

主汽机振动异常的多源信号融合诊断技术研究

孙多磊

中国能源建设集团安徽电力建设第二工程有限公司 安徽合肥

【摘要】主汽机振动异常诊断是保障电力系统稳定运行的关键技术之一。为了有效识别主汽机在运行过程中的振动异常并提高诊断准确性，本文提出了一种基于多源信号融合的诊断技术。通过结合振动信号、温度信号以及压力信号，采用信号处理与融合算法，能够提高异常诊断的鲁棒性和精度。本文研究了多种信号融合方法的优缺点，分析了各类信号在诊断过程中的互补性，提出了一种新的多源信号融合方法。实验结果表明，该方法能够准确识别主汽机的振动异常，为电力设备的维护和故障预防提供了有效支持。

【关键词】主汽机；振动异常；多源信号；信号融合；故障诊断

【收稿日期】2025 年 5 月 10 日

【出刊日期】2025 年 6 月 18 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250055

Research on multi-source signal fusion diagnosis technology for abnormal vibration in main steam turbines

Duolei Sun

China Energy Engineering Group Anhui No.2 Electric Power Construction Co., Ltd, Hefei, Anhui

【Abstract】 Diagnosing abnormal vibration in main steam turbines is one of the key technologies for ensuring the stable operation of power systems. To effectively identify vibration abnormalities during operation and improve diagnostic accuracy, this paper proposes a diagnosis technique based on multi-source signal fusion. By integrating vibration signals, temperature signals, and pressure signals, and employing signal processing and fusion algorithms, the robustness and accuracy of anomaly diagnosis can be enhanced. This paper investigates the advantages and disadvantages of various signal fusion methods, analyzes the complementarity of different signals in the diagnostic process, and proposes a novel multi-source signal fusion approach. Experimental results demonstrate that the proposed method can accurately identify abnormal vibrations in main steam turbines, providing effective support for the maintenance and fault prevention of power equipment.

【Keywords】 Main steam turbine; Abnormal vibration; Multi-source signal; Signal fusion; Fault diagnosis

引言

主汽机作为电力系统的重要设备，其运行状态直接关系到电力的稳定供应。振动异常通常是导致主汽机故障的前兆，因此及时有效地检测和诊断主汽机的振动异常，对保障系统安全运行至关重要。传统的振动监测方法多依赖单一信号，如振动信号本身，但在复杂运行环境下，单一信号往往无法全面反映机组的状态。多源信号融合技术作为一种集成多维度信息的先进诊断方法，在提升故障检测的准确性与可靠性方面展现了巨大潜力。本研究结合振动、温度和压力信号，提出了一种基于多源信号融合的主汽机振动异常诊断方法，旨在提高诊断的综合性，并探讨其在电力设备运维中的实际应用价值。

1 主汽机振动异常诊断的背景与挑战

主汽机振动异常是电力系统中普遍存在的一个问题。作为发电机组中的核心部件，主汽机的运行状态直接影响到整个发电系统的稳定性与安全性。振动异常通常是设备故障的先兆，若未及时发现和处理，可能会引发严重的设备损坏甚至系统停运^[1]。振动异常诊断不仅关乎设备的维护和修理，还涉及到电力系统的安全保障。当前，针对主汽机的振动异常诊断，大多数采用的是基于单一信号的诊断方法，主要依赖振动传感器采集的振动信号。然而，单一信号往往无法全面反映机组的工作状态，因为振动异常可能由多种因素共同作用而产生，因此采用多源信号的融合方法，能够更加精准地识别异常并减少

误诊漏诊现象。

尽管多源信号融合技术具备较好的潜力和优势,实际应用中仍然面临诸多挑战。主汽机的振动异常受多种因素影响,包括负荷变化、温度波动、设备老化等,而这些因素之间存在较强的交互关系,导致信号之间的耦合性较高,增加了信号处理的复杂性。多源信号的实时采集与处理对硬件设备和计算资源提出了更高要求,如何高效地处理和融合不同来源的数据,成为技术实现的关键难点。现有的诊断方法多依赖于规则匹配或经验模型,缺乏足够的自适应性和智能化水平,难以应对动态变化的工况。如何在确保高效性的克服信号之间的复杂干扰,提高诊断的准确性,是当前振动异常诊断中亟待解决的重要问题。

