

基于自动化技术的机械故障诊断系统分析

王 彤¹ 田延凯¹ 孙文举²

1.淄博市产品质量检验研究院 山东 淄博 255000

2.淄博市检验检测计量研究总院 山东 淄博 255000

摘 要:我国科技日新月异,工业装备逐渐向着精细化、智能化、自动化方向发展。机械设备复杂程度逐年提高,设备故障诊断与保养技术也相应得到发展。为了提高机械故障检测效率,自动化技术被广泛应用到机械故障诊断中。研究和探析自动化技术在机械故障诊断与保养方面的运用成为了机械技术发展的一项特点和趋势。

关键词:机械设备;故障诊断;自动化技术;应用发展

1 自动化故障诊断系统

通过自动化技术获取到设备的诊断数据,如何利用这些数据对设备的故障作出分析判断是实现自动化诊断故障的关键,处理和分析诊断数据主要是通过诊断系统实现。诊断系统分析处理数据的能力,决定了自动化解决故障的精确性和效率。目前,诊断系统主要有基于知识领域的专家诊断系统、基于神经网络的专家诊断系统。

1.1 基于知识领域的专家诊断系统

该专家系统又可分为一般知识领域和复杂知识领域。一般知识主要指对经验及常识得出结论,复杂知识是指需要通过演算推理等手段得出结论。基于一般知识领域的专家系统是通过对比系统存储的故障,找出异常,从中可以看出该专家诊断系统具有局限性,故障存储库数据越丰富,故障越能被找出。相反,数据库内容不足,故障也就很难通过对比被发现。基于复杂知识领域的专家系统是通过集合具有输入输出特性的实际环境变量与理论环境变量的不同期望,分析出可能存在的故障及原因。基于复杂知识领域的专家诊断系统,检索故障能力更强,但其诊断速度相对较慢。为了优化诊断系统,使诊断结论具有可靠性,通常将两者诊断方法结合在一起。

1.2 基于人工神经网络的专家诊断系统

随着技术的发展,出现了基于人工神经网络的诊断系统,与传统的专家系统相比,该专家系统具有自我学习能力,它可以通过专家诊断系统的案例不断优化自我学习。基于BP神经网络的诊断流程,主要是通过对数据初始化、输入训练样本、计算中间层以及输出层的输出、计算输出误差、计算二次系数、对比中间层全值、以及权值对比判断等技术达到对机械装置的智能化诊断与保养。基于RBF神经网络诊断流程,主要是通过多个传感器判别机械装置的状态,反馈对应的算法函数,经过预定阈值的过滤分析提取诊断的结果信号,以提高准确性和稳定性。该专家系统具有自我判断能力,如果设备出现故障进而引起险情,该专家系统可以迅速反应,向管理中心发送警报信息,并采取相关措施,控制风险。

2 机械设备故障自动化检测方法设计

机器设备故障诊断的基本思想和目标是对未来工作状态进行识别和预测。图1表示的是机械设备故障自动检测的原理架构。在此次机械设备故障自动化检测方法的设计过程中,通过小波网络的应用实现对特征提取步骤的优化,进而提高最终检测结果的时效性和精度。

2.1 构建机械设备组成模型

不同类型机械设备的内部结构和工作原理均不相同,而在启动机械设备故障检测程序之前,首先需要确定待检测设备的基本组成和工作原理。以机械设备中的轴承设备为例,其结构由外圈、内圈、滚动体、保持架等部件组成。按照一定的比例得出各个组成部分的模型,得出轴承机械设备组成模型的构建结果。同理可以根据其他类型机械设备的组成结构,得出相应的模型构建结果。

2.2 设置机械设备故障检测判据

轴承机械设备在使用过程中,产生低频、高频振动信号。在构建的轴承机械设备组成模型下,根据轴承机械设备的振动理论,可以得出该设备在正常运行状态下的动力方程为:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + k(t)x = F(t) \quad (1)$$

式中 x 为轴承中滚动体沿滚动方向的相对位移, \dot{x} 和 \ddot{x} 分别为 x 的一阶和二阶导数, C 和 M 分别表示的是轴承转动阻尼和质量,另外 $k(t)$ 和 $F(t)$ 对应的是轴承刚度和外界激励。由此可以得出轴承在正常情况下的振动信号特征频率为:

$$\begin{cases} f_i = \frac{n}{60} \\ f_{cp} = \frac{f_i}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \gamma \right) Z \\ f_n = \frac{0.848}{d} \sqrt{\frac{E}{2\rho}} \\ f_w = \frac{n(n^2 + 1)}{\pi \sqrt{n^2 + 1}} \frac{1}{a} \sqrt{\frac{EI}{M}} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)最终得出的计算结果 f_i 、 f_{cp} 、 f_n 和 f_w 分别表示轴承工作轴旋转、保持架旋转、滚动体以及内/外径固有频率。

