

一种光伏智能清洗系统

陈润超 巩秀中

华电电力科学研究院有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5858

[摘要] 本文论述一种光伏组件清洁度智能诊断和清洗系统,实现地面、山地、水上等地形复杂光伏电站的高效、低成本、无损伤清洗。通过智能诊断平台分析光伏方阵的关键电气参数变化情况,精确定位异常位置;搭载红外成像仪无人机对异常区域进行红外扫描成像,并根据扫描结果确定是否进行清洗;智能诊断平台对比分析清洗前后的参数变化,确定是否闭环。且具备优先清洗策略,通过对各参数的对比分析,进行清洗次序排序,避免遮挡严重区域进一步恶化,并保证提升更多的发电量。

[关键词] 光伏组件; 智能诊断; 清洗机器人

中图分类号: TP242 文献标识码: A

A photovoltaic intelligent cleaning system

Runchao Chen Xiuzhong Gong

Huadian Electric Power Research Institute Co., LTD.

[Abstract] This paper discusses an intelligent diagnosis and cleaning system of photovoltaic module cleaning, which realizes the efficient, low cost and no damage cleaning of photovoltaic stations with complex terrain such as ground, mountain and water. Through the intelligent diagnosis platform, analyze the changes of the key electrical parameters and accurately locate the abnormal position; conduct infrared scanning and determine whether to clean according to the scanning results; the intelligent diagnosis platform will compare and analyze the parameter changes before and after cleaning to determine whether the loop is closed. In addition, it has a priority cleaning strategy. Through the comparative analysis of various parameters, the cleaning order is sorted to avoid further deterioration of serious blocking areas and ensure the increase of more power generation.

[Key words] photovoltaic module; intelligent diagnosis; cleaning robot

引言

当前光伏项目建设数量多、规模大、地形复杂(如山地、水面等),光伏组件的清洗难度随之增大;另外,光伏场站“远程集控、少人维护”模式也决定了运维人员的数量极为有限,造成组件的表面灰尘清洗普遍不及时,即使委托外委单位,不仅清洗费用普遍偏高,且清洗的周期和效果也难以保证。

目前,光伏组件表面积灰问题已成为影响光伏电站生产运行重要因素之一,不仅影响散热和发电量,且容易产生热斑效应,对光伏电站的运维质量和安全均会产生不利影响。有研究表明,在相同条件下,清洁的组件与积灰组件相比,发电量提升约3-10%不等(根据污染遮挡程度,中度和重度灰尘约提升10%-15%)。由此可见,组件表面的灰尘清洗工作,虽然普通但非常有效。但对于中大型光伏场站和特殊地形的光伏场站而言,采用人工进行全面清洗的模式基本不可能实现。

当下,很多光伏场站已经应用光伏清洗机器人等产品,可概

括为以下几种类型:①车载移动式清扫机器人。清扫车辆搭载由液动力驱动的多自由度清扫机械臂,采用大型滚刷对组件表面进行清洁,清扫效率高,但设备的体积大、成本高^[1];②小型爬壁式片上清扫机器人。体积小,质量轻,方便搬运携带,可在组件表面自主规划行走路径,实现对表面灰尘的无死角清洁,但清扫效率低,只适用于小型光伏场地^[2];③直列挂壁式清扫机器人。悬挂于组件上端,沿组件边缘行走,每次运行可清扫整排组件,清扫效率较高,但对于多排组件的大型光伏场站,需要每排组件部署一台,部署数量大、利用率低^[3]。

以上产品的使用对场站的地形、安装平整度等要求较高,且一台清洗机器人只能清洗连在一起的组件方阵,且重复清洗,利用率偏低,从而造成使用成本的偏高;且部分产品在清洗工作中,容易对组件造成一定损伤,如隐裂甚至碎板。

1 要解决的技术问题

针对当前光伏清洗机器人产品存在的问题,本文旨在论述

一种光伏组件清洁度智能诊断和清洗系统,实现地面光伏、农光互补、山地光伏、水上光伏、高桩光伏、屋顶光伏等多种地形、多种安装形式光伏场站的高效、低成本、无损伤清洗,使其具有更高的适用性,且通过与智能诊断系统的结合,制定光伏场站不同区域、不同方阵的优先清洗策略,避免遮挡严重区域进一步恶化,并保证提升更多的发电量。即光伏场站亟需一种满足复杂地形、利用率高、成本低、对组件无损伤的清洗机器人,以满足运维中对组件的清洗需求。

