

天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断技术研究

● 祁发福



[摘要] 随着工业化进程的加速以及新型城镇化建设的不断加强,天然气作为一种优质清洁能源,在能源结构中的占比逐步提升。然而,由于天然气本身存储性能的限制以及其安全问题的特殊性,天然气场站的管理和维护难度较大。传统的天然气场站运行依赖于人工监控和巡检,但这种方式存在诸多不足,如响应速度慢、效率低、人力成本高且易存在人为疏忽等问题。因此,开展天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断技术的研究具有重要意义。

[关键词] 天然气场站;无人值守状态;电气设备;故障诊断技术

天然气作为一种清洁、高效的能源,在现代能源体系中占据着重要地位。天然气场站包含众多电气设备,如压缩机、泵、阀门的电动执行机构、配电柜等。随着自动化和信息技术的发展,天然气场站逐渐向无人值守模式转变,这对电气设备的可靠性和故障诊断能力提出了更高的要求。在无人值守状态下,及时准确地诊断电气设备故障,对于保障天然气的安全生产、供应的连续性以及减少经济损失具有重要意义。

Q 天然气场站电气设备概述及故障类型

(一) 电气设备概述

天然气场站中的电气设备在整个天然气的输送与调控过程中发挥着至关重要的作用。首先,压缩机电机是将天然气增压输送的关键设备,由于其承担着重要的增压任务,电机功率较大。该电机的正常运行离不开定子绕组、转子、轴承等部件的协同配合,这些部件必须保持良好状态,任何一个出现问题都可能影响电机的正常运转,进而影响天然气的增压输送。其次,电动执行机构在天然气场站中也不可或缺,它主要用于控制阀门的开度,从而实现对天然气流量和压力的调节。电动执行机构由电机、减速器、控制电路等多个部分组成,鉴于其在天然气流量和压力调节方面的重要性,对其控制精度和可靠性有着较高的要求。另外,配电柜作为分配电能以及保护电气设备的重要装置,在整个电气系统中占据着关键地位。配电柜内部包含多种元件,如

断路器、接触器、继电器、熔断器等,这些元件各司其职,断路器负责对电路进行通断控制,接触器用于控制电路的接通与断开,继电器可实现信号的转换、放大等功能,熔断器则主要承担短路保护的任务,它们共同协作,实现对电路的过载保护、短路保护等功能,保障整个电气系统的安全稳定运行。

(二) 常见故障类型

1. 短路故障

在电气设备中,短路故障是较为严重的一种。例如在配电柜中,由于绝缘损坏、线路连接错误等原因,导致火线与零线或火线与地线直接相连。短路时会产生巨大的电流,可能烧毁电线、损坏电气元件,甚至引发火灾。

2. 过载故障

当电气设备的实际运行电流超过其额定电流时,就会发生过载。如压缩机电机在长时间高负荷运行或者电机故障导致转动阻力增大时,会出现过载现象。过载会使设备发热,加速绝缘老化,缩短设备使用寿命。

3. 绝缘故障

电气设备的绝缘性能随着时间和环境因素可能会下降。例如,在潮湿的环境下,电机的绝缘电阻降低,导致漏电现象。绝缘故障不仅会影响设备的正常运行,还会对人员安全构成威胁。

4. 接触不良故障

在电气连接部位,如配电柜的接线端子、继电器的触点

等,容易出现接触不良。这是由于氧化、振动、安装不当等原因引起的。接触不良会导致电阻增大,产生局部过热,进而引发更严重的故障。

Q 适用于天然气场站无人值守状态的故障诊断技术

(一)传感器技术

传感器技术在天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断中起着重要作用。其中电流传感器可实时监测电气设备运行电流,像压缩机电机这类设备,借助对电流的监测能够判断其是否过载或者存在短路情况,例如电机短路时电流急剧上升,电流传感器可迅速捕捉该变化并将信号传至诊断系统;温度传感器也是关键,因为温度是反映电气设备运行状态的重要参数,在配电柜里,断路器、接触器等元件正常工作时有一定温度范围,将温度传感器安装在元件散热片等关键部位,当元件因过载或接触不良而发热时,温度传感器能检测到温度异常升高,从而为故障诊断提供依据;还有绝缘电阻传感器,它用于检测电机、电缆等电气设备的绝缘电阻,对其进行定期或实时监测能够及时发现绝缘性能下降,当绝缘电阻低于设定值时,意味着设备存在绝缘故障,需要进一步检查。

