

电力自动化技术在变电站运维中的优化应用

江君国

(杭州凯达电力建设有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘要 电力自动化技术在变电站运维中的应用已成为提升效率和可靠性的关键。本文综述了电力自动化技术在变电站运维中的优化策略, 包括系统集成与模块化设计、智能算法与自适应控制、数据分析与决策支持等。这些优化策略不仅提高了变电站的运行效率和安全性, 还为运维人员提供了更加科学和合理的决策支持。随着新技术的不断融合与创新, 以及智能化与自适应的发展趋势, 电力自动化技术将继续推动变电站运维向更高水平发展, 为电力系统的稳定运行和可持续发展提供坚实的技术支持。

关键词 电力自动化技术; 变电站运维; 自动化监控系统; 远程运维

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0016-03

随着电力系统的快速发展, 变电站作为电力传输和分配的关键节点, 其运维效率和可靠性对整个电力系统的稳定运行至关重要。电力自动化技术通过集成先进的监控、保护和控制功能, 显著提升了变电站的运维水平。自动化技术的应用不仅提高了变电站的运行效率, 减少了人为错误, 还增强了系统的响应速度和故障处理能力。此外, 随着智能电网概念的兴起, 变电站自动化正逐步向智能化、网络化和集成化方向发展, 为电力系统的安全、可靠和经济运行提供了强有力的技术支持。

1 电力自动化技术概述

1.1 定义与分类

电力自动化技术是指利用先进的电子技术、计算机技术、通信技术和控制技术, 对电力系统进行自动化监控、控制和管理的技术体系。它旨在提高电力系统的运行效率、可靠性和安全性, 同时降低人工成本和减少人为错误^[1]。电力自动化技术可以根据其功能和应用范围进行分类, 主要分为数据采集与监控系统(SCADA)、能量管理系统(EMS)、配电自动化系统(DAS)和变电站自动化系统(SAS)等。SCADA系统主要负责实时数据采集和监控, EMS则侧重于能量调度和优化, DAS关注配电网的自动化管理, 而SAS则专注于变电站的自动化运维。

1.2 关键技术介绍

电力自动化技术的核心关键技术包括数据采集与监控系统(SCADA)、保护与控制系统、远程监控与诊断技术等。SCADA系统通过分布在电力系统各处的传感器和执行器, 实时收集电压、电流、功率等关键参数, 并将这些数据传输到中央控制室进行分析和处理, 以

实现对电力系统的全面监控^[2]。保护与控制系统则负责在电力系统出现异常或故障时, 迅速启动保护措施, 如断路器跳闸、负荷转移等, 以防止事故扩大, 保障系统安全。远程监控与诊断技术利用现代通信网络, 使运维人员能够远程监控变电站的运行状态, 进行故障诊断和处理, 大大提高了运维的灵活性和效率。这些关键技术的综合应用, 构成了电力自动化技术的基础, 为电力系统的稳定运行提供了强有力的技术支持。

2 变电站运维现状分析

2.1 人工操作的局限性

在变电站的传统运维模式中, 人工操作是不可或缺的一环。然而, 这种依赖人工的方式存在明显的局限性。首先, 人工操作的准确性和效率受到操作人员技能水平和身体状况的限制。操作人员的疲劳、注意力分散或技能不足都可能导致操作失误, 从而影响变电站的正常运行。其次, 人工巡检的频率和覆盖范围有限, 无法实现对变电站设备的实时监控, 这使得潜在的故障隐患难以被及时发现和处理。此外, 人工操作还受到工作时间和环境的限制, 例如在夜间或恶劣天气条件下, 人工巡检的效率和安全性都会大打折扣。这些局限性不仅降低了变电站的运行效率, 也增加了运维过程中的安全风险。

2.2 故障响应时间长

故障响应时间是衡量变电站运维效率的关键指标之一。在传统的人工运维模式下, 故障发生后, 需要经过一系列繁琐的步骤才能得到解决。首先, 运维人员需要到达现场进行人工巡检, 以定位故障点。然后, 进行故障分析, 确定故障原因和修复方案。最后, 实施修复工作。这一过程往往耗时较长, 尤其是在偏远

地区或夜间，由于人员和资源的限制，故障响应时间可能会进一步延长。长时间的故障响应不仅影响了电力供应的连续性，也可能导致故障范围的扩大，增加了后续修复的难度和成本。此外，长时间的停电还会对用户造成不便，甚至导致经济损失。

