

智能变电站继电保护系统的优化配置方案研究

白建国

中国石油化工集团有限公司 北京

【摘要】智能变电站的继电保护系统在保障电网安全稳定运行中发挥着重要作用。然而，现有配置在复杂网络结构和分布式电源接入的背景下，面临着故障诊断精度不足、通信延迟、网络安全脆弱等挑战。为此，基于大数据分析、人工智能、物联网等智能技术的优化配置策略被提出并实施。这些策略通过提升故障诊断能力、增强系统可靠性、优化运维管理，显著改善了继电保护系统的性能。未来，随着智能电网的不断发展，继电保护系统需进一步融合创新技术，以适应新的运行需求，为电网的安全高效运行提供更坚实的保障。

【关键词】智能变电站；继电保护；优化配置；智能算法；通信技术

【收稿日期】2025 年 2 月 23 日

【出刊日期】2025 年 3 月 26 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250097

Research on the optimal configuration scheme of relay protection systems in intelligent substations

Jianguo Bai

Sinopec Engineering Construction Co., Ltd, Beijing

【Abstract】 Intelligent substations play a crucial role in modern power systems. However, the existing relay protection configurations face challenges such as insufficient fault diagnosis accuracy, communication delays, and vulnerable cybersecurity, especially in the context of complex network structures and the integration of distributed power sources. To address these issues, optimization strategies based on big data analytics, artificial intelligence, and the Internet of Things have been proposed and implemented. These strategies have significantly improved the performance of relay protection systems by enhancing fault diagnosis capabilities, improving system reliability, and optimizing maintenance management. Looking ahead, with the continuous development of smart grids, relay protection systems need to further integrate innovative technologies to meet new operational requirements and provide a more robust safeguard for the safe and efficient operation of power grids.

【Keywords】 Intelligent substation; Relay protection; Optimal configuration; Intelligent algorithms; Communication technology

引言

随着智能电网的快速发展，智能变电站在电力系统中的地位愈发重要，而继电保护系统作为其核心组成部分，直接关系到电网的安全稳定运行。当前，智能变电站的继电保护系统虽已取得一定进展，但在面对复杂多变的电网结构和日益增长的分布式电源接入时，仍存在诸多亟待解决的问题，如故障诊断精度不足、通信延迟、网络安全脆弱等。这些问题不仅影响了电网的运行效率，还增加了电网运行的风险。探索有效的优化配置策略，提升继电保护系统的性能，对于推动智能变电站的进一步发展具有重要意义。

1 智能变电站继电保护系统现状分析

智能变电站作为现代电力系统的关键组成部分，其继电保护系统在保障电网安全稳定运行方面发挥着至关重要的作用。随着智能电网技术的不断发展，继电保护系统在功能和性能上都有了显著提升。在传统变电站中，继电保护装置多为分散式布置，各装置之间通过电缆连接，信息交互效率较低。而在智能变电站中，采用了基于 IEC61850 标准的数字化通信技术，实现了保护装置之间的高速信息共享和协同工作。这种数字化通信技术使得继电保护系统能够更快速地获取设备状态信息，提高了故障诊断的及时性和准确性。在硬件

方面,智能变电站的继电保护系统采用了先进的微处理器和高速通信接口,具备了更强的数据处理能力和通信能力。

智能变电站的保护装置还具备了自诊断功能,能够实时监测自身的工作状态,及时发现并报告故障信息,提高了系统的可靠性和维护效率。智能变电站的继电保护系统还能够与变电站自动化系统深度融合,实现对变电站设备的全面监控和管理。在软件方面,智能变电站的继电保护系统采用了先进的保护算法和故障诊断技术。这些算法和技术创新地结合了人工智能、大数据分析等前沿技术,能够更准确地识别故障类型和故障位置。基于数据挖掘技术的故障诊断算法能够通过大量历史数据的分析,提取故障特征,从而实现对故障的快速准确诊断。智能变电站的继电保护系统还能够根据电网运行状态实时调整保护策略,提高了系统的自适应能力。

