

Design of intelligent operation and maintenance system for urban rail transit substation

Yiping Dai

Chengdu Metro Operation Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610066, China

Abstract

At present, the scale of urban rail transit network construction is expanding. In order to improve production efficiency, building intelligent operation and maintenance system based on equipment online monitoring technology and big data analysis application is becoming the general trend of urban rail transit production mode reform in the future. The subway power supply system is an important core system of rail transit, and the application of information means for online monitoring of key equipment for subway power supply is insufficient. Relying only on the existing power monitoring system, the operation of key equipment cannot be comprehensively and real-time monitored, the key operation data can not be grasped, the hidden trouble of equipment can not be found in time, and the accident can be prevented and dealt with in time at an early stage. There is no unified online monitoring information platform to integrate all kinds of discrete online monitoring equipment resources, and the fault information and emergency assistance capabilities are insufficient. It is urgent to seek new maintenance ideas based on existing automation and information management and rely on new technologies to speed up response efficiency and intelligence. This paper proposes the design of urban rail transit substation intelligent operation and maintenance system based on the current requirements.

Keywords

online monitoring; Informatization; Intelligent operation and maintenance; Rail transit; substation

城市轨道交通变电站智能运维系统设计

代一平

成都地铁运营有限公司, 中国·四川成都 610066

摘要

目前各城市轨道交通网络化建设规模扩大, 为了提高生产作业效率, 基于设备在线监测技术和大数据分析应用, 构建智能运维系统, 正成为今后城市轨道交通生产模式变革的大势所趋。地铁供电系统作为轨道交通重要的核心系统, 地铁供电专业关键设备在线监测信息化手段应用存在不足, 仅依靠现有电力监控系统, 无法全方位实时监测关键设备的运行情况, 掌握关键运行数据, 不能及时发现设备故障隐患, 在早期对事故进行及时预防和处理。没有统一在线监测信息化平台整合分散的各类在线监测设备资源, 故障信息化、应急辅助能力不足, 亟需在既有的自动化、信息化管理基础上, 依托新技术寻求新的维保思路, 加快响应效率和智能化程度, 本文基于现状需求提出城市轨道交通变电站智能运维系统设计。

关键词

在线监测; 信息化; 智能运维; 轨道交通; 变电站

1 引言

随着城市轨道交通网络化建设规模不断扩大, 提高生产作业效率成为关键。基于设备在线监测技术和大数据分析应用构建智能运维系统, 已成为城市轨道交通生产模式变革的必然趋势。当前, 地铁主所、变电所及 110kV 电缆通道日常巡检主要依靠人工, 运维人员需携带手持式巡检设备现场作业。主所每日有人值班巡检, 变电所无人值班则每周巡检, 110kV 电缆通道因保护区施工安全问题实行日巡。由于

变电所数量多、外电路长, 人力投入大, 巡视针对性不足, 难以对重点点位高频次专项巡检。同时, 供电系统电力监控子系统虽能实时监控变电设备部分状态信息, 但部件级核心参数监测不全, 关键部件异常信号未纳入在线监测, 无法实现状态检修和缺陷预警。因此, 结合行业先进技术与变电维保实际需求, 设计城市轨道交通变电站智能运维系统, 推动维保模式向状态修转变, 提升维保管理水平与效益十分必要。

2 设计需求分析

2.1 变电所远程巡检

现有变电所通过电力监控子系统可远程监控主要设备的电压电流、开关位置、运行温度和故障告警等信息, 但缺

【作者简介】代一平(1991-), 男, 中国四川内江人, 本科, 工程师, 从事城市轨道交通高压供电设备运维技术管理研究。

乏可视化功能。像变压器红外成像异常、开关柜表计故障、蓄电池异常等无法通过该系统反馈,故障时仍需人员现场确认设备本体告警信息,远程巡检功能不完善,仍需定期现场巡检。以主所为例,值班员除常规巡视和抄表,还需处理故障录波、电能质量监测等异常信息,部分信息不在电力监控子系统反馈或无法上传,主所无人值守条件尚不具备。

2.2 110kV 电缆通道在线巡检

目前 110kV 电缆通道依靠人工巡视,借助图纸和手机 GPS 定位,精度低,受环境影响难以准确确认电缆位置,未采用电力精准定位技术。已有的分布式光纤测温系统和接地环流系统只能监测电气数据,无法对外部施工或环境异常预警,未运用在线监测技术,风险管控全靠人工。

2.3 重要设备在线监测功能应用

变电所设备虽能通过电力监控子系统监控部分主要设备信息,但监测深度不足以预警设备缺陷和开展状态修复。如 35kV 开关柜,用于识别设备缺陷的 GIS 高压气室局部放电量、断路器分合闸机械特性等数据,设备本体未安装在线监测设备,也未纳入电力监控系统。

