

发电厂大型电动机常见故障特征提取与诊断方法研究

包冬莉 付维维 傲日格乐 李佳蔚 庞雪敏
呼和浩特热电厂 内蒙古呼和浩特 010030

摘要: 文章首先对发电厂大型电动机常见故障类型进行了系统分类与阐述,接着详细探讨了故障特征提取技术,涵盖信号特征提取、信号处理技术以及基于深度学习的特征提取方法。同时,研究了传统诊断方法和融合诊断方法等故障诊断手段。通过呼和浩特热电厂2×350MW机组这一具体案例,进一步验证了故障特征提取与诊断方法的有效性和实用性。研究结果对于提高发电厂大型电动机的可靠性和稳定性,保障电力系统的安全运行具有重要意义。

关键词: 发电厂;大型电动机;故障特征提取;故障诊断方法

引言

发电厂运行系统中,大型电动机是关键设备,担负着带动各种辅助机械运转的重任,它的运行状况是否稳定直接影响着整个发电厂生产效率及供电可靠性。当大型电动机发生故障时,不但会造成设备损坏和生产中断,而且会引起安全事故和重大经济损失。所以,准确地提取发电厂大型电动机常见故障特征,采取有效的诊断方法,及时地发现故障并加以解决,已成为电力行业急需解决的一个重要课题。伴随着科学技术的进步,电动机故障诊断技术得到了不断地发展。早期故障诊断以人工经验为主,监测手段单一,诊断效率与精度不高。近年来,由于信号处理技术、传感器技术及人工智能技术等迅速发展,给电动机故障诊断带来了更多的先进方法与途径。本论文的研究目的就是将这些先进技术结合起来,对发电厂大型电动机常见故障诊断方法进行深入的研究,从而为电动机运行可靠性的提高提供理论支持以及技术保障。

一、发电厂大型电动机常见故障类型

(一) 定子线圈故障

大型电动机定子线圈故障总体可分为两类。一类是槽内及槽口部分运行问题,在长期运行过程中,由于电磁力、热应力等因素的作用,槽内绝缘可能会出现老化、破损等情况,影响电动机的正常运行。另一类是端部线圈及过线、端部连线部位的故障,端部线圈故障主要表现为振动磨损,例如线圈之间的绝缘垫片松动磨损会造

成短路,线圈背部压环松动会磨损线圈而造成接地短路。

(二) 引线、接头故障

这类故障发生的原因较为复杂。首先,接头部分接触面积小、接触面不干净或者接触不实等情况,会导致接触电阻增大,产生发热现象,加速接头的损坏。其次,由于目前发电厂大型电动机接线采用铜鼻子,一些较早的电缆线则采用铝,根据原电池原理,在二者的接触面上常常会发生腐蚀,影响电气连接的可靠性。此外,电动机引线断股及引线绝缘裂纹、接线盒空间狭窄使引线与外壳部分之间有挤压和摩擦、接头部位包的绝缘层不合格等,也都可能引发引线、接头故障。

(三) 轴承故障

轴承是大型电动机运转必须使用的部件,其安全运行是运转设备正常工作的前提。轴承部分的故障大多发生于轴承的震动,轴承震动过大使轴承运行过程中受力不均匀甚至局部受力过大,从而造成轴承设备的损坏。同时,人为因素如轴承清洗不干净、使用的润滑油不符合清洁要求、轴承或其安装不符合标准、安装过程中使用的润滑油过少及组装不到位等,也会导致轴承故障的发生。

(四) 转子鼠笼故障

主要发生在鼠笼转子上,双鼠笼转子最经常发生的故障是外笼条断裂、开焊,甩出的笼条划坏定子端部线圈等。转子鼠笼故障会影响电动机的转矩输出和运行稳定性,严重时可能导致电动机无法正常工作。

二、故障特征提取技术

(一) 信号特征提取

信号特征提取为故障特征提取提供了依据,它通过采集电动机工作时的多种信号并加以分析,从而提取出能反映故障状况的特征参数。常用信号有电流、电压、振动、温度。电流信号是表征电动机工作情况的最主要

作者简介: 包冬莉(1997年12月——),女,汉族,内蒙古乌海人,毕业于大连理工大学,硕士研究生,环境科学与工程专业,助理工程师,现就职于呼和浩特热电厂,研究方向:电气。

标志。电动机发生故障后，电流将发生显著改变。如定子绕组短路故障可引起电流的增加和三相电流的失衡；转子断条故障将导致电流产生特定谐波成分。从电流信号中提取并分析其幅值、频率和相位特征，可判断电动机有无故障及故障种类。

振动信号能直观显示电动机机械运行状态。在正常工作状态下，电动机振动信号是有规律可循的；在轴承故障和转子不平衡情况下，振动信号幅值、频率及波形均发生变化。通过对振动信号的时域特征（如均值、方差、峰值等）和频域特征（如频谱、功率谱等）进行提取，可以有效地识别电动机的机械故障。

