

基于物联网的电力变压器过热故障红外检测分析

代蒙 刘斌 丛洋铭 李松峰

特变电工沈阳变压器集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要] 随着电力系统的不断发展和智能化技术的不断进步, 电力变压器作为电力系统的核心设备之一, 其安全运行对于电力系统的稳定供电至关重要。电力变压器在长期运行过程中, 由于各种因素可能会出现过热故障, 一旦发生故障可能导致设备损坏甚至引发火灾等严重后果。本篇文章探讨基于物联网的电力变压器过热故障监测系统的设计与实现, 重点研究物联网技术在电力变压器监测中的应用, 以及红外传感器在过热故障检测中的作用。

[关键词] 物联网; 电力变压器; 过热故障; 红外检测

DOI: 10.33142/ucp.v1i2.13625

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

Infrared Detection and Analysis of Overheating Faults in Power Transformers Based on the Internet of Things

DAI Meng, LIU Bin, CONG Yangming, LI Songfeng

TBEA Shenyang Transformer Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the continuous development of the power system and the advancement of intelligent technology, the safe operation of power transformers, as one of the core equipment of the power system, is crucial for the stable power supply of the power system. During long-term operation, power transformers may experience overheating faults due to various factors. Once a fault occurs, it may lead to equipment damage or even serious consequences such as fires. This article explores the design and implementation of Internet of Things based monitoring system for power transformer overheating faults, with a focus on the application of Internet of Things technology in power transformer monitoring and the role of infrared sensors in overheating fault detection.

Keywords: Internet of Things; power transformer; overheating faults; infrared detection

引言

随着现代社会对电力供应的不断增长需求, 电力变压器作为电力系统中不可或缺的重要组成部分, 承担着电能的传输和分配任务。长期以来, 由于电流过载、设备老化、环境条件恶劣等原因造成电力变压器的过热故障, 引起设备受损甚至引发火灾等严重后果, 严重影响电力系统的安全稳定运行。传统的电力变压器监测方法往往依赖于人工巡检和定期检测, 存在监测不及时、不准确等问题, 无法满足电力系统对实时监测和预警的需求。物联网技术能够实现设备之间的智能互联, 实时监测和收集数据, 并通过云平台进行分析和处理, 为电力系统的监测和管理提供了新的思路和解决方案。

1 物联网技术与电力变压器

1.1 物联网技术概述

物联网 (Internet of Things, IoT) 是一种将物理世界与互联网连接起来的技术范式, 其核心思想是通过各种传感器、设备和系统的互联互通, 实现对物体的智能感知、数据采集、远程控制和信息交互。在物联网中, 传感器和智能设备可以实时感知和收集环境中的各种数据, 如温度、湿度、压力、光照等, 然后通过网络将这些数据传输到云端进行存储、处理和分析。同时, 物联网也能够实现远程监控和控制, 通过云平台或应用程序对设备进行远

程管理和操作。物联网技术, 可以实现对各种设备和物体的远程监测、管理和控制, 提高生产效率、资源利用率和服务质量。同时, 物联网也为人们的生活带来了诸多便利, 如智能家居系统可以实现对家电、安防设备和环境的远程控制和监测, 智能健康监测设备可以实时监测人体健康指标并提供个性化的健康管理服务。随着物联网技术的不断发展和应用, 在各个领域的应用场景也在不断扩展, 涵盖了工业制造、农业生产、城市管理、交通运输、医疗健康、智能物流等多个领域。物联网技术的发展不仅推动了传统产业的升级和转型, 也为新兴产业的发展提供了广阔的空间和机遇。可以预见, 在未来物联网技术将会继续深入到人类生活的方方面面, 为我们的生活和工作带来更多的便利和惊喜。

1.2 电力变压器概述

1.2.1 电力变压器的作用与结构

电力变压器是电力系统中至关重要的设备之一, 主要作用是实现电能的变换和传输, 以满足不同电压等级之间的电能传输和配电需求。结构包括铁芯、绕组和外壳等组成部分。电力变压器的核心组件是铁芯, 其作用是提供一个闭合的磁路, 使得变压器能够有效地传输电能。铁芯通常由硅钢片或铁氧体材料制成, 具有高导磁性和低磁导率, 以减少铁芯损耗和铁损耗。当输入端施加电压时, 主绕组中产生的磁场会通过铁芯传导到副绕组, 从而诱导出输出

