

电力系统自动化中的智能保护技术研究

邓鹏

国网蕲春县供电公司, 湖北 蕲春 435300

摘 要： 伴随着电力系统规模的日益扩大与复杂度的提升，传统保护技术已不足以应对当前现代电力系统的挑战。智能保护技术作为电力系统自动化的关键元素，对于提升保护响应的精确度、稳定性和时效性具有至关重要的作用。本文深入探讨了电力系统自动化领域内智能保护技术的独特属性、紧迫需求、面临的挑战以及相应的解决办法，旨在为确保电力系统的安全与稳定运行奠定坚实基础。

关 键 词： 电力系统自动化；智能保护技术；人工智能；神经网络

Research on Intelligent Protection Technology in Power System Automation

Deng Peng

State Grid Qichun County Power Supply Company, Qichun, Hubei 435300

Abstract： With the increasing expansion and complexity of the power system scale, traditional protection technology is no longer sufficient to the challenges of modern power systems. As a key element of power system automation, intelligent protection technology plays a crucial role in enhancing the precision, stability, and tim of protection response. This paper deeply explores the unique attributes, urgent needs, challenges faced, and corresponding solutions of intelligent protection technology in the field of power system automation, to lay a solid foundation for ensuring the safe and stable operation of power systems.

Keywords： power system automation; intelligent protection technology; artificial intelligence; neural

引言

电力系统作为现代文明不可或缺的基础架构，其安全可靠的运作对于促进经济增长与维护社会和谐稳定具有举足轻重的意义。伴随电力系统规模的日益扩大与结构的日趋复杂，传统保护技术已不足以应对现代电力系统之需。智能防护技术作为电力系统自动化的核心元素，借助人工智能与神经网络等前沿科技，实现了对电力系统异常的高效、精确辨识与应对，显著增强了电力系统的安全性与稳定性。本文旨在深度剖析电力系统自动化领域内的智能保护技术。

一、电力系统自动化中智能保护技术的特点

（一）高度智能化

基于人工智能算法的智能保护技术对电力系统的实时监控与评估，能自动辨识故障性质与所在位置，并迅速执行保护措施。举例而言，基于专家系统的智能保护技术能够模仿人类专家的决策逻辑，对复杂的故障实现精确的识别与有效处置。此高度智能化特性使智能保护技术能有效应对多种复杂故障场景，进而提升电力系统的稳定性和可靠性^[1]。

（二）自适应性强

智能防护技术展现出卓越的自我适应性能，能够依据电力系统的实际运行情境及故障情形，自动优化并调整防护参数与策略。例如，在电力系统中，模糊控制技术能够基于模糊数据对系

统实施调控，从而有效地管理不确定性与非线性挑战。这种适应性特征使智能保护技术能够更有效地应对电力系统的变动，进而提升保护措施的精确度与稳定性^[2]。

（三）实时性好

智能保护技术借助高速计算与通信手段，能实现电力系统的即时监控及调控。例如，依赖神经网络的智能保护技术能迅速辨识故障迹象并执行保护措施，显著缩减故障断开时间。此优势使得智能保护技术能在故障瞬间作出快速响应，有效降低故障对电力系统的冲击^[3]。

（四）数据驱动

智能保护技术基于大量数据进行解析与判断。借助于采集电力系统的运作数据、故障事件数据等信息，智能保护技术能够构建精确的故障模型与预测框架，从而为故障的甄别与应对提供坚

实的技术支撑。举例而言，数据挖掘技术在电力系统中的应用能够揭示隐藏的故障模式与规律，从而为智能化保护系统提供关键的数据支撑^[4]。

二、电力系统自动化中智能保护技术的必要性

（一）提高保护动作的准确性

传统的保护技术通常基于静态的阈值与判断准则来辨识及处理故障，其灵活性不足，难以有效应对故障的多样性和不确定性。借助人工智能算法与数据分析手段，智能保护技术能够实现故障特征的精准辨识与应对，从而提升保护措施的执行精度。例如，在输电线路故障保护领域，智能保护技术能够精确辨识故障类别及其所在位置，有效防止误动作与拒动作情况的出现。

（二）增强电力系统的稳定性

在电力系统的运作中，其可能遭受多种干扰与故障，进而引发系统稳定性的削弱。智能防护机制透过即时监控与解析电力网络的操作状况，能有效侦测及应对可能的异常与波动，进而强化电力系统的稳固性。以发电机失磁保护为例，智能保护技术具备实时监控发电机运行状况的能力，能迅速识别失磁异常并实施恰当的防护策略，有效防止发电机受损及系统瘫痪^[5]。

（三）提高故障切除速度

故障切除速率是评估保护效能的关键指标之一。智能保护技术借助于高效计算与通信手段，能够迅速辨识并应对故障，显著提升故障隔离的速度。例如，针对变压器内部故障保护场景，智能保护技术展现出其优越性，能够迅速辨识故障标志，并即时触发断路指令，显著缩减故障隔离时间，从而降低故障事件对电力系统的冲击^[6]。

