

# 变电站变压器在线监测与故障诊断系统开发

李荣荣

内蒙古电力(集团)有限责任公司锡林郭勒供电分公司 内蒙古 锡林浩特 026000

**摘要:** 随着电力系统的快速发展,变电站变压器作为核心设备,其运行状态直接关系到电网的稳定性和安全性。传统的离线检测方式已无法满足现代电力系统对实时监测和快速故障诊断的需求。因此,开发一套变电站变压器在线监测与故障诊断系统具有重要意义。本文旨在研究该系统的设计与实现,通过集成传感器技术、信号处理技术、人工智能算法等多种技术手段,实现对变压器运行状态的实时监测和故障预警,提高电力系统的可靠性和安全性。

**关键词:** 变电站;变压器;在线监测;故障诊断;传感器技术;人工智能

## 引言

变压器作为电力系统中的关键设备,承担着电压变换、电能分配和传输的重要任务。然而,由于长期运行在高负荷、复杂环境下,变压器容易发生各种故障,如绕组短路、绝缘老化、局部放电等,这些故障不仅会影响变压器的正常运行,还可能引发电网事故,造成巨大的经济损失。因此,对变压器进行在线监测和故障诊断,及时发现并处理潜在故障,对于保障电力系统的稳定运行具有重要意义。

## 1 系统总体设计

### 1.1 系统架构

变电站变压器在线监测与故障诊断系统采用分层分布式结构,主要包括数据采集层、数据处理层、故障诊断层和用户交互层。数据采集层通过安装在变压器上的各类传感器实时采集变压器的运行数据;数据处理层对采集到的数据进行预处理、特征提取和状态评估;故障诊断层利用人工智能算法对处理后的数据进行分析,判断变压器是否存在故障及故障类型;用户交互层提供友好的界面,展示变压器的实时运行状态和故障预警信息。

### 1.2 变电站变压器在线监测与故障诊断系统功能模块

#### 1.2.1 数据采集模块

数据采集模块是变压器在线监测与故障诊断系统的基础,负责实时、准确地采集变压器的各项关键参数。在电压和电流采集方面,系统通过高精度的传感器实时监测变压器各侧的电压和电流变化,确保数据的准确性和可靠性。这些数据对于判断变压器的负载情况、运行效率以及潜在的故障隐患至关重要。温度监测是变压器状态评估的重要环节。系统通过安装在变压器关键部位的温度传感器,实时获取变压器内部的温度分布情况。这有助于运维人员及时发现过热现象,防止因温度过高导致的绝缘老化或损坏<sup>[1]</sup>。油位监测则是评估变压器油

系统状态的重要手段。系统通过油位传感器实时监测变压器油箱内的油位变化,确保油位处于正常范围内。油位过高或过低都可能对变压器的安全运行构成威胁。此外,气体浓度监测也是不可忽视的一环。变压器内部可能产生的故障气体(如氢气、乙炔等)是判断变压器是否存在潜在故障的重要依据。系统通过气体传感器实时监测变压器内部的气体浓度变化,为故障诊断提供有力支持。

#### 1.2.2 数据处理模块

数据处理模块负责对采集到的原始数据进行清洗、去噪和特征提取等预处理操作,为后续故障诊断提供可靠的数据支持。数据清洗是数据处理的首要步骤。由于采集过程中可能受到各种干扰因素的影响,原始数据中难免存在异常值或噪声。数据清洗模块通过设定合理的阈值和过滤规则,有效剔除这些异常数据,确保数据的准确性和可靠性。去噪处理则是针对数据中的随机噪声进行滤除。系统采用先进的信号处理技术,如小波变换、傅里叶变换等,对原始数据进行去噪处理,提高数据的质量。特征提取是数据处理的关键环节。系统通过对清洗和去噪后的数据进行深入分析,提取出能够反映变压器运行状态的特征参数。这些特征参数将作为故障诊断模块的输入,为故障判断提供有力依据。

#### 1.2.3 故障诊断模块

故障诊断模块是变压器在线监测与故障诊断系统的核心部分,负责基于处理后的数据对变压器是否存在故障及故障类型进行判断。系统采用先进的人工智能算法,如支持向量机(SVM)、神经网络(NN)等,对提取的特征参数进行分析和分类。这些算法具有强大的自学习和自适应能力,能够准确识别变压器的各种故障类型,如短路故障、过热故障、绝缘故障等。在故障诊断过程中,系统还会结合变压器的历史运行数据和故障记

