

Application and energy efficiency optimization analysis of edge computing technology in intelligent transformation of medium voltage distribution cabinet

Yuliang Wang

Beijing Herisel Power Technology Co., Ltd., Beijing, 102101, China

Abstract

With the rapid development of smart grid technology, the intelligence of distribution system has become a key direction to improve energy utilization efficiency and ensure the stability of power grid. As an important part of the power system, the intelligent transformation of the medium voltage distribution cabinet can not only improve the operation efficiency, but also effectively reduce energy consumption and improve the reliability of the power system. This paper analyzes the intelligent transformation of medium voltage distribution cabinet based on edge computing technology, discusses the application of edge computing in data processing, monitoring and control, and analyzes its potential in energy efficiency optimization. By comparing the advantages of traditional centralized computing and edge computing, this paper deeply analyzes the role of edge computing technology in improving system energy efficiency, reducing delay and optimizing power dispatch. Finally, the development trend and challenge of edge computing in the intelligent distribution cabinet in the future are presented.

Keywords

medium voltage distribution cabinet; Intelligent transformation; Edge computing; Energy efficiency optimization; Electric power system

中压配电柜智能化改造中边缘计算技术的应用与能效优化分析

王玉亮

北京合锐赛尔电力科技股份有限公司, 中国 · 北京 102101

摘 要

随着智能电网技术的迅速发展, 配电系统的智能化成为提升能源利用效率和保障电网稳定性的关键方向。中压配电柜作为电力系统中的重要组成部分, 其智能化改造不仅能够提升运行效率, 还能有效降低能耗, 提高电力系统的可靠性。本文基于边缘计算技术对中压配电柜智能化改造进行了分析, 探讨了边缘计算在数据处理、监测与控制中的应用, 并分析了其在能效优化中的潜力。通过对比传统的集中式计算方式与边缘计算的优势, 本文深入剖析了边缘计算技术在提升系统能效、减少延时及优化电力调度方面的作用。最后, 提出了未来边缘计算在配电柜智能化中的发展趋势及挑战。

关键词

中压配电柜; 智能化改造; 边缘计算; 能效优化; 电力系统

1 引言

随着全球能源需求的增长与环境问题的日益严峻, 能源的高效利用和低碳排放成为全球电力行业的重要目标。特别是在配电系统的管理与运行中, 如何通过智能化手段提升能效、减少能源浪费, 已经成为当前技术创新的重点。中压配电柜作为配电系统中的重要设备, 其运行的智能化改造不仅有助于提升电力系统的稳定性和安全性, 还能在节能减排

方面起到重要作用。[1]

近年来, 随着物联网、大数据、云计算等技术的广泛应用, 智能配电系统的建设已成为电力行业发展的重要方向。然而, 传统的集中式计算方法在面对庞大的数据量时, 往往存在计算延时、带宽瓶颈等问题, 这直接影响了配电柜的响应速度和能效优化效果。为此, 边缘计算作为一种新型的分布式计算技术, 凭借其在数据处理中的低延时和高效率优势, 成为解决这一问题的有效途径。

本文将分析边缘计算在中压配电柜智能化改造中的应用, 探讨其在数据采集、处理与反馈中的作用, 并分析其对能效优化的影响。[2]

【作者简介】王玉亮(1977-), 男, 中国北京人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程研究。

2 边缘计算技术概述

2.1 边缘计算的定义与发展

边缘计算是一种将计算任务从中心化的云平台迁移到网络边缘设备的计算模式，其核心思想是在数据产生源附近进行数据处理、分析与决策，从而减少数据传输的延时，提高响应速度，并缓解云端计算的压力。边缘计算的主要优势体现在降低延迟、减少带宽消耗和提高数据安全性等方面。

近年来，随着物联网技术的快速发展，设备端生成的数据量急剧增加，传统的集中式云计算模式已无法满足实时性要求。在此背景下，边缘计算应运而生，成为一种解决大规模设备数据处理难题的有效技术。

2.2 边缘计算的关键技术

边缘计算的核心技术包括边缘设备、网络架构、数据处理算法等。边缘设备作为数据采集与处理的主要节点，需要具备一定的计算能力、存储能力和通信能力，以实现对本地图数据的实时处理。网络架构则需要支持低延迟、高带宽的通信环境，以确保数据在边缘节点和云端之间的高效传输。[3] 数据处理算法则需要具备快速响应和实时处理的能力，以满足智能配电系统对数据处理速度的需求。

