

基于大数据的电力热控系统故障诊断与预警机制

高金龙

吉林电力股份有限公司白城发电公司 吉林白城 137000

摘要: 在电力工业向智能化方向发展的今天, 社会对电力热控制系统的稳定性提出了更高的要求。基于此, 本文提出一种基于大数据的电力热控制系统的新方法, 在总结电力热控制系统和大数据技术的基础上, 对常见的故障种类和成因进行深入的研究, 重点研究基于大数据的数据获取与处理、特征提取与建模方法, 提出基于大数据的故障诊断指标体系、模型算法选取与实现方法。希望本项目的开展将极大地提高电力热控制系统的故障诊断精度与实时预警能力, 为保证电网安全、高效运行提供新的技术途径与方法。

关键词: 大数据; 电力热控系统; 故障诊断; 预警机制; 数据处理

1. 引言

电力用热控制系统是保证机组安全、稳定、高效运行的重要组成部分, 其运行状况对供电的可靠稳定具有重要意义。随着电网规模的增大和设备的复杂程度的提高, 热控制系统的失效几率也在不断增大, 目前, 我国电网运行状态的监测与预警多是依靠手工巡检和经验判断, 存在着效率低、精度低、实时性差等不足, 已很难适应现代电网安全可靠运行的需求。而大数据处理、多维度分析、智能预报等特点为电力热控制系统的故障诊断与预警提供了一种全新的思路。通过对电力热控制系统运行中所产生的海量数据的深入挖掘与分析, 可以有效地识别出可能存在的故障隐患, 并及早采取相应的对策, 从而减少失效的几率和危害。因此开展电力热控制系统大数据驱动下的故障诊断和预警机理研究, 对提升电力系统运行效率和保障供电安全, 具有十分重要的实际意义。

2. 电力热系统与大数据技术概述

2.1 电力热控系统介绍

电力热控制系统由热工计量、自动控制和保护联锁等子系统构成, 它的主要作用是实时监测、控制和调整电力生产中的重要参数, 如温度、压力、流量、液位等。在火力发电机组中, 为了保证机组的安全和经济运行, 需要对锅炉的燃烧和汽轮机的操作进行控制。比如准确地控制锅炉主蒸汽的温度, 可以提高机组的热效率, 减少能耗; 当设备发生异常情况时, 采用安全连锁装置可立即发出停止命令, 以防止重大事故。

热控系统包括各种传感器、执行器和控制器等。其中传感器负责将各种物理量如温度、压力等转化成电信号, 并向系统提供实时的数据; 执行器按照控制命令, 调整阀门开度和马达速度等, 从而完成对整个生产过程的控制; 控制器根据预先设定的控制算法, 对各传感器所测得的数据进行处理, 并将其输出。

2.2 大数据技术剖析

大数据技术是指对规模巨大、类型多样、处理速度快的数据进行采集、存储、分析和挖掘的一系列技术和方法。其具有数据量大 (Volume)、类型多样 (Variety)、处理速度快 (Velocity)、价值密度低 (Value) 的“4V”特点。数据量大意味着能够涵盖更多的信息, 但也增加了数据处理的难度; 其中, 结构化数据 (如表数据)、半结构化 (如 XML、JSON 等) 以及非结构化 (文本、图像、视频等), 对数据的处理提出了更高的要求。快速的处理要求能够在较短的时间内对数据进行分析、处理, 从而达到实时性的要求; 而对于高价值密度的研究, 就是要利用数据挖掘与分析方法, 从大量的数据中提炼出有价值的信息^[1]。

其中, 数据的获取、存储、处理与分析是大数据研究的重要内容。数据收集技术是通过传感器和网络爬虫的方式来实现的; 在数据存储方面, 利用 HDFS 等分布式文件系统和 HBase 等分布式数据库来实现对海量数据的存储; 数据处理技术包括 MapReduce 和 Spark 等计算框架, 支持并行化和提升计算效率; 而数据分析则是利用机器学习、深度学习等方法, 从数据中发掘出隐含的规则与规律。以上几项关键

技术的有机结合，能够为电力热控系统的故障诊断和预警提供强有力的技术支撑。

3. 电力热控系统常见故障类型及分析

3.1 常见故障类型列举

由于设备老化、环境因素和人为因素的影响，电力热控制系统在长期运行中极易发生各种故障。在实际应用中，由于传感器的失效，比如温度传感器的测量偏差和压力传感器的失效，会造成测量结果的不精确，从而影响到控制的判断。同时由于执行元件的故障，例如阀门卡涩、马达故障等，导致系统不能根据控制指令进行正确的操作。而程序运行错误和硬件损坏等原因，也会使得控制逻辑混乱，不能有效地控制生产，例如网络中断、数据传输错误等通讯错误会对系统内部数据的交互及协调产生不利影响。

