

智能一次设备的技术创新与应用研究

连 爽¹ 崔艳珉² 连 欢²

1. 许继变压器有限公司 河南 许昌 461000
2. 许继电气股份有限公司 河南 许昌 461000

摘 要：本文深入探讨了智能一次设备在电力系统中的技术创新与应用研究。智能一次设备通过集成传感器、控制器、通信模块及数据处理算法，实现对设备状态的实时监测与智能决策，显著提升了电力系统的安全性、可靠性和经济性。详细分析了智能一次设备的关键技术，包括传感器技术、通信技术和智能控制技术，并探讨其在发电、输电和配电环节的具体应用。通过实际案例，展示了智能一次设备在提高发电效率、增强电网稳定性和优化配电管理等方面的显著成效。本文的研究为智能一次设备的进一步发展及其在电力系统中的广泛应用提供理论支持和实践指导。

关键词：智能一次设备；技术创新；电力系统应用

1 智能一次设备相关理论基础

1.1 智能一次设备的基本概念

智能一次设备是电力系统中直接参与电能传输、分配和转换的设备，它们通过集成先进的传感器、控制器、通信模块以及数据处理算法，实现了对设备状态的实时监测、自我诊断、远程控制和智能决策。这些设备不仅保留了传统一次设备的基本功能，如开关、变压、互感等，还增添了智能化特性，能够主动适应电网运行需求，提高电力系统的安全性、可靠性和经济性。智能一次设备的关键在于其内置的智能化组件，这些组件能够采集并分析设备自身的运行状态数据，通过高速通信网络与其他设备或系统交换信息，从而实现对电网状态的全面感知和精确控制。

1.2 智能一次设备与智能电网的关系

智能一次设备是智能电网不可或缺的重要组成部分。智能电网是一个高度集成、高速双向通信的现代化电网，它运用先进的测量、传感、控制、决策支持技术以及信息网络技术，实现电网的智能化管理和运行。智能一次设备作为智能电网的物理基础，其智能化水平的提升直接推动着智能电网的发展。智能一次设备能够实时反馈电网状态，为智能电网提供准确、及时的数据支持，使得智能电网能够更精准地掌握电网运行情况，快速响应各种事件，实现资源的优化配置和故障的快速恢复^[1]。智能电网的高级分析功能也依赖于智能一次设备提供的大量数据，这些数据为智能电网的优化调度、能效管理和安全防护提供了科学依据。因此，智能一次设备与智能电网之间存在着密不可分的联系，相互促进，共同发展。

2 智能一次设备的关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术是智能一次设备的核心技术之一，它负责采集设备内部及外部环境的各种物理量，如电流、电压、温度、压力、振动等，并将这些模拟信号转换为数字信号，以供后续的数据处理与分析。在智能一次设备中，传感器的作用至关重要，它们是设备智能化的“眼睛”和“耳朵”，能够实时监测设备的运行状态和环境变化，为智能控制提供准确可靠的数据基础。随着材料科学、微电子技术以及纳米技术的不断进步，传感器技术也在不断更新换代。现代智能一次设备中使用的传感器具有高精度、高灵敏度、低功耗以及长期稳定性等优良特性。例如，光纤传感器能够利用光波的物理特性，实现对电流、电压等电气量的高精度测量，且不受电磁干扰的影响；而无线传感器则能够实现设备状态信息的无线传输，避免了繁琐的有线连接，提高了系统的灵活性和可维护性；通过将多个传感器集成到一个芯片或模块上，可以实现对多种物理量的同时测量，大大提高数据采集的效率和准确性。这种集成化的传感器不仅减小设备的体积和重量，还降低了成本，为智能一次设备的广泛应用提供有力支持。

2.2 通信技术

通信技术是智能一次设备与智能电网之间实现信息交换的关键。在智能电网中，各个设备之间需要实现高速、可靠的数据传输，以确保电网运行的实时监控和远程控制。智能一次设备通过内置的通信模块，能够与其他设备或系统建立稳定的通信连接，实现数据的高效传输和共享。目前，智能一次设备中常用的通信技术主要包括有线通信和无线通信两大类。有线通信如以太网、现场总线等，具有传输速度快、稳定性高、抗干扰能力强等优点，但布线复杂、维护成本较高；而无线通信如

