

电气工程中的故障诊断与状态监测

刘 源

国网武汉供电公司 湖北 武汉 430000

摘要：本文旨在深入探讨电气工程中的故障诊断与状态监测技术。故障诊断方面，本文将分析感官诊断法、仪器诊断法与基于人工智能的诊断方法；状态监测方面，将探讨状态监测体系的构成及其重要性。通过本文的论述，期望为电气工程领域的故障诊断与状态监测提供理论支持和实践指导。

关键词：电气工程；故障诊断；状态监测；电力系统；安全稳定

引言

电气设备作为电力系统的核心组成部分，其运行状态直接影响到整个系统的安全性和稳定性。随着电气设备复杂性的增加，传统的定期检修模式已难以满足现代电力系统的需求。因此，建立有效的故障诊断方法和状态监测体系显得尤为重要。

1 电气工程中的故障诊断方法

1.1 感官诊断法

感官诊断法，亦被业界称为直观检查法，它充分利用了人类自身的感官——口、眼、耳、鼻、手，对电气设备的运行状态进行直接观察和感知，从而迅速定位可能的故障点。这种方法虽简单，却往往能在第一时间发现问题的端倪，为后续的专业维修提供宝贵的线索。口问：即通过询问设备操作者或目击者关于故障发生前后的异常情况，如设备是否有异常声响、是否出现过闪烁或冒烟等现象，以及故障发生时的具体操作步骤，从而初步构建故障发生的背景框架。眼看：细致观察电气设备的外观，包括接线是否松动、绝缘层是否破损、部件是否有烧焦或变色的痕迹、指示灯是否正常工作等。这些直观的视觉信息往往能直接反映设备的工作状态，帮助诊断人员快速锁定故障区域。耳听：利用听觉捕捉设备运行时发出的声音，如电机运转是否平稳、有无异响、继电器或接触器吸合释放声音是否正常^[1]。异常声响往往是设备内部机械或电气故障的直接体现。鼻闻：通过嗅觉检测设备周围是否有烧焦味、油味或其他异常气味，这些气味可能是设备过热、绝缘材料老化或油料泄漏等问题的信号。手摸（注意安全前提下）：用手触摸设备外壳或可接触部分，感受其温度是否正常，有无过热现象。过热可能是电流过大、散热不良或部件损坏的征兆。

1.2 仪器诊断法

在电气工程领域，仪器诊断法作为一种精确且高效的故障诊断手段，被广泛应用于各类电气设备的深度检

测与故障排查中。该方法依赖于先进的电气仪表，通过精确测量电气设备的各项关键参数，如电压、电流、电阻、频率、相位等，与设备正常运行时的标准值或历史数据进行对比分析，从而准确判断故障原因及其所在位置。万用表作为最常用的电气测量工具之一，能够测量电压、电流、电阻等多种参数。在故障诊断过程中，维修人员可以利用万用表检测电路中的电压是否稳定、电流是否过大或过小、电阻值是否异常等，这些测量数据为判断电路是否存在短路、断路或元件损坏提供了直接依据。示波器则是另一种重要的诊断仪器，它特别适用于分析动态电气信号。通过示波器，维修人员可以直观地观察到电气信号随时间变化的波形，如正弦波、方波等，从而分析信号的频率、幅值、相位等特性。这对于诊断复杂的电路故障，如谐波干扰、信号失真等问题，具有极高的价值。此外，随着科技的发展，现代电气工程中还涌现出了许多新型的电气测量仪器，如功率分析仪、频谱分析仪等。这些仪器能够提供更全面、更深入的电气参数测量与分析，使得故障诊断更加精确、高效。

1.3 智能诊断法

在电气工程领域，随着人工智能技术的飞速发展，智能诊断法正逐渐成为故障诊断领域的新宠。这一方法依托于机器学习、神经网络、深度学习等前沿技术，通过对电气设备运行过程中产生的海量监测数据进行深度挖掘与处理，实现了对设备故障的自动识别、预测与定位。智能诊断法的核心在于其强大的数据处理与分析能力。它能够从复杂的电气信号中提取出关键特征，这些特征往往与设备的运行状态和潜在故障紧密相关。通过构建精确的机器学习模型或神经网络，智能诊断系统能够对这些特征进行高效的学习和识别，从而在设备出现故障的初期就能迅速作出反应，大大缩短了故障诊断的时间。与传统的故障诊断方法相比，智能诊断法具有显著的优势。首先，它能够处理和分析海量的数据，这对