2 技术方案

为解决上述问题,本文拟采用如下的技术方案。

“光伏智能诊断平台+红外/搬运无人机+清洗机器人”组成智能诊断和清洗系统:

2.1 光伏智能诊断平台(功能1)

通过分析光伏方阵和组串的电流、电压、功率等电气参数变化情况,报出异常数据,精确定位异常位置;优先清洗策略:除明显的故障和异常外,根据分析结果进行清洗次序排序,如优先清洗遮挡严重的区域、再清洗遮挡一般的区域,一是可以避免遮挡严重区域进一步恶化、形成热斑等;二是可以保证前期发电量的提升更多,以获得更好的经济效益;三是避免对没必要清洗的组串或方阵做无用功,提高设备使用的有效性。

2.2 搭载红外热成像仪的无人机

该无人机搭载红外热成像仪,且具备与清洗机器人的物理连接接口;通过诊断平台报出的清洗策略,自动下达指令给无人机,无人机自动获取场站异常区域的位置,按照场站各区域规划的飞行路线,自动飞行至该区域,首先对异常区域进行红外热成像扫描,若发现存在异物遮挡造成的异常发热,则无人机进行下一步操作,即将便携式光伏清洗机器人搬运至该方阵;若扫描结果显示该区域无异常,则传达该信息至智能诊断平台,以供诊断平台进行进一步的分析工作,无人机自动归位至起始点,处于待机状态。

2.3 便携式光伏清洗机器人

该机器人抛弃常规的轨道形式,采用更加灵活的吸附式,省略了复杂的轨道安装,且不受空间限制;另外,机器人具备与无人机的物理连接接口,可实现与无人机的自动连接和脱离功能;当无人机发现异常发热时,自动执行搬运指令,飞至清洗机器人所在位置,通过专用物理接口与机器人连接,搬运转移至异常区域的组件上,当传感器感知到清洗机器人与组件可靠接触时,专用连接接口自动脱离,机器人执行清洗工作;由于该机器人无需轨道安装,因此适用于单排、双排、多排等多种安装方式的方阵,且方阵之间的运维检修通道之间无需进一步连接,当机器人感知到组件边缘、需要跨越方阵时,无人机飞至机器人上方,再次通过专用物理接口与机器人连接,将机器人搬运跨越至旁边的方阵后自动脱离连接,以便机器人继续清洗工作;该清洗机器人具有一定的越障能力,即使组件之间的安装因地形等原因存在不平整等问题,机器人仍能跨越,若不平整度超过机器人的越障限值,则发送指令给无人机,通过无人机搬运机器人进行组件间

的跨越。因此通过红外无人机与清洗机器人结合的方式,可以实现光伏方阵间及组件间的跨越,以有效适用于复杂地面光伏、山地光伏、水上光伏等多种形式的场站。

2.4 光伏智能诊断平台(功能2)

在清洗机器人完成对异常区域光伏方阵的初步清洗后,智能诊断平台得到清洗完成的反馈,对异常区域的电流、电压、功率等电气参数进行进一步分析,并针对清洗前后的数据进行对比;此时存在以下几种情况:一是通过机器人的清洗,异常区域的各项指标参数恢复正常,此时完成闭环;二是通过清洗,异常区域的各项指标参数没有变化(或仅存在因天气原因的微小变化),则判断清洗无效,即此处异常通过清洗无法有效解决,此时系统进行报警,建议进行人工分析处理;三是通过清洗,异常区域的指标参数有所好转,如电流相对清洗前有较为明显的增加,此时可判断清洗有一定效果,但仍存在部分遮挡,或存在不易清洗的遮挡物,此时则对无人机和清洗机器人再次下达清洗指令,进行进一步清洗;通过智能诊断系统、无人机和清洗机器人的结合,实现对遮挡物较为“顽固”区域的多次清洗,直至异常区域的指标参数恢复正常。另外,第三种情况可能存在以下问题,即通过多次清洗,异常区域的指标参数仍未恢复完全正常,且相对上次清洗后的指标无明显变化,此时可判断该处通过清洗已无法进一步改善恢复,则按第二种情况判断清洗无效,系统进行报警,建议人工处理。

2.5 各设备运行时间的保障措施

由于红外无人机和光伏清洗机器人均为户外作业,为了实现便携性,均采用蓄电池供电,对于其续航时间可以通过以下措施得到保证:

(1) 光伏清洗机器人内置可更换的蓄电池,为保证设备轻量化,以减小组件的受力,电池容量不宜过大,因此在机器人正面设计光伏电池,可实现在有光照时边工作边充电,作为电量的辅助补充;另外,机器人内置无线充电模块,可实现无线充电。