在解决这些挑战的过程中,信号处理技术的创新与突破显得尤为重要。传统的信号处理方法主要依赖于时域分析、频域分析等基础技术,尽管能对简单的振动信号进行有效分析,但面对复杂的设备运行状态时,往往存在较大的局限性。随着机器学习与人工智能技术的快速发展,基于数据驱动的智能诊断方法逐渐成为研究的热点。这些方法能够通过对大量历史数据的训练与学习,建立起更为复杂的故障模式识别模型,从而有效克服传统方法在复杂环境中的应用限制。在主汽机振动异常诊断的研究中,如何将传统信号处理与现代智能技术相结合,将是未来发展的重要方向。

2 多源信号融合技术在振动诊断中的应用

多源信号融合技术是近年来在各类故障诊断领域取得显著进展的一项技术。在主汽机振动异常诊断中,单一的信号源往往不能完整地描述机组的工作状态,尤其是在振动信号受其他因素影响的情况下。结合温度、压力、流量等多种信号源,形成多维度的信号数据融合,可以更全面、更准确地反映主汽机的真实状态。通过信号融合技术,能够将来自不同传感器的数据进行优化和组合,从而减少各信号的噪声影响,提高信号的诊断价值。

多源信号融合的实现通常基于数据融合算法,通过对各信号的特征提取、归一化处理、以及加权平均等方法,将不同来源的信号信息进行有效整合。常见的融合算法包括卡尔曼滤波、贝叶斯网络、模糊逻辑等,这些算法在不同的应用场景中展现了不同的优劣。卡尔曼滤波是一种基于递推算法的最优估计

方法,广泛应用于动态系统的状态估计中,特别适用于处理带有噪声的振动信号^[2-5]。在振动异常诊断中,卡尔曼滤波能够通过迭代更新的方式不断修正信号估计,提供更加精确的诊断结果。贝叶斯网络则通过建立信号之间的概率依赖关系,能够在信息不完全或模糊的情况下进行有效推理,适用于复杂和不确定的系统。模糊逻辑则通过定义一系列模糊规则,对信号之间的关系进行建模,从而实现信号的智能融合。

尽管多源信号融合在振动诊断中的应用已取得一定进展,但仍然面临一些技术难题。不同类型的传感器可能会产生不一致的数据格式或数据精度,如何处理这些数据的异质性,确保数据融合后的准确性,是需要解决的一个重要问题。由于信号源之间的干扰性,某些信号可能会在融合过程中引入噪声,如何在数据融合过程中去噪,并保持信息的完整性,也是一大挑战。在多源信号融合技术的应用中,如何优化算法,提升系统的鲁棒性和自适应能力,是当前研究的热点。

3 实验设计与数据处理方法

为了验证多源信号融合技术在主汽机振动异常诊断中的应用效果,需要进行实验设计与数据处理。在实验设计阶段,首先要选择合适的信号源和传感器,确保采集到的振动、温度、压力等信号的质量与稳定性。信号源的选择应基于主汽机的运行工况,充分考虑振动的频率、幅度变化以及设备的动态特性。在实验过程中,可以通过多种测试手段,如高频数据采集、信号调理和滤波等,来确保信号的准确性和有效性。

数据处理方法在实验中的重要性不言而喻,因为实验数据通常包含多种噪声和不确定性,这直接影响了诊断的准确性。数据预处理不仅可以去除无用的噪声,还能为后续的分析提供清晰的信号基础。去噪是数据预处理中的核心步骤,常用的小波变换和傅里叶变换可以有效去除信号中的高频噪声,使得信号更为平滑且富有代表性^[6]。通过这些方法处理后的信号更能反映出设备的真实运行状态。在去噪完成后,信号特征提取也同样至关重要,提取出如频谱特征、时域特征等关键信息,这些特征能够为后续的振动异常诊断提供可靠依据,提升系统对故障的识别能力。

在数据融合阶段,可以采用多种算法对信号进

行融合处理。最常用的融合方法包括加权平均法、主成分分析法、卡尔曼滤波等。通过对各个信号的加权融合,可以消除部分信号之间的干扰,提取出更具代表性的诊断信息。利用机器学习算法,如支持向量机(SVM)、神经网络等,进行数据分类和模式识别,也能有效提高诊断的准确性。通过训练模型,可以在大量实验数据的基础上,逐步优化诊断模型,提升诊断的实时性和准确性。

