

# 谐波诊断在电气设备故障中的应用

张林

首钢长治钢铁有限公司熔剂厂 山西 长治 046031

**【摘要】**现代大型企业中关键工艺设备都为24小时运转，设备发生异常振动等故障时，停机检查时间造成了不可避免的经济损失。各种专业维检公司均在探索引进基于谐波特征故障诊断方法，以实现在不停机、非接触情况下对设备故障进行预判。本文以谐波诊断背景，技术，实践案例为主，阐述了谐波诊断技术的极大推广价值。本文就公司引进该技术后取得的显著效果进行分析，供该技术的后来引进单位进行分析参考。

**【关键词】**谐波诊断；故障预测；非接触式；谐波特征；维护

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.071

## 一、背景介绍

在现代大型企业，一些较为关键的工艺流程都有大功率电机作为动力源设备，在实际生产运行过程中，该类设备往往因为出厂时的隐性缺陷，或后续使用过程中导致材料产生的缺陷，都可能导致运转设备产生起因未知的异常振动，轻者造成非计划停机停产，重则由于突然的停机产生严重的经济损失，甚至造成人员安全威胁。

该类问题的发生，往往在设备正常运行中点检发现，但基于传统的故障诊断方法，即根据振动部位依靠经验对故障原因进行初判，对于实际应用时的效果存在一定偏差，难以准确找到故障源，从而影响对故障设备的可带病运行时间、检修时长、作业难度、备件材料准备等具体情况判断产生较大误差。针对此类问题，部分先进的设备厂家，基于谐波故障诊断的方法，在不同设备故障情况下，采集对应不同检测点位的谐波特征，通过大量试验数据，完成了通过谐波特征对设备故障进行预测。

所谓故障预测是依照系统现在或储存的历史状态数据，预判设备未来的运行健康状态，包含寿命预判。实现了从基于传感器的传统诊断，向基于智能系统的预测管理的转变，为关键设备的精确部位、时间维护管理，提供了技术参考。

## 二、原理简介

谐波对电力系统的污染日益严重，谐波源的注入使电网谐波电流、谐波电压增加，其危害波及全网，对各种电气设备都有不同程度的影响和危害。同时，电动机、变压器、变频器等电气设备在不同的工作状态和劣化情况下也会产生相应的高次谐波。即电器设备的各种劣化，与高次谐波之间都存在着对应关系。

谐波法设备故障诊断就是将不同运行状况下设备产生的高次谐波与设备的状态进行对应分析，通过与系统中的数据库对比，判断设备的故障位置及其劣化原因。该方法操作简单，尤其对于24小时连续作业的电机等运转设备，可以实现非接触式（指非故障点位直接接触）在线检测运转设备，获取设备运行状态下的各种参数，从而判断设备运行中的状态，判断故障点位。

高次谐波，就是其频率与基波频率成整数倍关系、有规律性的正弦波。电气设备故障和劣化后，就会产生高次谐波。利用传感器将该高次谐波采集处理后，与试验数据库中的数据进行比照，就能实现电气设备故障和劣化部位的预判。利用这一特征，得以实现以高次谐波特征来判断电气设备存在的故障，为维护设备和保养设备提供依据。例如对电动机主体部位的故障，在高次谐波反应主要为2-5阶，负载侧的设备故障则主要反应在7-10阶。

## 三、现场应用实例

对设备进行预防性维修，提前发现隐患，有计划安排处

理，避免非计划停机，是公司的设备管理的核心理念。目前公司针对电气设备的预防性试验、维护主要对高压电机、变压器、电缆绝缘进行破坏性耐压试验、直流电阻测试。发现绝缘降低、泄漏电流超标、绕组相间阻值不平衡等问题，有计划处理。因设备技术局限性，对电机绕组匝间绝缘、轴承磨损、转子、定转子气隙劣变等隐患不能及时预判。

为了更全面对电气设备进行预防性的诊断和维护，公司维护部门一直在努力寻找一种更全面、更便捷、更有效的设备和技术，通过调查、研究，将谐波特征诊断技术引进，作为一个有益的探索和尝试，并在生产单位中应用取得显著的效果。

案例如下：

2020年6月15日，公司二级厂内回转窑高温风机电机轴承座振动异常，经过谐波故障检测仪诊断后，检测结果为“轴承有异物附着损坏征兆”，并明确8月31日对该电机停机解体检查，轴承磨损严重已不能再正常运行，更换后运行平稳。诊断报告如图1：

该案例利用谐波诊断原理的系统设备，在无需设备停机、无需人机直接接触的情况下，安全、快捷的对电机（包括和负载部）有关部位进行健康状态诊断，有效、准确的为电气设备管理人员提供了诊断结果，实现了及时发现问题、准确采取针对性的维保意见、及时把故障处理在萌芽状态，达到延长设备使用寿命、保障企业安全生产的目的。

该案例的运用产生了明显的经济价值，具体如下：

1. 直接经济效益：可减少故障停机检查时间4小时，增产创造直接经济价值。

年增产创经济效益=减少停产的时间×小时产量×成品灰价格=4小时×28吨/小时×485元/吨=5.43万元

2. 降低备件修复费用

该案例提前准确预判了高压电机故障，减少了备件离厂返厂维修费用。按照电机返厂维修的必修内容，参照公司电机维修定额预估，电机维修保养费用30元/KW，更换进口轴承增加5000元/台计算，该710KW电机修复一次费用=维修保养费用×30元/KW×1台+5000元/台×1台=710KW×30元/KW×1台+5000元=21300元+5000元=2.63万元。