2.3 维护成本高

变电站的维护成本主要包括人力成本、设备维护和更换成本以及因故障导致的停电损失等。在人工运维模式下，需要大量的运维人员进行定期巡检和维护，这直接导致了高昂的人力成本。同时，由于缺乏有效的监控和预警机制，设备故障往往在发生后才发现，导致设备损坏严重，更换和维修成本增加。此外，故障导致的停电还会影响用户的正常用电，造成经济损失和社会影响，进一步推高了维护成本。高维护成本不仅增加了电力公司的运营负担，也影响了电力服务的质量和效率。

3 电力自动化技术在变电站运维中的应用

3.1 自动化监控系统

1. 实时数据采集与分析。实时数据采集是自动化监控系统的基础功能。系统通过部署在变电站各个关键位置的传感器，实时收集电压、电流、温度、湿度等关键参数。这些数据通过高速通信网络传输到中央监控室，经过数据处理和分析软件的实时分析，可以迅速识别出异常情况和潜在的故障点^[3]。与传统的人工巡检相比，自动化监控系统能够提供更加全面和精确的数据支持，大大提高了故障检测的准确性和及时性。此外，通过对历史数据的分析，系统还能够预测设备的运行趋势，为预防性维护提供科学依据。

2. 设备状态监测与预警。设备状态监测与预警是自动化监控系统的另一项重要功能。系统通过持续监控设备的运行参数，可以实时评估设备的健康状况。一旦检测到参数偏离正常范围，系统会立即发出预警信号，通知运维人员进行检查和处理。这种预警机制能够在设备故障发生之前就采取措施，有效避免了故障的扩大和停电事故的发生。同时，自动化监控系统还能够记录设备的运行历史，为故障诊断和维护提供详细的数据支持。通过这种方式，变电站的运维人员可以更加主动地管理设备状态，提高了运维的预见性和主动性。

3.2 自动化保护与控制

1. 故障快速定位与隔离。故障快速定位与隔离是自动化保护与控制系统的核心功能之一。在变电站发生故障时，系统能够通过实时监控的电流、电压等参数，迅速识别故障类型和位置。自动化保护装置会立即启

动，通过断路器等设备的快速动作，将故障部分从电网中隔离出来，防止故障扩散到整个系统，从而最大限度地减少停电范围和持续时间。与传统的人工故障定位相比，自动化系统能够在毫秒级的时间内完成故障定位和隔离，极大地提高了故障处理的效率和准确性。此外，系统还能够记录故障发生时的详细数据，为后续的故障分析和设备维护提供重要依据。

2. 自动恢复供电。自动恢复供电是自动化保护与控制系统的另一项重要功能。在故障被隔离后，系统会根据预设的控制策略和电网的实时状态，自动启动恢复供电的程序。这包括重新配置电网结构、启动备用电源以及逐步恢复受影响区域的供电。自动化系统能够精确控制恢复供电的顺序和速度，确保电网的稳定运行，同时最大限度地减少对用户的影响^[4]。自动恢复供电不仅提高了供电的可靠性，也缩短了用户的停电时间，提升了电力服务的质量。通过自动化保护与控制，变电站能够在面对各种故障时，实现快速、准确和安全的响应，保障了电力系统的稳定运行。

3.3 远程运维与诊断

1. 远程监控与操作。远程监控与操作是远程运维与诊断的基础。通过部署在变电站的自动化设备和通信网络，运维人员可以在远离现场的控制中心实时监控变电站的运行状态。这包括对电压、电流、开关状态、设备温度等关键参数的实时监控，以及对变电站运行日志和报警信息的远程访问。远程操作则允许运维人员通过中央控制系统对变电站的设备进行远程控制，如开关断路器、调整变压器分接头、启动或停止设备等。这种远程监控与操作不仅减少了现场巡检的频率，降低了人力成本，还提高了响应速度和操作的准确性。

2. 故障远程诊断与处理。故障远程诊断与处理是远程运维与诊断的核心功能。当变电站发生故障时，系统能够通过远程监控收集到的数据，结合预设的故障诊断算法，快速定位故障原因和位置。远程诊断系统能够分析故障模式，提供故障分析报告，并为运维人员提供处理建议。在某些情况下，系统甚至可以直接执行预设的故障处理程序，如自动隔离故障区域、启动备用设备等。这种远程诊断与处理的能力，大大缩短了故障响应时间，减少了停电范围，提高了供电的可靠性。