Wi-Fi、蓝牙、Zigbee等,则具有安装方便、灵活性高、易于扩展等优势,但在传输距离、带宽以及功耗方面存在一定限制。为了兼顾传输效率和成本效益,智能一次设备往往会根据实际情况选择合适的通信技术,或者采用有线与无线相结合的方式,构建灵活可靠的通信网络^[2]。值得一提的是,随着5G、物联网等新技术的兴起,智能一次设备的通信技术正迎来新一轮的革新。5G技术以其超高速率、超大连接数、超低时延的特性,为智能一次设备提供了更加高效、可靠的通信手段;而物联网技术则通过为每一个设备分配唯一的标识符,实现了设备间的无缝连接和互操作,进一步推动智能电网的智能化和自动化进程。

2.3 智能控制技术

智能控制技术是智能一次设备实现智能化管理的核心。它基于传感器采集的数据,运用先进的数据处理算法和控制策略,对设备的运行状态进行实时监测、分析和预测,并根据电网需求和设备状况做出智能决策,实现对设备的远程控制和自动调节;智能控制技术不仅提高了设备的运行效率和可靠性,还降低了运维成本和人为错误的风险。例如,在智能变压器中,智能控制技术可以根据负载变化和油温波动等因素,自动调节变压器的分接头位置,以保持输出电压的稳定;在智能开关设备中,智能控制技术则能够实时监测电流、电压等参数,及时发现并隔离故障设备,防止故障扩散和电网崩溃;智能控制技术还与人工智能、机器学习等先进技术紧密结合,不断提升智能一次设备的自主决策和自适应能力。通过大数据分析,智能控制技术能够挖掘出设备运行数据中的潜在规律和故障模式,为设备的预防性维护和故障诊断提供科学依据。机器学习算法的运用使得智能一次设备能够不断学习和优化控制策略,以适应电网运行环境和设备状态的复杂变化。

3 智能一次设备的技术创新

3.1 智能化技术创新:赋予设备“智慧”

智能化技术创新是智能一次设备发展的核心驱动力,通过集成先进的传感器、物联网(IoT)、大数据分析和人工智能(AI)技术,智能一次设备能够实时监测运行状态、预测潜在故障、优化运行参数,并在必要时自主调整,以确保电网的安全稳定运行。例如,利用深度学习和神经网络算法,智能一次设备可以对历史运行数据进行分析,识别出故障发生的早期信号,实现预测性维护。这不仅减少了非计划停机时间,还显著降低了维护成本。此外,结合边缘计算和云计算技术,智能设备能够实时处理大量数据,快速响应电网需求变化,提

高电力系统的灵活性和响应速度。智能化技术创新不仅提升了设备的智能化水平,还为智能电网的建设和运营提供了强大的技术支持。

3.2 集成化技术创新:实现设备功能的模块化与综合化

集成化技术创新是智能一次设备发展的另一个重要方向。这一创新旨在通过高度集成的设计,将多种功能组件整合到一个紧凑的设备中,实现设备的模块化、综合化和标准化。这不仅减少设备占地面积,降低安装和维护成本,还提高设备的可靠性和互操作性。在集成化技术创新中,关键的进展包括多功能传感器的集成、智能控制模块的封装以及能源管理系统的优化。例如,通过将电流、电压、温度等多种传感器集成到一个封装中,智能一次设备能够一次性采集多种运行参数,简化了数据采集过程^[3]。同时,智能控制模块的集成使得设备能够根据预设策略自动调整运行状态,提高了系统的自动化水平。另外,集成化的能源管理系统能够优化设备的能源消耗,减少不必要的浪费,促进绿色电网的发展。

3.3 环保与节能技术创新:推动绿色智能电网建设

环保与节能技术创新是智能一次设备发展的重要趋势,旨在减少设备在运行过程中对环境的负面影响,同时提高能源利用效率。这一创新不仅符合全球对可持续发展和碳中和目标的追求,也是智能电网建设的重要组成部分;在环保与节能技术创新中,关键的技术进展包括使用环保材料、优化设备设计以减少能耗、以及采用可再生能源作为辅助能源。例如,智能一次设备在制造过程中采用可回收或生物降解材料,减少了废物产生和环境污染。通过优化设备结构和运行策略,智能设备能够在保证性能的同时降低能耗;结合太阳能、风能等可再生能源,智能一次设备能够实现自我供电或作为分布式能源接入电网,提高能源系统的灵活性和可持续性。这些技术创新不仅有助于实现绿色智能电网的建设目标,还为电力行业向低碳、环保方向转型提供了有力支持。

4 智能一次设备的应用研究

4.1 在发电环节的应用

在发电环节,智能一次设备的应用正深刻改变着传统发电模式,显著提升发电效率与可靠性。以智能发电机为例,其配备了先进的传感器与智能控制系统,可实时监测运行参数,如温度、振动、绕组电流等。通过大数据分析 with 智能算法,发电机能动态调整励磁电流、气门开度等关键参数,实现发电效率的优化。某大型火力发电厂采用智能发电机后,发电效率提升了约3%,每年节省大量燃料成本。传统高压开关在操作过程中,常

