

Research on Installation Tools of Bird Repellent Based on Robot Live Working

Shaohui An Xianfei Liu Kai Zhang Tao Li Lipeng Duan

State Grid Tianjin Chengnan Company, Tianjin, 300000, China

Abstract

Bird nesting on 10kV transmission lines not only causes power line failures but also poses risks to the birds themselves. Therefore, bird repelling measures for 10kV overhead lines are particularly crucial. To address the needs of bolt-type bird repeller installation and the promotion of live-line operation robots for distribution networks, this study drew inspiration from rendezvous and docking processes and conical rod-type space rendezvous mechanisms. Through experimental testing and field investigations, a development plan was formulated, resulting in the creation of a robot-based live-line operation tool for installing bird repellents. From 2024 to 2025, the robot successfully completed 90 live-line operations equipped with these repellents. This research not only enables the installation of traditional bolt-type bird repellents on distribution network robots, saving labor while expanding their operational capabilities, but also improves working conditions for live-line operators, enhancing both efficiency and safety standards.

Keywords

robot; live-line work; bird deterrent; installation tool

基于机器人带电作业的驱鸟器安装工具研究

安韶辉 刘现飞 张凯 李涛 段立鹏

国网天津城南公司, 中国·天津 300000

摘要

鸟类在10kV线路筑巢容易引发线路故障,对鸟类本身也有伤害。10kV架空线路驱鸟工作尤为必要。为满足螺栓式驱鸟器安装与配网带电作业机器人推广需求,借鉴了交会对接过程和锥杆式空间交会对接机构,通过试验、调查分析等方法确定了研制方案,实现了基于机器人带电作业的驱鸟器安装工具研制,并在2024年至2025年期间实现了带电作业机器人加装驱鸟器作业90次的作业。该研究实现了配网带电作业机器人安装传统螺栓式驱鸟器,节省人力的同时实现带电作业机器人作业类型的拓展。改善带电作业人员工作条件,提升工作效率和安全水平。

关键词

机器人; 带电作业; 驱鸟器; 安装工具

1 引言

在10kV配电线路中,鸟害易导致配电线路发生故障,而驱鸟器的安装可以有效防止此类现象发生。驱鸟器的传统安装方式为人员登杆装设,采用的是带电作业的绝缘杆作业法。传统方法对作业人员体力消耗极大,风险点较多。

目前,配网带电作业机器人逐步试点应用,作业类型不断拓展,作业内容趋于多样化。相对传统作业项目而言,目前机器人作业项目较少,主要有接引线、断引线、安装接地环、安装故障指示器等,尚未研发出完善的应用配网带电作业机器人带电安装传统螺栓式驱鸟器的工具和方法。

使用现有配网带电作业机器人来安装传统螺栓式驱鸟器显得十分必要。研究机器人作业方式发现,关键是研究出

机器人安装驱鸟器的工具及使用方法,从而实现作业人员不用登杆,甚至不需要高处作业,只需利用控制终端控制作业流程,采取机器人带电作业的方式,便可轻松安装驱鸟器。

2 配网带电作业机器人和驱鸟器

为有效防范和减少线路因鸟类活动引起的故障,确保电网安全稳定运行,供电企业进行了大量的固定式驱鸟器安装,效果显著^[1]。在配电线路中,驱鸟器一般固定在横担上。驱鸟器与横担的固定方式主要有螺栓式、卡口式、磁吸式等。

在现有技术中,机器人主要能够安装磁吸式驱鸟器,而螺栓式驱鸟器以其成本低廉、固定可靠、效果明显等优势仍为配电线路主要使用的驱鸟器^[2]。此研究就是要实现机器人对传统螺栓式驱鸟器的安装,使机器人和驱鸟器更好的发挥各自的作用。