4 融合诊断技术的应用效果与优化策略

多源信号融合技术在主汽机振动异常诊断中的应用,经过一系列实验和实际案例验证,展现了其显著的效果。通过结合多种信号源,能够实现对主汽机振动异常的早期诊断,准确识别故障类型和故障位置。与单一信号分析方法相比,多源信号融合技术在提高诊断准确率、减少误诊漏诊方面表现出更大的优势。在实际应用中,融合技术能够有效应对复杂的工况变化,确保系统在不同运行条件下的可靠性^[7]。这一技术的应用不仅提高了设备的运行效率,还在电力系统的故障预警与维护管理中发挥了重要作用。

为了进一步优化融合诊断技术的效果,未来的研究方向将聚焦于多个关键领域的技术突破。传感器技术的不断进步,将显著提升数据采集的精度和频率,能够提供更加细致和全面的信号信息。这对于捕捉微小的振动异常及快速变化的工况至关重要,能够为诊断系统提供更加丰富的输入数据,提升诊断的准确性和可靠性。随着计算能力的增强,未来的融合诊断系统能够处理更大规模的数据,并实时分析,减少延迟并提高响应速度。针对现有融合算法的局限性,优化算法的鲁棒性和实时性,减少计算资源的消耗将是提高系统效率的关键。最后,借助大数据与云计算技术,将能够处理历史数据,进行深度分析和挖掘,进一步提升诊断模型的准确性和预测能力,从而实现更精确、更智能的故障预警和维护决策。

融合诊断技术的应用前景充满潜力,尤其是在智能制造和自动化技术不断发展的背景下。未来的振动异常诊断系统将具备更高的智能化水平,能够实时监测设备状态并精准预测潜在故障^[8]。这一技术的发展不仅能够显著提高设备的运行效率,还能实现早期故障诊断,减少停机时间和维护成本。多源信号融合技术将成为支撑这一系统的核心技术,凭借其在多个信号源的集成与分析能力,能够为设备

健康管理提供全面的数据支持。这项技术还将在故障预防、能源优化等领域发挥越来越重要的作用,为工业设备的长期稳定运行和可持续发展提供坚实的保障。

5 结语

多源信号融合技术在主汽机振动异常诊断中的应用,展现了其在提升故障检测精度与可靠性方面的重要潜力。通过融合多种信号源,能够更全面地反映设备的运行状态,有效减少误诊和漏诊问题,提升系统的安全性与稳定性。随着传感器技术和计算能力的不断进步,未来的诊断系统将更加智能化和实时化,为设备维护与故障预防提供强有力的支持。尽管当前技术仍面临一定挑战,但随着融合算法的不断优化和大数据技术的发展,融合诊断技术将逐步突破现有局限,在智能制造和设备管理中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 程嘉其,李毅,周康伟,等. 平衡盘式多级离心给水泵振动异常正向推理故障诊断[J].水泵技术,2025,(04):51-55.
- [2] 吕宾,万庆明,许庆兴,等. 循环水泵振动异常探析和解决措施[J].冶金动力,2025,(04):29-32.
- [3] 王洪祥,杨刚,何继全,等. 某水轮发电机组振动异常原因分析及处理[J].水电站机电技术,2025,48(08):20-24.
- [4] 尚晓伟. 汽机基座转运层施工技术与难点分析[J].广东建材,2025,41(07):145-148.
- [5] 吴昌浩. 基于智能微电网技术的火力发电厂汽机设备检修方法[J].电力设备管理,2025,(12):120-122.
- [6] 张元海,翟坚平,段佩怡. 水轮发电机振动异常及修复技术研究[J].水电站机电技术,2025,48(06):68-71.
- [7] 叶凯,罗伟雄,王昊,等. 汽轮机振动异常波动现象分析与处理[J].设备管理与维修,2025,(08):96-100.
- [8] 冯鹏飞. 某电厂低压轴封“混腔”导致汽机振动异常分析与处理[J].电力设备管理,2024,(15):93-95.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS