

数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用

杨 艳, 侯仁鹏

(山东广域科技有限责任公司, 山东 东营 257000)

摘 要 本文通过探讨数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用, 借助数字孪生技术实现电力设备的智能监测和预测性维护, 以提高设备运行效率和可靠性。通过系统性的监测和分析, 研究结果表明, 数字孪生技术能够准确模拟电力设备的运行状态, 为及时发现和解决问题提供有效手段。数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中具有显著的潜力, 为提升电力系统运维水平和设备可靠性提供了可行的技术支持。

关键词 数字孪生技术; 电力设备; 智能化运行

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)01-0022-03

随着电力系统规模的不断扩大和设备复杂性的增加, 传统的维护方式已经难以满足高效、精准的需求。而数字孪生技术作为一种先进的模拟仿真手段, 其通过在虚拟环境中模拟电力设备的运行状态, 为实时监测和智能预测提供了新的手段^[1]。本文旨在探讨数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用, 为电力设备智能化运行维护提供实用的解决方案。该研究有效促进了数字孪生技术在电力行业的广泛应用, 并推动电力设备运行维护的智能化和精细化。这不仅有助于提高电力系统的稳定性和安全性, 也为建设更加智能、可靠的电力网络奠定了坚实的基础。

1 数字孪生技术相关概述

1.1 数字孪生技术的定义

数字孪生技术是一种基于虚拟仿真的先进技术, 其核心是通过构建实物系统的数字化镜像, 实现对实际设备、过程或系统的高度模拟^[2]。这种镜像不仅包括几何结构, 还涵盖物理特性、运行行为等多个方面的信息。其在于创造一个与实际系统相对应的虚拟实体, 以便实时监测、模拟和优化实际系统的运行状况。

1.2 数字孪生技术的特征

数字孪生技术具有几个显著的特征。首先, 它实现了对实际系统的高度精细化建模, 包括几何、物理和运行特性, 形成了一个全面的虚拟镜像。其次, 数字孪生技术支持实时数据采集与更新, 能够动态反映实际系统的状态变化, 保持模型的实时性和准确性。此外, 数字孪生技术具备强大的仿真能力, 可以模拟多种工况和应对不同情境, 为系统优化提供多样性的

实验环境。最后, 数字孪生技术实现了物理世界与数字世界的高度融合, 使得实际系统的运行状况可以在虚拟环境中得到全面而深入的理解, 为智能决策和预测性维护提供了坚实基础^[3]。

2 数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的优势

2.1 提供实时监测与反馈

数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中能够提供实时监测与反馈。通过对电力设备的数字化镜像进行动态更新, 系统能够即时捕捉设备运行状态的变化^[4]。这实现了对设备实时性能的准确把握, 使操作人员能够及时发现潜在问题并采取有效措施。同时, 数字孪生技术结合物联网等先进技术, 实现了对各种传感器数据的实时整合, 进一步提高了监测的全面性和精准性。通过实时反馈, 运维人员可以迅速响应设备异常, 从而降低设备故障风险, 提高系统的稳定性和可靠性。这种实时监测与反馈机制为电力设备的智能化运行维护奠定了坚实基础, 有效缩短了故障诊断与处理的时间, 实现了更加高效的设备管理。

2.2 模拟仿真与预测性维护

数字孪生技术的另一优势在于其强大的模拟仿真与预测性维护能力。通过对设备的数字化模型进行精准建模, 系统能够模拟多种工况和运行情境, 实现对设备性能的全面评估。这种仿真能力使得运维人员可以在虚拟环境中进行多方案比较和优化, 提前识别潜在问题, 从而制定更加有效的维护策略。另外, 该技术通过对历史数据和实时数据的综合分析, 实现对设

备未来运行状态的预测。这为预防性维护提供了强有力的支持,有助于避免设备故障和提前发现潜在隐患,从而最大程度地降低停机时间和维护成本。通过模拟仿真与预测性维护,数字孪生技术为电力设备的智能化运行提供了可靠的工具,推动了电力行业向更高效、可靠的维护管理模式转变。

