

火力发电厂物联网监测系统构建与智能优化策略研究

闫璐 李奇宁 陈天一 陈亚凯 刘淑贤

国能河北定州发电有限责任公司 河北保定 073000

摘要: 本次研究针对火力发电厂运行效率提升和环保要求,构建了一套基于物联网技术的监测系统,并提出了相应的智能优化策略。通过设计分层监测系统架构、合理布局传感器、采集与预处理数据,实现了对发电厂关键参数的实时监控。在此基础上,运用人工智能算法建立了智能优化模型,并在模拟仿真实验中进行了验证。实验结果表明,该系统能有效提高系统稳定性,降低能耗,并提高故障预测准确率。本研究为火力发电厂的智能化改造和运行优化提供了理论依据和实践指导,对于推动发电行业的可持续发展具有重要意义。

关键词: 物联网; 火力发电厂; 监测系统; 智能优化; 人工智能; 能耗降低

引言

随着能源需求的不断增长和环境保护的日益严峻,火力发电厂作为我国能源供应的重要支柱,其运行效率和环保性能的提升成为当前研究的热点。物联网技术作为一种新兴的信息通信技术,具有感知、传输、处理和应用的全方位能力,为火力发电厂的智能化改造提供了新的契机。智能优化策略的应用,可以有效提高发电厂的生产效率、降低能耗和减少污染物排放。本次研究旨在构建一套基于物联网技术的火力发电厂监测系统,并探讨智能优化策略在该系统中的应用,以期为火力发电厂的转型升级提供理论依据和技术支持。

1 物联网与智能优化理论分析

1.1 物联网技术在火力发电厂的应用背景

在当前能源结构调整和环境保护的双重压力下,火力发电厂面临着提高能效、减少污染和保障安全生产的挑战。物联网技术的出现,为火力发电厂的转型升级提供了新的技术路径。物联网技术通过集成传感器网络、数据传输和智能处理等手段,能够实现对发电厂内各种设备的实时监控和远程管理,从而提高发电过程的自动化和智能化水平^[1]。在火力发电厂中,物联网技术的应用背景主要体现在对设备状态的实时监控、生产流程的优化控制以及环境质量的在线检测等方面,这对于提升发电厂的运行效率、降低维护成本和满足环保要求具有重要意义。

1.2 智能优化策略在发电厂运行管理中的重要性

智能优化策略作为提升火力发电厂运行管理水平的关键技术,其重要性不容忽视。该策略通过运用先进的人工智

能算法,对发电过程中的海量数据进行深度挖掘和分析,从而实现了对生产环节的精准控制和优化^[2]。在发电厂运行管理中,智能优化策略的重要性体现在多个层面:它能够根据发电负荷的变化自动调整设备运行参数,以实现最优的能源利用率;通过预测性维护减少非计划停机时间,提高设备的可靠性和使用寿命;智能优化策略有助于实现污染物的超低排放,满足日益严格的环保标准;它为发电厂的管理决策提供了科学依据,促进了管理水平的提升^[3]。因此,智能优化策略的应用对于火力发电厂实现高效、环保和可持续发展具有至关重要的作用。

2 火力发电厂物联网监测系统构建与优化模型

2.1 监测系统架构设计与传感器布局

为了实现对火力发电厂关键参数的实时监控,本研究设计了一种基于物联网技术的分层监测系统架构。该架构分为感知层、传输层和应用层,其数学描述如下:

设 $L = \{L_1, L_2, L_3\}$ 为监测系统分层模型,其中 L_1 代表感知层, L_2 代表传输层, L_3 代表应用层。感知层由一系列传感器 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 组成,用于采集环境参数。传输层由通信网络 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ 构成,负责数据的传输。应用层为数据处理与分析中心 P 。

传感器布局的优化目标是在满足监测需求的前提下,最小化传感器数量和最大化监测覆盖范围。该优化问题可以数学化为:

$$\min_x \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \alpha(S_i, D_j) \cdot x_i \geq 1, \forall j$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \forall i$$

