

基于人工智能的电气自动化设备故障诊断方法研究

敖林, 王鹏, 郑天东

国网昌吉供电公司变电检修中心, 新疆 昌吉 831100

摘 要 : 工业自动化的快速发展, 使得电气自动化设备在各行业中的应用日益广泛。而设备故障不仅会影响生产效率, 并且还可能会导致巨大的经济损失。现阶段传统的故障诊断方法在应对复杂多变的电气自动化系统时, 已经逐渐显露出其局限性。对此本文在分析了人工智能技术在故障诊断中优势的基础上, 详细地阐述了神经网络、专家系统、模糊逻辑、支持向量机等多种人工智能诊断方法。希望经过本次研究能够提高电气自动化设备的可靠性和稳定性, 以及保障工业生产的顺利进行。

关 键 词 : 人工智能; 电气自动化设备; 故障诊断; 神经网络; 专家系统

Research on the Fault Diagnosis Method of Electrical Automation Equipment Based on Artificial Intelligence

Ao Lin, Wang Peng, Zheng Tiandong

State Grid Changji Power Supply Company Substation Maintenance Center. Changji, Xinjiang 831100

Abstract : The rapid development of industrial automation makes the electrical automation equipment is increasingly widely used in various industries. Equipment failure will not only affect the production efficiency, but also may lead to huge economic losses. At present, the traditional fault diagnosis methods have gradually revealed their limitations when dealing with the complex and changeable electrical automation systems. On the basis of analyzing the advantages of artificial intelligence technology in fault diagnosis, this paper expounds various diagnostic methods of artificial intelligence, such as neural network, expert system, fuzzy logic and support vector machine. It is hoped that this research can improve the reliability and stability of electrical automation equipment, and ensure the smooth progress of industrial production.

Keywords : artificial intelligence; electrical automation equipment; fault diagnosis; neural network; expert system

引言

在当今工业4.0和智能制造的大背景下, 电气自动化设备作为现代工业生产的核心组成部分, 其运行的可靠性和稳定性会直接关系到企业的生产效率、产品质量以及经济效益。然而由于电气自动化设备结构复杂、运行环境多变, 致使实践中的设备故障难以完全避免。但一旦发生故障, 就可能导致生产中断、设备损坏甚至人员安全事故, 最终将会给企业带来巨大的损失。现如今随着人工智能技术的飞速发展, 如神经网络、专家系统、模糊逻辑、支持向量机等人工智能技术在故障诊断领域展现出了巨大的潜力。本研究则会深入地探讨基于人工智能的电气自动化设备故障诊断方法, 并且分析各种人工智能技术在故障诊断中的应用原理、优势和局限性。

一、电气自动化设备故障诊断概述

(一) 电气自动化设备的组成和工作原理

1. 组成

电气自动化设备的种类繁多, 其被广泛应用于工业生产、交通运输、医疗卫生、通信等各个领域。虽然不同类型的电气自动化设备在结构和功能上存在差异, 但其基本组成通常包括了电气控制部分、执行机构、传感器和检测装置等。

(1) 电气控制部分: 电气控制部分是设备的核心, 该部分主要由控制器、继电器、接触器、开关等电气元件组成, 核心任务是接收和处理各种控制信号, 以及控制执行机构的动作。

(2) 执行机构: 执行机构需要根据控制信号的要求, 来完成相应的机械运动或电气操作, 如电机的旋转、阀门的开关等。

(3) 传感器和检测装置: 传感器和检测装置被用于实时地监测设备运行状态, 并且还会将采集到的各种物理量(如温度、压力、电流、电压等)转换为电信号, 再传输给电气控制部分进行

分析和处理。

2. 工作原理

电气自动化设备的工作主要是基于电气控制理论和自动化技术的，其主要是通过对各种控制信号的处理和转换，来实现对设备的自动化控制。例如在一个电机控制系统中，控制器会根据预设的控制策略向接触器发送控制信号，以此控制电机的启动、停止、正反转和调速等操作；同时通过传感器会实时监测电机的运行参数，如电流、转速等，而当检测到异常情况时，控制器就会及时地采取相应的保护措施，从而确保电机的安全运行^[1]。

（二）常见故障类型及原因分析

电气自动化设备在运行过程中可能会出现各种类型的故障，其中常见的故障类型包括电气故障、机械故障、传感器故障和软件故障等。

1. 电气故障

电气故障是电气自动化设备中最常见的故障类型之一，该类型故障主要包括短路、断路、过载、漏电等。其中短路故障通常是由于电气元件的绝缘损坏或线路连接错误导致电流过大；断路故障则是由于线路断开或电气元件损坏导致的电路不通；而过载故障是指设备在运行过程中承受的电流或功率超过了其额定值；漏电故障是因为电气设备的绝缘性能下降，其会导致电流泄漏到设备外壳或其他接地部位^[2]。