3 设计目标

实现在不停电的情况下,实现对关键供电设备状况进行连续、周期性地自动监视检测,及时发现设备故障隐患,在早期对事故进行及时预防和处理。通过在线监测系统分析功能,建立设备之间的运行关系,建立设备与实时运行数据的关联,实现故障的根因分析、应急辅助。

4 系统方案设计

4.1 系统架构

本系统将用于供电设备设施进行信息化管理,系统应由站级在线监测平台和 35kV 开关柜在线监测、110kV 电缆通道监测、变电所远程巡检等子系统组成,站级在线监测平台是各子系统功能统一展示、数据分析存储的核心。关键设备数据经 35kV 开关柜在线监测、110kV 电缆通道监测、变电所远程巡检等子系统数据分析处理后统一接入站级在线监测平台,并整合主所 FAS、BAS、ACS、环境 SF6 监测、杂散监测终端等既有在线监测子系统数据,同步接入站级在线监测平台,实现各子系统功能统一展示、数据分析存储,由站级在线监测平台结合场景模型实现故障预警、业务联动等功能,并统一向设备管理者进行展示及分析、辅助决策。

该系统架构主要由 5 个层次架构组成。基础层为状态本地监测,通过各类传感器实时采集变电站设备的关键运行参数、温度、振动等数据,为状态分析提供原始信息。智能远程巡视利用高清摄像头、巡检机器人等设备,突破空间限制,实现对变电站全方位、无死角的远程查看,及时发现设备外观异常等情况。智能联动管理可根据预设规则,让不同设备和系统间实现协同工作,提高运维效率。智能诊断决策借助大数据分析、人工智能算法,对采集的数据进行深度挖

掘与分析,快速准确地判断设备状态及故障类型,为运维决策提供科学依据。智能故障预测则通过对设备历史数据和运行趋势的分析,提前发现潜在故障隐患,实现主动运维。5 个系统功能层次相互关联、层层递进,共同构建起一个高效、智能的城市轨道交通变电站运维系统,保障变电站的可靠运行。

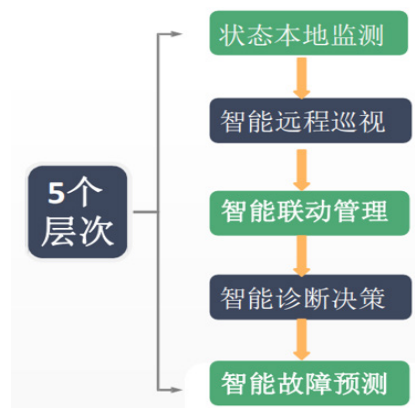


图 1 系统架构

4.2 通讯组网

在牵混所新增 35kV 开关柜在线监测系统集中监控柜(内含 35kV 开关柜在线监测系统监控屏、汇聚交换机等),用于 35kV 开关柜在线设备系统数据采集、数据存储分析。

主所新增 110kV 电缆通道监控屏,主所 110kV 电缆通道在线监测系统通过场段间的生产辅助网实现数据传输,上传至站级在线监测平台。

车辆段运维车间新增集中监控屏(站级在线监测平台),用于放置 35kV 开关柜在线监测服务器、变电所远程巡检系统及站级在线监测平台硬件等设备,用于存储及查看 35kV 开关柜在线监测、110kV 电缆通道监测数据、远程巡检主所设备运行情况等,由站级在线监测平台结合场景模型实现故障预警、业务联动等功能,并统一向设备管理者进行展示及分析、辅助决策。

4.3 子系统方案设计

4.3.1 35kV 开关柜在线监测系统

断路器特性在线监测模块:在每台 35kV 开关柜增加 1 台断路器特性在线监测模块,采集储能回路信号、分闸信号、合闸信号等节点;通过 485 通讯上传至数据采集及处理模块,上传合闸线圈电流平均值、合闸时间、合闸次数、分闸线圈电流平均值、分闸时间、分闸次数、储能电流平均值、储能时间、储能次数等信息。

三工位控制器在线监测模块:采用与 35kV GIS 系统兼容设备,替换原控制器,接入控制回路,通过 485 通讯上传开关位置、分合闸次数等信息。

局部放电在线监测模块:采用与 35kV GIS 系统兼容设备,由耦合电容传感器等组成,可设置报警阈值,根据相图决策维护。

避雷器在线监测模块：在开关进线柜或配电变开关柜增加模块，记录避雷器动作次数和安全电流，计算泄漏电流和容性电流，实现实时监测和故障预报警，通过 modbusTCP 协议通讯上传数据。