温度信号还是监视电动机运行状况的一个重要参量。电动机工作时会产生发热，一旦发生故障，例如绕组短路和轴承磨损，都将引起局部温度的上升。通过对电动机各个部分的温度进行持续的监控和深入分析，我们可以捕捉到温度的变化特点，例如温度的上升速度和分布模式，这有助于我们及时识别可能的故障风险。

（二）信号处理技术

要想更加精确地提取故障特征就必须要对所采集的信号加以处理。常见信号处理技术有时域分析、频域分析和时频分析。时域分析是一种直接在时间域内对信号进行解析的方法，它通过计算信号的平均值、方差和峰值等统计属性，以揭示信号的基础属性。时域分析方法具有简单、直观等特点，能较快地判断出信号的大概状态，但是对某些复杂故障信号的分析能力受到一定限制。

频域分析是从时间域变换到频率域对信号进行频谱特性分析以确定故障特征。通常采用频域分析方法，如傅里叶变换和快速傅里叶变换。频域分析能清楚地展示出不同频率成分在信号中所占的比例，对分析周期性故障信号有良好的作用。举例来说，在对电动机转子断条故障进行分析时，可以通过频域分析来识别特定频率下的谐波成分。

时频分析是一种综合考虑时间和频率信息的信号处理技术，能够更全面地描述信号的时变特性。通常采用的时频分析方法是小波变换和希尔伯特-黄变换。时频分析方法对于处理非平稳信号有其特有的优点，它能精确捕捉故障信号随时间、随频率变化的特性，从而提高了故障特征提取精度。

（三）基于深度学习的特征提取方法

随着深度学习的不断发展，深度学习已经被广泛地应用于故障特征提取领域。深度学习模型特征学习能力强，能自动提取原始数据深层故障特征。卷积神经网络（CNN）被广泛认为是一种高效的深度学习模型，它利用

卷积层、池化层以及全连接层等多种结构，对输入的数据进行深入的特征抽取和分类处理。电动机故障特征提取时，CNN能够直接处理振动信号和电流信号等原始数据，实现故障特征的自动学习，从而避免传统方法繁琐的特征工程过程。

循环神经网络（RNN）及其变体（如长短期记忆网络LSTM、门控循环单元GRU）适用于处理序列数据。就电动机故障诊断而言，RNN能够对时间序列中信号建模并捕获其动态变化特征，以更加精确地确定故障状态。

深度自编码器（DAE）是一种无监督学习模型，它通过编码器将输入数据压缩为低维表示，再通过解码器将低维表示重构为原始数据。在进行故障特征的提取过程中，DAE能够掌握数据的核心特性，并将正常与故障的数据进行明确区分，从而为接下来的故障检测提供了坚实的基础。

三、故障诊断方法

（一）传统诊断方法

传统的故障诊断方法主要基于专家经验和数理统计方法。基于阈值的诊断方法是一种简单直观的诊断方法，它通过设定各种监测参数的阈值，当监测值超过阈值时，判断电动机可能存在故障。例如，设定电动机的温度阈值、振动幅值阈值等，一旦监测到的温度或振动幅值超过阈值，就发出报警信号。这种方法操作简单，但对于一些早期故障或故障特征不明显的情况，容易出现误判或漏判。

基于故障树分析的诊断方法是一种逻辑推理方法，它将电动机的故障作为顶事件，通过分析各种可能导致故障的原因，构建故障树。通过对故障树的分析，可以找出故障的可能原因和传播路径，为故障诊断和排除提供依据。故障树分析方法具有系统性和逻辑性强的优点，但对于复杂的故障系统，故障树的构建和分析过程较为繁琐。

基于模式识别的诊断方法是通过对正常状态和故障状态的样本进行学习，建立故障模式库。在实际诊断时，将待诊断的样本与故障模式库进行比对，判断其所属的故障类型。常用的模式识别方法有判别分析、聚类分析等。这种方法需要大量的样本数据进行学习，且对样本的质量要求较高。

（二）融合诊断方法

为使故障诊断更加准确可靠，近几年有一种将各种诊断方法整合在一起的倾向。多传感器信息融合诊断方法是将多个传感器采集到的信息进行融合处理，综合利用不同传感器的优势，提高故障诊断的准确性。如通过电流传感器、振动传感器、温度传感器等所采集信息的

融合,实现电动机运行状态多角度监控与分析。通常采用的信息融合方法包括数据层融合、特征层融合以及决策层融合。基于深度学习和传统方法整合的诊断方法,结合了深度学习模型强大的特征学习能力和传统诊断方法各自的优点。比如首先使用深度学习模型从原始数据中提取特征,再把提取的特征送入传统分类器进行故障分类。该方法在充分利用深度学习优点的同时,传承传统方法可靠性强的特点,可提高故障诊断效率与准确性。

