

智能监测系统保障核电运行稳定性分析

李祺 祝浪锋

阳江核电有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11457

[摘要] 如今各国对可持续发展日益重视,且对清洁能源的需求持续攀升。而核能以其高效、清洁以及低排放等优势,逐渐成为了能源结构中的重要组成部分。因此核能技术的进步和应用不仅能够满足现代社会对于能源的需求,而且对于减缓全球气候变化具有重大意义。基于此本文先阐述了核电运行稳定性的重要意义,随后详细地介绍了智能监测系统的组成部分,并剖析了其工作原理。以此为基础再进一步探讨该系统在核电运行中的实际应用情况,同时展望了智能监测系统未来的发展趋势。

[关键词] 智能监测系统; 核电运行; 稳定性; 设备状态监测; 故障诊断

中图分类号: TL4 **文献标识码:** A

The intelligent monitoring system ensures the stability analysis of nuclear power operation

Qi Li Langfeng Zhu

Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd.

[Abstract] Nowadays, countries pay more and more attention to sustainable development, and the demand for clean energy continues to rise. Nuclear energy, with its efficient, clean and low emissions, has gradually become an important part of the energy structure. Therefore, the progress and application of nuclear energy technology can not only meet the demand of energy in modern society, but also is of great significance for the mitigation of global climate change. Based on this, this paper first expounds the significance of nuclear power operation stability, then introduces the components of the intelligent monitoring system in detail, and analyzes its working principle. Based on this, the practical application of the system in nuclear power operation is further discussed, and the future development trend of intelligent monitoring system is prospected.

[Key words] intelligent monitoring system;nuclear power operation; stability; equipment condition monitoring; fault diagnosis

引言

核能的开发与利用伴随着一系列技术挑战和安全问题。而智能监测系统作为一种创新的技术解决方案,其为核电行业带来了革命性的变革。它主要是通过集成人工智能、大数据分析和云计算等先进技术,实现了对核反应堆及其他关键运行系统的实时监控和精确管理。实际运用当中,智能监测系统能够在多个层面上提升核电站的安全性和可靠性;同时在未来的发展中,随着技术的不断进步,智能监测系统必然在核电领域当中得到更加广泛地应用。

1 核电运行稳定性的重要性

1.1 确保核安全

核安全是核电运行的首要考量因素,一旦发生核事故,其后果不堪设想。而核电运行保持稳定,就意味着核反应堆能够在设定的参数范围内正常运转,以此避免出现诸如堆芯过热、放射性物质泄漏等重大安全隐患;同时通过其稳定运行,运维人员能

有效控制核反应的速率、维持冷却剂的正常循环,以及保障各项安全系统功能处于可靠状态,从而最大限度地降低核事故发生的概率,确保核设施及周边环境的安全。

1.2 提高能源供应的可靠性

现代社会的正常运转高度依赖稳定的能源供应,而核电作为重要的能源来源之一,其稳定运行对于满足工业生产、居民生活等各方面的用电需求至关重要。如果存在不稳定的核电运行,就可能导致电力供应中断或波动,进而影响到众多依赖电力的产业,如制造业、通信业等,进而造成经济损失和社会生活的不便。因此只有运维人员保障核电运行的稳定性,才能使其持续、稳定地输出电能,再与其他能源形式相互配合,共同构建可靠的能源供应体系,用于支撑社会经济的平稳发展^[1]。

1.3 降低运营成本

核电运营涉及到高额的成本投入,其中包括设备维护、人员管理、燃料采购等诸多方面。当核电运行处于不稳定状态时,

设备就会频繁地出现故障,此时需要对其进行额外的维修和更换部件。而这不仅增加了设备维护成本,还可能导致停机时间延长,影响发电效率,从而间接增加运营成本。而稳定的运行则可以减少设备异常磨损、降低故障发生率,保证设备按照正常的维护周期进行保养。如此一来就有助于合理安排运营资源,优化成本结构,最终提高核电运营的经济效益。

2 智能监测系统的组成及工作原理

2.1 组成

2.1.1 传感器

传感器是智能监测系统的“触角”,其分布在核电设备的各个关键部位,主要用于采集各类物理量信息。例如,温度传感器可以实时监测反应堆冷却剂的温度变化,而压力传感器能精确测量蒸汽发生器内的压力情况,振动传感器则可捕捉泵、风机等转动设备的振动状态。除此之外还有液位传感器、流量传感器等分别负责检测相应的物理参数。上述这些传感器所获取的数据是后续进行分析判断的基础,其精度、可靠性以及覆盖范围对于整个智能监测系统的有效性起着关键作用。