目前的配网带电作业机器人作业方式主要是依靠机械臂取相应工具完成相应任务。要实现机器人安装螺栓式驱鸟

【作者简介】安韶辉(1987-),男,中国河北唐山人,本科,高级工程师,从事主要从事配电带电作业研究。

器,关键是研究出基于机器人带电作业的驱鸟器安装工具及方法。

3 工具研制的总体方案

充分借鉴手动操作式交会对接控制方式,将机器人驱鸟器安装工具以及驱鸟器看作追踪飞行器与目标飞行器,操作人员在遥视系统的辅助下,借鉴锥杆式空间交会对接结构,使安装工具与驱鸟器准确结合,利用动力系统以及遥控系统,将螺栓与螺母拧紧固定,完成驱鸟器的安装。

经过研究,提出总体方案为研制远程操作式的机器人驱鸟器安装工具,将其中遥视系统功能设计为遥视控制部分,将动力系统的功能设计为旋转电机部分与扭矩控制部分,将遥控系统的功能设计为遥控部分,另外借鉴锥杆式空间交会对接结构设计工具的驱鸟器结合部分,同时安装工具还需要与配网带电作业机器人连接,即工具应有与机器人结合部分。所研制的安装工具通过机器人结合部分与配网带电作业机器人连接,在遥视控制部分的辅助下,通过操作工具遥控部分,利用驱鸟器结合部分、扭矩控制部分和旋转电机部分实现驱鸟器的安装。由此得到,总体方案由旋转电机部分、扭矩控制部分、驱鸟器结合部分、机器人结合部分、遥控部分、遥视部分组成^[3]。

4 工具各部分的研究

4.1 旋转电机部分

常见的旋转电机有直流电机和伺服电机。通过调查发现两种电机均满足扭矩输出要求,从轻便性角度设计试验。将直流电机和伺服电机分别通过快换盘安装至配网带电作业机器人机械臂,之后操作机器人机械臂按照程序设置最短路由作业初始位置上升至同一作业位置,测量采用两种电机时机器人机械臂移动时间。每组试验重复5次。

采用直流电机试验用时要明显低于采用伺服电机的时间,二者平均用时分别为7.3s和12.6s,这与伺服电机体积较大,机器人为绕开机械臂需设计更远路径有关。试验结果说明相较于伺服电机,采用直流电机轻便性更好,更有利于高效率作业,同时直流电机重量满足低于1kg的要求^[4]。

4.2 扭矩控制部分

常见的扭矩控制方式有力矩螺栓和力矩调节机构。进行驱鸟器螺栓拧紧试验,将驱鸟器其中一个螺栓拧松到接近极限,测试将螺栓完全拧紧所需要的时间。第一组采用加装力矩螺栓的驱鸟器,使用配套拧断工具进行拧紧,第二组采用普通驱鸟器,使用带有力矩调节机构的电动扳手进行拧紧。每组试验重复5次。试验结果如表1所示。

采用力矩调节机构用时略低于采用力矩螺栓的时间^[5]。说明相较于力矩螺栓,采用力矩调节机构试验用时更短,采用力矩调节机构效率略高,这与该方案无需拧断过程有关。力矩调节机构效率略高于力矩螺栓方案,可适用于多种螺栓规格驱鸟器,集成于驱鸟器安装工具无需对每个驱鸟器进行改装,更适于工具重复作业,因此采用力矩调节机构作为扭

矩控制部分。

表1 力矩调节机构对比试验结果表

序号	采用力矩螺栓试验用时/s	采用力矩调节机构试验用时/s
1	3.4	2.8
2	3.5	2.7
3	3.3	2.8
4	3.4	2.8
5	3.3	2.6
平均	3.4	2.7

4.3 驱鸟器结合部分

机器人安装驱鸟器时,需要与驱鸟器的螺栓和螺母结合,结合部分一般选用套筒,套筒有长短的区别。短套筒为配网带电作业机器人带电接引线作业中用于拧紧线夹的常规套筒,筒深10mm;加长套筒筒深32mm。首先将驱鸟器安装至横担,之后将其中一个螺栓拧松到接近极限(螺纹一侧的头与横担连接槽螺纹口平齐)位置,螺母在不妨碍螺栓拧紧至横担且尽可能接近横担连接槽的位置,之后将带有套筒的配网带电作业机器人带电接引线工具安装至配网带电作业机器人机械臂,操作机器人将驱鸟器螺栓拧紧,测量从套筒第一次对准螺栓到将螺栓拧紧的时间。试验第一组采用加长套筒,试验第二组采用常规套筒,每组试验重复5次。试验结果如图1所示。

