

基于数字孪生的新能源机电设备节能改造策略优化研究

秦文慧

南宁理工学院 广西 南宁 530000

摘要: 在新能源机电设备节能改造中,数字孪生技术发挥着关键作用。通过此技术,可应用于教学,借助模型构建与可视化显示,让学生更直观地进行机电设备能耗分析,提升教学效果与实践能力;可应用于智能发电,助力发电系统高效运行与节能优化;可应用于工业智能制造,推动生产流程智能化升级。文中详细阐述具体优化策略,涵盖数据采集与集成、模型构建与仿真、性能分析与评估、优化策略制定与实施等环节。通过实际案例分析验证策略有效性。

关键词: 数字孪生; 新能源机电设备; 节能改造; 策略优化

1 引言

在全球能源危机日益严峻以及环境保护意识不断增强的背景下,新能源的开发与利用成为各国发展的核心战略。新能源机电设备作为新能源产业的关键组成部分,其节能性能不仅直接决定了能源利用效率和环境保护成效,更在教学演示、工业生产优化等领域发挥着至关重要的作用。然而,当前新能源机电设备在运行过程中普遍存在能源浪费、效率低下等问题,亟需通过有效的节能改造策略进行优化。数字孪生技术作为一种前沿的信息技术手段,通过构建物理实体的虚拟模型,实现虚实交互与融合,为新能源机电设备的节能改造提供了全新的思路和方法,有望在教学实践、工业制造等多领域推动能源利用效率的显著提升。

2 新能源机电设备节能改造现状与挑战

2.1 节能改造现状

2.1.1 目前,新能源机电设备的节能改造主要集中在以下几个方面:

设备更新换代: 选用节能高效的新能源机电设备,替换老旧、能耗高的设备。例如,在风力发电领域,随着技术的不断进步,新型的风力发电机组具有更高的发电效率和更低的能耗。一些风电场通过更换新型机组,显著提高了发电量和能源利用效率。

系统优化: 对新能源机电设备的运行系统进行优化,如优化电气系统、控制系统等,减少能源损耗。在光伏电站中,通过优化逆变器的控制策略,可以提高光伏电池的转换效率,减少电能损耗。

能源管理: 加强新能源机电设备的能源管理,采用智能监控系统实时监测设备的运行状态和能耗情况,及时发现并处理能源浪费问题。智能监控系统可以实时采集设备的能耗数据,并进行分析和预警,帮助管理人员

及时采取措施,降低能耗。

2.2 面临的挑战

数据获取难度大: 新能源机电设备运行过程中产生的数据量庞大且复杂,如何高效、准确地采集和处理这些数据成为一大挑战。例如,风力发电机组在运行过程中会产生大量的风速、转速、温度等数据,这些数据分布在不同的传感器和设备中,采集和整合难度较大。

模型构建复杂: 新能源机电设备涉及多个学科领域,其运行过程受到多种因素的影响,构建准确的虚拟模型需要综合考虑多种因素,难度较大。以光伏电池板为例,其性能受到光照强度、温度、湿度等多种因素的影响,要构建准确的光伏电池板虚拟模型,需要综合考虑这些因素之间的相互作用。

优化策略制定困难: 基于采集的数据和构建的模型,如何制定有效的节能改造优化策略,并确保策略在实际应用中的可行性和有效性,是一个亟待解决的问题^[1]。在实际应用中,不同的新能源机电设备具有不同的特点和运行环境,需要制定个性化的优化策略。

3 基于数字孪生的新能源机电设备节能改造策略优化

3.1 数据采集与集成

传感器部署: 在新能源机电设备的关键部位部署各类传感器,如温度传感器、压力传感器、振动传感器等,实时采集设备的运行状态数据。例如,在风力发电机组上,除了部署风速传感器、转速传感器外,还可以在叶片、齿轮箱、发电机等关键部位部署应变传感器、温度传感器等,全面监测机组的运行状态。

数据传输与存储: 利用物联网技术将传感器采集到的数据传输至云端或边缘计算平台,并采用合适的数据存储方案对数据进行存储和管理^[2]。例如,采用分布式文件系统(HDFS)或云存储服务对数据进行存储,确保数

据的安全性和可靠性。同时,为了保证数据传输的实时性和稳定性,可以采用5G通信技术。

数据预处理:对采集到的数据进行清洗、去噪、归一化等预处理操作,提高数据的质量,为后续的数据分析和模型构建奠定基础。例如,采用小波变换算法去除数据中的噪声数据,采用归一化方法将数据映射到[0,1]区间,便于后续的分析 and 处理。

