

用于架空线绝缘子检测巡检机器人控制系统设计

随国民经济发展, 电力系统在促进经济发展中地位日益重要。绝缘子作为电力系统中常用构件, 受空气中污染物等因素影响容易老化, 绝缘子老化给电网安全运行带来重大隐患。采用绝缘子检测巡检机器人进行线路绝缘子故障检测, 可以大大提高绝缘子检测效率, 降低人力投入成本, 提高电网运行时间。针对当前巡检机器人在智能化、检测多样化方面不足, 展开巡检机器人设计, 重点针对巡检机器人模块化设计、控制器结构设计以及层次化软件逻辑设计展开研究, 提出巡检机器人模块化设计结构、多样化接口设计以及功能化数据库智能设计, 并以绝缘子清扫为例, 给出分层软件实现框图。最后, 对设计方案给出总结。

张金宝 韩秋奎/潍坊科技学院



张金宝/副教授

关键词/Keywords

巡检机器人·
绝缘子·
控制系统·
软件逻辑·
层次规划·

目前, 国内高压输电网络基本采用架空线路设计, 绝缘子作为导线与杆塔间的支撑连接部件, 在保证电力系统正常生产、安全运行和可靠供电方面占有极其重要的地位。绝缘子的可靠性和质量直接影响输电线路的运行安全。悬浮在空气中的污移颗粒、尘埃和烟气等污秽长年累月中与绝缘子表面紧密结合, 使得绝缘子劣化, 造成其电气性能及力学性能下降, 对电网安全稳定运行产生严重影响。因此需要定期对绝缘子串进行检测清污。而目前, 绝缘子串的检测清污主要是采用计划停电方式通过人工清理完成, 受人员素质影响较大, 存在漏检情况, 给线路安全运行埋下隐患。

采用绝缘子串检测机器人进行巡检作业, 不仅可以减少因人员疏忽、漏检等带来的损失, 提高电网的运行质量, 而且可以减少供电系统的人员投入, 降低人员成本。本文通过研究当前国内外

绝缘子机器人研究状况, 在其研究基础上, 对其不足进行分析, 提出改进措施, 重点对巡检机器人控制器进行研究设计。

国内外研究现状分析

目前, 国内外常见科研机构针对绝缘子巡检机器人开展大量研究工作, 并成功开发出适应于特定场合绝缘子机器人。图1为用于装置支撑绝缘子检测系统。图2为用于耐张双串绝缘子检测系统。



图1 基于绝缘支撑装置巡检机器人系统



图2 耐张双串绝缘子检测机器人检测系统

上述绝缘子检测系统在特定领域节省大量人力物力, 提高检测质量, 但均存在一些共性不足。如绝缘子检测系统通用性不高; 某些绝缘子检测系统体积过大, 功率消耗大, 智能化程度低; 某些绝缘子检测系统体积及续航能力不足; 绝缘子障碍识别和避障功能不完善等。

针对上述存在的问题,本文综合上述研究不足,充分考虑现场实际运维需求,从绝缘子检测机器人系统构架、控制系统设计和续航能力等方面进行细化研究,提出对应改进措施。重点针对绝缘子智能化程度相关控制系统展开重点研究设计,进一步提高绝缘子检测机器人的通用性、智能性及灵活性。

巡检机器人总体结构设计

为避免电网不必要停运,针对电网带电情况下巡检机器人展开设计。为增加机器人灵活性,对机器人进行模块化结构设计,模块化结构布局如图3所示。该绝缘子检测机器人共包含四大模块,即爬行机构、检测模块、清扫模块以及地面控制系统。按照上述模块化结构设计,整体系统详细构架设计如图4所示。该巡检机器人系统整体包括两大模块:线上模块及地面控制模块。线上模块设计具体包括:绝缘子串爬行机构、绝缘子串电压分布检测系统、绝缘子串清扫机构、绝缘子串温度分布检测系统、环境温湿度检测系统、用于辅助实现上述功能的供电系统、动力系统、与地面控制通信系统及相关抗干扰设计;地面控制模块包括机器人地面控制系统及机器人无线通信系统。

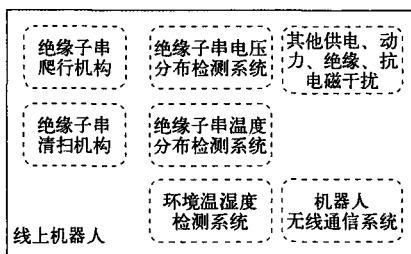


图3 巡检机器人模块化功能布局

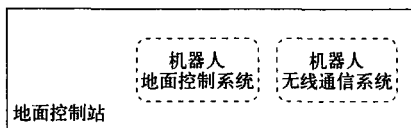


图4 巡检机器人整体构架设计

巡检机器人控制系统功能设计

控制系统是整个机器人的核心,具体实现系

统的功能需求,同时协调整个系统的工作流程。按照功能板块划分,整个控制器由四个部分构成:控制板模块、驱动模块、通信模块以及电源模块。控制模块是机器人核心模块,实现对爬行机构电力控制、检测机构舵机控制、清扫机构电机控制和分布电压采集处理等;驱动模块的功能是接收控制模块下发的电动机控制指令,驱动电动机按相应命令执行并提供足够功率;无线通信模块是地面站系统和机器人之间的数据链路,机器人端通过通信模块将所有的状态上传到地面站进行综合处理,而地面站通过该模块将操作机器人执行相应的动作;电力模块用于实现巡检机器人动力供电及控制板块相关设备供电。本文重点针对其中最重要板卡控制器展开设计。