其中, x_i 为决策变量, 表示是否部署传感器 S_i 为传感器 $\alpha(S_i, D_j)$ 对数据采集点 D_j 的覆盖指示函数, 若 S_i 覆盖 D_j , 则 $\alpha(S_i, D_j) = 1$, 否则为 0。

2.2 数据采集与预处理方法

数据采集是监测系统的关键环节, 本研究采用以下公式描述数据采集过程:

$$V_{\text{digital}}(t) = \text{ADC}(V_{\text{analog}}(t))$$

其中, $V_{\text{analog}}(t)$ 为传感器在时间采集的模拟信号, $V_{\text{digital}}(t)$ 为对应的数字信号, ADC 为模数转换操作。

在数据预处理阶段, 本研究采用了数字滤波和标准化方法。数字滤波的目的是去除信号中的噪声, 其数学模型为:

$$y[n] = \sum_{k=0}^{N-1} h[k] \cdot x[n-k]$$

其中, $x[n]$ 为原始信号, $y[n]$ 为滤波后的信号, $h[k]$ 为滤波器的冲击响应, N 为滤波器的阶数。

数据标准化是为了消除不同量纲对数据分析的影响, 其计算公式为:

$$x_{\text{std}} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

其中, x 为原始数据, x_{std} 为标准化后的数据, μ 为数据的均值, σ 为数据的标准差。

通过上述监测系统架构设计与传感器布局, 以及数据采集与预处理方法, 本研究为火力发电厂物联网监测系统的构建提供了理论依据和技术支持, 为后续的智能优化策略研究奠定了基础。

2.3 基于人工智能的智能优化策略模型

在构建火力发电厂物联网监测系统的基础上, 本研究进一步提出了基于人工智能的智能优化策略模型, 旨在通过数据驱动的决策支持, 提升发电厂的运行效率和安全性。以下将详细介绍该模型的构建及其原理。

智能优化策略模型的核心是一个多目标优化问题, 其目标函数和约束条件可以表示为:

$$\min\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)\}$$

$$\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$h_j(x) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, q$$

其中, x 为决策变量向量, $f_i(x)$ 为第 i 个目标函数, 代表不同的优化目标, 如能耗最小化、污染物排放最小化等;

和分别为不等式 $g_i(x)$ 和 $h_j(x)$ 等式约束条件, 确保优化过程在发电厂的实际运行限制内进行。

本研究采用的人工智能方法主要包括机器学习和深度学习技术。具体而言, 智能优化策略模型分为以下几个步骤:

(1) 特征提取: 从预处理后的数据中提取与发电厂运行效率相关的特征, 如温度、压力、流量等。

(2) 模型训练: 利用提取的特征训练人工智能模型, 本研究采用了深度神经网络 (DNN) 作为学习模型, 其结构可以表示为:

$$y = \sigma(W^{(L)} \cdot \sigma(\dots \sigma(W^{(2)} \cdot \sigma(W^{(1)} \cdot x + b^{(1)}) + b^{(2)}) \dots + b^{(L)})$$

其中 y 为模型输出, $W^{(l)}$ 和 $b^{(l)}$ 分别为第 l 层的权重矩阵和偏置向量, σ 为激活函数。

优化算法: 采用遗传算法 (GA) 与神经网络相结合的方法, 通过 GA 的全局搜索能力来优化 DNN 的权重, 以提高模型的预测精度和优化效果。

模型验证: 使用交叉验证方法评估模型的泛化能力, 确保模型在未知数据上的表现。

3 模拟仿真实验与分析

3.1 模拟仿真实验设计

为了验证所提出的火力发电厂物联网监测系统构建与智能优化策略的有效性, 本研究设计了一系列模拟仿真实验。实验设计如下:

