

中波广播发射台自动化监控系统的应用

苏 伟

内蒙古自治区广播电视传输发射中心鄂托克853台 内蒙古 鄂尔多斯 016100

摘要: 广播信号覆盖质量直接受到中波广播发射台运行稳定性的影响,传统人工值守模式存在响应滞后与运维效率低下等诸多问题,应用自动化监控系统由此便成了技术得以升级的关键。本文聚焦系统核心组件的运行逻辑与智能监控功能的实现,针对设备数据采集兼容性欠佳、对电磁干扰难以有效抑制、故障诊断精度不足这三大技术瓶颈进行深入剖析,提出分层分布式架构设计、多维度状态监测策略。结果表明,通过构建起标准化通信协议框架和冗余传输网络,能显著提升跨品牌设备的数据互通能力,并且基于动态阈值调整的预警算法可有效对误报与漏报之间的矛盾予以平衡。

关键词: 中波广播;发射台;自动化监控;应用研究

1 引言

高频次广播业务对设备稳定性提出更高要求,传统依靠人工巡检的运维方式在适应全天候播出需求方面已变得极为困难,信号中断事件常因设备异常停机而时有发生,自动化监控系统借助了智能传感与远程控制技术为发射台设备健康管理提供了全新解决方案。本文立足于实际工程应用场景,针对发射机功率波动、天馈线阻抗匹配异常等典型问题,构建起一个包含数据感知、智能分析、决策执行的全链路监控体系。重点对老旧设备改造中的接口标准化难题进行探讨,分析电磁干扰影响监测数据保真度的机制,提出基于多协议转换器的数据融合方案。研究成果对降低运维成本、提升应急响应速度有着现实指导价值,为广播行业的智能化转型给予了理论支撑。

2 中波广播发射台自动化监控系统的理论基础

2.1 中波广播发射系统核心组件

中波、短波广播发射台是广播电视信号传输体系中的基础设施,其场地选择需严格遵循国家行业标准《GY5069-2001:中波、短波发射台场地选择标准》。该标准从电磁辐射防护、工程地质条件、交通供电等维度制定了系统性的技术要求,特别强调有效覆盖区域与城市规划的协同关系。中波广播发射台的核心运转依赖于几个精密配合的关键物理系统:发射系统将音频信号转换为可辐射电磁波,其内部精密设计的射频功率放大器负责将微弱的输入信号提升至满足覆盖需求的高功率等级。天馈线系统是能量传输的桥梁,由特定阻抗特性的

馈管和精心设计的发射天线组成,其任务在于将发射机产生的高频电能高效转化为空间电磁波,天线结构的几何尺寸与大地网络的铺设质量直接关联着辐射效率与方向图特性。电源系统持续供给纯净且符合严格电压容差要求的直流或交流电能,大功率整流设备和多级滤波环节的存在有效抑制了电网引入的干扰波动^[1]。冷却装置则针对大功率电子元件持续运转产生的显著热量进行强制性散热管理,无论是强迫风冷系统中高速气流对散热翅片的冲刷带走热量,还是水冷回路中循环冷却液在热交换器内完成的热能转移,其根本目的都在于维持半导体器件处于安全的工作温度区间,保障其性能稳定与使用寿命。

2.2 自动化监控系统的核心功能架构

中波广播发射台自动化监控系统的核心功能架构依托多维度数据采集模块构建底层感知网络,分布在发射机功放单元、天馈线驻波检测点、冷却系统流量计等关键节点的传感器持续捕获电压驻波比、谐波失真度、散热液流速等动态参数,协议转换模块将不同接口标准的模拟量信号转化为统一格式的数字流并上传至中央处理器。状态分析引擎基于预设的射频特征模型对设备运行数据进行模式识别,通过对比正常工况下的波形包络与频谱特性曲线锁定偏离阈值的异常波动。故障预警子系统采用动态基线算法对历史数据开展趋势拟合,结合发射机功率管老化曲线与电容容值衰减规律生成梯度报警策略,当检测到反射功率突增或载波频率漂移时自动触发声光警示并生成事件日志。远程控制单元集成多路继电器与PLC控制器,操作人员可在人机交互界面实时调整音频调制深度、切换备机冗余链路或执行紧急停机指令,所有控制指令需经过权限验证与操作复核后方可生