（四）降低运维成本

传统的保护技术通常要求周期性的维护与检修工作，由此产生的运营与维护成本相对较高。智能保护技术借助于实时监控与电力系统运作状况的解析，能有效识别潜在故障及风险，从而减少运营维护费用。举例而言，于输电线路的在线监测领域，智能保护技术具备即时监控线路运作状况与负载状态的能力，能迅速识别出线路过热、过载等潜在风险，并当即实施相应对策，以预防线路故障的产生及恶化。

（五）促进电力系统智能化发展

智能保护技术是电力系统智能化进程的关键要素之一。借助智能防护技术的融入，可以实现电力系统的智能化监控、调控与管理，进而显著提升电力系统的综合效能与运行效率。以智能电网建设为例，智能保护技术能实现对电力系统的即时监控与调控，显著提升电力系统的适应性和稳定性，从而为智能电网的构建与演进提供坚实保障。

三、电力系统自动化中智能保护技术的现存问题

（一）算法复杂度高

智能防护技术，作为确保各种系统安全平稳运作的核心手

段，高度依附于精巧的人工智能算法及前沿的数据分析工具。然而，该算法的复杂度显著，执行期间对计算与存储资源的消耗极其巨大。在实际应用中，该特性限制了智能保护技术的实时响应能力和稳定性。针对基于神经网络的智能保护技术而言，为了精确辨识系统的故障特性，必须训练大量的神经网络模型。从数据收集、预处理至模型构建、训练及优化的各个阶段均需大量计算资源投入，整个流程因而显得冗长耗时。在系统遭遇突发事件时，若先前投入的资源过度消耗，可能导致在危急关头反应迟缓，难以迅速且精确地识别故障，从而引发保护措施执行的滞后乃至错误，这对系统的平稳运作构成重大影响^[7]。

（二）数据质量问题

智能防护技术的效能显著依赖于数据的精确度与完整性。然而，在实际操作中，因种种因素（包括传感器故障、数据传输失误等），数据品质可能受损，进而影响智能保护技术的效能。举例而言，于输电线路的在线监测场景下，若传感器发生故障或是数据传输产生误差，则可能致使监测所得数据失真或遗漏，进而对智能保护技术的决策与执行效能造成不利影响。

（三）保护配合问题

智能防护技术需协同传统防护设备运作，以确保全方位的安全防护。然而，在实际操作中，由于各保护装置间的通信协议、数据格式各异，这可能引发配合难题。例如，在变电站的综合自动化系统内，智能保护技术需协同各类保护装置（包括但不限于过流保护、差动保护等），以确保全方位的保护功能。然而，因各种保护装置间通信协议与数据格式的异质性，可能引发数据传输与处理的障碍，从而损害智能保护技术的效能。

（四）标准化问题

目前，智能保护技术领域正经历快速的演进，但其在标准化与规范化层面仍显不足。当前，行业内部普遍缺失一致的标准与规范，导致不同制造商依据各自的技术路径与认知所开发的智能保护技术，在功能、接口设计以及数据格式等方面展现出明显的异质性。此外，由于各地的技术倾向与发展阶段存在差异，导致在智能防护技术的选择上呈现出多样性，进而产生了显著的兼容性挑战。这些问题在实际操作中引发了一系列障碍，从而限制了智能保护技术的普及与实施进程。以智能电网建设为例，因各地智能保护技术的异质性和互操作性挑战，导致区域间的设备协作受阻，数据交换面临困境，从而推延了建设进程，增加了成本，并对电网的运行稳定性与可靠性产生了不利影响，未能有效释放智能电网的潜能^[8]。

（五）安全性问题

在数字化时代背景下，智能防护技术普遍应用于电力系统等领域，其顺畅运作极其倚重计算机网络与通讯技术，以确保数据的高速流通与精确处理。然而，这亦不可避免地暴露于严重的网络安全与信息安全威胁之下。借助其卓越的技术能力，黑客能够实施精确打击，而病毒则常在非注意状态下暗中渗透至系统内部。若此类不当活动得以实现，智能防护机制所管理的数据则面临被非法篡改的威胁，关键信息亦存在外泄之虞，这将对电力系统的安全与稳定性构成直接挑战，甚或导致大规模断电等严重

事件的发生。此外，智能保护策略的安全评估不应仅限于网络与信息维度，物理安全亦需予以同等重视，包括但不限于设备的实体防护措施是否充分，以抵御恶意物理攻击；同时，设备自身的安全性亦不可或缺，旨在保障硬件的稳定性和可靠性，以防设备故障引发的安全风险。

四、电力系统自动化中智能保护技术的策略

（一）优化算法设计

在智能保护技术范畴内，算法复杂度的高昂始终是亟需克服的关键挑战。过高的算法复杂度不仅引发大量的计算资源消耗，还对存储资源构成重大压力。为实现有效的解决策略，优化算法设计被确立为核心路径。传统的穷举搜索算法在应对复杂任务时，需逐一考察所有潜在解决方案，由此引发计算耗时显著增长与资源占用加剧的问题。基于启发式搜索的算法利用特定的经验法则，能高效地识别出优质解决方案，显著降低计算时间与资源损耗。进一步地，通过应用分布式计算技术，将计算作业拆分至多个节点并行执行；抑或是借助云计算技术，依托云环境的高计算性能，均可大幅度提升计算效能与资源使用效率，为智能防护技术的进步提供强有力的支持^[9]。

