

# 基于量子传感的电力设备状态监测与故障预警新方法

樊官喜 陈振兴

北京京能清洁能源电力股份有限公司内蒙古分公司 内蒙古呼和浩特市 010010

DOI:10.12238/ems.v7i12.16449

**[摘要]** 伴随电力系统规模不断增大以及复杂程度上升, 电力设备状态监测与故障预警技术成为保障电网安全可靠运行的核心所在。受传感器精度、环境噪声以及数据处理能力的局限传统监测方法, 无法契合现代电网对高精度与高实时性的要求。本文起始便概述量子传感技术在电力系统运用方面的原理, 钻研当前传统监测技术碰到的麻烦, 着力探讨量子传感技术在提高监测精准水平、降低错误报警率以及增强故障预测本领方面的优势。最后, 呈现对电力设备监测与预警进行优化的方法, 涉及对量子传感器网络展开部署、数据融合性分析以及智能预警算法的改进升级。

**[关键词]** 量子传感; 电力设备; 状态监测; 故障预警; 智能电网

## 引言:

电力设备若能稳定运行 对现代社会的能源供应意义重大。然而, 电网系统呈现出复杂性, 设备运行进程当中容易被环境因素、设备老化发展以及突发故障所左右。然而, 仍存在检测精度达不到标准、抗干扰能力比较弱、数据滞后等情形, 难以切实达到智能电网的高标准需求水平。因此, 现阶段电力行业的重要研究方向聚焦于寻找精度更优、可靠性更佳的监测与预警技术, 量子传感技术依靠其超高的测量精度与强抗干扰能力。本文一开始就介绍量子传感在电力设备状态监测中的应用原理, 随后去分析现阶段电力设备监测面临的突出挑战, 之后基于此条件提出以量子传感为依托的优化方略, 冀望为智能电网实现安全稳定运转提供技术支持。

## 一、量子传感在电力设备状态监测中的应用概述

量子传感技术借助量子力学的原理, 凭借量子比特(像自旋、超导量子干涉器这些)所表现出的高精度测量能力, 大幅提高传感器灵敏度以及稳定性的水平。当前, 电力设备状态监测借助量子传感技术主要开展电磁场检测、电流测量、振动监测等方面应用。例如, 可实现对电缆内部电流非接触式检测的磁传感器是基于量子钻石色心(NV 中心)的, 从而打破传统电流传感器引发的能量损耗与精度降低情形。

在电力设备状态监测领域, 以下几个方面凸显出量子传感的优势: (1) 拥有极高量级的灵敏度, 可实现对纳特斯拉级微弱磁场变化的探测, 利于提前探知设备内部潜在的故障

情形; (2) 体现出极为优异的抗干扰实力, 能在复杂的电磁环境下维持测量的高精度水平, 减少误报 (3) 借助非侵入办法的监测活动, 避开了对设备造成物理维度的损害, 增强设备的安全性来促进其寿命的延长, 因此量子传感技术在电力设备状态监测范畴内呈现出广泛的应用前景<sup>[1]</sup>。

## 二、传统电力设备状态监测的主要问题

### (一) 监测精度有限, 难以捕捉早期故障信号

传统传感器受材料及测量方法的约束, 对设备内部细微物理量变化展开检测时存在局限。例如, 传统电流互感器跟电压传感器在检测高频电磁波动的时候, 容易被噪声的效应干扰, 造成故障信号被覆盖或错误判别。此外, 于进行电力设备过热情况的监测时, 现有的温度传感器, 大多仅能给出设备表面的温度信息, 无法精准展现内部热量的分布情形, 无法轻易实现电力设备隐患的早期预警。

### (二) 抗干扰能力不足, 误报率较高

电力设备往往处在复杂的电磁环境里, 诸如高压线路、电磁辐射、无线信号这类外部干扰因素有可能影响到传感器的测量精度, 引发测量结果方面的误报或漏报现象。例如, 在高压变电站里面, 变电设备强磁场容易对传统电磁传感器实施干扰, 引发数据出现较大程度的起伏, 引起监测结果可靠性的降低。

### (三) 数据处理能力未达充足水平, 达成智能化预警面临诸多阻碍

传统监测系统进行状态评估时一般依靠单一传感器数

据,缺少多传感器数据融合后分析的能力,造成数据出现片面化情形,难以确切预判设备的健康情形<sup>[2]</sup>。此外,某些监测系统的数据处理能力呈现出有限状态,无力对海量数据实施实时性的分析,引起预警系统存在滞后情形,造成电力设备运维效率出现下降。