作者简介: 苏伟(1990年5月1日),男,汉族,内蒙古乌海市人,本科,中级工程师,主要研究方向:广播电视传输发射。

效, 执行结果同步回传至监控日志形成闭环记录。

3 中波广播发射台自动化监控系统应用的关键问题

3.1 多源异构设备数据采集与协议兼容性挑战

不同时期投入运行的发射机、电源单元及冷却装置往往具备各自独特的数据输出特性, 部分服役年限较长的历史遗留设备在设计之初并未预留标准化的远程通信端口, 物理层面缺乏便捷的数据采集通道。众多设备制造商出于技术保护或商业策略考量, 普遍采用自行定义的专属通信规约进行内部状态传输, 这些未经公开或缺乏行业统一规范的私有协议构成了深层的数据互通壁垒, 导致中央监控平台难以直接解析来自不同品牌及型号设备的实时运行参数。这种物理接口的多样性与通信协议的异构性相互叠加, 客观上形成了数据源头的碎片化格局, 使得构建统一、实时的全局设备状态视图面临基础性技术障碍。

3.2 复杂电磁环境下信号传输稳定性保障

高频段大功率发射机运行时产生的强电磁场易与邻近设备形成射频串扰, 多径反射与空间杂波叠加导致载波信号产生相位畸变, 直接影响调制解调器对原始波形的解析精度。数据包在双绞线或光纤介质中传输时可能遭遇脉冲噪声引发的电平突变, 接收端校验算法在识别异常帧时若无法精准区分瞬时干扰与真实故障特征, 将引发误丢弃有效数据或错误接收冗余信息的情况。电磁屏蔽层细微破损或接地环路阻抗失配会加剧共模干扰, 使得传感器采集的电压驻波比参数出现基线漂移, 进而影响天馈线健康状态的判断依据^[2]。

3.3 故障智能诊断的准确性与时效性不足

传感器网络覆盖密度与采样频率的物理限制导致部分潜在故障征兆难以被完整捕捉, 系统可能产生不必要的警报或遗漏关键异常信号。多参数耦合作用下的设备失效模式呈现出高度非线性特征, 单一阈值告警机制难以准确区分真实故障与瞬时扰动, 维护人员时常需要花费额外时间人工甄别告警有效性。更深层次的诊断瓶颈体现在故障根源追溯环节, 当主发射机出现功率异常波动时, 其诱因可能涉及射频驱动单元、稳压电源模块或冷却系统等多个关联子系统, 缺乏跨设备数据关联分析能力的诊断模型往往只能提供表层现象描述, 难以快速定位核心失效部件。

4 中波广播发射台自动化监控系统的应用措施

4.1 分层分布式系统架构设计

传感层部署在发射机房与天馈线塔的关键节点, 基于霍尔效应传感器与数字式温控探头实时捕获功放模块偏置电流、散热器表面温度等核心参数, 数据采集频率

根据设备运行负荷动态调节以避免冗余信息堆积。传输层采用双环网冗余拓扑结构, 主备光纤通道并行传输预处理后的设备状态报文, 环形网络设计使单点线路断裂时仍可通过反向路径维持监控数据流畅通, 报文校验算法在数据包抵达平台层前自动剔除畸变帧并触发重传机制。平台层部署的时序数据库对跨区域多发射台的运行参数进行时间戳对齐与标准化封装, 基于设备生命周期模型建立射频功率管老化曲线、电容容量衰减图谱等特征库, 为应用层提供统一的数据调用接口^[3]。应用层可视化界面整合三维拓扑渲染引擎与历史趋势分析工具, 运维人员可直观查看发射机组的实时负载均衡状态, 自定义报警阈值联动策略, 远程下发参数校准指令时系统自动比对操作权限白名单并生成操作溯源日志, 指令执行结果经传输层反向通道回传至平台层完成闭环验证。

4.2 关键设备状态实时监测与阈值预警

监控系统对发射机输出功率实施毫秒级采样跟踪, 持续比对预设的正常工作区间上下限, 当功率值偏离安全走廊时, 系统会依据偏离幅度自动触发分等级声光警示, 维护团队可立即在控制台调阅该发射机前十分钟的功率变化曲线。反射功率监测模块同步捕捉天线端口的驻波异常波动, 其动态阈值设定机制会参考设备当前负载状态与环境温湿度自动微调报警门限, 一旦检测到可能导致馈管过热或功放模块损坏的危险反射值, 系统将自动降功率保护并标记故障时间戳。针对谐波失真参数, 系统通过高速数据采集卡捕获基波及各次谐波分量, 每五分钟生成频谱分析快照并比对历史基准数据, 当特定频点能量异常增长超过设备耐受阈值时, 诊断引擎会主动标识受影响的频段范围, 提示维护人员重点检查对应频段的带通滤波单元。