（二）加强数据质量管理

在智能保护技术的实际应用领域，数据质量问题宛如一道屏障，显著制约了其效能的优化与提升。数据品质欠佳会导致智能防护技术的判断与解析产生偏差，进而妨碍其功能的正常发挥。因此，加强数据质量管理显得尤为重要。构建一个全面的数据质量监控及评价机制已迫在眉睫，借助此机制，能够对数据的精确度、完整性、一致性等核心参数进行即时检测与评价，从而有效地识别数据问题。与此并行，通过数据清洗技术剔除数据中的杂音与谬误；借助数据融合技术集成多元数据来源，旨在提升数据的精确度与完整性。此外，强化对传感器、数据传输装置等硬件设施的保养与故障排查，以确保其持续稳定运作，从初始阶段保证数据的精确度与可信度，为智能防护技术奠定坚实的数据基础。

（三）完善保护配合机制

于智能防护技术领域，保护协调问题是制约其效能的关键要素。在不同保护装置协同效能欠佳的情况下，面对复杂工作环境时，极有可能导致保护机制发生误动作或失效，从而无法确保

系统的安全与稳定运行。强化和完善协同保护机制，乃是克服此难题的核心策略。制定一致的通讯协议及数据格式规范，能确保各类品牌与型号的防护装置实现无缝交流，进而促进互操作性和数据互换的顺畅进行。通过部署分布式保护策略，将防护机制分散至各个网络节点，而协同保护机制则促使不同防护设备间相互协作，显著增强了整体保护系统的可靠性和精确度。此外，应周期性地对防护装置进行详尽的维护与检测，即时识别并处理潜在的技术缺陷，以确保防护装置始终维持在最优工作状态，促进各组件间的协调运作，进而全面增强智能防护技术的效能。

（四）推动标准化建设

为解决标准化挑战，促进智能保护技术的规范化发展与实践，应积极倡导并推进标准化建设。例如，可以建立一致的智能防护技术标准与指南，清晰界定智能防护技术在功能、效能及安全性等方面的期望与准则。此外，加强智能保护技术的测试与评估，以保证其质量和稳定性，亦是不可或缺的举措。此外，亦应强化与国际准则及机构的合作与互动，以促进智能防护技术的全球化进程。

（五）加强安全防护措施

为确保智能保护技术的安全稳定运行，强化安全防护措施是关键策略。举例而言，可以借助防火墙、入侵检测系统等网络安全技术，以抵御黑客攻击与病毒侵袭等潜在风险。此外，亦可借助数据加密、身份验证等信息安全策略，以确保智能保护技术中的数据安全与隐私得到妥善维护。此外，强化物理安全与设备安全管理及维护措施，对于保障智能防护技术的整体安全性至关重要^[10]。

五、结语

智能保护技术作为电力系统自动化的关键元素，显著提升了保护措施在准确性、可靠性与快速响应方面的性能。然而，在实际操作层面，智能保护技术依然面临算法复杂性高、数据质量不足、保护协同难题、标准化缺失以及安全风险等挑战。为了促进智能保护技术的深化发展与广泛实施，亟需在算法优化、数据质量提升、保护协同机制的健全、标准建设的推进以及安全防护体系的强化等关键领域加大投入与创新。预计在不远的未来，智能防护技术将在电力系统自动化领域扮演更为关键的角色，为确保电力系统的安全与稳定运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 阮文青. 数字化智能技术在电力系统自动化中的应用 [J]. 自动化应用, 2023, 64(17): 32-34+38.
- [2] 同承山, 张立军, 郭琦, 等. 智能技术在电力系统自动化中的应用 [J]. 电子技术, 2023, 52(07): 274-275.
- [3] 于智强. 智能技术在电力系统自动化中的应用 [J]. 光源与照明, 2023, (07): 219-221.
- [4] 朱小勤. 电力系统自动化控制中的智能技术应用探讨 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (31): 4-6. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202331002.
- [5] 同宏伟, 陈贵凤, 吴群, 等. 电力系统自动化中的智能技术应用 [J]. 集成电路应用, 2022, 39(11): 248-249. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2022.11.113.
- [6] 李剑峰, 李岩. 智能技术在电力系统自动化中的应用 [J]. 现代工业经济和信化, 2022, 12(11): 224-225+228. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.11.090.
- [7] 陈贤哲. 智能技术在电力系统自动化中的应用研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(01): 194-196. DOI: 10.16107/j.cnki.mmte.2022.0060.
- [8] 厉超军. 电力智能技术在电力系统自动化中的应用 [J]. 数字技术与应用, 2023, 41(12): 49-51. DOI: 10.19695/j.cnki.cn12-1369.2023.12.15.
- [9] 王晟. 电力系统自动化中智能技术的应用研究 [J]. 光源与照明, 2023, (12): 210-212.
- [10] 李俊平. 电力系统自动化控制中的标准化智能技术应用探讨 [J]. 大众标准化, 2023, (21): 137-139.