

智能巡检机器人在变电运维工作中的应用研究

许冬 张爽 张旭超 祝非

国网郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着科技的发展和进步,智能巡检机器人作为一种新型的变电运维工具,逐渐受到广泛关注和应用。智能巡检机器人通过结合多种前沿技术,具备自主巡检、环境监测、安全监控和数据分析等功能,为变电站运维提供了新的解决方案。在这一背景下,文中探讨智能巡检机器人在变电运维中的应用,以解决传统运维方式存在的一系列问题,并提高变电站运维的智能化水平。

[关键词]智能巡检机器人; 变电运维; 传感器技术

DOI: 10.33142/sca.v7i1.10901

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Application Research of Intelligent Inspection Robots in Substation Operation and Maintenance Work

XU Dong, ZHANG Shuang, ZHANG Xuchao, ZHU Fei

State Grid Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the development and progress of technology, intelligent inspection robots, as a new type of substation operation and maintenance tool, have gradually received widespread attention and application. By combining various cutting-edge technologies, intelligent inspection robots have functions such as autonomous inspection, environmental monitoring, safety monitoring, and data analysis, providing new solutions for substation operation and maintenance. In this context, the article explores the application of intelligent inspection robots in substation operation and maintenance, in order to solve a series of problems existing in traditional operation and maintenance methods and improve the intelligence level of substation operation and maintenance.

Keywords: intelligent inspection robots; substation operation and maintenance; sensor technology

引言

传统的变电站运维方式主要依赖于人工巡检,这种方式存在一些不可忽视的问题^[1]。首先,人工巡检需要运维人员频繁进入变电站,面临高温、高压等危险环境,存在较大的安全风险。其次,由于变电设备分布广泛且庞大,人工巡检难以覆盖每一个设备,导致潜在故障可能被漏检,影响电力系统的稳定性。最后,人工巡检效率低,无法实现全天候、全天时的监测,对于突发问题的响应能力相对较弱,在这一背景下,智能巡检机器人应运而生。

1 智能巡检机器人技术概述

1.1 智能巡检机器人的定义与功能

1.1.1 智能巡检机器人定义

智能巡检机器人是一种基于先进感知与决策技术的自主移动设备,能够在电力变电站等环境中自主执行巡检、监测、数据采集等任务,其核心特征在于具备自主性、智能性和灵活性,以更高效、安全、自动化的方式完成运维任务^[2]。

1.1.2 智能巡检机器人功能

设备巡检:智能巡检机器人配备各类传感器,如红外线、超声波、摄像头等,能够对电力设备进行全面巡检。通过感知设备的温度、振动、声音等参数,机器人能够及时发现设备异常,预防潜在故障。

环境监测:集成各类环境传感器,智能巡检机器人可

以实时监测变电站周边的环境参数,包括温度、湿度、气体浓度等。这有助于维护人员对变电站工作环境的了解,及时应对可能的安全隐患。

安全监控:利用计算机视觉技术,智能巡检机器人能够对变电站内外的安全状况进行监控。它可以识别异常行为、检测危险区域,为安全管理提供及时的信息反馈,降低人工巡检的风险。

数据分析与预测性维护:智能巡检机器人通过搭载数据分析算法和机器学习模型,能够对采集到的大量数据进行实时分析。这使得机器人能够预测设备的健康状况,提前发现潜在故障,为维护人员提供更科学的维护建议。

自主导航与路径规划:配备先进的导航系统,智能巡检机器人可以在复杂的变电站环境中实现自主导航。它能够规划最优路径,避开障碍物,高效完成巡检任务,减少了人工操作的需求。

1.2 智能巡检机器人的关键技术

智能巡检机器人作为现代变电运维的前沿工具,融合了多种先进技术,其中包括传感器技术、计算机视觉技术、机器学习与人工智能技术,以及自主导航与路径规划技术,这些关键技术的整合使得机器人能够自主感知环境、理解信息、做出决策,并有效执行任务,从而提高了变电站运维的效率和可靠性^[3]。

1.2.1 传感器技术

传感器技术是智能巡检机器人的基础,通过传感器的应用,机器人可以实时感知和采集周围环境的各种数据。在变电运维中,各种类型的传感器被广泛应用,如温度传感器、湿度传感器、振动传感器、红外线传感器等,这些传感器能够监测电气设备的运行参数,如设备的温度、湿度、振动频率等,以及周围环境的气体浓度、光线等。传感器技术的应用使得智能巡检机器人能够准确获取大量数据,并对设备状态进行实时监测和评估^[4]。

1.2.2 计算机视觉技术

计算机视觉技术使智能巡检机器人能够通过摄像头或其他视觉传感器获取视觉信息,并对图像进行处理、识别和分析。在变电站运维中,计算机视觉技术可以用于识别设备的形态、位置和状态。它能够进行目标检测,识别设备的型号和标识,检测设备的损坏、破损或异物,甚至是判定设备运行状态的异常情况。这种技术的应用使得机器人能够通过视觉信息获取更为全面和直观的设备状态数据,从而更有效地执行巡检任务^[5]。

