

一种轨道式变电站巡检机器人的研究与应用

介绍了一种针对现有变电站巡检机器人不足、进行改进设计的轨道式巡检机器人。该机器人采用滑线取电方式获取电源,利用交流电力载波通信技术进行信息传输,为运行人员提供变电站场区设备视频和音频监视信息,代替运行人员完成设备倒闸操作前后的实际位置监视,实现了辅助运行人员倒闸操作和日常巡视,具有移动速度快、定位准确、运行可靠和维护简便等特点,可广泛应用于变电站。该机器人在某220 kV智能变电站投运以来,经历了北方严寒气候的考验,大幅提高了运行人员的工作效率和质量。

陈玉波/北京邮电大学电子工程学院

袁秉森/国网吉林省电力有限公司吉林供电公司



陈玉波/工程师

关键词/Keywords

变电站·
巡检机器人·
视频监控·

目前,国内变电站基本实现了无人值班,并逐步向智能化方向发展,变电站设备实现了远程操作。但是设备倒闸操作、巡视等作业仍然需要运行人员到现场查看设备实际运行位置和运行状态,劳动强度大,工作效率低,且存在一定的安全风险。随着信息技术、自动化技术的迅速发展,机器人代替人工完成变电站设备的巡检作业、设备操作监视已成为可能。目前,国内已有多个变电站巡检机器人投入使用,性能上各有所长,本文介绍的轨道式巡检机器人是针对现有机器人的不足,重点完善对变电站设备视频、音频的监视,实现辅助运行人员倒闸操作和巡检作业,并提供设备故障辅助分析与诊断。

现有机器人存在的不足

目前,变电站巡检机器人的行走方式主要是轮式和履带式,存在如下不足。

1) 采用GPS或磁条导航,在不规则的道路上行走速度慢,且定位准确度

低,只能应用于变电站的设备巡视。

2) 采用磁条导航需要专用巡视道路,不仅提高了变电站建设成本,而且磁条被覆盖后机器人容易失去导航,冰雪路面更是难以快速行走,在寒区限制了应用。

3) 两种机器人采用电池供电,频繁充电导致故障率高,不能全天工作,难以实现全站巡视。

4) 视频图像采用无线传输,易受干扰,实时性差,画面质量低。

5) 设计复杂,成本较高。

轨道式机器人的设计

所谓轨道式巡检机器人,其行走方式采用轨道式移动机构,机器人本体利用滑线取电方式获取动力,利用电力载波通信技术实现图像及控制指令传输。突出优点是可实现精确定位、高速运行,进而实现更多功能应用。

某220 kV智能变电站户外全GIS变电站中机器人轨道采用单排铝合金轻轨,移动机构采用跨座式结构。机构前后为对称式结构,分别由驱动轮、支撑轮、转向架和传动机构等构成。跨座机构的前后转向架设计保证了机器人可以在弧度较大的弯道上实现转向。移动机构骑跨在轨道梁上,由行走轮、导向轮、稳定轮、传动机构和固定架构成。行走轮与轨道的上表面接触,在驱动电动机的带动下,支撑移动机构在轨道上行走;导向轮位于轨道的上两侧,引导机构在轨道方向上的平顺行驶,稳定轮位于轨道的下两侧,保持移动机构重心稳定。

这种独特的结构形式保证转向架在弯轨上运行时，导向轮和稳定轮与轨道曲线相切的法向平面和曲线半径一致，使转向架能够平顺地通过各种形状的弯轨，不受弯轨曲线半径的限制。

图1为跨座式单轨道移动机构在弯轨道上的应用情况示意图。当移动机构行驶在直轨道上时，转向架在平衡位置没有位移，导向轮和稳定轮将以有效半径向前滚动；当移动机构行驶在弯轨道上时，转向架发生横向位移（横移、侧滚和摇头），导向轮和稳定轮随之产生偏移，这时单侧或两侧的水平胶轮会受到轨道侧面的径向压力，这种压力将迫使机构回到平衡位置，实现移动机构在轨道各种弯道上的平稳运行。