端的电压。通过控制主副绕组的匝数比,可以实现输入电压与输出电压之间的变换,从而实现电能的传输和分配。电力变压器通常还包括外壳结构,其主要作用是保护内部的铁芯和绕组,同时防止外界环境对变压器的影响。外壳通常采用绝缘材料或金属材料制成,具有良好的绝缘性能和机械强度,以确保变压器的安全运行。

1.2.2 电力变压器的工作原理

电力变压器的工作原理基于电磁感应的原理,通过变换电磁感应中的电压和电流,实现输入端电压到输出端电压的变换。当在主绕组中通以交流电流时,产生的电流会在铁芯中形成一个交变的磁场,穿过副绕组,导致副绕组中也产生一个交变的磁场。由于电磁感应的作用,这个交变的磁场将诱导出副绕组中的感应电流。根据楞次定律,这个感应电流的方向会使得在副绕组中产生一个与主绕组中电流变化相反的磁场,从而实现了电磁能量的传输。在电力变压器中,主绕组中的交变磁场引起了磁通量的变化,因此在副绕组中产生了感应电动势^[1]。电力变压器通过变换主副绕组的匝数比,实现了输入端电压到输出端电压的变换。当主绕组的匝数比大于1时,称为升压变压器,输出端电压高于输入端;当主绕组的匝数比小于1时,称为降压变压器,输出端电压低于输入端。而当主绕组和副绕组的匝数比相等时,则称为隔离变压器,仅用于电气隔离而不改变电压大小。

1.3 物联网技术在电力变压器监测中的应用

1.3.1 变压器监测的现状与挑战

变压器监测在电力系统中具有重要意义,它可以及早发现变压器运行中的异常情况,提高电网运行的安全性和可靠性。传统的变压器监测方式主要依赖于定期的人工巡检和周期性的检测测试,这种方式存在着监测频率低、监测效率低、数据获取不及时等问题,难以满足电力系统对实时监测和预警的需求。传统的监测方法往往只能检测到变压器的表面故障,如绝缘老化、泄漏油等,而对于内部故障如绕组短路、放电等,往往无法及时发现,容易造成设备损坏和事故发生。由于变压器通常安装在电网的关键节点,其监测涉及到大量的数据采集和处理,需要具备高效的数据管理和分析能力,而传统的监测系统往往缺乏针对性的数据处理算法和智能化的监测平台,导致监测数据的分析和利用效率较低^[2]。传统的监测设备需要大量的人力物力投入,而且维护成本高昂;同时,监测设备的运行受环境条件的影响较大,如高温、高湿等恶劣环境会降低监测设备的可靠性和稳定性。

1.3.2 物联网技术在电力变压器监测中的优势

物联网技术在电力变压器监测中具有诸多优势,可以提升监测效率、降低成本,并且实现更智能化的监测和管理。物联网技术可以实现对变压器的远程监测,通过在变压器上安装传感器和智能设备,实时采集变压器运行数据,

将数据传输到云端进行实时监测和分析。通过在变压器上部署多种类型的传感器,如温度传感器、湿度传感器、振动传感器等,可以全面感知变压器的运行状态,及时发现异常情况,并进行预警和预测分析,有效降低设备故障的风险。通过采用先进的数据分析算法和人工智能技术,对监测数据进行深度挖掘和分析,可以实现对变压器运行状态的智能识别和故障诊断,为运维人员提供及时准确的故障诊断信息,指导维护工作的实施,降低维护成本,延长设备寿命。通过将监测数据与供电系统的运行数据相结合,实现对供电系统的整体优化调度,提高供电系统的运行效率和能源利用率;同时,还可以实现对变压器的远程控制和智能调节,根据实时监测数据对变压器进行智能化运行管理,进一步提升电力系统的稳定性和可靠性。

2 电力变压器过热故障及红外检测技术

2.1 电力变压器过热故障分析

2.1.1 过热故障的成因与危害

电力变压器过热故障是指在运行过程中,由于多种因素导致变压器内部温度异常升高,超过正常工作温度范围而引发的故障。当变压器长时间工作在超负荷状态下时,过大的电流会导致变压器内部损耗增加,进而使得变压器内部温度升高。绕组短路会导致局部电流过大,产生局部高温,从而引发变压器局部过热。变压器长期工作在高温状态下,绝缘材料会逐渐老化,失去绝缘性能,导致绝缘强度下降,从而引发过热故障的发生。