2.3 边缘计算在配电系统中的应用

在智能配电系统中，边缘计算技术主要应用于数据采集、设备监测、故障诊断等方面。通过在配电柜和其他设备端布置边缘计算节点，可以实现对电力设备状态的实时监测、故障预警和优化控制。这不仅能提高配电系统的自动化程度，还能在节能减排方面发挥积极作用。

3 中压配电柜智能化改造的需求与挑战

3.1 中压配电柜的功能与作用

中压配电柜是电力系统中用于分配和控制中压电流的关键设备，其主要功能是将电力从高压输电系统通过变压器转变为适合使用的电压，并通过配电开关、保护装置等设备实现对电力的分配与管理。随着电力系统对智能化、自动化要求的提升，中压配电柜的智能化改造已成为电力系统升级的必然趋势。

3.2 智能化改造的技术要求

中压配电柜的智能化改造需要具备以下技术要求：首先，需要配备高效的传感器和数据采集装置，以实现设备状态的实时监测；其次，需要具备数据处理和决策能力，能够根据监测数据自动调整设备运行状态；最后，还须具备与云端和其他智能设备的互联能力，实现数据共享和协同控制。

3.3 智能化改造面临的挑战

尽管中压配电柜的智能化改造带来了诸多优势，但在实际实施过程中仍然面临一些挑战。[4] 首先，配电柜内部空间有限，如何在增加设备体积的情况下增加更多的智能化功能是一个难题；其次，智能配电柜的建设需要较高的技

术投入，而电力行业的投资回报周期较长，可能导致智能化改造的推进较为缓慢；最后，由于电力设备的运行环境较为复杂，如何保证设备在恶劣环境下的稳定性和可靠性也是一个亟待解决的问题。

4 边缘计算在中压配电柜智能化中的应用

4.1 数据采集与处理

在传统的配电柜中，数据采集通常由传感器直接与云端连接，数据传输过程中存在延迟和带宽瓶颈的问题。而通过将边缘计算节点部署在中压配电柜附近，可以实现对设备数据的本地化处理，大幅减少数据传输的延迟和带宽占用。此外，边缘计算节点能够在本地完成初步的数据分析和预处理，只将重要数据传输到云端，从而提高了系统的实时性和数据处理效率。

4.2 设备监测与故障诊断

边缘计算在设备监测和故障诊断中的应用主要体现在实时数据分析和智能决策。通过边缘计算节点对设备运行数据的实时监测，可以及时发现设备异常，进行故障预警和诊断。例如，通过对电流、电压、温度等参数的实时分析，可以判断设备是否存在过载、过热等故障，从而采取相应的保护措施，避免设备损坏和停机。

4.3 能效优化与调度

边缘计算在能效优化中的作用主要体现在两个方面：一方面，边缘计算能够实时监测设备的运行状态，分析设备的能耗数据，并根据运行情况调整设备的工作模式，从而达到降低能耗的目的。通过在边缘节点部署传感器和数据处理单元，边缘计算能够快速响应设备负荷的变化，并进行相应的调节。例如，当设备处于低负载或待机状态时，系统可以自动调整运行参数，避免不必要的能量消耗，确保设备始终处于最优的工作状态。另一方面，边缘计算还可以根据电网的负荷情况、设备的健康状态等因素，智能化地进行电力调度，优化电力资源的配置，提高配电系统的整体能效。通过实时数据的分析，边缘计算能够在不同负荷条件下合理调度电力设备，避免过度消耗并减少峰谷差，从而实现电力资源的高效使用，降低系统整体能效损失。[5]

5 边缘计算在能效优化中的优势

5.1 降低能效损失

边缘计算在能效优化中的应用，首要优势之一就是能够实现中压配电柜的能效实时监控与分析。传统的能效监控方式通常依赖集中式的数据处理，在数据传输的过程中常会发生延迟，且计算能力难以满足大规模设备的实时要求。而边缘计算技术通过将数据处理能力推向设备端，能够大大减少数据传输时间，提高系统响应速度。具体而言，通过部署边缘计算节点在配电柜内，能够实时监测设备的电流、电压、功率因数、温度等关键参数，分析设备运行的效率。当设备出现异常或能效损失时，边缘计算节点能够立刻发出警报并

采取预防性措施,如调整设备运行参数或切换工作模式,以优化设备的运行状态。

此外,边缘计算还可以根据设备的负载状态,优化电力的使用。在传统系统中,设备的运行往往没有考虑到能效最大化的需求,设备在低负荷时可能依然消耗大量能量,而边缘计算可以在设备负荷较低时主动进行智能调度,减少无效功率消耗。例如,在不需要高功率输出时,调整电机的转速或变压器的负载,减少能量浪费。这种基于实时数据的自适应调节机制,能够最大限度地降低能效损失,提升整个配电系统的能效水平。