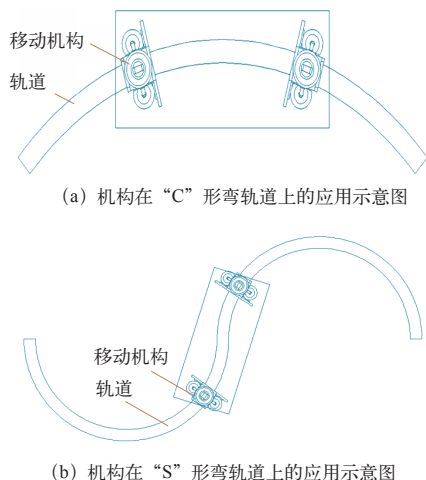


图1 跨座单轨移动机构在轨道上的应用示意图

机器人驱动电动机利用编码器、定位块、行程开关和激光定位等技术，实现在预定位置的准确停车，携带的两自由度摄像机对多点目标进行准确定位、观察，即对指定设备进行整体扫描，针对重点部位拉近观测等。

针对北方特殊环境，机器人本体设计有除尘、除雪、除冰、除霜和红外防撞装置，如图2所示。除尘装置由驱动电动机和除尘毛刷构成，除尘毛刷的连续旋转可使轨道的上表面保持清洁；机器人上的除雪、除冰和除霜装置由热风枪和导热槽组成，可向轨道的上表面进行高温加热，用于除雪、除冰和除霜，保证在冬天恶劣天气环境下也能够顺利工作。

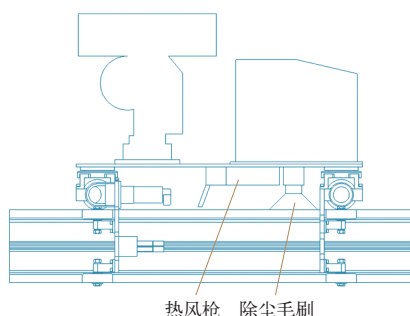


图2 机器人除尘除雪原理

机器人动力电源依靠滑线取电装置供电。在轨道的一侧安装双排滑触线，滑触线内接入220 V交流电，在每个滑触线上搭接一组滑线取电器，如图3所示。滑线取电的方式保证了机器人在移动过程中可以获得连续的电力供应。同时利用交流电力载波通信传输技术，通过滑线取电装置，实现机器人与后台控制系统的控制信息、视频数据双向传输。这种有线数据传输方式保障了信息传输的高度稳定性和可靠性。

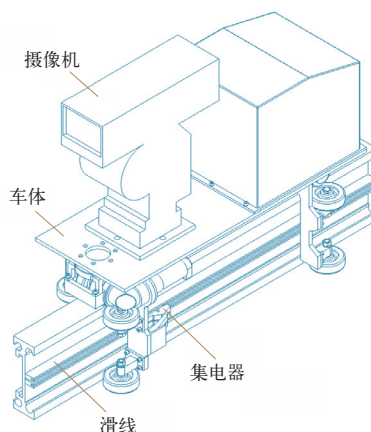


图3 滑线取电装置示意图

机器人操作与控制

机器人控制系统实现手动、自动控制以及就地、远程控制，对设备进行巡视、检查，并将获取的音频、视频图像进行存储、分析。机器人控制系统由控制模块、监督模块、视频监控模块、音频监控模块、数据库模块、电子地图模块和通信模块等组成。手动控制是指利用鼠标、摇杆等控制机器人对设备进行巡视、检查。自动控制是

指机器人自主巡检和根据变电站顺序控制指令自动运行。机器人后台接口模块与变电站控制保护系统相连,机器人可以根据倒闸操作顺序控制指令,自动对即将操作的设备进行监视。远程控制是指该运维中心可以通过MIS网络实现对机器人的远程操控。图4为系统监控界面。

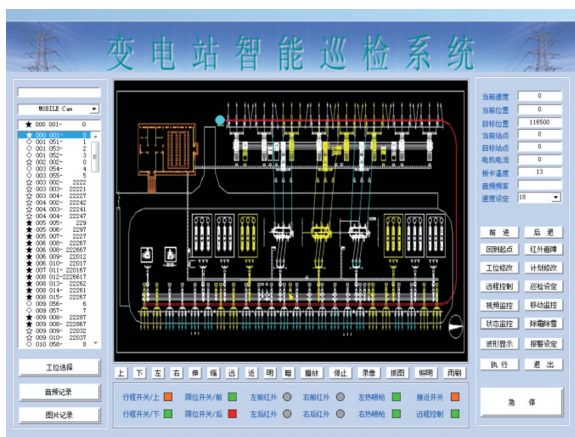


图4 系统监控界面

视频监控模块将摄像机采集的照片数据、报警数据存储在数据库中,以供查询和调用。音频采集分析模块通过音频采集设备采集特定采集点的音频数据,获取音频数据的频率和幅值信息,将其与设备正常工作的声音频率、幅值进行对比。一旦出现异常,进行报警,并将采集数据和报警数据存储在数据库中,以供查询和调用。通过对设备音视频的监视,及时发现电力设备的内外缺陷,并能诊断设备运行中的事故隐患和故障先兆,对设备声音异常、移动目标等自动判断和报警,以便及时采取措施消除事故隐患。图5为移动站云台和视频监控界面。