过热故障会导致变压器内部部件的老化和损坏,缩短设备的使用寿命,增加维修和更换成本。过热会降低变压器的运行效率,增加电能损耗,影响电力系统的稳定性和经济性。过热还会导致变压器局部绝缘击穿,引发局部短路,甚至造成设备爆炸和火灾等严重后果,对电力系统的安全性造成威胁。

2.1.2 过热故障的检测方法

过热故障的及时检测对于保障电力变压器的安全运行至关重要。红外热像技术是一种非接触式的温度检测方法,通过红外热像仪对电力变压器表面进行扫描,可以快速准确地获取变压器各部位的温度分布图像。异常高温区域往往是过热故障的先兆,因此红外热像技术能够及早发现变压器的异常热点,预防过热故障的发生。通过在变压器关键部位安装温度传感器,监测变压器各部位的温度变化,一旦温度超过设定的阈值,传感器将发出警报信号,提示操作人员及时采取措施,避免过热故障的发生。当变压器内部发生故障时,会产生不同程度的振动,振动传感器可以监测这些振动信号,并通过分析振动信号的频率、幅值等参数,判断变压器是否存在异常情况,进而预测可能的故障类型。当变压器内部发生放电或故障时,会产生特定的气体,如乙炔、甲烷等。通过监测变压器内部气体的种类和含量,可以判断变压器是否存在异常情况,进而

采取相应的措施。

2.2 红外辐射原理

红外辐射是一种电磁波,其波长范围在可见光波长和微波波长之间,通常被分为近红外、中红外和远红外三个波段。物体的温度越高,发出的红外辐射强度越大。红外辐射原理是基于物体的热辐射特性,利用物体在不同温度下发出的红外辐射来推断物体的温度和热分布情况。

2.3 红外检测在电力变压器过热故障中的应用

2.3.1 实时监测变压器温度分布

利用红外相机,可以实时捕捉电力变压器表面的红外辐射信号,并将其转换为热图像,显示出各个区域的温度分布情况。在实时监测过程中,红外相机通过不间断地扫描电力变压器的表面,获取其各个部位的红外辐射数据。这些数据经过处理后,形成了一幅热图像,其中不同颜色代表了不同的温度。通过观察热图像,运维人员可以清晰地看到变压器表面的温度分布情况,从而发现是否存在异常热点或温度过高的区域。当某个区域的温度明显偏高时,可能意味着该区域存在绕组局部过热或接头松动等问题,这些问题若不及时处理,可能会导致严重的过热故障发生。因此,实时监测可以帮助运维人员快速准确地定位问题所在,及时采取相应的措施,防止故障的进一步发展。

2.3.2 预警变压器内部故障

预警变压器内部故障是红外检测技术通过红外相机实时监测电力变压器表面的温度分布,可以发现内部故障的迹象,及早预警可能的问题,以防止故障进一步扩大。在预警变压器内部故障的过程中,红外相机通过不间断地捕捉变压器表面的红外辐射信号,对其进行分析和处理。通过对比已知的温度基准和正常工作状态下的热图像,运维人员可以快速发现温度异常的区域。预警变压器内部故障的关键在于及时发现异常热点,并采取相应的措施进行修复和维护。一旦红外相机检测到异常热点,系统会立即发出警报,提醒运维人员对变压器进行更详细的检查。通过及时的维护和维修,可以防止内部故障进一步发展,避免对电力系统造成严重的影响。

2.3.3 指导变压器维护与维修

红外检测技术通过对变压器的温度分布和热特征进行监测和分析,可以为运维人员提供有价值的数据和指导,帮助他们制定合理的维护计划和维修策略,从而提高设备的可靠性和运行效率。通过监测变压器的温度变化趋势和热分布情况,可以及时发现异常热点和潜在故障隐患,为维护人员提供及时的预警信息,有助于制定相应的维护计划,安排维护人员对变压器进行定期的检查和维修,及时排除潜在的故障风险,延长设备的使用寿命。通过分析红外热像图,可以确定故障部位和热点区域,并对其进行有针对性的维修和更换,有助于减少维修时间和成本,提高维修效率和准确性,同时避免了对整个变压器的不必要维