2.3 降低维护成本并提高效率

数字孪生技术还能够降低维护成本并提高效率。通过实时监测、模拟仿真和预测性维护,系统能够精准预测设备的维护需求,使维护工作更具针对性和计划性。这有效避免了突发性故障带来的停机损失,提高了设备的可靠性和稳定性。同时,该技术为运维人员提供了优化决策的支持,使其能够在实际维护中更加高效地分配资源和人力。通过提前发现问题、减少维护次数以及优化维护流程,数字孪生技术为降低维护成本创造了条件。这样的精细化维护策略不仅降低了人力和物力投入,同时提高了设备的整体运行效率。

3 数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中面临的挑战

3.1 数据安全与隐私保护

随着数字孪生技术的广泛应用,大量实时数据和敏感信息被采集、存储和传输,因此引发了人们对数据隐私和安全的严重关切。电力设备的运行数据包含大量关键性信息,如设备状态、性能参数等,一旦被恶意获取,可能导致设备的安全性受到威胁。其次,数字孪生技术往往需要联动多个数据源,包括设备传感器、网络通信等,这增加了数据被非法获取或篡改的风险。此外,由于电力设备通常处于关键基础设施中,一旦数字孪生技术的数据受到破坏,将会对整个电力系统的安全性产生严重影响。最后,数字孪生技术涉及大量个体设备的数据,在共享数据的过程中,可能涉及用户身份、设备维护历史等敏感信息,需要有效的隐私保护措施来防范潜在的滥用风险。

3.2 模型准确性与实际运行偏差

数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中需要克服模型准确性与实际运行偏差的问题,以确保模型能够更真实、可靠地反映电力设备的运行状态,从而提高智能化运维的效果和可靠性。

首先,模型准确性直接关系到数字孪生技术在真实运行场景中的可靠性。由于电力设备在实际运行中受到多种因素的影响,如环境变化、负荷波动等,如果模型不能准确地反映这些复杂情况,就难以对设备状态进行准确的预测和分析。其次,实际运行偏差会

导致数字孪生模型与真实设备之间存在差异,进而影响维护决策的准确性。例如,设备在长时间运行后可能出现磨损、老化等现象,而数字孪生模型如果无法及时更新或捕捉这些变化,就会导致模型预测与实际运行存在偏差,影响对设备健康状况的全面了解。最后,不准确的模型会误判设备状态,影响维护计划的制定和执行。在实际操作中,运维人员可能会根据数字孪生模型的输出进行决策,如果模型无法准确反映实际情况,就难以实现智能化运维的目标,甚至可能导致设备损坏或运行故障。

3.3 大规模数据处理与计算资源需求

随着电力设备的智能化程度不断提高,所涉及的数据量也呈现出爆炸性增长的趋势。这包括来自传感器、监测设备以及其他数据源的实时数据,以及设备历史数据等。这样的大规模数据需要进行有效的处理和分析,以提取有意义的信息,用于数字孪生模型的建立和更新。同时,为了保证数字孪生模型的准确性和实时性,大规模的数据处理需要强大的计算资源支持。这包括高性能计算能力、存储空间以及适应大规模并行计算的系统架构。缺乏足够的计算资源可能导致数据处理速度缓慢,延迟了对设备状态的实时监测和响应,从而影响数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的实际应用效果。此外,大规模数据的处理过程中,如果数据质量不佳或者存在不一致性,将直接影响数字孪生模型的建模和分析结果的准确性。

4 数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用措施

4.1 设备健康监测与实时数据分析

设备健康监测与实时数据分析作为数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用措施,强调了对设备状态的实时监测和数据分析的重要性,为电力设备的智能化运维提供了有力的技术支持。

首先,通过设备健康监测,系统可以实时收集电力设备的各种传感器数据,包括温度、压力和振动等多维度信息,这使得对设备的状态进行全面而实时的监测成为可能。通过监测设备运行时的实际状况,数字孪生技术能够建立起与真实设备高度一致的虚拟模型,从而更准确地反映设备的健康状况。其次,通过对设备实时产生的大量数据进行分析,系统能够及时发现潜在的问题或异常。实时数据分析还使得数字孪生模型能够迅速更新,及时适应设备运行状态的变化,这有助于提前预测潜在故障,降低设备维护的风险。设备健康监测与实时数据分析的整合使得数字孪生技

术在电力设备智能化运行维护中发挥了重要作用。通过建立设备的数字孪生模型,运维人员能够实时获得设备的健康状况,识别潜在问题,并采取相应的预防性维护措施。

4.2 智能诊断与故障预警系统建设

智能诊断与故障预警系统建设是数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的关键措施。通过实时的诊断与预警,数字孪生技术有效地提高了设备的运行可靠性,为电力设备维护带来了更为智能、高效的解决方案。