电子地图模块进行电子地图的绘制和巡检任务点的标识,在电子地图上标识出变电站的平面图和巡检路线图。

系统还具备与其他系统的接口模块,包括与调度自动化系统的接口和与生产MIS系统的接口等。调度自动化系统可以通过其接口获取到变电站设备的实时运行信息,有利于机器人系统对设备的运行状况作出更为合理准确的判断,同时将设备的一些巡检信息及时提供给调度人员,可以



图5 移动站云台和视频监控界面

增加调度人员对运行设备的了解。

机器人辅助运行人员操作功能的实现

在某220 kV变电站真正实现了机器人辅助运行人员操作。

1) 倒闸操作。在运行人员下达操作命令后,机器人根据顺序控制指令,可以迅速、准确地到达被操作设备的相应指定监视位置,对断路器、隔离开关等设备的操作后状态进行视频监视,确认是否操作到位。在一个设备操作完后机器人自动转到下一个操作设备的指定监视位置,避免了人工完成倒闸操作后还需要运行人员实地进行设备运行状态确认。

2) 定时自主巡检。在人为设定好巡检路线、巡检设备后,机器人可以定时自主完成巡视。机器人对巡视设备的油位、气压等信息以照片形式存储在后台,对重点设备声音进行监控,出现异常则进行报警,并将音频、视频信息存储。

3) 单一设备的巡视检查。运行人员可以在控制系统界面上任意选择要检查的设备,机器人将自动以2 m/s的速度迅速到达该设备的准确位置,依据运行人员的操控指令进行检查。图6为巡检机器人应用于某220 kV变电站的现场照片。

该型机器人的优势

与现有运行的其他机器人相比,该变电站巡检机器人具有如下优点。



图6 巡检机器人运行中

1) 移动速度快,其最高运行速度可达2 m/s,定位准确,稳定性好,在顺序控制指令下能自动实现设备操作后实际状态的校核,从而使变电设备倒闸操作真正实现了远方操作。

2) 机器人由后台系统控制,后台系统还可以通过网络由集控站远程控制。根据需要采用自动或手动,对场区设备定时或不定时巡检。具备频率监听功能,对场地异常进行监测;定期将巡视图片存储于当地后台。

3) 采用滑线取电方式,使得机器人可以24 h连续运行,避免了使用电池而带来的重量大、需要定时充电和定期维护保养的问题。

4) 采用了电力载波通信技术进行视频和数据的传输,相比于无线通信传输,提高了通信带宽和数据传输的可靠性,避免了无线传输易受电磁干扰的问题,并简化了接线。

5) 机器人具有除尘、除雪、除冰、除霜和防撞等功能,具备全天候运行能力,尤其适合北方严寒气候环境。

6) 机器人行走轨道采用铝合金轻轨,多段连接,拆卸、安装方便,若轨道妨碍变电站设备检修

作业,一个人就可以完成拆除和安装作业,且变电站建设不必考虑建设专用巡道,节约了成本。

结束语

该巡检机器人现成功应用于某220 kV变电站,每天自动执行两次例行巡检任务,春、秋检期间多次辅助运行人员操作,很好地提高了运行人员的工作效率和质量。曾两次发现主变压器内异常噪声,及时提示了检修维护人员进行处理。运行两年以来经历了严寒、大雪等恶劣气候的考验,性能可靠,未发生任何故障。

实践证明,该轨道式变电站巡检机器人比轮式、履带式机器人更适合在寒冷气候地区工作,可以辅助运行人员操作、自动巡视以及提供辅助故障分析与诊断,大幅提高了变电站设备智能化管理水平,提升了变电一次设备的安全运行水平。

参考文献

- [1] 周立辉,张永生,孙勇,等.智能变电站巡检机器人研制及应用[J].电力系统自动化,2011,35(19):85-88.
- [2] 鲁守银,钱庆林,张斌.变电站设备巡检机器人的研制[J].电力系统自动化,2011,35(19):85-88.
- [3] 张喜平.变电站远程图像监控系统建设经验[J].电力系统自动化,2005,29(16):97-99.
- [4] 李向东,鲁守银,王宏.一种智能巡检机器人的体系结构分析和设计[J].电力系统自动化,2006,30(13):94-98.

(收稿日期:2014-09-24) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告