另外，在控制系统中也存在着许多综合故障，例如热控系统与其它系统的界面失效，造成了数据的不顺畅和信号的不匹配；操作系统崩溃和控制软件缺陷是影响系统正常运作的重要因素。各种失效形式之间存在着一定的相关性，其中一种失效可能导致其它失效的发生，给电网带来了巨大的冲击。

3.2 故障原因深度剖析

电力热控制系统的失效主要是由于设备的老化，随着仪器工作时间的增长，其测量精度将不断降低，驱动器中的机械部分将产生磨损，而控制器中的电子元器件也将因老化而损坏。比如长时间工作于高温环境中，其测温元件的特性将改变，从而增加测量误差；由于阀门经常开闭，密封面会发生磨损并且产生渗漏。

温度控制系统的运行受环境因素的影响。在电力系统中，往往存在着温度高、湿度大、粉尘多、电磁干扰大等诸多因素，温度过高会使器件加速老化，导致器件性能下降；在潮湿的环境中，极易使装置受潮造成短路；灰尘会渗入到装置内，对传感器的检测精度及执行器的正常工作产生不利的影响；电磁干扰能使通讯信号受到干扰，从而引起数据的误传。

而人为的错误操作也是导致故障发生的一个因素，在设备的安装、调试和维护中，由于操作不当有可能造成设备的损坏，甚至造成设备参数的错误。比如在传感器的装配中，若配线不正确，将使其不能正常工作；在设定控制器的参数时，若设定得不恰当，将会影响到系统的控制效果，甚至引

发故障。此外，缺乏定期的设备维护和检修，也会使设备的潜在故障得不到及时发现和处理，增加故障发生的概率。

4. 大数据技术在电力热控系统故障诊断中的应用

4.1 数据采集与处理

对功率热控制系统进行故障诊断，需要对其进行实时、准确的测量，采用温度传感器、压力传感器和流量传感器等传感器，对系统中的温度、压力、流量等进行实时测量。同时采用智能装置及网络通讯技术，对装置的工作状态、控制指令等进行了信息采集，该系统采用现场总线或工业以太网等通讯方式，将采集的数据传送至各数据中心，统一存放^[2]。

在实际应用中，往往会产生噪声、缺失值、异常值等现象，因此必须对其进行预处理。其中数据净化就是对含有噪声和离群点的数据进行过滤，利用统计学方法结合机器学习等方法，对不合格的数据进行鉴别和剔除；资料转化就是把资料转化成适宜于分析的格式，例如时序资料归一化、归类资料编码；资料整合就是把多个资料来源的资料加以整合，以作一个整体的分析^[3]。

4.2 故障特征提取与分析

故障特征提取是从大量的运行数据中提取与故障相关的关键信息的过程，在此基础上，采用统计分析、信号处理、机器学习等方法，从多个角度深入研究故障的本质。比如通过对温度信号进行谱分析，提取出温度的频域特性。

而关联规则是一种常见的故障特性分析方法，该方法通过对数据项目间的相关性进行分析，发现在项目中经常发生的模式及规律。例如在对温度控制系统的失效数据进行分析时，发现当温度传感器测量值异常升高且压力传感器测量值异常降低时，往往伴随着执行机构故障的发生。通过这种关联规则的挖掘能够提前发现故障的潜在迹象，为故障诊断提供依据。

4.3 故障诊断模型构建与应用

基于大数据的故障诊断模型通常采用机器学习和深度学习算法构建，支持向量机（SVM）、决策树和随机森林等机器学习算法可以通过对故障数据进行学习，从而构建故障特征和故障类型的映射。同时基于神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等深度学习算法，可以实现对数据进行非线性拟合，实现对数据特征的自动抽取，提升故障诊断精度。例如SVM通过调节模型的参数来实现对训练集的精确分类，使用测试集对所建模型进行评价，以检验其推广性能。在