因操作时间、速度的偏差,影响系统稳定性。智能高压开关设备借助精确的传感器与智能控制技术,可实现精准分合闸。在某水电厂,智能高压开关设备能根据水轮机的实时功率输出,快速准确地调整电路通断,避免了因功率波动导致的系统冲击,大大提高发电系统的稳定性与安全性。另外,智能监测装置可实时监测高压开关设备的触头磨损、绝缘状态等关键指标。通过对这些数据的分析,提前预测设备故障,实现状态检修,降低设备故障率与维护成本。例如,某风电场的智能高压开关设备,通过状态监测系统及时发现触头过热隐患,在故障发生前进行了检修,避免了因开关故障导致的风机停机,保障了风电场的稳定发电。

4.2 在输电环节的应用

在输电环节,智能一次设备是构建坚强智能电网的关键。智能输电线路通过安装各类传感器,如分布式光纤温度传感器、微风振动传感器等,实现对线路温度、覆冰、微风振动等运行状态的实时监测。某跨区域输电线路,通过分布式光纤温度传感器,可实时监测线路各点温度,及时发现因过载或接触不良导致的局部过热,为线路安全运行提供保障。智能变电站作为输电环节的核心枢纽,其一次设备的智能化水平直接影响输电效率与可靠性。智能变压器配备了先进的监测系统,可实时监测油温、绕组变形、局部放电等参数。通过智能算法分析,实现对变压器健康状态的精准评估。在某500kV智能变电站,智能变压器通过实时监测与数据分析,提前发现了潜在的绕组绝缘老化问题,及时进行维护,避免变压器故障对输电网络的影响;智能断路器是智能变电站的关键设备之一。它采用先进的电子技术与智能控制策略,实现快速、精准的分合闸操作^[4]。在故障发生时,智能断路器能在极短时间内切断故障电流,有效保护输电线路与设备。例如,在一次电网短路故障中,某智能变电站的智能断路器在几毫秒内完成分闸操作,迅速隔离故障点,保障了电网的稳定运行。

4.3 在配电环节的应用

在配电环节,智能一次设备的应用为提高供电可靠性与电能质量提供有力支持。智能配电开关设备集成了智能控制、保护与监测功能。通过通信网络,可实现远

程控制与自动化操作。在某城市配电网中,智能配电开关能根据配电网的实时负荷情况,自动调整开关状态,实现负荷的优化分配,降低线路损耗;智能配电箱作为连接用户的关键设备,也实现了智能化升级。它配备了电能质量监测装置,可实时监测电压、电流、功率因数等参数。一旦发现电能质量问题,如电压波动、谐波超标等,能及时采取措施进行调整。某商业建筑的智能配电箱,通过实时监测与调整,有效改善了电能质量,保障各类用电设备的正常运行。在配电网故障处理方面,智能一次设备发挥着重要作用。智能故障指示器与智能开关配合,能快速定位故障点,并自动隔离故障区段,恢复非故障区段的供电。某农村配电网在采用智能故障处理设备后,故障停电时间从原来的平均数小时缩短至十几分钟,大大提高供电可靠性,提升用户用电体验。智能一次设备在发电、输电、配电各环节的广泛应用,正推动着电力系统向智能化、高效化、可靠化方向发展,为经济社会的发展提供坚实的电力保障。

结束语

综上所述,智能一次设备作为电力系统的重要组成部分,其技术创新与应用研究对于推动电力系统智能化发展具有重要意义。随着技术的不断进步,智能一次设备将在提高发电效率、优化资源配置、增强电网稳定性和促进绿色智能电网建设等方面发挥更加关键的作用。未来,应继续加强智能一次设备的技术研发与应用推广,为构建安全、高效、绿色的现代电力系统贡献更大力量,以满足经济社会发展的用电需求,推动电力行业持续健康发展。

参考文献

- [1]刘义卿,隋君.智能电气设备中的节能设计与实现研究[J].鞋类工艺与设计,2024,4(10):128-130.DOI:10.3969/j.issn.2096-3793.2024-10-041.
- [2]魏余林.智能变电站中电力一次设备的智能化设计及发展[J].光源与照明,2021(07):85-86.
- [3]蒋阳.变电站一次设备检修及试验技术[J].电子测试,2020(23):105-106.
- [4]刘颖川.变电站一次设备安全运行及故障解决措施[J].低碳世界,2020,10(06):78-79.