电气故障产生的原因可能是电气元件的质量问题、长期运行导致的老化、环境因素（如温度、湿度、灰尘等）影响以及操作不当等。

2. 机械故障

机械故障主要涉及的是设备的机械部件，如电机的轴承磨损、齿轮损坏、皮带松弛等。而机械故障的原因可能是机械部件的制造质量问题、长期运行导致的磨损、润滑不良、安装不当以及过载等^[3]。

3. 传感器故障

传感器出现故障则可能会导致设备无法准确获取运行参数，从而影响到设备的正常运行。而传感器故障的类型包括了传感器损坏、信号漂移、干扰等。其原因可能是传感器本身的质量问题、环境因素（如温度、湿度、电磁干扰等）影响以及长期使用导致的性能下降等。

4. 软件故障

随着电气自动化设备的智能化程度不断提高，促使着软件在设备中的作用越来越重要。如今常见的软件故障有程序错误、数据丢失、系统崩溃等。该故障出现的原因可能是软件开发过程中的漏洞、病毒感染、硬件故障导致的数据错误以及用户操作不当等^[4]。

二、人工智能技术在电气自动化设备故障诊断中的优势

（一）强大的数据处理能力

电气自动化设备在运行过程中会产生大量的运行数据，当中

包括电流、电压、温度、压力等各种物理量数据。而人工智能技术具有强大的数据处理能力，尤其是神经网络和深度学习算法，因此其能够快速地对处理和分析这些海量数据，从中提取出有用的故障特征信息。相比传统方法而言，人工智能技术能够更加全面、深入地挖掘数据中的潜在信息，进而提高故障诊断的准确性和可靠性^[5]。

（二）自学习和自适应能力

人工智能技术具有自学习和自适应能力，其能够根据不断积累的故障数据和实际运行经验，自动地调整和优化故障诊断模型。以神经网络为例分析，经过对大量故障样本数据的学习，神经网络可以不断地调整神经元之间的连接权重，使得模型能够更好地适应不同的故障情况。如果设备运行环境或工作状态发生变化时，人工智能诊断模型就能够自动地学习新的特征，并且及时地调整诊断策略，最终可提高诊断的准确性和适应性。而这种自学习和自适应能力使得人工智能故障诊断方法，能够在实际中更好地应对复杂多变的电气自动化设备故障诊断需求。

（三）能够处理复杂的非线性关系

当下电气自动化设备的故障往往与多种因素相关，且这些因素之间存在着复杂的非线性关系。若使用传统的故障诊断方法，则难以准确地描述和处理这种非线性关系。但因为人工智能技术具有很强的非线性映射能力，所以能够有效地处理复杂的非线性问题^[6]。

（四）实时监测和预警能力

借助传感器技术和物联网技术的力量，基于人工智能的故障诊断系统便可以实时地采集电气自动化设备的运行数据，并且通过预先训练好的故障诊断模型对于数据进行实时地分析和处理。一旦该系统检测到设备运行状态出现异常，则能够及时地向维修人员发出预警信号，通知其对问题进行处理，进而实现设备故障的早期发现和预防。

三、基于人工智能的电气自动化设备故障诊断方法

（一）神经网络故障诊断方法

1. 神经网络原理

神经网络是一种模拟人类大脑神经元结构和功能的计算模型，其由大量的神经元节点和连接这些节点的权重组成。该网络通常包括输入层、隐藏层和输出层，其中输入层负责接收外部数据，隐藏层则需要对输入数据进行处理和特征提取，而输出层要根据隐藏层的处理结果输出最终的诊断结果。

在对神经网络进行训练的过程中，操作人员通过不断地调整神经元之间的连接权重，就能使网络对输入数据进行准确的分类和预测。目前常用的神经网络训练算法包括了反向传播算法（BP算法）、随机梯度下降算法等^[7]。

2. 在电气自动化设备故障诊断中的应用

神经网络在电气自动化设备故障诊断中具有广泛的应用。展开来说，在电机故障诊断中应用神经网络，操作人员可以将电机的电流、电压、转速等运行参数作为神经网络的输入，再将电机

的故障类型（如短路、断路、轴承故障等）作为输出，借助通过对大量电机故障样本数据的学习，即可训练出一个能够准确诊断电机故障的神经网络模型。同时当实际运行中的电机出现故障时，将其运行参数输入到训练好的模型中，该模型便可输出该故障的类型和位置^[8]。