2.1.2 数据采集与传输系统

数据采集与传输系统主要负责将传感器采集到的大量分散数据进行收集汇总,并且按照一定的通信协议传输到数据分析与处理中心。此过程中要确保数据采集的完整性和准确性,避免数据丢失或失真。为此在传输方面,通常会采用高速、稳定且具备一定抗干扰能力的网络通信技术,如光纤通信、工业以太网等,以保障数据能够及时、可靠地从现场设备端传输到后台服务器,进而满足实时监测的要求。

2.1.3 数据分析与处理系统

数据分析与处理系统是智能监测系统的“大脑”,它接收到采集传输过来的数据后,再运用先进的数据分析算法和模型,对海量的数据进行挖掘、分析和处理。例如借助统计分析方法,其可以了解各项参数的变化趋势,再利用机器学习算法中的聚类分析、关联规则挖掘等技术,即可发现不同参数之间的内在关联以及潜在的异常模式。实践中该系统能够将原始数据转化为有价值的信息,从而为后续的监测与预警提供决策依据。

2.1.4 监测与预警系统

监测与预警系统基于数据分析与处理的结果,能够对核电运行状态进行实时监测和判断。它设定了一系列合理的阈值和规则,而当发现设备参数超出正常范围或者出现异常变化趋势时,其能够及时发出预警信息,及时地通知相关运维人员采取相应措施。对于预警信息来说,其可以通过多种方式传达,如声光报警装置、短信推送、系统界面弹窗等,以此确保相关人员能够第一时间知晓并响应,且防止潜在问题进一步恶化影响核电运行稳定性^[2]。

2.2 工作原理

智能监测系统的工作原理是一个循环且相互关联的过程。首先传感器持续不断地采集核电设备各个部位的实时运行数据,而这些数据通过数据采集与传输系统,能够准确无误地传输到

数据分析与处理系统。接着数据分析与处理系统会运用预设的算法和模型,对数据进行深度分析,从中提取出关键特征和潜在的异常信息,且将其与正常运行状态下的标准参数和模型进行对比。一旦发现数据偏离正常范围或者存在异常变化趋势,监测与预警系统就会根据预先设定的预警规则,触发相应的预警机制,并发出预警信号。此时运维人员接收到预警信号后,则会依据提示的问题信息对相关设备进行检查、维护或调整,从而使设备恢复到正常运行状态,以此保障核电整体运行的稳定性。上述整个过程是一个动态的闭环,其不断地循环往复,能够实时保障核电运行始终处于可控的稳定状态。

3 智能监测系统在核电运行中的应用

3.1 当前的现状分析

当前智能监测系统在核电领域已经得到了较为广泛的应用,但不同的核电站在应用的深度和广度上存在一定差异。展开来说,一些先进的核电站已经构建了较为完善的智能监测体系,其涵盖了从核反应堆本体到辅助设备的全方位监测,并且能够实现数据的实时共享和多系统联动。然而还有一些核电站可能由于技术更新成本、原有系统兼容性等因素,导致其在智能监测系统的集成度和智能化水平方面还有待进一步提升^[3]。但是总体来说,智能监测系统在核电运行中的应用正朝着更加全面、精准、智能的方向发展,并且随着技术的不断进步,其应用效果也在持续优化。

3.2 设备状态监测

设备状态监测是智能监测系统在核电运行中的核心应用之一。运维人员通过安装在设备上的各类传感器所采集的数据,能够实时掌握设备的运行状态,如设备的温度、压力、振动等参数是否处于正常范围。而基于长期积累的数据,运维人员还可以运用数据分析技术构建设备的健康状态模型,用于预测设备的剩余使用寿命。以此为基础提前安排维护计划,能够有效地避免设备突发故障对核电运行稳定性造成影响。

3.3 故障诊断

实际工作过程中,智能监测系统在故障诊断方面发挥着重要作用。当设备出现异常情况时,其采集到的数据会呈现出特定的变化模式。此时数据分析与处理系统则可以通过运用故障诊断算法,如基于规则的诊断方法、基于模型的诊断方法以及基于人工智能的机器学习诊断方法等,来对这些异常数据进行分析,确保在问题出现时能够快速准确地定位故障原因。

3.4 安全预警

安全预警是保障核电运行稳定性的关键环节,而智能监测系统能够实时监测核电运行过程中的各项安全关键参数,一旦这些参数接近或超出安全阈值,该系统就会立即发出预警信息。比如,对于核反应堆的冷却剂液位,如果液位过低就可能导致堆芯无法得到有效冷却,进而引发严重的安全事故。基于此运行人员可使用智能监测系统,此系统通过液位传感器可实时监测液位变化,当液位下降到设定的预警值时,其会及时发出声光报警,并将预警信息推送给主控操纵员。