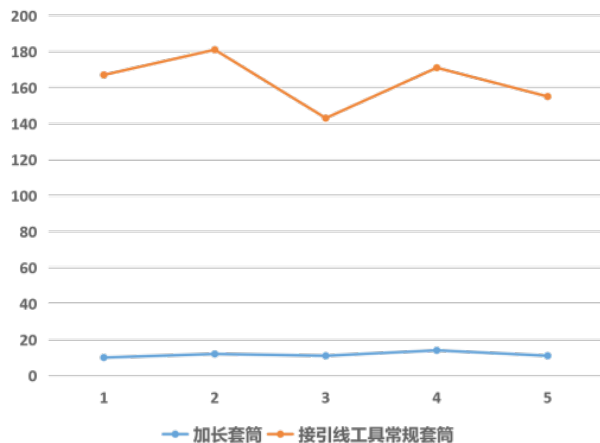


图1 驱鸟器结合部分对比试验结果折线图

采用加长套筒试验用时要明显低于采用常规套筒的时间,二者平均用时分别为11.6s和163.4s。采用加长套筒和接引线工具常规套筒试验用时的标准差分别为1.4s和13.2s,说明相较于常规套筒,采用加长套筒试验用时波动更小,更有利于重复作业^[6]。

采用加长套筒在第一次对准螺栓之后便可以一次将螺栓拧紧,不需要二次对准,而采用常规套筒时,需要多次对准,过程更为繁琐。

4.4 机器人结合部分

研究发现,与机器人结合的方法一般有两种可选,一种为自研快换盘式支架,另一种为机器人接引线工具^[7]。将自

研快换盘式支架和机器人接引线工具分别安装至配网带电作业机器人机械臂,之后操作机器人机械臂分别在高速和低速模式下完成前后、上下、左右移动操作以及前后左右倾斜和旋转操作,记录机器人是否会出现动作保护进而紧急停止。采用两种支架进行同一操作时,移动范围路径均保持一致。

采用自研快换盘支架动作保护概率明显低于采用机器人接引线工具的情况,二者动作保护概率分别为 16.7% 和 41.7%。试验结果说明相较于机器人接引线工具,采用自研快换盘式支架动作保护概率更低,满足要求。

4.5 遥控部分

遥控方式有电源控制型和集成控制型两种可选方案^[7]。电源控制型通过独立遥控端远程控制工具电源通断实现工具电机旋转与停止的控制。集成控制型将遥控控制部分集成到目前机器人的控制平板中。

使用 AI 工具建模进行仿真试验,使用同一 AI 工具,给出统一需求与参数,输入人员数量以及具体情况,将人员电路制作水平与编程水平情况考虑在内。利用 AI 工具分析两种设计思路实现的预计所需阶段与时间。AI 工具采用目前市面上主流的豆包 AI。

采用电源控制型方案实施所需时间为 7 天,考虑到休息日以及其它工作占用时间情况,预计所需时间为 28 天,而采用集成控制型,预计所需时间将达到 124 天以上。因此最终采用所需时间更短且满足要求的电源控制型。

同时,电源控制型可使机器人驱鸟器安装工具兼容多种机器人。

4.6 遥视部分

研究发现,遥视部分可利用机器人本体的基底摄像头^[8],或者为工具单独加装摄像头。利用配网带电作业机器人断引线工具模拟驱鸟器安装工具,将断引线工具安装至配网带电作业机器人机械臂后,操作机器人将机械臂托举工具到达横担附近位置,分别对比机器人基底摄像头以及在机器人断引线工具上加装的摄像头的成像效果,以及能否实现驱鸟器和横担位置情况、工具动作情况、驱鸟器安装情况等的有效观察。测量的遮挡比例为按照体积换算得到。