四、案例分析

(一) 案例背景

呼和浩特热电厂 $2 \times 350\text{MW}$ 机组采用哈尔滨锅炉(集团)股份有限公司HG-1140/25.4-YM1产品,主机为 $2 \times 1140\text{t/h}$ 一次中间再热、单炉膛、前后墙对冲旋流燃烧方式、尾部双烟道、烟气挡板调节再热汽温、平衡通风、紧身布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构II型超临界本生直流锅炉。汽轮机采用哈尔滨有限责任公司制造的CZK350/320-24.2/0.4/566/566型超临界、中间再热、单轴、双缸双排汽、直接空冷、采暖供热抽汽式汽轮发电机组。 $2 \times 350\text{MW}$ 发电机为哈尔滨电机厂有限责任公司制造的QFSN-350-2型三相、二极、隐极式转子同步、水、氢、氢冷却发电机,属常规燃煤火力发电厂。

(二) 故障监测与特征提取

在呼和浩特热电厂的 $2 \times 350\text{MW}$ 机组中,大型电动机的运行过程中,故障的监控和特征的提取都是全方位和精细的。多种传感器实时监测电动机运行状态,电流传感器捕捉电流变化,振动传感器感知机械振动,温度传感器监控温度波动。当一台电动机存在故障隐患的时候,许多方面的特点也就显现出来了。在电流信号中,三相电流发生失衡,并产生特定频率谐波成分,这是电气故障发生的一个重要标志,它反映了电动机内电磁关系异常。振动信号方面,幅值显著增加,频谱出现了和轴承故障有关的频率成分,说明机械部件有可能会发生磨损或者松动现象。从温度上看,轴承处的温度不断上升并超过正常值,说明该处工作状态已经偏离稳定区间,有可能是由于摩擦加剧或其他因素引起。结合这些不同信号源所产生的特性,可以初步判定电动机可能发生了轴承故障。该多维度故障监测及特征提取方式为后续故障的精确诊断及及时处理提供关键依据,从而有效确保电动机安全平稳运行。

(三) 故障诊断与处理

在呼和浩特热电厂 $2 \times 350\text{MW}$ 机组的大型电动机故障检测和处理过程中,采用了多种综合方法。在检测到电动机异常的情况下,利用各种传感器综合监控电动机

的运行状态。就电流信号而言,三相电流是失衡的,并且存在特定频率的谐波成分,这些谐波成分会隐含电气故障的发生,例如定子绕组短路;振动信号幅值的增加和频谱上与轴承故障有关的频率成分的出现,说明机械部件有可能发生故障;温度传感器发现轴承部位的温度不断上升并超过了正常范围,是轴承失效的一个重要标志。

在处理故障时,如果初步判定为简单故障,可以试着通过维修设备,例如清洗设备和拧紧接线加以解决。如果疑为硬件故障,则可能要替换受损部件;如果软件失效,可能需要重新安装该软件或者更新驱动程序。针对复杂的故障需要请专业人士协助,专业人员将通过综合的设备检测与分析来查找故障产生的原因,并且采取相应的维修措施。故障处理前应做好数据备份、文件存档等工作,保障重要数据的安全性。同时为了防止同类故障的再度发生,要定期维护设备,其中包括清洁设备、润滑设备和紧固接线,也可以加装设备保护措施,例如安装熔断器和过载保护器。

结论

本论文针对发电厂中常见的大型电动机故障的特征提取和诊断方法展开深入的研究工作。通过分析定子线圈失效、引线接头失效、轴承失效以及转子鼠笼失效等常见故障类型,理清不同故障形式及成因。对于故障特征提取技术,本文从信号特征提取、信号处理技术以及基于深度学习特征提取等方面进行论述,以期对故障特征的精确提取提供多种途径。故障诊断方法方面,对传统诊断方法与融合诊断方法进行研究,以提高故障诊断准确性与可靠性。以呼和浩特热电厂 $2 \times 350\text{MW}$ 机组为例进行实例研究,结果表明所提故障特征提取及诊断方法有效实用。这些方法可以及时发现电动机可能出现的故障,对发电厂设备的维护与管理起到强有力的支撑作用。

参考文献

- [1] 魏景华.发电厂主变压器低压侧故障自动化监测方法[J].新潮电子,2024(2):115-117.
- [2] 刘双强.火力发电厂变压器故障预警与诊断系统研究[J].仪器仪表用户,2025(7).
- [3] 常焕京.风力发电机组故障诊断与预测技术探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):4.
- [4] 唐昊斌.热力发电厂汽轮发电机组振动故障诊断方法[J].电工技术,2025(1):209-212.
- [5] 马新喜.火力发电厂锅炉风机变频器故障自动诊断技术研究[J].电工技术,2023(11):222-224.