3.5 寿命预测

智能监测系统借助大数据分析和机器学习等技术,其可以对核电设备的寿命进行预测。原理是通过收集设备长期运行过程中的各类运行数据、维护记录以及环境参数等信息,该系统建立起设备寿命预测模型。例如对于核电站中的压力容器,由于需要综合考虑其承受的压力、温度循环次数、材料性能变化等因素,所以运维人员运用数据挖掘和时间序列分析等方法,来分析这些因素与设备寿命的关联关系,从而能够预测出压力容器在未来一段时间内的剩余使用寿命。而这有助于合理安排设备的更换、维修计划,以此避免因设备超期运行带来的运行风险,保障核电运行的长期稳定性。

4 智能监测系统未来发展趋势

4.1 智能化程度不断提高

未来智能监测系统的智能化程度将持续提升,且人工智能技术将得到更深入的应用。展开来说,因为深度学习算法将能够对更加复杂的核电运行数据进行自动特征提取和模式识别,对于其能够实现更加精准的设备故障诊断和运行状态预测。同时智能监测系统还能够根据实时监测情况自主调整监测策略和预警阈值,即意味着其具备更强的自适应能力,无需过多人工干预即可高效保障核电运行的稳定性,在实践中能够更好地应对各种复杂多变的运行工况。

4.2 传感器技术不断创新

传感器作为获取数据的关键环节,其技术创新将朝着更高精度、更小尺寸、更强抗干扰能力以及更多功能集成的方向发展。例如,当相关研究人员研发出能够在高温、高压、强辐射等极端核环境下长期稳定工作的新型传感器时,即可提高数据采集的准确性和可靠性。而此时多功能传感器也将不断涌现,其能够同时测量多个物理量,以此减少传感器的安装数量和空间占用,进一步优化智能监测系统的整体性能,最终为核电运行提供更全面细致的数据支持。

4.3 数据采集与传输技术不断进步

目前随着大数据时代的发展,核电运行过程中产生的数据量将越来越庞大,因而对数据采集与传输技术提出了更高要求。基于此未来的数据采集系统将具备更高的采样频率和数据分辨率,能够捕捉到更细微的设备运行变化。而在传输方面,超高速、

大容量、低延迟的通信技术将得到广泛应用,如5G通信、量子通信等新兴技术有望逐步引入核电领域。借助相关技术可确保海量数据能够实时、无损地从设备端传输到监测中心,从而满足智能监测系统对数据及时性和完整性的要求。

4.4 多系统融合发展

智能监测系统将与核电站的其他控制系统、管理系统等实现深度融合。例如与反应堆控制系统、设备维护管理系统、应急响应系统等进行信息交互和协同工作,能够形成一个有机的整体。而通过多系统融合,能够实现数据的共享共用,从而优化整体的运行决策机制。当智能监测系统发出预警信息时,其他相关系统能够迅速联动,并且迅速采取最有效的应对措施,如此可全面地提升核电运行的稳定性和安全性。

5 结语

综上所述,智能监测系统对于保障核电运行的稳定性有着至关重要的作用。其从确保核安全、提高能源供应可靠性到降低运营成本,其在核电运行的多个方面都展现出显著的应用价值。未来智能监测系统自身将不断地朝着智能化程度更高、传感器技术创新、数据采集与传输进步以及多系统融合的方向发展,因此它将为核电行业提供更加强有力的保障,更有效地助力核电运行在更加安全、稳定的轨道上持续发展。然而在其发展过程中,也需要关注技术应用带来的新挑战,如数据安全、系统兼容性问题,设计人员需要不断的研究和实践加以解决,以充分地发挥智能监测系统在核电领域的优势,进而推动核能事业的蓬勃发展,最终为全球能源供应和可持续发展做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]凌君,范寅娣,周新建.核电厂温排水监测系统法规标准适应性分析[J].自动化仪表,2015,36(11):89-92.
- [2]郭彪.在线风险监测系统中始发事件频率估计方法研究[D].哈尔滨工程大学,2016.
- [3]张振华,张波,陈方强,等.核电厂辐射监测系统的定期试验浅析[J].科技视界,2018,(27):4-6+37.

作者简介:

李祺(1986—),男,汉族,河南省信阳市人,大学本科,工程师,研究方向:核电运行。