直接采用机器人基底摄像头无需进行额外摄像头的安装,较简洁,但机器人基底摄像头距离作业位置远且机械臂存在遮挡,无法达到有效的观察效果。单独为工具加装的摄像头距离作业点更近,且可以实现有效的观察效果。

4.7 各部分的最佳组合

通过以上对各个部分的试验、调研、测量分析,研究出最佳组合,即采用直流电机、力矩调节机构、加长套筒、自研快换盘式支架、电源控制遥控,独立摄像头。

5 工具应用效果

在机器人带电作业模式下实现了传统螺栓驱鸟器带电安装,以创新技术加快配网带电作业转型升级,以新型作业模式优化了生产关系,加快了新质生产力培育。鸟害可能引

发火灾或设备损坏,驱鸟器降低此类风险,避免潜在赔偿及法律纠纷。避免了鸟类触电死亡,符合野生动物保护法规,促进了人与自然和谐发展。

6 结语

在 10kV 配电线路中,鸟害易导致配电线路发生故障,而驱鸟器的安装可以有效防止此类现象发生。驱鸟器的传统安装方式为人员登杆装设,采用的是带电作业的绝缘杆作业法。传统方法对作业人员体力消耗极大,风险点较多。

本文研究了基于机器人带电作业的驱鸟器安装工具,借鉴了交会对接过程和锥形杆式空间交会对接机构,实现了工具研发。通过试验、调查分析等方法,确定了以直流电机为旋转电机部分、以力矩调节机构为扭矩控制部分、以加长套筒为驱鸟器结合部分、以快换盘支架为机器人结合部分、以电源控制型为遥控方式、以独立摄像头作遥视部分的最佳组合。

该研究成果,节约了传统安装驱鸟器所需的人力成本,消除了隐患,减少了鸟类引发的配电架空线路故障,避免了鸟类触电死亡,促进了人与自然和谐发展,实现带电作业机器人作业类型的拓展。

参考文献

- [1] 李光茂,杨森,占鹏,等.配网带电作业机器人系统的设计[J].机床与液压,2022,50(09):66-70.
- [2] 刘兆领,张黎明,胡益菲,等.全自主配网带电作业机器人系统设计[J].科学技术创新,2021,(24):3-6.
- [3] 张静,黄国方,刘晓铭,等.配网带电作业机器人精准作业定位方法[J].电网技术,2022,46(02):812-819.
- [4] 鲁佳乐.天津:弘扬工匠精神提升发展质效[J].国家电网,2020,(05):22-23.
- [5] 何仰赞,温增银.电力系统分析[M].武汉:华中科技大学出版社,2002.
- [6] 李帅,张黎明,郭新,等.10kV配网带电作业机器人接引流线专用工具[J].设备管理与维修,2020,(04):106-107.
- [7] 李宇昊,王腾达,吴铭超.配网线路运维中顽固性鸟窝问题消缺方案[J].农村电气化,2024,(10):12-15.
- [8] 钱安.基于物联网的智能驱鸟器设计与应用研究[D].南昌大学,2024.
- [9] 艾健,严浪涛.基于超声波技术的浮标驱鸟器的设计[J].船电技术,2024,44(05):96-100+108.
- [10] 岳晓辉,陈福亮,陈有双,等.驱鸟器带电自动更换器的研制[J].农村电气化,2024,(06):57-60.
- [11] 马帅,冯欣,孔宁,等.空间交会对接机构综述及发展展望[J].火箭推进,2022,48(03):1-15.
- [12] 王亚男,俞敏.神舟飞天天宫探梦——中国载人航天交会对接相关术语解读[J].中国科技术语,2016,18(06):55-58.
- [13] 高宁,司玉琛,唐绍钧.一种新型驱鸟器安装工具设计应用[J].农村电工,2024,32(05):34-35.