修和破坏。通过比较维护前后的红外热像图,可以判断维护措施的实际效果,并评估变压器的运行状态是否得到了有效改善。

3 基于物联网的电力变压器过热故障监测系统 设计

3.1 系统架构设计

该基于物联网技术的电力变压器过热故障监测系统的系统架构设计包括系统组成与功能模块以及系统通信与数据传输两个关键方面。系统组成与功能模块主要包括传感器模块、数据采集与处理模块、预警与报警模块、远程监控与管理模块以及数据存储与分析模块。传感器模块负责监测变压器表面和内部的温度情况,数据采集与处理模块负责采集、处理并分析传感器数据,预警与报警模块则负责一旦检测到异常情况即时发出预警信息,远程监控与管理模块提供远程访问和操作功能,数据存储与分析模块则负责对数据进行存储和分析。系统通信与数据传输方面,采用局域网通信、物联网通信协议、云平台接入以及移动通信网络等方式,确保数据的实时传输和可靠性。整体设计保证了系统能够稳定运行,并实现对电力变压器过热故障的有效监测和预警,从而保障了电力系统的安全稳定运行。

3.2 传感器选择与布局

在电力变压器过热故障监测系统中,传感器选择与布局是至关重要的。特别是红外传感器的选型和布局设计直接影响系统的监测效果和覆盖范围。在红外传感器的选型上,需考虑灵敏度、分辨率、测量范围和响应时间等关键因素。高灵敏度和分辨率可提高监测精度,而广泛的测量范围和快速的响应时间则保证了系统对温度变化的准确捕捉和快速响应。此外,传感器还应具备良好的耐高温性能,适应电力变压器恶劣的工作环境^[3]。在传感器的布局设计上,应确保覆盖整个变压器表面,并涵盖关键部位,如绕组、接头等,以全面监测温度分布情况。布局设计应避免遮挡和干扰,保证传感器能够稳定获取准确的温度数据。根据变压器的尺寸和形状,合理确定传感器的布置密度和间距,确保监测的全面性和准确性。此外,传感器的安装位置也需考虑便于维护和更换,不影响变压器的正常运行和散热效果。

3.3 数据采集与处理

在电力变压器过热故障监测系统中,数据采集与处理是至关重要的环节,它直接影响着系统的实时性和准确性。传感器数据采集应当以高频率进行,以便实时监测变压器表面和内部的温度变化。在预处理阶段,需要对采集到的原始数据进行去噪处理、滤波和归一化等,以消除噪声和保证数据的稳定性。接着,通过特征提取算法,将处理后的数据转换为具有代表性的特征向量,以便后续的分析 and 诊断。基于机器学习的方法如支持向量机(SVM)、神经网络

络(NN)和深度学习模型等,具有较高的灵活性和准确性,能够更好地识别复杂的故障模式和异常情况。为了实现实时监测和预警,算法设计应具有高效的计算性能和低延迟的特性,以确保系统能够及时响应和处理大量的数据流。

4 结语

在电力变压器过热故障监测系统的设计与实现中,充分利用物联网技术和先进的传感器技术,致力于提高电力系统的安全性、稳定性和可靠性。通过本系统,我们能够实现对电力变压器的实时监测、预警和远程管理,及时发现并处理潜在的过热故障隐患,有效防止了电力系统可能出现的安全事故,保障了电力供应的持续稳定。

[参考文献]

- [1]唐亮,陈维,廖世海.电力系统变压器常见故障检测与诊断技术研究[J].湖北农机化,2020(6):85.
 - [2]罗金阁,肖俊阳,曾通,等.基于物联网平台的自适应智能终端接入技术研究[J].电气应用,2024,43(3):82-86.
 - [3]温启良,文华.基于物联网的电力变压器过热故障红外检测系统设计[J].电子设计工程,2024,32(1):68-72.
- 作者简介:代蒙(1992.12—),男,毕业院校:哈尔滨理工大学;所学专业:电机与电器,当前工作单位:特变电工沈阳变压器集团有限公司,职务:设计师,职称级别:中级。