3. 降低停机保养带来的效益

高压电动机每次停机检测、清灰、保养约为4小时，原在线高压电动机每月进行一次停机保养，采用谐波检测与故障诊断技术后，电机运行可靠性提高，维检修周期可延长至每3个月进行一次停机保养，针对该案例年可节约保养时间32小时，增加了产量价值，年增产创经济效益=节约停产时间×小时产量×成品灰价格=32小时×28吨/小时×485元/灰吨=43.46万元

综合分析，合计总效益=5.43+2.63+43.46= 51.52万元

高次谐波智能劣化诊断结果报告书

■企业名称	长治市金字塔科技有限公司	■工厂名	长钢熔剂厂
■诊断日	20/06/15 17:26:36	使用检测器	KS-3000A
■机器规格	设备型号 14-002		
设备名	回转窑高温风机		
生产线名	长钢熔剂厂	设备分类	风机
选择项目	电压区分 高压	轴承	滚动轴承
	负载特性 递减扭矩	运转频率	
马达	额定功率 710kW	电压	9999V

■诊断结果

诊断项目	判定	异常, 劣化(%)	评价	
【马达部】	转子, 轴承, 固定(装置)	B 3	81.0	需要注意, 1个月内再检测。
	线圈绝缘(匝间/相间), 振动	B 1	40.1	做趋势化管理, 或6个月内再检测。
	轴承, 轴承支座(电机箱体)	B 1	57.7	做趋势化管理, 或6个月内再检测。
	间隙不均一, 振动	B 1	48.6	做趋势化管理, 或6个月内再检测。
【负载部】	联轴器异常、同轴度低	B 1	53.7	做趋势化管理, 或6个月内再检测。
	轴承损坏、异物附着	C	95.1	不良。请做检查, 需要维修。
	回转轴异常、接触部磨损 齿轮, 带轮系统老化	B 3	86.2	需要注意, 1个月内再检测。
【逆变器】	平滑(电解)电容	---		
	控制电路	---		
	电子元件	---		
	运行电路	---		
【现象】	1次侧负载模式 ---	2次侧负载模式 稳定(0.0868)	运转状态 正常运转	
	■马达部 马达效率良好 受负载共振(与构造物的共振)、负载变动的影 响, 转子、轴承有压力征兆(有润滑油变色、析出 征兆)。固定(装置)有异常征兆。 受负载共振、负载变动的影 响, 轴承、轴承箱有压力征兆(注意润滑油变色、析出)。固定(装置) 有异常征兆。 ■负载部 有轴承损坏、异物附着的征兆。 有转子异常(弯曲、疲劳、龟裂)的征兆。			

■综合建议

【建议】	请从下列建议中选出可行性方案依次实施。 ■马达部 1. 轴承注入润滑油。 2. 检查轴承。 ■负载部 1. L2(轴承损坏、异物附着): 轴承加入润滑油, 或者清洗。 2. L3(主轴异常): 检查、调整主轴以及轴负荷。
------	--

Ver. C7. 20/S6. 10

图1

四、谐波诊断在实际应用中的优点

1. 状态监测、预知预判故障隐患

电气设备正常运行时诊断, 无需停电, 不影响生产, 真实反应设备运行状态, 对需24小时运转的设备尤为重要。

(1) 诊断全面

一次检测诊断, 可以同时诊断设备电气和机械部分存在的异常与缺陷。

(2) 非接触检测

不需要停机, 不需要安装, 操作简单, 只需感应器在电缆表面提取电流谐波信号, 非接触, 即可对设备进行诊断检测, 对设备正常运转不产生任何影响。

(3) 分析简单

无需频谱分析, 无需专业人员, 可直接对比数据库生成诊断报告, 改变了传统检测对专业技术人员的过度依赖, 使得普通技术人员也能够获得准确的诊断结论。

(4) 趋势管理

趋势化管理预测劣化部位, 多次检测后, 能够生成设备运行状态趋势分析曲线, 分析设备的劣化趋势, 预测设备后期的异常使劲按和寿命周期, 有效减少和防止因设备突然故

障造成的意外停产事故。

五、结论

本文针对实践中采用基于谐波特征故障诊断方法, 在实践案例应用中取得了明显较好效果, 并结合案例讲述了与传统诊断相比产生的经济价值, 总结提炼了该类技术应用在对设备检修维护时的优点, 认为该诊断方法将在今后的设备故障诊断中逐渐推广并占据主要地位, 极具推广价值。同时旨在推动基于谐波特征类的检测方法在相关领域的推广应用, 有益于谐波特征技术的不断健康发展。

参考文献

[1] 杨舒迪, 凌标灿. 一种新型机电设备故障诊断方法介绍[J]. 华北科技学院学报, 2016, 13(5): 55-59  
 [2] 夏希楼. 机械设备故障检测诊断技术的现状与发展[J]. 煤矿机械, 2007, 28(3): 183-185.  
 [3] 杨超, 李亦滔. 机械设备故障智能诊断技术的现状与发展[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(5): 23-28.  
 [4] 张伽, 赵彬. 机械设备故障诊断概述[J]. 价值工程, 2010, 29(33): 136-136.