录,对故障进行综合分析。通过比较当前故障特征与历史故障特征的相似性,系统能够更准确地判断故障类型和原因,为运维人员提供有针对性的维修建议。

#### 1.2.4 预警与报警模块

预警与报警模块根据故障诊断结果,及时发出预警或报警信号,提醒运维人员采取相应措施。当系统检测到变压器存在潜在故障或异常状态时,会立即发出预警信号。预警信号可以通过声光报警、短信通知或邮件提醒等方式传递给运维人员,确保他们能够及时了解到变压器的运行状态。如果故障进一步恶化或达到预设的报警阈值,系统会发出报警信号<sup>[2]</sup>。报警信号通常比预警信号更为紧急和明显,以引起运维人员的高度重视。运维人员在接到报警信号后,应立即采取相应措施对变压器进行检查和维修,防止故障扩大或引发更严重的后果。

#### 1.2.5 用户交互模块

用户交互模块提供友好的界面,展示变压器的实时运行状态、历史数据、故障记录等信息,并支持数据导出和报表生成功能。系统界面设计简洁明了,易于操作。运维人员可以通过界面实时查看变压器的各项关键参数和运行状态,了解变压器的运行情况。同时,系统还提供历史数据查询功能,运维人员可以随时查看变压器的历史运行数据和故障记录,为故障分析和维修提供有力支持。此外,系统还支持数据导出和报表生成功能。运维人员可以将需要的数据导出为Excel或CSV等格式的文件,方便进行进一步的分析和处理。同时,系统还可以根据运维人员的需求生成定制化的报表,如日报表、周报表、月报表等,为运维管理提供便捷的数据支持。

### 2 关键技术研究

#### 2.1 传感器技术

传感器技术是变压器在线监测系统的基石,负责将变压器的物理量(如电压、电流、温度、油位、气体浓度等)转换为电信号,以便进行后续的处理与分析。在变压器监测领域,传感器技术的关键在于其精度、稳定性以及适应性。首先,精度是传感器性能的重要指标。对于电压、电流等电参量的测量,需要采用高精度的传感器,以确保数据的准确性。例如,采用分辨率高、线性度好的电流互感器(CT)和电压互感器(PT),可以准确测量变压器各侧的电流和电压,为故障诊断提供可靠的基础数据。其次,稳定性是传感器长期运行的关键。变压器运行环境复杂,温度、湿度、电磁干扰等因素都可能影响传感器的性能。因此,需要选择具有良好稳定性的传感器,确保其在长期运行中能够保持一致的测量性能。此外,通过定期校准和维护,也可以进一步

提高传感器的稳定性。最后,适应性是传感器技术的重要方面。变压器类型和规格多样,不同的变压器可能需要不同类型的传感器。因此,传感器技术需要具备良好的适应性,能够根据变压器的具体需求进行定制化的设计和安装。

#### 2.2 信号处理技术

信号处理技术是对传感器采集到的原始电信号进行清洗、去噪、增强和特征提取的过程,旨在提高信号的质量和可靠性,为后续的故障诊断提供准确的数据支持。在信号处理技术中,滤波是去除噪声和干扰的重要手段。通过设计合适的滤波器,可以有效地滤除信号中的高频噪声和低频漂移,保留有用的信息。例如,采用低通滤波器可以去除高频噪声,而高通滤波器则可以用于去除低频干扰。除了滤波外,特征提取也是信号处理技术的关键环节。通过对信号进行时域分析、频域分析或时频分析,可以提取出能够反映变压器运行状态的特征参数。这些特征参数可以作为人工智能算法的输入,用于故障的诊断和分类<sup>[3]</sup>。此外,信号处理技术还可以结合先进的算法,如小波变换、傅里叶变换等,对信号进行更深入的分析 and 处理。这些算法具有强大的信号分解和重构能力,能够揭示信号中的隐藏信息,为故障诊断提供更丰富的数据支持。

#### 2.3 人工智能算法

人工智能算法是变压器故障诊断系统的核心,负责对处理后的信号数据进行分析 and 判断,确定变压器是否存在故障以及故障的类型。在人工智能算法中,支持向量机(SVM)是一种常用的分类算法。它通过寻找一个最优的超平面,将不同类别的数据点分开,从而实现故障的分类。SVM算法具有良好的泛化能力和鲁棒性,适用于处理小样本、非线性和高维数据。神经网络(NN)是另一种重要的人工智能算法。它通过模拟人脑神经元的结构和功能,构建出一个具有自学习和自适应能力的网络模型。神经网络可以处理复杂的非线性问题,对于变压器的故障诊断具有很高的准确性。通过训练大量的样本数据,神经网络可以学习到变压器故障的特征和规律,从而实现未知故障的准确判断。除了SVM和神经网络外,还有其他许多人工智能算法可以应用于变压器的故障诊断,如决策树、随机森林、深度学习等。这些算法各有优缺点,可以根据具体的应用场景和需求进行选择 and 优化。