另外参数 n 为转速, γ 和 z 分别为接触角和滚动体数量, ρ 为密度, a 、 I 和 E 对应的是回转轴线到中性轴的直径、惯性矩和弹性模量。因此在轴承机械设备的故障检测工作中, 可以根据故障机理设置故障检测判据, 即设置公式2计算得出的频率计算结果为设备的标准运行频率, 允许的频率浮动范围为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。除了工作频率外, 设备谐波、波动幅值等也是重要的检测指标, 按照上述方式得出运行标准和允许浮动范围, 得出正常工作状态下设备工作参数的波动范围, 并将其作为机械设备故障的检测判据。另外针对各种类型机械设备的故障类型, 进行检测标准的进一步划分, 将不同的故障类型以特征向量的形式表示, 保证检测结果的精确度。

3 自动化采集机械设备实时信号

在待检测的机械设备上设置测点, 并安装相应的传感器设备。在机械设备壳体上安装传感器, 利用该设备采集设备的实时信号。为了抑制环境中的干扰信号, 使用数字滤波器来进行信号过滤。根据技术指标实现低通滤波信号与高通滤波信号之间的转换, 转换过程可以表示为:

$$H(z) = \frac{\sum_{r=0}^M b_r z^{-r}}{1 + \sum_{k=1}^M a_k z^{-k}} \quad (3)$$

式中参数 a_k 和 b_r 分别为低通滤波模块的信号尺度因子和平移因子, z 为初始采集信号。将实时采集的信号代入到式(3)中进行转换与过滤, 得出信噪比较高的机械设备运行信号。

4 自动化故障诊断系统的应用

自动化故障诊断系统包含单个模组诊断检测和集成式综合检测两个方面。企业工厂设备有大型设备和中小型设备, 根据经济效率和运行维护成本, 可以针对性地选择对应的自动化系统。

4.1 单模组自动故障诊断

经费有限且设备某些部位具有举足轻重的作用或者人工检测较难实现可以选用单模组自动故障诊断。例如户外暴雪的极端恶劣环境下电力设备故障诊断, 基于单个模组的自动化诊断系统更有性价比。实现单个模组的自动化故障诊断, 主要通过相关检测仪器发送数据, 诊断系统对数据进行分析, 然后通过对比、专家会诊等手段, 评估故障状况并反馈。在线检测系统就是通过安装由诸多传感器构成的硬件检测系统, 利用信息处理技术, 对传感器获取的数据进行过滤和汇集, 进而传输到控制中心。

4.2 集成式自动故障诊断

集成式自动化综合检测是在单模组检测技术上发展起来的, 解决了单模组检测只能在有限范围内的检测, 实现了设备的整体有机分析。同时, 集成式自动化综合检测可以实现数据的多部门快速流动, 让不同部门可以第一时间了解到相关问题, 避免形成信息孤岛。集成式综合检测将分布在不同

节点的数据汇集到信息管理系统中, 信息管理系统又是企业内部网络(MIS)中的一个分支模块, 可以进行整合资源, 协调各组织部门。

5 自动化技术在机械故障诊断中的发展

5.1 借助先进的云端技术打造智慧机械诊断系统

随着5G时代的到来, 万物互联成为可能, 以前通过传感器收集数据, 然后整合传感器的数据回传到信息处理系统, 这个过程需要单独的系统对传感器数据进行收集整理。5G时代的到来, 可以实现直接将传感器采集的数据回传到系统, 减少了中间平台。同时运用大数据技术, 实现对大型设备系统的数据整体分析, 提升机械设备性能, 强化诊断设备故障能力。运用5G技术的数据传输能力, 可以大规模实现对设备零部件各参数的实时监控。同时, 企业可以整合工厂设备, 将各个设备数据上传云端, 利用云计算管理便捷、经济实惠、通用性强的特性, 专属定制自己的云管理平台, 实现高性价比的智慧机械诊断系统。

5.2 诊断系统融入到智能制造过程中

随着机器人技术、人工智能技术、机器学习等新兴技术的发展, 智能制造随之应运而生。智能制造并没有准确的定义, 但是根据各国的工业规划大致可以得出智能制造其核心主要是数字化、智能化、网络化, 目的是缩短产品生产周期, 提高效率, 降低能耗。诊断系统融入到智能制造过程中, 一旦生产车间某个模块出现问题, 智能制造系统可以根据诊断系统的分析结果进行生产调配和生产任务调整, 智能化降低设备故障期间带来的经济损失。

5.3 将视觉处理、虚拟现实运用到机械故障诊断中

机器视觉图像处理和AR增强现实在机械故障诊断中主要通过将现场获取的设备图像与正常设备图像进行比对作出诊断结论。机器视觉可发现人眼不易察觉的设备损伤, 在一些高精密仪器设备上, 机器视觉可以快速发现零件表面肌理是否产生损坏。

6 结语

总之, 目前我国针对机械设备故障检测和保养还未制定指导性的标准建议, 对机械设备进行自动化故障检测, 要求企业具有一定的科研和资金实力。因此, 应该推动行业龙头企业研发系统的自动化解决方案, 让其他企业可通过付费的方式拥有自动化设备故障检测系统, 实现行业的整体进步。

参考文献:

- [1]张丽媛. 电气自动化技术在煤矿机械设备中的应用[J]. 能源与节能, 2020(2):61-62.
- [2]陈静. 基于信息化技术的故障诊断技术研究[J]. 电力设备管理, 2020(12):75-77.
- [3]祝旭. 故障诊断及预测性维护在智能制造中的应用[J]. 自动化仪表, 2020(7):66-69.