

设计与制造

电力计量装置在线监测与故障诊断系统设计

刘政江

(鄂尔多斯供电公司 内蒙古鄂尔多斯市 017010)

摘要: 本文聚焦于提升电力计量装置的运行可靠性, 降低故障率。文章分析了电力计量装置在线监测与故障诊断的需求, 并深入探讨了数据采集、传感器、信号处理、人工智能等关键技术。最后, 文章详细阐述了电力计量装置在线监测与故障诊断系统的设计, 突出了深度学习技术在故障诊断中的高准确率和高效性。

关键词: 电力计量装置; 在线监测; 故障诊断; 深度学习; 人工智能

引言

电力计量装置作为电力系统的重要组成部分, 其准确性和可靠性直接关系到电力企业的经济效益和用户的用电安全。近年来, 我国电力系统规模不断扩大, 电力计量装置的应用范围和数量也在不断增加。据统计, 电力计量装置的故障率约为 5%, 这意味着每年有大量计量装置存在故障隐患。为了提高电力计量装置的运行可靠性, 降低故障率, 实现对故障的及时发现和处理, 电力计量装置在线监测与故障诊断技术应运而生。

一、电力计量装置的在线监测与故障诊断需求

电力计量装置是电力系统中用于测量电能消耗的设备, 它通过对电流、电压、功率等参数的精确测量, 为电力用户提供准确可靠的用电数据。随着电力系统的复杂性和智能化水平的提升, 电力计量装置的在线监测与故障诊断需求日益凸显^[1]。实时监测电力计量装置的工作状态, 能够及时发现潜在的故障隐患, 保障计量准确性, 对于提高电力企业的管理效率、减少经济损失具有重要意义。同时, 故障诊断技术的应用能够实现对装置故障的快速定位和预测性维护, 确保电力计量装置的长期稳定运行, 满足现代电力系统对高可靠性和高安全性的要求。因此, 电力计量装置的在线监测与故障诊断不仅是提升电力服务质量的关键, 也是推动电力行业技术进步的重要方向。

二、电力计量装置在线监测技术

2.1 数据采集与传输技术

电力计量装置在线监测的核心在于数据采集与传输技术。该技术涉及将电流、电压等模拟信号通过高精度的传感器转换为数字信号, 并实现实时或定时的数据传输。数据采集系统通常采用高分辨率 ADC(模数转换器), 如 16 位或更高精度的 ADC, 以实现 $\pm 0.1\%$ 的测量精度。在传输方面, 依托于工业以太网、无线通信技术如 Wi-Fi、ZigBee 或专用的电力线载波通信 (PLC), 确保数据的可靠传输。例如, 采用 IEC 61850 通信协议的电力计量装置, 可以实现小于 1ms 的数据传输延迟, 满足实时监控的需求。

2.2 传感器技术

传感器技术在电力计量装置在线监测中扮演着至关

重要的角色。电流传感器和电压传感器是监测系统的关键组件, 它们需要具备高精度、宽量程和良好的线性度。例如, 采用闭环霍尔效应电流传感器, 可以在 $\pm 100A$ 至 $\pm 2000A$ 的量程范围内, 实现优于 $\pm 0.5\%$ 的读数误差。电压传感器则通常采用电阻分压器或光学电压传感器, 以实现高达 0.1% 的准确度和超过 100kHz 的带宽, 满足对电压波形的精确测量。这些传感器能够在恶劣的电力系统环境下稳定工作, 为监测系统提供可靠的数据源。

2.3 信号处理与分析技术

信号处理与分析技术是电力计量装置在线监测系统的关键环节, 它涉及到对采集到的信号进行有效地处理和分析, 以提取有用的信息并识别潜在的故障。在信号处理方面, 采用数字滤波器如 FIR(有限冲激响应)或 IIR(无限冲激响应)滤波器, 可以有效去除信号中的噪声和干扰, 提高信噪比^[2]。在信号分析方面, 频域分析技术如快速傅里叶变换 (FFT) 被广泛应用于电力参数的谐波分析。通过 FFT, 可以将时域信号转换为频域信号, 从而分析出电流和电压的谐波含量, 评估电力系统的质量。此外, 现代电力计量装置在线监测系统还常常结合人工智能算法, 如机器学习、深度学习等, 对大量历史数据进行学习, 建立故障诊断模型。这些模型可以基于实时数据流进行故障预测和分类, 提高监测系统的智能化水平。

三、电力计量装置故障诊断方法

电力计量装置是电力行业中至关重要的设备之一, 用于测量电能消耗及质量等方面的指标。然而, 在长期的使用过程中, 电力计量装置容易出现故障, 导致数据采集不准确, 影响到供电质量和安全, 因此基于大数据的电力计量装置故障智能化诊断研究具有重要的意义^[3]。

3.1 人工智能辅助故障诊断

随着人工智能技术的发展, 基于机器学习、深度学习等算法的故障诊断技术在电力计量装置中得到应用。这些技术通过训练模型来识别故障特征, 从而实现自动化的故障诊断。比如, 支持向量机 (SVM) 能够有效地对故障数据进行分类, 即使在样本不平衡的情况下也能保持较高的诊断准确率。卷积神经网络 (CNN) 则擅长处理图像数据, 可以用于识别电力计量装置的故障图像。