1.2.3 机器学习与人工智能技术

机器学习与人工智能技术为智能巡检机器人赋予了自主学习和决策能力。通过对历史数据的学习和模式识别,机器人可以分析设备运行的规律和特征,预测设备的寿命和潜在故障,使机器人自主地优化巡检策略,识别设备异常,并提出针对性的维护建议。同时,人工智能技术也让机器人能够根据环境变化做出智能决策,比如在遇到障碍物时选择避让策略,或者在发现异常时采取及时的预警措施。

1.2.4 自主导航与路径规划技术

自主导航与路径规划技术使智能巡检机器人能够在复杂环境中自主规划巡检路径,并避开障碍物执行任务,这依赖于激光雷达、惯性导航系统、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技术等,让机器人能够实现定位和环境感知。通过地图构建和路径规划算法,机器人能够规划最优的巡检路线,同时在运行过程中实时感知环境变化,进行路径调整和避障,确保巡检的高效性和安全性,这些关键技术的集成与协同作用,使得智能巡检机器人在变电运维中能够实现全方位的设备监测和维护。传感器技术提供了多样化的数据采集手段,计算机视觉技术赋予机器人视觉感知能力,机器学习与人工智能技术使其具备智能决策能力,而自主导航与路径规划技术确保其在复杂环境中高效执行任务。

2 变电站运维的关键任务及智能巡检机器人的应用

2.1 设备巡检

设备巡检是变电站运维中的一项至关重要的任务,旨在通过定期检查和监测设备的运行状态,确保电力系统的正常运行,减少潜在故障的发生。智能巡检机器人在设备巡检方面发挥了关键作用,应用其先进的技术手段,使得

巡检任务更为全面、高效和安全。第一,传感器技术的应用。智能巡检机器人配备各类传感器,如红外线传感器、温度传感器、振动传感器等,能够全面感知设备的运行状态。例如,温度传感器可以监测设备的温度变化,及时发现过热等异常情况;振动传感器可检测设备的振动频率,提前预警可能的机械故障。通过这些传感器,机器人可以实现对设备的多维度巡检,更为全面地了解设备的运行状况。第二,计算机视觉技术的应用。在设备巡检过程中,智能巡检机器人通过计算机视觉技术能够实现对设备外观、连接状态的自动检测。例如,通过摄像头识别设备上的标识、型号,检测设备外壳是否破损、连接是否牢固。这种自动化的视觉检测大大提高了巡检的效率,同时减少了人工巡检的风险。第三,机器学习与人工智能技术的应用。利用机器学习与人工智能技术,智能巡检机器人能够分析历史数据,学习设备运行的规律,实现对设备寿命的预测和潜在故障的识别。通过建立智能模型,机器人可以在巡检过程中自主判断设备运行是否正常,提前发现可能的问题,并提供及时的预警信息。这种智能决策的能力大大提高了巡检的准确性和预测性。第四,自主导航与路径规划技术的应用。在设备巡检的过程中,智能巡检机器人需要在变电站的复杂环境中自主规划巡检路径,确保所有设备得到覆盖。自主导航与路径规划技术通过激光雷达、SLAM 技术等手段,使机器人能够智能避开障碍物,高效地完成巡检任务,自主性和智能性使得机器人能够更灵活地适应变电站不同布局和设备分布的情况。

2.2 环境监测

智能巡检机器人通过先进的传感器技术和智能化算法,在环境监测方面发挥着关键作用。第一,传感器技术的应用。智能巡检机器人配备各类环境传感器,如温度传感器、湿度传感器、气体传感器等,能够实时感知周围环境的变化。这些传感器不仅可以监测变电站内的温度、湿度等参数,还能够检测大气中的气体浓度,如硫化氢、氮氧化物等。通过这些传感器,机器人可以实现对变电站周边环境的全面监测,及时发现可能的安全隐患。第二,计算机视觉技术的应用。在环境监测任务中,智能巡检机器人通过计算机视觉技术可以实现对特定环境因素的监测和分析。例如,通过摄像头监测变电站周围的植被覆盖情况,检测是否有异常的污染源。计算机视觉的应用使得机器人能够更直观地获取环境信息,有助于及时发现环境变化带来的问题。第三,数据分析与预测性维护。利用机器学习与人工智能技术,智能巡检机器人可以对环境数据进行分析,预测环境参数的变化趋势,并提前发现潜在的环境问题。例如,通过历史气象数据和环境监测数据,机器人可以预测未来几天的气温、湿度等变化,帮助运维人员提前采取措施,确保设备在不同环境条件下的稳定运行。第四,安全监控。环境监测任务中,智能巡检机器人还能通过安全监

控功能来识别潜在的安全风险。利用计算机视觉技术,机器人可以检测变电站周围是否有未经授权的人员进入,是否有不明物体或危险源存在。安全监控的应用使得机器人能够对环境安全状况进行实时监控,提升变电站的安全性。

