大作用，迎来更广阔的发展空间。

参考文献

- [1] 张琳. 基于智能电网通信工程中关键性技术的研究 [J]. 中国信息界, 2025, (03): 55-57.
- [2] 徐川川. 智能电网中继电保护系统的动态适应性研究 [J]. 家电维修, 2025, (02): 143-145.
- [3] 刘海成. 关于电力系统自适应继电保护策略的设计与实现 [J]. 电气技术与经济, 2025, (03): 133-136.
- [4] 孟翀. 电气自动化系统中的继电保护技术研究 [J]. 光源与照明, 2024, (05): 153-155.
- [5] 朱家禧, 张新慧, 王富仟, 等. 基于复合参数保护因子的微电网反时限过电流保护方案 [J/OL]. 电网技术, 1-11 [2025-04-26].

作者简介：黎杰，出生年月：1992.12.23，性别：男，民族：汉，籍贯：湖北省咸宁市，学历：硕士研究生，职称：电力工程技术工程师，研究方向：继电保护。

杨越，出生年月：1992年09月，性别：男，民族：汉，籍贯：河北蔚县，学历：硕士研究生，职称：电力工程技术工程师，研究方向：电力系统安全防御与恢复控制。