(二)基于人工智能算法的故障诊断技术

基于人工智能算法的故障诊断技术在天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断中具有重要意义。人工神经网络(ANN)具备强大的非线性映射能力,适用于复杂电气设备故障诊断,以压缩机电机故障诊断为例,可将电机运行电流、温度、振动等数据设为输入层神经元,把电机故障类型(如短路、过载、轴承故障等)作为输出层神经元,经大量样本数据训练后,能依据输入的实时数据准确判断电机故障状态;支持向量机(SVM)作为基于统计学习理论的分类算法,在电气设备故障诊断中可把不同类型的故障数据映射到高维空间的不同区域以实现故障分类,例如针对配电柜中的短路、过载、元件损坏等多种故障类型,SVM能根据传感器获取的数据准确分类故障,为维修人员提供准确故障信息;电气设备故障状态存在一定模糊性,模糊逻辑诊断技术可处理这类模糊信息,比如对于电机温度升高现象,它能根据温度升高程度、持续时间及其他相关因素,综合判断电机是正常温度波动、轻微故障还是严重故障状态,进而提高诊断的准确性。

(三)基于模型的故障诊断技术

基于模型的故障诊断技术在电气设备故障诊断方面有着重要的应用。其中,状态空间模型可用于描述电气设备的动态行为,就像电动执行机构,建立其状态空间模型后,能够分析在不同控制信号等输入下的阀门开度等输出以及电机转速、减速器传动比等内部状态,一旦设备发生故障,实际

输出和模型预测输出会出现偏差,对这种偏差加以分析便可诊断出故障的类型和位置;另外,等效电路模型也可应用于电机等电气设备,在正常状态下,依据电路原理能够算出电机的电阻、电感、反电动势等各项参数,当电机出现绕组短路等故障时,等效电路中的参数会改变,通过检测这些参数的变化就能诊断出电机的故障。

Q 天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断系统的构建

(一)硬件系统

构建一个覆盖天然气场站电气设备的传感器网络,包括上述提到的电流传感器、温度传感器、绝缘电阻传感器等。传感器应合理分布在设备的关键部位,确保能够全面、准确地获取设备的运行参数。数据采集设备负责采集传感器的信号,并将其转换为数字信号。采集到的数据需要通过可靠的传输方式,如光纤、无线通信(ZigBee、4G/5G等)传输到监控中心。在传输过程中,要保证数据的完整性和实时性。监控中心应配备高性能的计算机服务器、存储设备等。服务器用于运行故障诊断软件,对接收的数据进行分析处理;存储设备用于存储大量的历史数据,以便进行数据挖掘和故障趋势分析。

(二)软件系统

该模块对采集到的原始数据进行预处理,如滤波、去除噪声、数据归一化等操作。由于传感器采集的数据可能存在一定的误差和干扰,预处理可以提高数据的质量,为后续的故障诊断提供准确的数据基础。集成上述的人工智能算法、基于模型的诊断算法等。根据不同电气设备的特点和故障类型,选择合适的诊断算法进行故障诊断。该模块应具有可扩展性,以便在未来能够添加新的诊断算法。提供一个友好的人机交互界面,使管理人员能够方便地查看电气设备的运行状态、故障报警信息等。界面应能够直观地显示设备的参数曲线、故障位置和类型等信息,同时还应具备远程控制功能,如对设备进行远程复位、调整运行参数等。

Q 天然气场站无人值守状态下电气设备故障诊断技术面临的挑战

(一)复杂环境干扰

天然气场站位于不同的地理环境中,如沙漠、海边等,复杂的环境因素会对传感器信号产生干扰。例如,在海边的场站,空气中的盐分腐蚀传感器和电气设备,影响传感器的精度和设备的可靠性;在沙漠地区,沙尘堵塞传感器的检测端口,导致数据采集不准确。

(二)数据处理与存储压力

随着传感器数量的增加和采集频率的提高,故障诊断系统需要处理和存储大量的数据。这对数据处理能力和存储

容量提出了很高的要求。如何从海量数据中快速提取有效的故障信息也是一个挑战。

(三)故障诊断的准确性和可靠性

在无人值守状态下,故障诊断结果的准确性和可靠性至关重要。由于电气设备的故障模式复杂多样,存在多种故障同时发生或者故障特征不明显的情况,这增加了准确诊断故障的难度。