然而,尽管智能变电站的继电保护系统在技术上取得了显著进步,但在实际应用中仍面临一些挑战^[1-2]。随着电网规模的不断扩大和运行方式的日益复杂,继电保护系统需要处理的数据量急剧增加,这对系统的数据处理能力和通信带宽提出了更高的要求。智能变电站的继电保护系统还需要与多种智能设备进行协同工作,如智能开关、智能电表等,这就更需要建立更加高效可靠的信息交互机制。随着网络安全威胁的日益严峻,继电保护系统的网络安全防护能力也亟待加强,以防止恶意攻击对电网安全造成威胁。

2 现有继电保护配置的不足与挑战

从技术层面来看,当前继电保护系统的配置在适应复杂电网结构方面存在局限性。随着智能变电站网络拓扑结构的日益复杂,传统的保护配置方案难以灵活应对各种运行方式的变化。例如,在多电源、环网等复杂网络结构中,保护装置之间的配合难度增大,容易出现保护误动作或拒动的情况。现有的继电保护系统在处理分布式电源接入时也面临挑战。分布式电源的接入改变了电网的潮流分布和短路电流水平,使得传统的保护整定原则和方法不再适用,需要重新评估和调整保护策略。在通信方面,尽管智能变电站采用了先进的通信技术,但在实际运行中仍存在通信延迟和数据同步问题。

继电保护系统的可靠运行高度依赖于实时、准确的数据传输,而通信延迟可能导致保护装置无法及时获取故障信息,从而影响故障诊断的及时性和准确性。不同厂家设备之间的通信协议兼容性问题也较为突出,

这增加了系统集成的难度和成本,降低了系统的整体性能和可靠性。在网络安全方面,继电保护系统面临着日益严峻的挑战。随着智能变电站与外部网络的连接日益紧密,网络攻击的风险显著增加。黑客可能通过网络入侵篡改保护装置的定值或控制命令,从而引发误动作,甚至导致电网事故。

然而,现有的继电保护系统在网络安全防护方面相对薄弱,缺乏有效的入侵检测和防御机制,无法及时发现和阻止网络攻击。现有继电保护系统的维护和管理也存在一些问题^[3-4]。智能变电站的继电保护系统结构复杂,涉及多种设备和技术,对维护人员的技术水平和经验要求较高。在实际运行中,由于缺乏统一的维护标准和规范,维护工作往往难以达到预期效果。保护装置的软件更新和版本管理也较为复杂,容易出现版本不一致的问题,影响系统的稳定运行。

3 基于智能技术的优化配置策略

为了克服现有继电保护配置的不足,提升智能变电站的运行效率与可靠性,基于智能技术的优化配置策略应运而生。这些策略充分利用了大数据、人工智能、物联网等前沿技术,为继电保护系统的优化提供了新的思路与方法。在大数据分析方面,通过收集和处理海量的电网运行数据、设备状态信息以及历史故障数据,能够实现对继电保护系统运行状态的实时监测与精准评估。大数据分析技术可以挖掘数据中的潜在规律,为保护装置的整定、故障诊断和预警提供科学依据。例如,通过对电网运行数据的深度分析,可以动态调整保护装置的整定值,使其更适应电网的实际运行状态,从而提高保护的灵敏度和可靠性。

人工智能技术的应用为继电保护系统的优化配置带来了新的突破。机器学习算法能够通过对大量故障样本的学习,自动识别故障特征,实现对故障类型的快速准确判断。深度学习技术则可以进一步提升故障诊断的精度,通过对复杂网络结构的建模和分析,实现对故障位置的精确定位。人工智能技术还可以用于保护装置的自适应控制,根据电网运行状态实时调整保护策略,提高系统的自适应能力。物联网技术为继电保护系统的优化配置提供了强大的技术支持。通过在变电站内广泛部署智能传感器,实现对设备状态的实时感知和数据采集。这些传感器可以实时监测设备的温度、压力、振动等参数,及时发现设备的潜在故障隐患。物联网技术还可以实现保护装置之间的无缝连接和信息共享,提高系统的协同工作能力^[5-6]。通过物联网平台,保护装置可以实时获取其他设备的状态信息,从而实