2.3 安全监控

智能巡检机器人通过融合先进的传感器技术、计算机视觉技术和智能化算法,在安全监控任务中发挥了重要作用。第一,传感器技术的应用。智能巡检机器人配备多种传感器,如红外线传感器、图像传感器、烟雾传感器等,以感知多维度的信息,这些传感器能够检测电力设备的温度变化、烟雾或火焰等异常情况,提供关键的安全监测数据。第二,计算机视觉技术的应用。在安全监控中,计算机视觉技术使智能巡检机器人能够通过摄像头或其他视觉传感器实时监测变电站的安全状况。机器人可以识别未经授权的人员进入、检测危险区域是否有人滞留,甚至可以通过图像分析判断设备是否存在损坏。第三,机器学习与人工智能技术的应用。智能巡检机器人通过机器学习与人工智能技术,能够从大量的数据中学习设备正常运行的模式,并识别异常情况,例如通过对设备振动、声音等数据的学习,机器人可以判断设备是否存在异常震动或噪音,进而提前预警潜在的故障,这种智能化的监测使得安全监控更具前瞻性和准确性。

3 智能巡检机器人在变电运维中的优势与挑战

3.1 优势

3.1.1 高效性和自动化

智能巡检机器人能够自主感知环境,通过传感器、计算机视觉和机器学习技术高效地获取设备运行状态。相较于传统的人工巡检方式,机器人的自动化和高效性显著减少了巡检的时间和成本,提高了运维效率。

3.1.2 多维度数据采集

配备各种传感器的智能巡检机器人可以同时采集多维度的数据,包括温度、湿度、振动频率等,实现了对设备状态全面、多角度的监测,这样的数据多样性有助于更全面地了解设备的运行状况,提高故障诊断的准确性。

3.1.3 安全性和危险区域探测

通过计算机视觉和传感器技术,智能巡检机器人可以实时监测危险区域,并识别潜在的安全风险。机器人能够在不人为介入的情况下,探测到潜在的危险,提高了运维人员的安全性,降低了潜在事故的发生概率。

3.1.4 数据分析与预测维护

借助机器学习与人工智能技术,智能巡检机器人能够通过历史数据的学习,预测设备寿命、识别潜在故障,并提供智能的维护建议,这种预测性维护可以减少计划外停机时间,提高设备的可靠性。

3.2 挑战

3.2.1 技术难题

智能巡检机器人的核心技术包括传感器技术、计算机

视觉技术、机器学习与人工智能技术等,这些技术仍然处于不断发展和改进的阶段。在复杂多变的变电站环境中,机器人需要能够适应各种工况,同时确保高度的准确性和稳定性。因此,技术上需要不断优化和升级,以应对实际工作中的各种挑战。

3.2.2 安全性与可靠性

在变电站这样的敏感场所,安全性是首要考虑的问题。智能巡检机器人在执行任务时需要避免与设备、人员发生碰撞,同时要确保其自身的稳定性和可靠性,以防止对设备和环境造成潜在威胁。对于机器人的设计和制造需要遵循严格的安全标准,以确保其在各种情况下都能够安全可靠地运行。

3.2.3 成本问题

引入智能巡检机器人需要投入相应的资金用于研发、购置、维护和升级。虽然机器人的运行成本相对人力成本可能较低,但初始投资和技术维护仍然是一个考虑的因素。企业需要仔细评估成本效益,确保引入智能巡检机器人是一个经济合理的决策。

3.2.4 人机协同

智能巡检机器人虽然能够自主执行一些任务,但在某些情况下仍需要与人类运维人员进行有效的协同工作。人机协同的模式和流程需要精心设计,确保机器人与人类工作协同无缝衔接,提高整体工作效率。

4 结束语

随着科技的不断进步,智能巡检机器人在变电运维工作中展现出了巨大的潜力。通过结合传感器技术、计算机视觉技术、机器学习与人工智能技术以及自主导航与路径规划技术,智能巡检机器人能够实现设备巡检、环境监测、安全监控和数据分析等多项功能,为提高变电站运维的效率和安全性提供了新的手段。在未来,随着技术的不断突破和创新,智能巡检机器人有望成为变电运维领域的重要助手,为电力系统的稳定运行和安全维护提供更加可靠的支持。

【参考文献】

- [1]王雷雷.智能巡检机器人在变电运维中的应用分析[J].电气技术与经济,2023(8):136-137.
- [2]苗阳,杨楚.变电运维工作中智能巡检机器人的应用[J].集成电路应用,2021,38(12):120-121.
- [3]黄涛.智能巡检机器人在变电站运维工作中的应用[J].光源与照明,2021(4):80-81.
- [4]赵俊伟,秦佳鸣,谢杨.变电站智能巡检机器人在运维工作中的应用[J].电力与能源,2020,41(5):579-581.
- [5]石易,袁新让,史超,等.探索变电站智能巡检机器人在运维工作中的应用[J].科技创新导报,2019,16(20):112-113.

作者简介:许冬(1995.3—),男,河南郑州人,汉族,研究生学历,中级工程师,就职于国网河南省电力公司郑州供电公司,从事变电站变电运维相关工作。