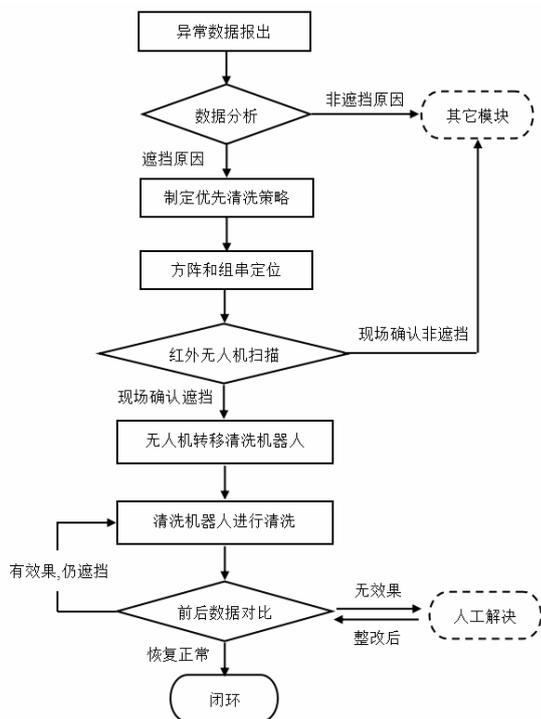
(2) 红外热成像无人机内置可更换蓄电池,正面搭载光伏电池,以实现在有光照时边工作边充电,作为电量的辅助补充,以增加续航时间;另外,无人机内置无线充放电装置,一是可实现无线充电,二是可在搬运机器人过程中对机器人进行无线充电(即无人机进行放电),作为机器人电量的第二辅助补充。

(3) 光伏方阵旁边设置无人机和机器人的停机仓,仓内设置无线充电装置和自动换电池装置,以供无人机和机器人存放、充电和换电等,无人机和机器人不工作时可在此处存放和充电,工作过程中出现电量不足时,则进行自动换电;为保证机器人的续航时间,当其电量低于某一限值时(如低于25%时),无人机自动与其结合对其进行无线充电,此时机器人仍能进行正常清洗工作;若此时无人机电量也不足,则自动返航至停机仓,进行自动换电后,返回至机器人处为其进行无线充电。该充电模式可实现清洗机器人24小时不间断工作。

3 结论

相比于现有光伏清洗机器人及相关技术, 本文所述光伏智能清洗系统的优点主要体现在以下方面:

(1) 本方案将智能诊断平台、红外/搬运无人机和清洗机器人巧妙组成智能诊断和清洗系统, 使得光伏运维更加智能化, 通过参数分析和红外扫描结合, 提高了判断准确性; 采用无人机转移清洗机器人, 灵活轻便, 适用于各种复杂地形。



光伏组件清洁度智能诊断和清洗系统-流程图

(2) 无人机同时搭载红外热成像仪、搬运清洗机器人、无线充/放电、自动换电等功能, 一机多用实现高集成度, 提高了设备利用率, 设备种类的减少也有助于运维成本的降低。

(3) 智能诊断平台中的优先清洗策略有效识别亟需清洗的光伏异常区域, 避免该处遮挡长期存在, 遏制了恶化趋势, 并通过遮挡严重区域的优先治理, 实现了发电量的显著提升, 有助于光伏运维效益最大化。

(4) 清洗机器人采用轻量化、吸附式设计, 无需对光伏支架进行二次改造和搭接等工序, 即可完成对组件的无损清洗, 且机器人内置与无人机、诊断平台连接的智能控制模块, 实现更加智能高效的清洗工作, 避免对光伏正常区域的重复清洗; 机器人内置无线充电模块和自动换电模块, 既可实现充电的便捷, 也可通过快速换电保证设备长时间续航工作; 与无人机的物理连接设计, 则能实现与无人机精准、快捷的连接, 满足跨越光伏方阵和不平整区域的要求, 灵活轻便, 适用于各种复杂地形和安装形式的光伏场站。

[参考文献]

[1] 王建高. 国内首台光伏电站智能无水清洁机器人亮相[N]. 科技日报, 2014-09-12(8).

[2] 于晨. 光伏面板清扫机器人关键技术研究与设计实现[D]. 济南: 山东大学, 2018.

[3] Moshe Meller, Eran Meller. Solar panel cleaning system and method[P]: U.S., 8500918B1, 2013-08-06.

作者简介:

陈润超(1984--), 男, 汉族, 山东济南人, 研究生; 高级工程师; 研究方向: 新能源。