### 3 系统实现与测试

#### 3.1 硬件实现

硬件实现是变电站变压器在线监测与故障诊断系统

的基础,它涉及到传感器的选型与安装、数据采集设备的配置与连接、以及通信网络的构建等多个环节。在传感器选型方面,需要根据变压器的具体监测需求和运行环境,选择具有高精度、高稳定性、以及良好适应性的传感器。例如,对于电压和电流的监测,可以选择高精度的电流互感器和电压互感器;对于温度的监测,可以选择具有快速响应和准确测量能力的温度传感器;对于油位和气体浓度的监测,则需要选择能够适应油浸式变压器环境的专用传感器。数据采集设备的配置与连接也是硬件实现的重要环节。数据采集设备负责将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号,并进行初步的处理和存储。在选择数据采集设备时,需要考虑其采样率、分辨率、存储容量以及通信接口等因素,以确保其能够满足系统的监测需求。同时,还需要将数据采集设备与传感器进行正确的连接和配置,确保数据的准确传输。通信网络的构建是硬件实现的另一个关键方面。通信网络负责将数据采集设备采集到的数据传输到监控中心或云平台进行进一步的处理和分析。在选择通信网络时,需要考虑其传输速度、稳定性、安全性以及覆盖范围等因素。常见的通信网络包括有线网络(如以太网、光纤网络)和无线网络(如Wi-Fi、4G/5G网络)等,可以根据实际的应用场景和需求进行选择。

### 3.2 软件实现

软件实现是变电站变压器在线监测与故障诊断系统的核心,它涉及到数据采集与处理、故障诊断与分析、以及用户交互等多个功能模块的开发与集成。在数据采集与处理模块中,需要开发相应的软件程序,实现传感器数据的实时采集、清洗、去噪和特征提取等功能。这些程序需要具备良好的实时性和准确性,以确保数据的可靠传输和处理。在故障诊断与分析模块中,需要利用人工智能算法(如支持向量机、神经网络等)对处理后的数据进行分析 and 判断,确定变压器是否存在故障以及故障的类型。同时,还需要开发相应的故障预警和报警功能,及时提醒运维人员采取相应的措施。在用户交互模块中,需要开发友好的用户界面,展示变压器的实时运行状态、历史数据、故障记录等信息。这些界面需要简洁明了、易于操作,以便运维人员能够方便地查看和

管理变压器的运行状态。

### 3.3 系统测试

系统测试是变电站变压器在线监测与故障诊断系统实现过程中的最后一步,也是确保系统性能和可靠性的关键环节。系统测试包括功能测试、性能测试、稳定性测试以及安全性测试等多个方面。在功能测试中,需要对系统的各个功能模块进行逐一测试,验证其是否能够满足设计要求。例如,可以模拟变压器的不同运行状态,测试系统的数据采集、处理、诊断以及预警功能是否正常。在性能测试中,需要对系统的实时性、准确性以及处理能力进行评估。可以通过对比实际监测数据与系统输出数据,验证系统的测量精度和响应速度是否满足要求。在稳定性测试中,需要对系统进行长时间的运行测试,观察其是否存在异常或故障。可以通过模拟实际运行环境中的各种干扰因素,测试系统的抗干扰能力和稳定性。在安全性测试中,需要对系统的数据传输、存储以及访问等过程进行安全性评估。可以通过加密技术、访问控制等手段,确保系统的数据安全和隐私保护。

### 结语

本文研究了一种变电站变压器在线监测与故障诊断系统的设计与实现方法。通过集成传感器技术、信号处理技术、人工智能算法等多种技术手段,系统能够实现变压器运行状态的实时监测和故障预警,提高电力系统的可靠性和安全性。未来,我们将进一步优化算法模型,提高故障诊断的准确性和效率;同时,将系统应用于实际变电站中,进行长期运行测试和优化,为电力系统的稳定运行提供更加有力的保障。

### 参考文献

- [1]于一三,袁文海,张永熙,等.智能变电站变压器内部故障诊断系统设计与实现[J].电气自动化,2020,42(06):80-83.
- [2]刘裕舫.变压器在线实时故障诊断系统的研发[J].红水河,2021,40(02):90-95.
- [3]韩文文,谭政,张昆,等.基于多传感器的干式变压器故障诊断系统设计[J].国外电子测量技术,2024,43(09):173-181.