实际应用中,将实时采集到的运行数据输入到训练好的模型中,模型能够快速判断出系统是否存在故障以及故障的类型,为维修人员提供准确的故障诊断结果。

5. 基于大数据的电力热控系统故障预警机制构建

5.1 预警指标体系建立

建立科学合理的预警指标体系是实现故障预警的关键,该预警指数要能充分反应电力热控制系统的工作状况,并具备高灵敏度、高可靠性的特点。因此需要针对热控系统的特性及常见的故障类型,选择温度、压力、流量、液位等关键参数的变化率或偏离值作为其早期预警标志。比如当主蒸汽温度的变化率超出某一临界值时就会发出警报,表示有可能是燃烧系统不正常,或者是换热装置发生了故障;如果压力传感器测得的数据与设定值之间的差异超出允许的限度,则提示有可能是管线泄露或者是阀门失效^[4]。

另外,还可以将其与运行时间和维修记录相结合,形成对设备健康状况的评价指标。该方法可以通过对设备运行历史数据的分析,对设备的剩余寿命进行预测,并对其发生的故障进行预警。比如通过对电动机工作时间、振动等参数的分析,对电动机的健康状况进行判断,并在发现电动机有可能发生故障时给出报警信号。

5.2 预警模型与算法

企业风险预警模式的选取,对企业风险预警的精度与时效性有很大的影响,目前国内外已有的预测方法主要有时间序列、灰色和神经网络三种。比如,采用 ARIMA 模型预报气温变化,在预报值超出警戒阈值时给出预警。

灰色预测是一种在小样本和不完全信息条件下可以利用较少的数据,对未来的发展趋势进行预测。神经网络是一种高效的非线性预测方法。该方法可以有效地对复杂的输入-输出关系进行学习并对故障进行早期预警,比如基于长短时记忆网络(LSTM)的电力热控系统运行数据模型,可以实现对其参数变化趋势的精确预测,对其进行早期诊断。

5.3 预警流程与实现

基于大数据的电力热控系统故障预警流程主要包括数据采集、指标计算、模型预测、预警判断和预警发布等环节。第一,利用传感器、智能装置对系统的各种工况进行实时监测,并将其传送至数据中心进行储存。第二,利用所建立的预警指数计算公式,对所收集的数据进行处理,得出各个预警指数的实时数值。第三,根据所求出的预警指数值,将其

输入到预警模型中,再通过该模型对其进行预测,从而获得该时期的各项指标的预报值。最后将预报值与报警门限相比较,若预报值超出报警门限,则启动报警判定逻辑,判定预警级别及类别,通过短信、邮件和声光报警等形式向有关人员发出预警,使其能够得到及时地处置。

在系统的实现上,利用分布式架构与数据库技术,能够有效地解决数据的存储与处理问题。通过可视化的方法,将报警信息以图形、报表的形式直观地显示,便于操作者对系统的工作状况进行了解,并对其进行报警。由此开发一套完整的预警信息管理系统,实现对事故信息的记录、查询与分析,为后续的故障诊断与优化提供依据。

结语

总之,大数据驱动下的电力热控系统故障诊断与预警研究,对保证电力系统安全、稳定、高效运行具有重要意义。本文针对电力热控制系统中存在的问题,提出一种基于大数据的故障诊断和预警方法,首先介绍了电力热控系统的基本概念和大数据的概念,并对其进行简要的介绍。研究结果显示,利用大数据技术可以有效地挖掘出电力热控系统运行数据中隐含的信息,从而提升其故障诊断的精度与时效性。

但目前仍存在数据质量参差不齐、数据安全和隐私保护困难、技术人才匮乏等问题。在今后的发展中,应加大对数据的治理力度,提升其质量;加强对数据安全性的研究,确保数据的保密性;加强对专业技术人员的培训,促进大数据技术在电力热控制系统中的推广。

参考文献:

- [1] 任广振.基于大数据分析的电缆在线监测系统的开发与应用——评《输电线路在线监测与故障诊断》[J].科技管理研究,2022,42(22):10002-10002.
- [2] 燕凯,岳振宇,高嘉浩.基于大数据的电力计量设备运行状态评估与故障诊断方法研究[J].电子器件,2019,42(05):1095-1098+1121.
- [3] 董晨霓,狄婷.基于大数据技术的电力运维故障诊断及自动告警系统设计研究[J].电子产品世界,2025,32(02):53-56.
- [4] 周韶波,曾俊,李明远.基于大数据技术的电力线路线损故障诊断系统设计[J].电气技术与经济,2025,(01):323-325.

作者简介:高金龙,1980年8月,男,蒙古族,内蒙古赤峰市,硕士研究生,高级工程师,从事的研究方向:氢基绿色能源及火电机组热工自动化控制