3.2 模型构建与仿真

3.2.1 虚拟模型构建

虚拟模型构建需要充分利用采集到的海量数据和新能源机电设备的物理特性,借助先进的三维建模软件、仿真软件等工具,构建出高度精确的设备虚拟模型。在三维建模阶段,以风力发电机组为例,可采用SolidWorks等专业的三维建模软件。该软件具备强大的建模功能,能够精确描绘机组的各个部件的形状和尺寸。从巨大的叶片到细小的螺栓,每一个细节都需要进行精准建模,以确保虚拟模型能够真实反映实际设备的几何特征。建模过程中,需要参考设备的设计图纸、实际测量数据等资料,保证模型的几何精度达到毫米级别。同时,为了提高模型的通用性和可扩展性,还可以采用参数化建模方法,将一些关键尺寸和参数设置为变量,方便后续对模型进行修改和优化。完成几何模型构建后,需要利用ANSYS等仿真软件对模型进行物理特性仿真。以风力发电机组的力学性能仿真为例,通过输入材料的力学性能参数(如弹性模量、泊松比等)和边界条件(如风力载荷、重力载荷等),运用有限元分析方法对机组的结构强度、刚度等进行计算和分析。热性能仿真则需要考虑机组在运行过程中产生的热量传递和散热情况,分析各个部件的温度分布和热应力,为后续的散热设计和材料选择提供依据。

3.2.2 多物理场耦合仿真

新能源机电设备在运行过程中,往往受到多种物理场的耦合作用,如电磁场、热场、流场等。因此,进行多物理场耦合仿真分析是深入理解设备运行机理、发现节能潜力的关键。以光伏电池板为例,其性能不仅受到光照强度和温度等外部因素的影响,还与电池板内部的电场分布和热传导过程密切相关。在进行电磁-热耦合仿真时,首先需要建立光伏电池板的电磁模型,考虑光照强度对电池板内部电场分布的影响,计算电池板的短路电流、开路电压等电性能参数。同时,建立热模型,分析电池板在光照下产生的热量以及热量在电池板内部的传导和散失过程。通过耦合电磁模型和热模型,可以模拟不同光照强度和温度条件下光伏电池板的性能变化,

预测电池板的发电效率和温度分布。

3.2.3 模型验证与优化

构建的虚拟模型是否准确可靠,需要通过与实际运行数据进行对比验证。将仿真结果与新能源机电设备的实际运行数据进行详细对比,分析误差产生的原因,并据此对模型参数进行调整和优化,以提高模型的准确性和可靠性。以风力发电机组为例,将仿真得到的发电功率、转速等参数与实际监测数据进行对比。如果发现仿真结果与实际数据存在较大误差,需要深入分析原因。可能是由于叶片的空气动力学参数设置不准确,导致叶片的升力和阻力计算有误;也可能是发电机的电磁参数不准确,影响了发电效率的计算。针对这些问题,可以通过调整模型参数,如修改叶片的翼型参数、调整发电机的绕组匝数等,重新进行仿真计算,直到仿真结果与实际数据高度吻合。在模型验证与优化过程中,还可以采用敏感性分析方法,研究不同参数对模型输出结果的影响程度。通过确定关键参数,有针对性地进行参数调整和优化,提高模型的精度和效率。同时,随着新能源机电设备运行数据的不断积累,还可以定期对模型进行更新和维护,确保模型始终能够准确反映设备的实际运行状态。

3.3 性能分析与评估

能耗分析:基于构建的虚拟模型,对新能源机电设备的能耗情况进行分析,识别出能耗较高的环节和因素。例如,在风力发电机组的仿真分析中,分析发电机、变流器等部件的能耗情况,找出能耗较高的部件。通过建立能耗模型,分析不同工况下机组的能耗变化规律。

效率评估:评估新能源机电设备的运行效率,找出影响设备效率的关键因素。例如,在光伏电站的仿真分析中,评估光伏电池的转换效率、逆变器的效率等,找出影响发电效率的关键因素。可以采用效率评估指标,如光伏电池的填充因子、逆变器的功率因数等,对设备效率进行量化评估。

故障诊断与预测:利用虚拟模型对新能源机电设备进行故障诊断和预测性维护。例如,通过仿真分析预测风力发电机组的故障发生时间和部位,提前进行维护,避免设备故障导致的能源浪费^[3]。可以采用机器学习算法,如支持向量机(SVM)、神经网络等,对设备的运行状态数据进行分析,建立故障诊断模型和预测模型。