控制板模块是整个控制系统硬件的骨架,需要运行控制软件且与其他设备的互联通信。在具体控制器选型设计过程中,在充分满足控制板模块可靠性情况下,要求其具有快速数据处理能力及丰富外设接口,同时其功耗和体积在系统设计要求范围内。考虑到本巡检机器人应用场景的相对固定、任务单一,为此采用意法半导体的工业级ARM嵌入式处理器(STM32系列芯片)来完成控制器设计。控制器结构设计如图5所示。

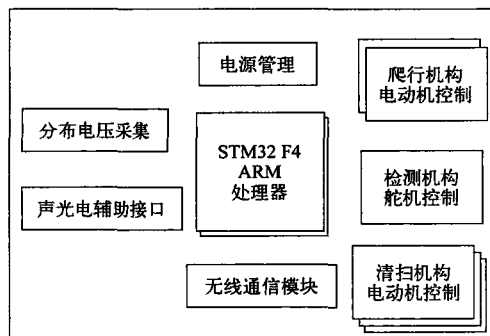


图5 巡检机器人控制器板块设计

巡检机器人软件逻辑设计

绝缘子巡检机器人要实现自主作业,其控制系统需具备能够根据线路的实际情况以及作业任务的要求进行在线作业规划,并控制绝缘子巡检机器人完成相应的作业任务。针对绝缘子巡检机器人工作特点,如作业环境预先可知、线路设

备种类相对固定、绝缘子巡检机器人作业流程及动作序列固定等，在具体实现绝缘子巡检机器人软件设计过程中，对于指定的作业内容，可先进行离线作业实验，在人工参与条件下，进行作业规划，确定作业流程和动作序列，并建立相应的数据库；当绝缘子巡检机器人线上作业时，控制系统执行在线作业规划，利用传感器和外界环境，结合作业要求，自主确定作业内容后，依据一定的规则和算法，从数据库中推理得出与作业内容相对应的作业流程和动作序列，并控制巡检机器人本体执行。作业的规划可根据作业特点，按照四个层级进行划分：线路层、作业管理层、动作管理层和执行层。上述层次关系如图6所示。

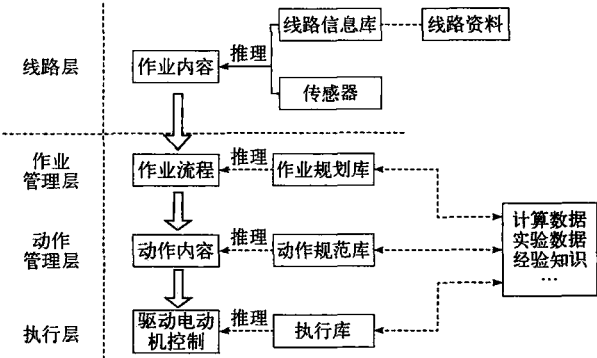


图6 巡检机器人作业层次规划

按照图6作业层次规划，线路层主要功能是依靠线路信息库中的数据和传感器组的信息，决定绝缘子带电检测与清扫一体化机器人在行至线路上相应位置时所应执行的作业内容，给出沿线行进时的作业序列；作业管理层依据线路层给出的各项作业内容，给出巡检机器人具体的作业步骤；动作管理层则根据线路规划层中给出的作业步骤，细化为各个关节的动作，将复杂的运动分解为各个关节的简单运动；最后的执行层则与电动机及其伺服系统的控制直接相关，根据动作规划层细化出的关节动作，寻找相应的关节驱动电动机，设定对应参数，控制电动机的起停，实现关节的运动，执行对应的动作。按照上述规划，各个层次功能分工如图7所示。

按照图7进行线路信息数据库、作业规划数据库、动作规则数据库以及执行数据库设计。在具

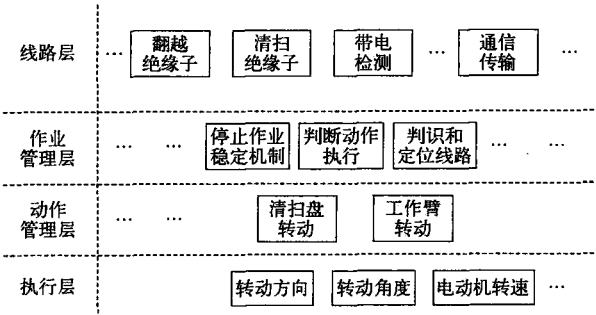


图7 巡检机器人作业层次分工配置

体功能执行过程中，根据作业任务特征，分层进行数据库组合，完成规定任务。图8为清扫绝缘子动作数据库组合逻辑软件实现过程。

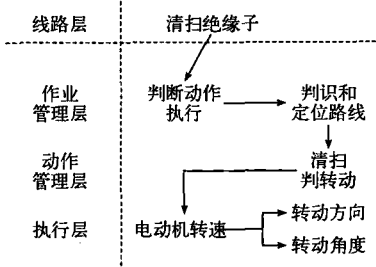


图8 清扫绝缘子作业层次软件实现逻辑

结束语

本文针对线路绝缘子用巡检机器人展开研究设计。通过对国内外巡检机器人研究状况分析，指出当前巡检机器人存在应用相对单一、智能化程度低和续航能力不足等缺点，并针对上述缺点，展开巡检机器人设计。重点针对巡检机器人总体结构设计、控制系统设计以及巡检机器人软件逻辑设计展开分析。采用模块化设计原则完成系统总体结构设计；针对巡检机器人工作特点，进行控制器选型及控制功能多接口设计；对巡检机器人软件设计采用分层次逻辑设计，对各个层级逻辑功能建立功能数据库，具体执行过程中，根据任务特点，各个层级进行智能逻辑组合，完成整个动作执行过程。最后，给出层次化清扫绝缘子软件逻辑实现过程。本文研究成果对提高电网用绝缘子检测效率、提高电网运行时间具有重要意义。

(收稿日期：2015-02-15) EA