此外,边缘计算通过对设备的长期运行数据进行积累和分析,能够实现设备的健康监测与预维护,提前预测设备可能的故障和能效下降情况。通过这种方式,不仅可以防止设备故障导致的停机损失,还能够避免因设备不当运行而产生的额外能效损失。这种主动性的能效管理大大提高了电力系统的稳定性和可靠性。

5.2 提高电力资源的利用率

边缘计算技术的另一项关键优势在于能够有效提高电力资源的利用率。通过实时分析电力设备与电网的运行状态,边缘计算能够根据系统负荷的变化自动进行调度,从而实现电力资源的最优配置,避免浪费。在传统的电力调度中,往往由于通信延时和集中式计算的局限,难以快速响应负荷波动的变化。而边缘计算通过在网络边缘处理数据,能够将这些变化实时反馈至系统,从而优化电力的分配与使用。

例如,在电网负荷较低时,边缘计算能够自动调整设备的运行状态,如暂时关闭部分备用设备,避免它们因长时间处于待机状态而消耗电力;同时,边缘计算还能够根据负荷预测,提前调节电网的负载,避免因电网过载而导致的能源浪费。在负荷较高时,边缘计算会通过对电网负荷的监控与分析,合理安排电力流动,动态调整各设备的负载,避免局部区域电力过度消耗或设备过载的情况。

此外,边缘计算还能够为电力系统提供高效的需求响应服务。当电力需求过高时,边缘计算可以智能调节配电柜内的设备,临时调度负荷较低的设备或智能负荷削减,减少高峰期间的电力需求,这不仅能平衡电网负荷,还能降低峰谷差,提高电网的稳定性和能效。

边缘计算还在需求预测与资源配置方面发挥着重要作用。通过对历史负荷数据和电网状态的分析,边缘计算能够

提前预测电力需求的变化,合理安排电力资源,避免因供需不匹配导致的资源浪费。这种精确的需求响应机制,不仅提升了电力资源的利用效率,也进一步推动了配电系统智能化的进程。

6 结语

随着边缘计算技术的不断进步,其在智能配电系统中的应用潜力巨大,尤其在中压配电柜的智能化改造方面,边缘计算的引入为提升电力系统的能效和稳定性提供了强有力的支持。边缘计算通过分布式处理和实时数据分析,有效降低了电力设备的能效损失,增强了设备的故障诊断能力,使得电力系统更加智能化与自适应。同时,边缘计算还能够通过动态调度与优化,最大限度提高电力资源的利用率,减少能源浪费,保障电网的平稳运行。

尽管边缘计算技术在中压配电柜智能化改造中的应用前景广阔,但在实际推广过程中,仍然面临一定的技术挑战 and 成本压力。首先,边缘计算的硬件设施和软件支持需要大量投资,特别是在设备更新与系统集成方面需要较高的技术支持和资金投入;其次,由于电力系统的复杂性和多样性,边缘计算在不同电力设备和场景下的适配性和可靠性仍需要进一步验证。随着技术的不断成熟与市场需求的提升,预计未来边缘计算将进一步与配电系统的智能化建设深度融合,推动电力行业向更加高效、环保的方向发展。

未来的智能配电柜将在边缘计算技术的支撑下,形成更加智能、高效的能效管理与故障诊断体系,为电力行业带来更加节能、高效、稳定的解决方案。这不仅能够提升电力企业的运营效率,也将为用户提供更加可靠和绿色的电力服务,推动整个电力行业朝着更加可持续的方向迈进。

参考文献

- [1] 刘峰.物联网技术在智能电气安装中的应用研究[J].中国宽带,2024,20(12):165-167.
- [2] 顾洋洋.智能供配电系统关键技术探究[J].大众标准化,2024(10):56-58.
- [3] 李泉.工厂供配电技术[M].化学工业出版社:202405.269.
- [4] 尹霞,王筱珮,李晓,等.基于5G技术的高校物联网能源电力管理平台的研究应用[J].山东电力技术,2023,50(12):52-59+83.
- [5] 郑瑜,郑琦,李晶晶,等.大型城市新型电力系统配电网可靠性提升关键技术研究[C]//浙江省电力学会2022年度优秀论文集.国网浙江省电力有限公司宁波市供电公司,2023:137-144.