首先,通过智能诊断系统,数字孪生技术能够实时分析设备数据,检测潜在的故障迹象,并精准识别设备可能存在的问题。这建立在数字孪生模型的基础上,对实际运行数据进行对比分析,就能辨别出设备性能的异常情况,从而提供更精确的故障诊断。其次,通过实时监测设备状态和对数据的深度分析,数字孪生技术可以预测可能的故障,提前发出警报,使得运维团队能够采取预防性维护措施,避免或减缓潜在故障对设备运行的不利影响。最后,通过数字孪生技术的应用,运维人员可以更加主动地管理设备的健康状况,减少了突发故障对设备性能和生产效率的负面影响。

4.3 虚拟仿真与优化运维策略

虚拟仿真与优化运维策略作为数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的关键措施,为运维人员提供了强大的工具和方法,使他们能够更智能、更有效地管理和维护电力设备,实现设备的可靠性和稳定性的最优化。

首先,通过建立精确的数字孪生模型,虚拟仿真可以模拟电力设备在不同工况下的运行情景,为运维人员提供了一个仿真实验的环境,使他们能够在不影响实际设备的情况下进行各种操作和维护方案的测试。通过仿真,运维人员可以评估不同策略的效果,提前了解可能的影响,并优化运维决策。其次,数字孪生技术通过模拟实际设备的运行状况,为运维人员提供了更全面、准确的数据,使得运维人员能够制定更精细化的运维策略。通过不断优化运维策略,可以提高设备的运行效率,延长设备寿命,减少不必要的维护成本,实现更加智能和经济高效的设备管理。最后,在虚拟环境中进行仿真和实时优化,运维人员能够更好地理解设备的性能特征,及时调整运维方案,提高运维决策的准确性,为设备的长期稳定运行提供了可持续性的支持,为电力设备的智能化运行维护奠定了坚实的基础。

4.4 数据驱动的定期维护计划制定

数据驱动的定期维护计划制定作为数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的重要措施,强调了依靠大数据和先进分析手段来优化维护决策的重要性。通过综合利用数字孪生技术提供的全面数据,电力设备的维护可以更加精准、高效,使得运维过程更趋于智能化和可持续性。

首先,通过数字孪生技术的实时数据采集和分析,系统可以获取电力设备的详尽运行信息。这样的大量数据提供了深入了解设备运行状况的基础,为制定有效的维护计划提供了坚实的数据支持。其次,数字孪生技术可以识别设备的运行模式、寿命曲线以及可能的故障特征。通过对这些数据进行统计和建模,系统能够识别出设备的潜在问题,并预测未来可能发生的故障。最后,数据驱动的定期维护计划制定通过数字孪生技术的应用,将维护由传统的定期维护模式转变为更加智能和预测性的模式。运维人员可以根据设备实际运行状况,制定个性化的维护计划,避免了传统定期维护中的盲目性和浪费^[5]。

5 结语

综上所述,数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中展现出重要的应用价值。通过设备健康监测、智能诊断与故障预警系统、虚拟仿真与优化运维策略以及数据驱动的定期维护计划制定等措施,实现了对设备全生命周期的智能管理。这不仅提高了设备的可用性、稳定性和安全性,还降低了运维成本。数字孪生技术为电力设备维护注入了新的智能和高效理念,推动电力行业向更智能、可持续的方向迈进,具有深远的意义。

参考文献:

- [1] 陈政同. 数字孪生技术在电力设备智能化运行维护中的应用[J]. 长江信息通信, 2023, 36(09): 126-127, 131.
- [2] 符华, 陈荭. 基于数字孪生技术在电力设备的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021(20): 229-231.
- [3] 盛戈皞, 钱勇, 罗林根, 等. 面向新型电力系统的电力设备运行维护关键技术及其应用展望[J]. 高电压技术, 2021, 47(09): 3072-3084.
- [4] 张晓刚, 王策, 龙娜, 等. 数字孪生技术架构及在输电设备运维中的应用[J]. 上海电力大学学报, 2022, 38(05): 507-512.
- [5] 田黎耀. 智能电网输变电设备集中监控信息数据统计应用[J]. 互联网周刊, 2023(19): 72-74.