实验环境: 采用 MATLAB/Simulink 软件搭建火力发电厂主要设备的动态模型, 包括锅炉、汽轮机、发电机等。

实验参数: 选取了关键运行参数, 如锅炉出口温度、汽轮机入口蒸汽压力、发电机组输出功率等, 作为模型的输入和输出。

实验方案: 分别对传统控制策略和本研究提出的智能优化策略进行仿真, 对比分析两种策略下的运行效果。

3.2 实验结果与分析

根据上述实验设计, 进行了模拟仿真实验, 并收集了相应的实验数据进行分析, 可以得出: 采用智能优化策略后, 锅炉出口温度提高了 10°C , 汽轮机入口蒸汽压力增加了 0.7MPa , 发电机组输出功率提升了 15MW 。同时, 能耗从 280g/kWh 降低到了 260g/kWh , 污染物排放从 45kg/h 减少到了 40kg/h 。这些结果表明, 智能优化策略能够有效提升火力发电厂的运行效率, 降低能耗和污染物排放。

分析原因, 智能优化策略通过实时监测和调整关键运

行参数,使得锅炉燃烧更加充分,汽轮机效率提高,从而提升了发电功率^[4]。同时优化策略在保证发电效率的同时,也考虑了节能减排,通过精确控制减少了无效能耗和污染物排放^[5]。

模拟仿真实验验证了所提出的物联网监测系统构建与智能优化策略的有效性和实用性,为火力发电厂的智能化改造提供了有力的理论支持和实践指导。

4 实验结果指标评估

4.1 系统稳定性评估

为了评估物联网监测系统的稳定性,我们进行了长时间运行的模拟仿真实验,并记录了系统的运行状态,可以得出:随着运行时间的增加,系统故障次数逐渐增多,但系统正常运行时间占比仍然很高,平均无故障时间保持在 98.5 小时。这表明所构建的物联网监测系统具有较高的稳定性,能够在长时间内保持正常运行。

4.2 能耗降低率评估

能耗降低率是衡量智能优化策略效果的重要指标。根据能耗降低率评估的数据显示,在三个不同的实验阶段,智能优化策略相较于传统控制策略均显著降低了能耗。能耗降低率分别为 13.33%, 15.63%, 和 17.65%,这表明随着优化策略的深入实施,能耗降低效果更加明显。

4.3 故障预测准确率评估

故障预测准确率是评估物联网监测系统智能优化策略的另一关键指标,根据故障预测准确率评估的数据可以得出:随着预测次数的增加,故障预测准确率略有波动,但整体保持在较高水平,平均准确率在 94% 以上。这表明所提出的智能优化策略能够有效预测潜在的故障,为火力发电厂的安全生产提供了有力保障。

5 结论

本次研究针对火力发电厂的实际需求,成功构建了一套物联网监测系统,并提出了基于人工智能的智能优化策

略。研究表明,该系统能够有效提升发电厂的运行效率,降低能耗,并提高故障预测的准确性。通过模拟仿真实验,验证了所提出优化策略的实际效果,为火力发电厂的智能化升级提供了有力的技术支持。此外,本研究还评估了实验结果指标,证实了监测系统在提升发电厂运行安全性、经济性和环保性方面的显著作用。总体而言,本次研究的研究成果为发电行业的可持续发展提供了新的思路和方法,具有广泛的应用前景和深远的社会意义。

参考文献

- [1] 乔振华. 专创融合背景下高职物联网技术基础课程教学改革研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024,20(9):145-147.
- [2] 张铭,王石生,高凡. 基于物联感知的城轨设备智能采集与监控优化 [J]. 计算机应用与软件, 2024,41(1):26-35.
- [3] 张佳,李一波,周凡,等. 基于物联网技术的智能农机装备研发创新策略研究——以插秧机为例 [J]. 中国农机装备, 2024(8):41-43.
- [4] 陈晔. 基于物联网技术的智能数据采集与风险预警技术研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024,20(25):73-74,77.
- [5] 唐效祥. 机电设备信息化对维修与保养的影响及优化策略研究 [J]. IT 经理世界, 2024(4):108-110.

作者简介:

闫璐(1999—),女,汉族,天津人,本科,助理工程师,研究方向:智能化技术。

李奇宁(1999—),女,汉族,天津人,本科,研究方向:智能化技术。

陈天一(1993—),男,汉族,天津人,本科,助理工程师,研究方向:智能化技术。

陈亚凯(1982—),男,汉族,河北石家庄人,研究方向:智能化技术。

刘淑贤(1988—),女,汉族,江苏徐州人,本科,助理工程师,研究方向:智能化技术。