### 三、基于量子传感的电力设备状态监测优化策略

#### (一) 构建高精度量子传感器网络,提升监测能力

在电网运行过程中,电力设备健康状态直接关乎供电系统的安全与稳定水平。虽然传统监测手段在一定程度上可达成电流、电压、温度等物理量的测量,只是受传感器灵敏度及抗干扰能力所限,难以对设备内部显现的微小变化准确探知。凭借其超高测量精度与非侵入式检测能力的量子传感技术,能够冲破传统传感器的既有局限,为实现电力设备状态监测给予更精准高效手段。

为实现量子传感技术优势充分彰显的效果,能把高精度量子传感器网络部署到电网的关键节点上,实现对设备内部各方面状态的实时监测。例如,在诸如变压器、开关柜、电缆接头等关键部位设置量子 NV(氮 - 空位)中心磁传感器,可凭借高分辨率探测由电流引发的磁场变化,从而精准探查到绕组异常、局部放电等故障信号<sup>[3]</sup>。

#### (二) 优化信号处理算法,提高抗干扰能力

在电力系统所面临的复杂环境里,外界噪声易对传统传感器的数据采集造成干扰,从而让测量精度以及故障识别的准确性出现偏差。例如,存在于高压变电站周边的是强电磁辐射,此情况会干扰传统电磁传感器的信号采集工作,引起检测结果出现误差状况,甚而有概率引起误报警以及漏报状况。即便量子传感技术在物理测量范畴拥有更高的灵敏度,可是其信号还需借助后续的数据处理与分析才能达成最大作用。因此,可采用将量子计算和人工智能结合的办法优化信号处理算法,达成让监测系统抗干扰能力进一步上扬的目的。

与此同时,在信号处理中采用人工智能技术也能显著提升抗干扰能力,凭借深度学习模型实施训练,可建立以模式识别为依托的异常信号检测体系,让系统得以凭借自主学习优化故障特征识别模型。例如,构建起一个基于卷积神经网络(CNN)的智能诊断模型架构,该模型能够自动从电力设备

的监测数据中把关键特征提取,然后让其与历史数据进行对照分析,进而精准判别设备正常运行与故障这两种状态。

#### (三) 构建智能化故障预警系统,提高预测能力

借助量子传感技术的智能故障预警系统能够整合多个量子传感器所采集的数据,涉及电流、电磁场、温度、振动等核心物理参量,然后利用大数据分析技术做深度挖掘工作。该系统有能力对设备运行状态进行长期跟进,随之构建依靠机器学习的预测模型,实现故障的预先辨认。例如,可利用由量子传感器采集的高精度电流波形数据,利用诸如 LSTM(长短时记忆网络)的深度学习算法,对变压器绕组老化、局部放电等潜在故障做建模型的分析,于是在设备出现严重故障的阶段给予早期预警。

此外,该智能预警系统可与边缘计算以及云计算架构进行结合,改善数据处理的实时特性。边缘计算可在与传感器邻近的计算节点对数据做快速处理,实现本地异常的筛查并开展初步警示,利用云计算可实现多源数据的整合,开展更深层意义的故障模式分析与趋势展望。采用云边协同的计算范式,能让电力系统完成更高效、智能层面的故障预测与运维管理任务,打造以智能化为核心的故障预警系统,不但可提升电力设备预测性维护的能力,还能减小由突发故障引起的经济损失以及安全方面的风险。

#### 结论:

量子传感技术为电力设备状态监测与故障预警提供了一种全新的解决方案。本文以分析量子传感的原理与优势作为切入点,阐述当前传统监测技术面临的主要弊端,进而给出针对性地优化策略。未来,伴随量子技术不断发展与工程应用逐步推进,作为智能电网的重要技术支撑 量子传感颇具潜力,增进电网的安全可靠性和稳定运行水平。

#### [参考文献]

- [1] 童准. 基于数据挖掘的风电机组健康状况监测及预警技术研究[J]. 电力设备管理, 2024 (17): 222-224.
- [2] 贺芳蓉. 变电站设备故障智能监控系统设计与实现[D]. 中南大学, 2023.
- [3] 包昂. 电力系统智能化设备状态监测与故障诊断研究[J]. 通信电源技术, 2024, 41 (19): 85-87.