（二）专家系统故障诊断方法

1. 专家系统原理

专家系统是基于知识的智能系统，它的原理是将领域专家的知识 and 经验以规则的形式存储在知识库中，再通过推理机对输入的故障信息进行推理和判断，从而得出故障诊断结果。其主要由知识库、推理机、数据库、解释器和用户界面等部分组成。

知识库是专家系统的核心，该部分存储了领域专家的知识 and 经验，且这些知识以规则的形式表示，如“如果设备的电流超过额定值且温度升高，则可能存在过载故障”^[9]。而推理机根据输入的故障信息会在知识库中搜索匹配的规则，然后经过推理得出故障诊断的结论。数据库则用于存储设备的运行数据和诊断过程中的中间结果。解释器主要负责对于诊断结果进行解释，即向用户说明诊断的依据和过程。最后就是用户界面，它是用户与专家系统进行交互的接口，作用是方便用户输入故障信息和获取诊断结果。

2. 在电气自动化设备故障诊断中的应用

对于工业自动化生产线的故障诊断来说，若应用专家系统则可以将生产线中各种设备的故障特征、诊断方法和维修经验等知识整理成规则，并且存入知识库中。当生产线出现故障时，操作人员即可通过用户界面输入故障现象和相关数据，此时专家系统的推理机会根据知识库中的规则进行推理，从而判断出故障的类型和位置，并且给出维修人员相应的维修建议。

（三）模糊逻辑故障诊断方法

1. 模糊逻辑原理

模糊逻辑是一种数学工具，其主要处理的是模糊性和不确定

性问题。它的原理是将传统的二值逻辑（真和假）扩展为多值逻辑，并用隶属度来表示事物属于某个集合的程度。通常在模糊逻辑中，会以定义模糊集合和模糊规则为基础，对模糊信息进行处理和推理操作^[10]。

2. 在电气自动化设备故障诊断中的应用

模糊逻辑在电气自动化设备故障诊断中的应用，能够帮助操作人员有效地处理故障信息的模糊性和不确定性。如在电气设备的绝缘状态评估中，因为设备的绝缘性能受到多种因素的影响，如湿度、温度、运行时间等，并且这些因素与绝缘状态之间的关系往往是模糊的。所以需要操作人员建立模糊逻辑模型，如此便可以将这些模糊因素进行量化处理，且定义相应的模糊集合和模糊规则，进而对设备的绝缘状态进行评估和故障诊断。

（四）支持向量机故障诊断方法

支持向量机（SVM）主要基于统计学习理论，其基本思想是通过寻找一个最优分类超平面，再将不同类别的样本数据尽可能地分开。当处于低维空间之中时，线性可分的样本数据可以通过一个线性分类超平面进行分类，但是对于非线性可分的数据来说，则需要通过核函数将其映射到高维空间中，使其在高维空间中变得线性可分。

四、结语

实际按当中基于人工智能的电气自动化设备故障诊断方法，展现出了其卓越的性能与广阔的应用前景。面对传统故障诊断方法在复杂电气自动化系统中暴露出的效率低、准确性差以及难以实时监测等困境，人工智能技术凭借自身强大的数据处理能力、自学习和自适应能力、处理复杂非线性关系的能力以及实时监测和预警能力，最终为电气自动化设备故障诊断带来了创新性的解决方案。

参考文献

- [1] 王恒. 基于人工智能的风电机组运行状态监测和故障诊断预警研究 [J]. 科学技术创新, 2023, (27): 69-72.
- [2] 马文超. 基于神经网络的电气设备故障智能自诊断系统研究应用 [J]. 能源技术与管理, 2023, 48(05): 39-41+50.
- [3] 崔晓丹. 专家系统下的智能诊断技术研究 [C]. 第三届中国铁路发展论坛学术论文集. 中国北京市北京市, 2023: 479-485.
- [4] 韩立军. 电力设备状态的智能诊断研究 [J]. 电气技术与经济, 2023, (10): 377-379.
- [5] 李云渠, 咸日常, 张海强, 等. 基于改进灰狼算法与最小二乘支持向量机耦合的电力变压器故障诊断方法 [J]. 电网技术, 2023, 47(04): 1470-1477.
- [6] 芦小雨, 马全保. 电力电气自动化设备物联网在线监测技术研究 [J]. 中国新技术新产品, 2023, (22): 45-48.
- [7] 董海龙. 电气工程自动化技术应用在智慧水电站中的研究 [J]. 水上安全, 2023, (16): 13-15.
- [8] 胡港国. 电气自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 自动化应用, 2023, 64(S2): 125-127.
- [9] 王苏亚, 包振兴. 自动化系统中的稳定控制技术分析 [J]. 电子技术, 2023, 52(12): 310-311.
- [10] 熊迪, 郭胥. 电力设备电气自动化控制技术探讨 [J]. 模具制造, 2023, 23(12): 179-181.