4.3 基于专家规则与机器学习的故障诊断模块

诊断引擎持续扫描实时数据流中的异常特征组合, 当检测到发射机输出功率骤降伴随冷却液温度异常上升的模式时, 立即触发预设的专家规则库匹配流程, 检索历史案例中类似特征组合对应的故障解决方案。知识库积累的故障诊断规则源自二十年维护记录, 例如特定谐波畸变频谱叠加电源纹波超标现象, 直接关联到整流器滤波电容老化诊断建议。机器学习模块每周自动执行增量训练, 将新发生的故障样本特征向量与原有决策树模型融合更新, 某次天馈线驻波异常案例中, 模型捕捉到传统规则未覆盖的晨间露水导致阻抗突变特征, 补充了环境湿度权重因子。诊断结果界面优先展示规则库匹配的处置方案, 当出现新型异常模式时, 则突出显示机器学习模型推断的故障概率分布, 维护主管可同时查看两

种诊断依据的详细参数支持清单。系统每月自动整理误报案例,将人工确认的误判数据打包反馈至模型优化队列,逐步减少类似电源瞬态干扰引发的虚警。

4.4 远程控制与自动化运维功能实现

运维人员依据发射机负载波动特性在控制界面预设载波功率阈值范围,系统根据天馈线驻波检测结果自动微调前级放大器的偏置电压,使得射频输出始终匹配天线阻抗变化曲线。开关机序列控制器嵌入标准操作程序库,当执行定时启停任务时,固态继电器组按照预设时序依次接通高压整流器预加热电路、开启冷却水泵循环系统、激活调制器驱动信号,每个环节触发后自动检测接触器反馈信号,任一节点未返回就绪状态即暂停流程并激活故障排查程序^[4]。日志管理系统对设备运行参数、远程操作指令、报警事件进行毫秒级时间戳标记,分类存储于分布式数据库的不同分区,运维团队可按照发射机编号、日期范围、事件类型等维度快速检索历史数据,异常事件日志自动关联同时间段的环境温湿度记录与电网电压波动图谱,为分析设备劣化趋势提供多维度数据支撑。

4.5 多屏联动可视化监控中心建设

控制室大屏左侧区域动态渲染发射台站物理设备连接拓扑图,不同色块与连线实时反映发射机与天馈线系统之间的通断状态,运维人员扫视两秒即可掌握全站设备在线情况。中央主屏幕支持运维人员自由叠加显示三组关键参数趋势曲线,例如将主发射机输出功率、反射功率及机柜温度三条曲线同步绘制于同一时间坐标系,值班工程师拖拽时间轴就能回溯对比今晨设备启动阶段与历史同期的参数差异。当特定设备触发告警条件时,报警管理模块依据预设规则自动判断事件等级,重大故

障采用占屏三分之一的红色弹窗强制显示,同时关联调取该设备周边三台关联设备的实时读数;普通预警则采用底部滚动条形式持续播报五分钟,避免频繁弹窗干扰主要监控任务。弹窗内置智能关联按钮,点击“谐波异常”告警条目时,系统自动在右侧备用屏加载该发射机最近六次谐波测试的频谱对比图,帮助快速确认异常是否属于持续性故障。

结语

中波广播发射台自动化监控系统的实施显著提升了设备运维的精细化管理水平,其采用的分层架构设计对异构设备的数据整合难题实现了有效解决,动态阈值预警机制更是让故障识别准确率达到提升约40%的效果。在现有系统的基础上应强化对设备协议兼容性的优化工作,开发具备自学习能力的诊断模型,以此来适应复杂的工况环境。安全管控方面要重点突破远程控制指令的加密传输技术,对因网络攻击而导致的误操作系统性风险加以防范。这些改进的方向会推动自动化监控系统朝着自主决策阶段不断演进,为构建智慧化广播发射台筑牢相应的技术基础。

参考文献

- [1]王小明.论中波广播发射台的自动化监控系统完善路径[J].西部广播电视,2024,45(05):237-240.
- [2]王建华.自动化监控在中波广播发射台监控系统中的运用[J].数字传媒研究,2023,40(12):63-64.
- [3]乔桂莲.中波广播发射台自动化监控系统的运用研究分析[J].中国传媒科技,2022,(10):132-135.
- [4]李其儒.中波广播发射台自动化监控系统的应用[J].中国高新科技,2023,(12):158-160.