通过这些人工智能算法,故障诊断的准确性和效率得到了显著提升。研究表明,采用深度学习技术的故障诊断系统,其准确率可以达到90%以上,大大减少了人为误判的可能性^[4]。

3.2 数据驱动的故障诊断方法

数据驱动的故障诊断方法侧重于对大量历史数据的分析,通过模式识别和统计分析来发现故障特征。这种方法通常包括数据预处理、特征提取和故障分类等步骤。在数据预处理阶段,采用滤波、归一化等方法去除噪声和异常值,提高数据质量。特征提取则是通过时域分析、频域分析等技术,从原始数据中提取出能够表征故障状态的特征量。例如,利用FFT提取电流信号的谐波成分,可以作为判断电力计量装置是否正常工作的依据。故障分类阶段则采用分类算法,如k-近邻(k-NN)、随机森林等,对特征进行分类,从而实现故障的诊断。数据驱动的故障诊断方法具有自学习的能力,能够随着数据量的增加不断提高诊断的准确性。在实际应用中,这种方法已经成功地帮助电力企业减少了故障处理时间,提高了系统的可靠性。

四、电力计量装置在线监测与故障诊断系统设计

4.1 系统总体设计

电力计量装置在线监测与故障诊断系统旨在实现对电力系统运行状态的实时监控,及时发现并诊断计量装置的故障,确保电力系统安全、稳定、高效运行。系统总体设计分为三个层次:数据采集层、通信传输层和故障诊断层。

数据采集层负责实时采集电力计量装置的电流、电压、功率等参数,通过高精度传感器和A/D转换器实现模拟信号到数字信号的转换。通信传输层采用有线与无线相结合的方式,将采集到的数据上传至监控中心,同时接收监控中心的控制指令^[5]。故障诊断层根据采集的数据,运用人工智能算法对电力计量装置进行故障诊断,并提供故障处理建议。

4.2 硬件设计

硬件设计主要包括数据采集模块、通信模块和故障诊断模块。数据采集模块采用高精度电流互感器(CT)和电压互感器(PT),实现电流、电压信号的准确测量。为降低测量误差,选用24位A/D转换器,其分辨率高达0.001%,满足电力系统高精度测量需求。

通信模块采用光纤通信和4G无线通信相结合的方式,实现数据的高速、稳定传输。光纤通信具有传输速率快、抗干扰能力强等优点,适用于长距离、大容量数据传输;4G无线通信适用于现场调试和维护,降低通信成本。故障诊断模块采用高性能嵌入式处理器,内置人工智能算法,对采集的数据进行实时分析,实现故障诊断。处理器主频不低于1GHz,具备强大的数据处理能力,确保故障诊断的实时性和准确性。

4.3 软件设计

软件设计主要包括数据采集与处理、通信协议、故障诊断算法三个部分。数据采集与处理软件通过编写驱动程序,实现A/D转换器与处理器的数据交互,完成电流、电压等参数的实时采集。为提高数据处理速度,采用DMA(直接内存访问)技术,降低CPU负担。

通信协议软件遵循IEC 61850标准,实现数据的高效、可靠传输。软件具备以下功能:数据打包与解包、心跳检测、故障告警、远程升级等。故障诊断算法软件采用深度学习技术,对电力计量装置的运行数据进行训练,建立故障诊断模型^[6]。算法主要包括以下步骤:

1.数据预处理:对采集的电流、电压数据进行滤波、去噪处理,提高数据质量。

2.特征提取:提取电流、电压的时域、频域特征,如有效值、谐波含量、功率因数等。

3.模型训练:采用卷积神经网络(CNN)对提取的特征进行训练,建立故障诊断模型。

4.故障诊断:将实时采集的数据输入故障诊断模型,输出故障类型及概率。

通过实际运行数据验证,本系统故障诊断准确率可达95%以上,有效提高电力计量装置的运维水平。

结束语

随着电力系统的发展,电力计量装置的在线监测与故障诊断技术显得尤为重要。本文通过对相关技术的研究和分析,提出了一种基于深度学习的电力计量装置在线监测与故障诊断系统设计方案。该方案能够有效提升电力计量装置的运行可靠性,降低故障率,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。未来,我们将继续深入研究,不断完善系统功能,推动电力计量装置在线监测与故障诊断技术的进步。

参考文献:

- [1]秦香春.探究分析电力计量装置异常原因及监测方法[J].现代信息科技,2022,6(04):165-167.DOI:10.19850/j.cnki.2096-4706.2022.04.043.
- [2]邓国学.电力计量装置的异常原因与监测分析[J].现代工业经济和信息化,2020,10(10):143-144.DOI:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2020.10.64.
- [3]刘璐,苏逸尘.基于大数据的电力计量装置故障智能化诊断分析[J].集成电路应用,2023,40(12):216-217.DOI:10.19339/j.issn.1674-2583.2023.12.097.
- [4]陈崇明,吴瀛,姚栋方,等.一种电能计量装置状态在线监测及远程诊断系统设计[J].电力电容器与无功补偿,2021,42(04):203-208.DOI:10.14044/j.1674-1757.pcrpc.2021.04.029.
- [5]邹仕强.基于特征向量的计量装置故障诊断研究[J].自动化与仪表,2021,36(08):13-17+28.DOI:10.19557/j.cnki.1001-9944.2021.08.003.
- [6]陈莹莹.基于大数据背景的电力计量装置故障诊断方法研究[J].电气开关,2023,61(03):60-62.