SF6 气体在线监测模块：在单台 35kV 开关柜增加模块，替换原密度监测装置，将相关信号输入模块，升级原密度继电器为带远传功能模块，通过 modbusTCP 协议通讯上传数据。

4.3.2 110kV 电缆通道监测系统

电缆通道环境感知系统：在 110kV 电缆通道新增探测光缆，当电缆通道保护区附近有人为破坏行为、工程施工或钻孔时，通过土层或其他媒介传递的振动信号会被传感光缆感知，通过对信号的判别分析，在振动发生的时候及时报警，并且准确定位。

管线电子标识：在电缆线路关键部位安装无源 RFID 电子标识，预输入线路数据，结合 GIS 技术和移动互联网转换为地理图形显示。

4.3.3 变电所远程巡检系统

① 35kV 开关柜可视化。

采用轨道巡检机器人，机器人由合金轨道、机器人、挂载设备等组成，搭载激光避障模块，前端设备可部署球机或者云台，也可部署其他类型的传感器，通过轨道精确定位和滑触线取电，实现 7*24 小时巡检。利用多节升降模块和双自由度云台，针对变电所内大量预标定采样点进行全覆盖检测；结合智能环境监测系统，全方位、大批量获取设备运行状态、环境信息。

② 变压器红外测温。

在主所主变压器室、电抗器及隔离变压器室内采用壁挂式安装红外测温设备，需使用膨胀螺钉将摄像机固定于墙壁。安装位置参数需满足摄像机到变压器的高度、距离等参数要求，在房间内部接线增加走线槽，参照既有走线位置布置，沿着电缆夹层布置。

③ 高清摄像机。

在主所 110kV GIS 室、SVG 室、站用变压器室、接地变压器室、蓄电池室、电缆井及主所围墙内等设备房采用壁挂式高清摄像机，需使用膨胀螺钉将摄像机固定于墙壁。安装位置参数需满足摄像机到供电设备的高度、距离等参数要求，在房间内部接线增加走线槽，参照既有走线位置布置，沿着电缆夹层布置。

4.3.4 主所既有系统在线监测

在主所新增设备机柜，放置接口服务器和交换机，通过接口服务器整合主所及车辆段牵混所既有电力监控系统、杂散监测终端、主所 GIS 房间 SF6 监测数据、主所故障录波、主变绝缘监测、电能质量监测及主所 FAS 等既有在线监测数据，同时新增 ACS、BAS 系统设备监测数据，统一汇聚上传站级在线监测平台。

4.3.5 变电所在线监测组网辅助设备

在车辆段运维车间办公用房新增集中监控屏，放置相关设备，利用既有屏柜空间和墙插座电源。在车辆段牵混所内新增 35kV 开关柜在线监测系统硬件设备，挂墙布置，利用既有设备空间，由交直流屏供电。在主所新增 110kV 系统在线监测辅助监控屏，放置硬件设备，利用主控室预留屏柜空间，由一体化电源供电。

5 结语

本文对轨道交通设备运维需求和痛点进行了深入分析，提出了城市轨道交通变电站智能运维系统设计方案，将用于供电设备设施信息化管理，系统由站级在线监测平台和 35kV 开关柜在线监测、110kV 电缆通道监测、变电所远程巡检等子系统组成，站级在线监测平台是各子系统功能统一展示、数据分析存储的核心。关键设备数据经 35kV 开关柜在线监测、110kV 电缆通道监测、变电所远程巡检等子系统数据分析处理后统一接入站级在线监测平台，并整合主所 FAS、BAS、ACS、环境 SF6 监测、杂散监测终端等既有在线监测子系统数据，同步接入站级在线监测平台，实现各子系统功能统一展示、数据分析存储，由站级在线监测平台结合场景模型实现故障预警、业务联动等功能，并统一向设备管理者进行展示及分析、辅助决策。设计方案已在某地铁投入工程实践。本设计可为推进地铁供电系统设备维保工作高效化、智能化、精细化，切实为一线维保服务，推动维保模式向状态修复转变，最终实现维保管理水平以及效益的提升提供有力借鉴。

参考文献

- [1] 宋毅, 朱伟强, 郭亮, 等. 城市轨道交通供电系统智能运维关键技术研究[J]. 电气化铁道, 2022, 33(4): 43-47.
- [2] 李明, 王军, 张辉. 基于物联网的地铁智能运维系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2021, 38(7): 254-258.
- [3] 赵炯. 基于物联网的 110kV 电缆管井智能监测系统建设与应用[J]. 电力与能源系统学报, 2021, (3): 20-30.