于现代电气设备中日益复杂的电路结构和庞大的数据量来说至关重要。其次,智能诊断法能够自动学习和适应设备的运行状态,随着设备的长期使用,其诊断精度和效率会不断提高。最后,智能诊断法还能够实现故障的预测性维护,即在设备出现故障之前就能提前发出预警,为设备的稳定运行提供了有力的保障^[2]。在实际应用中,智能诊断法已经取得了显著的成效。例如,在电力系统中,通过智能诊断技术可以实时监测变压器的运行状态,及时发现并处理潜在的故障,有效避免了因变压器故障导致的停电事故。在电机驱动系统中,智能诊断法能够准确识别电机的轴承故障、绕组故障等,为电机的及时维修和更换提供了有力的支持。

2 电气工程中的状态监测体系

2.1 状态监测体系的重要性

在电气工程领域,状态监测体系作为设备维护管理的核心环节,其重要性不言而喻。这一体系通过先进的传感器技术和实时监测手段,对电气设备的运行状态进行全天候、全方位的监控。它不仅能够实时捕捉设备运行的各项关键参数,如温度、振动、电流、电压等,还能对这些参数进行深度分析和挖掘,从而及时发现设备中存在的潜在故障和隐患。状态监测体系的建立,对于预防设备故障、延长设备使用寿命具有至关重要的作用。通过实时监测和数据分析,维修人员可以在设备出现故障之前,提前采取必要的维护措施,如更换老化部件、调整运行参数等,从而有效避免设备故障的发生。这不仅降低了设备的维修成本,还提高了设备的可靠性和稳定性,为电气工程的持续、稳定运行提供了有力的保障。因此,构建完善的状态监测体系,对于提升电气工程设备的管理水平和维护效率具有重要意义。

2.2 状态监测体系的构成

一个完整的状态监测体系通常包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和数据应用层等部分。

2.2.1 数据采集层

数据采集层是状态监测体系的第一道防线,它负责从电气设备上实时、准确地获取运行状态数据。为了实现这一目标,数据采集层通常会在设备的各个关键部位安装各类传感器。这些传感器如同设备的“眼睛”和“耳朵”,能够敏锐地捕捉到设备在运行过程中的各种细微变化。例如,温度传感器能够实时监测设备的工作温度,确保设备在安全的温度范围内运行;振动传感器则能够捕捉到设备振动幅度的变化,从而判断设备是否存在机械磨损或不平衡等潜在问题。此外,还有电流传感器、电压传感器等,它们共同构成了数据采集层的强

大网络,为后续的数据传输、处理和应用提供了丰富、准确的数据源。在数据采集过程中,传感器的选择和安装位置至关重要。维修人员需要根据设备的结构特点、运行原理以及潜在故障类型,精心挑选合适的传感器,并将其安装在能够准确反映设备运行状态的位置。同时,为了确保数据的准确性和可靠性,还需要定期对传感器进行校准和维护,确保其始终处于良好的工作状态。数据采集层作为状态监测体系的重要组成部分,其性能和准确性直接关系到整个体系的监测效果和维护效率。因此,在构建状态监测体系时,必须高度重视数据采集层的设计与建设,为电气设备的稳定运行提供坚实的数据支撑。

2.2.2 数据传输层

在状态监测体系中,数据传输层扮演着桥梁的角色,它负责将数据采集层获取到的设备运行状态数据,安全、高效地传输至数据处理中心。这一层的设计与实施,直接关系到数据的实时性、完整性和可靠性,是确保整个状态监测体系有效运行的关键。随着物联网技术的飞速发展,无线传输方式凭借其灵活性高、部署方便、成本低廉等诸多优点,逐渐在数据传输层中占据主导地位。与传统的有线传输方式相比,无线传输能够摆脱线缆的束缚,使得传感器的安装位置更加灵活多样,更易于覆盖设备的各个关键部位。同时,无线传输还能够实现数据的远程实时传输,使得数据处理中心能够即时获取到设备的最新运行状态,为及时发现和处理潜在故障提供了有力保障。在无线传输技术的选择上,常见的包括Wi-Fi、蓝牙、Zigbee、LoRa等。这些技术各有优劣,适用于不同的应用场景。例如,Wi-Fi传输速度快、覆盖范围广,适用于数据量较大、实时性要求较高的场合;而LoRa则具有低功耗、远距离传输的特点,更适合于对功耗敏感、传输距离较远的传感器网络。为了确保数据传输的安全性和可靠性,数据传输层还需要采取一系列的技术措施。例如,通过加密技术保护数据的隐私性,防止数据在传输过程中被窃取或篡改;通过冗余传输和错误校验机制,提高数据的抗干扰能力和传输成功率^[3]。数据传输层作为状态监测体系的重要组成部分,其设计与实施需要充分考虑数据的实时性、完整性和可靠性要求。通过合理选择无线传输技术,并采取有效的安全措施,可以确保设备运行状态数据的安全、高效传输,为后续的数据处理和應用提供坚实的基础。