现更精准的故障诊断和更有效的保护动作。

在网络安全防护方面,采用先进的加密技术、身份认证技术和入侵检测技术,构建全方位的网络安全防护体系。对继电保护系统的关键数据进行加密处理,防止数据在传输过程中被篡改或窃取。通过身份认证技术严格限制对保护装置的访问权限,确保只有授权人员才能进行操作。入侵检测技术可以实时监测网络中的异常行为,及时发现并阻止网络攻击,保障继电保护系统的安全稳定运行。这些基于智能技术的优化配置策略,从多个维度提升了继电保护系统的性能,使其能够更好地适应智能变电站的发展需求,为电网的安全稳定运行提供有力保障。

4 优化配置方案的实施效果与案例

在智能变电站中实施基于智能技术的继电保护优化配置方案后,系统在多个关键性能指标上取得了显著提升,这些改进不仅增强了系统的可靠性,还提高了运维效率和故障响应速度。优化配置方案实施后,继电保护系统的故障诊断能力得到显著增强。通过大数据分析和人工智能算法,系统能够更快速地识别故障类型和位置,诊断时间大幅缩短。在复杂网络结构和分布式电源接入的情况下,优化后的系统依然能够准确判断故障,有效避免了误动作和拒动现象的发生。这种提升不仅减少了停电时间,还降低了电网运行风险,保障了电力供应的连续性和稳定性。

在系统可靠性方面,优化配置方案通过引入先进的通信技术和网络安全防护机制,显著提高了继电保护系统的抗干扰能力和稳定性。通信延迟问题得到有效解决,数据传输的准确性和实时性大幅提升。网络安全防护体系的完善有效抵御了外部攻击,确保了保护系统的安全运行^[7-8]。这些改进使得继电保护系统在面对复杂多变的电网运行环境时,能够始终保持高效、稳定的运行状态。在运维管理方面,优化配置方案通过物联网技术实现了设备状态的实时监测和远程管理。运维人员可以通过监控平台实时了解设备运行状态,提前发现潜在故障隐患,实现预防性维护。

这种智能化的运维方式减少了现场巡检工作量,提高了运维效率,降低了运维成本。统一的维护标准和规范也使得运维工作更加标准化和流程化,进一步提升了系统的整体性能。在实际应用中,优化配置方案的实施效果得到了充分验证。在多个智能变电站的试点

应用中,系统运行稳定,故障响应及时,运维管理高效。这些成功案例为智能变电站继电保护系统的优化配置提供了宝贵的经验和参考,也为未来智能电网的发展奠定了坚实的基础。

5 结语

智能变电站继电保护系统的优化配置是提升电网运行效率与安全性的关键环节。通过深入分析现状,识别现有配置的不足与挑战,并引入大数据、人工智能、物联网等前沿技术,优化配置方案在故障诊断、系统可靠性及运维管理等方面取得了显著成效。展望未来,随着智能电网的持续发展,继电保护系统需进一步融合创新技术,强化网络安全防护,以适应更加复杂多变的电网运行环境,为电力系统的稳定运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 张海鸥.智能变电站继电保护在线监测系统的应用研究[J].电站系统工程,2025,41(02):63-65.
- [2] 肖成勋.智能变电站继电保护装置自动化测试系统的设计与实现[J].自动化应用,2025,66(05):222-224+229.
- [3] 殷忠全.继电保护系统在智能变电站中的应用与优化策略研究[J].仪器仪表用户,2025,32(02):115-116+119.
- [4] 樊佳辉,赵灿.智能变电站的继电保护系统可靠性分析[J].电子技术,2024,53(11):272-273.
- [5] 池斌兵.基于 5G 技术的智能变电站继电保护系统设计[J].集成电路应用,2024,41(11):294-295.
- [6] 姜波,徐亚洲.智能变电站中的继电保护系统可靠性分析[J].电子技术,2024,53(09):108-109.
- [7] 崔洪朋,李善营.电力工业智能变电站继电保护系统可靠性分析[J].现代工业经济和信息化,2024,14(08):261-263.
- [8] 程晓通.关于 220 kV 智能变电站继电保护系统的设计研究[J].大众标准化,2024,(16):40-42.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