4 电力自动化技术在变电站运维中的优化策略

4.1 系统集成与模块化设计

系统集成与模块化设计在电力自动化技术中扮演着至关重要的角色。通过将分散的自动化组件和功能模块整合到一个统一的平台上，系统集成不仅促进了

数据和控制指令的流畅交换，还优化了系统的整体性能。这种集成化的方法减少了系统的复杂性，使得维护工作更加简便，同时也降低了长期的运营成本。模块化设计的核心优势在于其灵活性和可扩展性。每个功能模块都设计为独立的单元，这意味着它们可以根据变电站的具体需求进行添加或替换。例如，当需要监控新的设备或区域时，只需添加相应的监控模块，而不需要对整个系统进行重新配置。同样，当技术进步需要升级保护装置时，也可以通过更换相应的模块来实现，而不影响系统的其他部分。

4.2 智能算法与自适应控制

智能算法与自适应控制作为电力自动化技术优化的关键策略，通过集成机器学习和人工智能等先进技术，显著提升了系统的智能化水平。这些智能算法能够处理和分析海量的运行数据，自动识别复杂的运行模式和潜在的风险点，从而实现更为精准的故障预测和设备维护^[5]。例如，通过分析历史数据和实时监控信息，智能算法可以预测设备可能的故障点，提前进行维护，避免突发故障导致的生产中断。自适应控制则赋予系统根据实时运行状态和外部环境变化动态调整控制参数的能力。在电力系统中，这意味着系统能够自动适应负荷变化、天气条件和设备老化等因素，实时优化控制策略，确保系统在各种复杂工况下都能稳定高效地运行。

4.3 数据分析与决策支持

变电站在运行过程中会产生大量的数据，如何有效地利用这些数据成为提升运维效率和决策质量的关键。通过高级数据分析技术，系统能够深入挖掘数据背后的信息，实时监控设备状态，分析历史数据趋势，并对电网负荷、能源消耗和环境影响进行综合评估。决策支持系统在此基础上结合行业专家的知识 and 先进的优化算法，为运维人员提供了一系列智能化的建议和方案。无论是故障处理的快速响应，还是设备维护的预防性策略，抑或是能源管理的优化配置，决策支持系统都能够提供科学合理的指导，帮助运维人员在复杂多变的运行环境中做出最佳决策。

5 电力自动化技术在变电站运维中应用的未来发展方向

5.1 新技术融合与创新

随着物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的快速发展，这些技术将与电力自动化技术深度融合，推动变电站运维的全面创新。例如，物联网技术可以实现设备间的无缝连接和数据共享，提

高系统的集成度和智能化水平；大数据和云计算技术可以处理和分析海量数据，为运维决策提供强大的数据支持；人工智能技术则可以通过机器学习和深度学习，实现设备的智能监控和故障预测，提高运维的预见性和主动性。新技术的融合不仅将提升变电站的自动化水平，还将带来全新的运维模式和服务理念。例如，通过虚拟现实和增强现实技术，运维人员可以进行远程的设备检查和维护，提高工作效率和安全性；通过区块链技术，可以实现设备运行数据的安全存储和不可篡改，增强数据的可信度和系统的透明度。这些创新的应用将为电力自动化技术的发展开辟新的道路，推动变电站运维向更加智能、高效和可靠的方向迈进。

5.2 智能化与自适应发展趋势

随着智能算法的不断进步，变电站的自动化系统将变得更加智能和自适应。智能化体现在系统能够自动识别运行模式，预测潜在风险，并根据实时数据做出快速响应。智能化与自适应的发展将使变电站的运维更加灵活和高效。例如，智能算法可以通过分析历史数据和实时监控，自动优化设备的运行参数，延长设备的使用寿命；自适应控制可以根据电网的负荷变化和设备的运行状态，自动调整供电策略，提高能源的利用效率。此外，智能化与自适应的结合还将推动变电站向无人值守和自主运行的方向发展，减少人为干预，降低运维成本，提升系统的可靠性和安全性。

6 结束语

电力自动化技术在变电站运维中的优化应用，不仅显著提升了运维效率和可靠性，还为电力系统的稳定运行和可持续发展提供了强有力的技术支持。随着新技术的不断融合与创新，以及智能化与自适应的发展趋势，电力自动化技术将继续推动变电站运维向更高水平发展。

参考文献：

- [1] 夏丹,张深伟.智能变电站继电保护运维防误技术的研究[J].自动化应用,2023,64(S2):95-97.
- [2] 马元青.变电站继电保护智能监测系统的研究[J].自动化应用,2023,64(14):54-56.
- [3] 勾衬衬.智能变电站与传统变电站的继电保护技术研究[J].自动化应用,2023,64(09):230-232.
- [4] 钱晓峰.智能变电站继电保护运维防误技术研究及应用[J].自动化应用,2021(01):93-94,98.
- [5] 王振乾,朱珠,任江华.基于泛在电力物联网的电力运维平台设计与实现[J].自动化技术与应用,2022,41(08):76-79,139.