2.2.3 数据处理层

在状态监测体系中,数据处理层是连接原始数据与故障诊断、状态评估等高级应用的关键环节。它承担着

对从数据传输层接收到的海量数据进行预处理、特征提取等重要任务,旨在为后续的故障分析和设备状态评估提供准确、有用的信息基础。数据预处理是数据处理层的首要任务。由于原始数据往往包含噪声、冗余信息以及由于传输错误导致的异常值,因此需要通过滤波、去噪、数据清洗等手段,对原始数据进行净化处理,以确保数据的准确性和可靠性。这一步骤对于提高后续特征提取和故障诊断的精度至关重要。特征提取是数据处理层的另一核心任务。它通过对预处理后的数据进行深入分析,提取出能够反映设备运行状态的关键特征。这些特征可能是设备的振动频率、温度变化率、电流波动等,它们与设备的健康状况和潜在故障紧密相关。通过有效的特征提取,可以大大简化故障诊断的复杂度,提高诊断的准确性和效率。为了实现高效的数据处理和特征提取,数据处理层通常会借助先进的算法和技术,如机器学习算法、信号处理技术等。这些技术能够自动地从数据中学习并提取出有价值的特征,为设备的故障预测和状态评估提供有力支持。此外,数据处理层还需要考虑数据的存储和管理问题。随着设备运行状态数据的不断积累,如何高效地存储、查询和分析这些数据,成为数据处理层必须面临的挑战。因此,建立合理的数据存储结构和索引机制,以及采用高效的数据查询和分析算法,是确保数据处理层性能的关键。

2.2.4 数据应用层

数据应用层是状态监测体系的最终输出端,它基于数据处理层提供的精准信息,执行着一系列关键任务,包括故障诊断、状态评估、预警发布以及与设备维护管理系统的深度集成。这一层次的工作直接关联到设备的运行安全、维护效率以及整体运营成本,是状态监测体系价值体现的核心环节。在故障诊断方面,数据应用层利用先进的算法模型,如神经网络、支持向量机等,对处理后的数据进行深度分析,能够自动识别设备故障的类型、位置及严重程度,为维修团队提供明确的故障排

查指南,显著缩短故障响应时间和修复周期。状态评估则是通过对设备长期运行数据的综合分析,评估设备的整体健康状况和性能水平,预测设备未来的发展趋势,为设备的预防性维护提供科学依据。这种评估不仅关注当前的故障情况,更着眼于设备的长期稳定运行,有助于制定更为合理的维护策略。预警发布功能则能够在设备状态出现异常或即将达到临界值时,及时发出预警信号,提醒操作人员或维护人员提前采取措施,有效避免突发故障导致的生产中断或安全事故^[4]。此外,数据应用层还与设备维护管理系统紧密集成,实现维护计划的自动生成和优化。通过分析设备的历史维护记录、运行状态数据以及故障预测结果,系统能够智能地生成个性化的维护计划,确保维护工作的针对性和有效性,同时降低不必要的维护成本。

结语

电气工程中的故障诊断方法与状态监测体系对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义。通过采用感官诊断法、仪器诊断法和智能诊断法等多种手段,结合在线监测系统和数据分析技术,能够实现对电气设备的全面监控和故障预警。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,电气工程中的故障诊断与状态监测将更加智能化、高效化。

参考文献

- [1]杨小娟.电气工程中继电保护的故障诊断与处理对策[J].电子技术与软件工程,2021,(19):244-245.
- [2]林金波.基于模糊神经网络的学习算法大型电气工程设备绝缘故障诊断方法[J].自动化应用,2021,(10):48-49+54.
- [3]赵阳.基于物联网技术的电气工程设备远程监测与控制研究[C]//中国智慧工程研究会.2024新技术与新方法学术研讨会论文集.库柏(宁波)电气有限公司,2024:3.
- [4]张伟.自动化监测技术在电气工程的应用[J].集成电路应用,2020,37(10):170-171.