3.4 优化策略制定与实施

设备选型优化:根据性能分析结果,选择合适的的新能源机电设备型号和规格,提高设备的节能性能。例如,在风力发电项目中,选择发电效率高、能耗低的风

力发电机组。可以参考设备的性能参数、能效等级等指标,进行综合评估和选择。

运行参数优化: 优化新能源机电设备的运行参数,如调整风力发电机组的转速、调整光伏电站的逆变器控制策略等,提高设备的运行效率和节能效果。例如,根据风速变化实时调整风力发电机组的转速,使机组始终运行在最佳效率点;根据光照强度变化调整光伏电站的逆变器控制策略,提高光伏电池的转换效率。

系统优化: 对新能源机电设备的运行系统进行优化,如优化电气系统的接线方式、优化控制系统的控制策略等,减少能源损耗。在光伏电站中,优化电气系统的接线方式可以降低线路损耗;优化控制系统的控制策略可以提高系统的稳定性和响应速度。

实施与监控: 将制定的优化策略在实际的新能源机电设备上实施,并采用智能监控系统对设备的运行状态和节能效果进行实时监控^[4]。例如,在风力发电场安装智能监控系统,实时监测机组的发电功率、风速、转速等参数,评估节能效果。如果发现节能效果不理想,可以及时调整优化策略。

4 案例分析: 国网上海市电力公司浦东供电公司蔡伦站

4.1 案例背景

在“双碳”目标、国家数字经济发展战略与能源内在需求的三轮驱动下,我国加快能源转型,深入推动以新能源为主体的电力系统建设。然而,新能源的高比例并网以及多类型电力设备的高比例接入,给电网的功率平衡、安全供电以及运维检测带来了巨大挑战。传统的运维方式已难以满足电网的高速度高强度发展需求,而数字孪生技术则为智慧电网、智慧电厂的建设提供了全新的解决方案。

4.2 案例概述

国网上海市电力公司浦东供电公司蔡伦站,是电网设备数字孪生系统的首个试点站。该站地处国家级技术高地——张江科学城,为区域内“三大三新”产业提供电力保障。通过运用数字孪生技术,蔡伦站实现了对电力生产、电网运维全过程的实时监测和智能管理。

4.3 数字孪生技术应用

蔡伦站内运用了25类传感技术,搭建了全维度前端感知网络。这些传感器能够实时采集设备的运行状态数据,如温度、湿度、电流、电压等,为数字孪生模型的

构建提供了丰富的数据支持。基于采集到的数据,蔡伦站构建了电网设备的虚拟模型。该模型不仅包含了设备的几何形状、物理特性等信息,还能够实时反映设备的运行状态和性能参数。数字孪生系统对采集到的数据进行实时分析,通过专家知识与人工智能的结合,对设备的健康状态进行实时诊断。当感知到设备出现异常情况时,系统能够迅速发出预警,并给出相应的处理建议。

4.4 节能改造效果

通过数字孪生技术,蔡伦站实现了“机器为主、人工为辅”的巡视模式。系统能够自动对设备进行巡检,及时发现并处理设备故障,大大提高了巡视效率和质量。数字孪生系统能够实时监测设备的运行状态,及时发现并处理潜在故障,避免了因设备故障导致的停电事故和维修成本。同时,系统还能够根据设备的健康状态,输出差异化、精细化的检修策略,降低了运维成本。通过数字孪生技术,蔡伦站能够实时监测电网的运行状态,及时发现并处理电网中的不平衡和过载问题,提升了电网的稳定性和安全性。

结语

基于数字孪生的新能源机电设备节能改造策略优化研究,通过构建虚拟模型实现虚实交互与融合,为节能改造开辟了新路径。经数据采集、模型仿真、性能评估、策略实施及持续改进等步骤,显著提升了设备节能效果与运行效率。展望未来,随着数字孪生技术的演进,其不仅将与人工智能、大数据等技术深度融合,增强节能改造的智能化,更将在教学领域作为直观教具提升教育质量,在工业领域助力智能制造与绿色生产,同时拓展至新能源汽车、新能源建筑等广泛领域,全面推动新能源产业升级与发展。

参考文献

- [1]李志强,金国胜,杜王特.基于数字孪生技术的变电站机电设备状态检测系统[J].自动化技术与应用,2024,43(11):43-47.
- [2]李琪,顾嘉华,赵新娅.基于数字孪生的高比例新能源接入系统稳定控制研究[J].电气技术与经济,2024,(10):37-40.
- [3]杨志成.高比例新能源接入电力系统的数字孪生优化调度研究[D].北方工业大学,2024.
- [4]朱旭东,李卓群,薛文初.基于数字孪生的新能源智能温室控制系统设计[J].电子制作,2023,31(22):55-59.