Q 应对策略

(一)传感器防护与校准

在复杂环境下,传感器易受多种干扰。如在海边场站,空气中的盐分、湿度大,还有可能遭受海浪飞沫侵蚀。采用耐腐蚀材料制作传感器外壳,像不锈钢或特殊的防腐塑料,能有效抵御盐分腐蚀。密封处理传感器,防止潮湿空气、微小盐粒进入内部,避免元件受潮、被腐蚀。定期校准传感器是确保精度的关键。传感器使用一段时间后,由于元件老化、环境影响等,测量出现偏差。按照规定的时间周期,使用专业校准设备和标准源进行校准。例如,对于温度传感器,用高精度恒温槽提供准确温度值来校准;对于压力传感器,利用标准压力源校准。校准过程需严格遵循操作流程,保证传感器输出准确数据,从而为后续的监测与故障诊断提供可靠依据。

(二)数据管理技术提升

数据管理技术提升意义重大。分布式存储方面,在大型场站中,电气设备众多,数据量巨大。分布式存储将数据分散于多个节点,如不同的服务器或存储设备。当某个节点出现故障时,其他节点的数据不受影响,保障了数据存储的可靠性。而且随着设备增加,只需添加新的存储节点就能轻松扩展存储容量。数据压缩技术通过特定算法去除数据中的冗余部分。例如,一些设备正常运行时的重复数据,经过压缩后,存储量大幅减少。这不仅节省了存储空间,还能加快数据传输速度,减少网络带宽占用。数据挖掘算法能深入挖掘海量数据价值。在电气设备故障诊断中,通过关联规则挖掘,可找出不同参数间的联系;聚类分析可将相似运行状态的数据归为一类,便于发现异常数据簇,从而挖掘出隐藏的故障信息。

(三)多源信息融合诊断

多源信息融合诊断可显著提升故障诊断的准确性与可靠性。传感器数据是基础,以电机为例,运行电流能反映电机的功率情况,电流突然增大可能是过载或短路;温度能体现电机的散热与内部损耗,过高温度可能是绕组故障;振动数据能显示电机的机械状态,异常振动可能是轴承问题。设备历史数据包含过往故障及维修情况等重要信息。如果

电机过去有过多次绕组短路故障,那么在后续诊断中,当出现类似的电流波动或温度异常时,就要重点考虑绕组问题。设备运行工况也很关键。电机的运行负荷大小影响其工作状态,高负荷运行时,即使传感器数据正常,也可能存在潜在故障风险。结合这些多方面信息,如电机运行电流稍高、温度有上升趋势,再考虑到近期有过维修且当前处于高负荷运行,就能更精准地判断电机故障情况,避免单一信息造成的误判。

Q 结束语

在天然气场站无人值守状态下,电气设备故障诊断技术是保障天然气安全生产和供应的关键。通过对电气设备常见故障类型的分析,研究适用于无人值守状态的传感器技术、人工智能算法、基于模型的诊断技术等,并构建有效的故障诊断系统,可以提高电气设备的可靠性和故障诊断的准确性。尽管面临着复杂环境干扰、数据处理压力和诊断准确性等挑战,但通过采取相应的应对策略,如传感器防护、数据管理技术提升和多源信息融合诊断等,可以不断完善天然气场站无人值守状态下的电气设备故障诊断技术,适应天然气行业的发展需求。在未来的研究中,还需要进一步探索新的故障诊断技术,提高故障诊断系统的智能化水平,以保障天然气场站电气设备的长期稳定运行。

参考文献

- [1]曹展涛.天然气场站设备及安全管理路径分析[J].中国设备工程,2022(22):62-64.
- [2]蔡玲超.无人值守天然气场站的安全运行管理[J].上海煤气,2022(05):11-13.
- [3]谢庚.天然气站场调压装置故障分析与处理[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(03):23-25.
- [4]李通,吴远银,周岳洪.天然气场站维护与管理[J].化工管理,2022(01):73-75,139.
- [5]张勇,高甲艳.天然气场站风险研究与巡检管理对策[J].城市燃气,2021(S1):174-180.
- [6]孙建.天然气场站设备及电气控制系统防雷防护问题探析[J].化工管理,2020(02):138-139.
- [7]王国磊,张秀娟.无人值守天然气调压站的功能实现及安全防护管理[J].化工管理,2019(13):135-136.

作者简介:

祁发福(1984—),男,汉族,甘肃临夏人,本科,工程师,石嘴山市星泽燃气有限公司惠农分公司,研究方向:燃气管道建设、燃气安全管理。