

输电线路智能带电检修关键技术研究

刘文涛

国网襄阳供电公司

摘要: 在输电线路带电检修工作中, 加强智能技术在其中的融合与渗透, 可以在智能设备的支持下有效取代传统手工操作, 从而为人员的检修工作安全开展提供保障。目前输电线路智能带电检修的应用场景相对较多, 如何确保相关技术应用科学性和有效性, 从而保障输电线路的安全可靠运行, 是需要重点研究的一项课题。基于此, 本文主要围绕输电线路智能带电检修关键技术进行分析和探讨。

关键词: 输电线路; 带电检修; 智能关键技术; 应用

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2023.09.114

引言

近年来我国的电网功能逐渐丰富化, 电网形态发生了相应转变, 电网规模和设备容量也在持续性扩张。在电网运行期间, 输电线路所处运行环境通常具有较强复杂性, 容易导致设备材料受到损坏, 增加了输电线路设备运行故障发生概率, 可能会造成电网停电事故。在这种情况下, 输电线路在运行维护方面提出了更为严格的要求。而定期检修主要指对输电线路运行状态的检修, 从而及时发现相关设备及组件故障并采取维修措施, 为电力设备的稳定可靠运行提供保障。带电检修是近年来一种比较流行的输电线路检修形式, 可以在保障电网运行安全性和经济性方面发挥显著作用, 现阶段智能技术在输电线路带电检修工作中的应用越来越广泛, 围绕这一方面的关键技术进行深入探索具有重要意义。

一、输电线路智能带电检修重要性

目前输电线路智能带电检修形式的应用比较常见, 该检修方法应用重要性主要体现为以下:

(1) 传统输电线路检修方式在实践中的应用存在一定局限性, 需要在检修工作中投入较多运行成本, 并且检修效率相对较低, 难以有效满足当前电网运行维护工作开展需求。而智能带电检修技术深入融合了现代化先进智能技术, 在实际开展输电线路检修工作时, 可以实现对输电线路运行状态的动态化监控, 在确保故障检测准确性的同时, 大幅提高了检修效率, 帮助及时发现和处理设备故障, 从而显著节约人工检修所花费成本及投入时间。

(2) 智能带电检修技术在输电线路检修工作中的融入, 能够为输电线路运行稳定性及可靠性提供保障。在智能设备的支持下, 可以准确确认故障及隐患, 规避由于设备突发故障所造成的停电事故, 从整体上提高了输电线路运行水平。

(3) 智能带电技术能够有效改善电网应急响应能力。在电网突然出现故障或受到自然灾害破坏时, 智能带电能够实现故障的精准、高效定位, 从而获取全面

的故障信息, 为抢修人员工作开展提供可靠依据, 大幅节约了电网故障维修时间, 显著优化了电网应急响应能力。

二、输电线路带电检修工作开展需求分析

(一) 架空线路运行和检修需求

架空线路作为电网的重要组成部分, 其主要暴露在大气环境中运行, 因此要求导线、绝缘子及杆塔的机械强度能够满足实际要求, 并确保其电气强度足够, 防止其由于洪水、雷电及大风等自然灾害影响而引发停电事故。在实际开展架空线路带电检修工作时, 主要内容包包括测量安全距离、检修杆塔和拉线并进行相应调整、架空线路的覆冰和飘挂物清理、螺栓逐一紧固等。另外, 检修人员在实践工作中还应重视对绝缘子的调整, 在必要情况下需要进行更换。

(二) 电力电缆运行和检修需求

和架空线路进行对比, 电力电缆的用途、运行环境等与其之间存在较大差异。目前电力电缆在城市地下电网、工矿企业供电等方面的应用比较广泛, 在使用期间其通常会埋设于水底, 因此不具有良好的散热条件, 在电力电缆运行期间, 对其所开展的状态检查工作存在较大难度。电力电缆运行的影响因素主要包括外力因素和内部因素, 其中外力因素涉及了生产质量、外力破坏等, 而内力因素包括自身温度过高、应力分布不均等, 这些因素都会增加电力电缆故障概率, 一般表现为漏油故障、断裂故障、短路故障等。在实际开展电力电缆检修工作时, 检修人员需判断电力电缆外观是否破损、密封性是否良好、评估电力电缆接地状态、检验绝缘电阻数值等。

(三) GIL运行和检修需求

GIL主要应用的是具有良好密封性的金属管道结构, 对其开展的敷设工作具有紧凑性特点, 目前被广泛应用于高落差电水厂、连接穿山线路等方面。其敷设所应用方式相应较多, 需根据实际情况合理选择地面摆放、支架支撑、地埋等方式。由于气压突变、过电压等

因素的影响,会增加GIL锈蚀问题发展概率,并且容易导致其部件发生变形、受到机械损伤、封闭性明显降低等。针对GIL开展的带电检修工作,相关检修人员需要做好其受力情况检查,在发现GIL外壳和防腐系统受损时及时采用相应修复措施,做好温度和局部放电检测工作,对GIL外壳封闭性进行检测等。

三、输电线路智能带电检修关键技术实践应用

(一) 取能技术应用

在智能带电检修装备运行过程中,通过为装备提供持续性与可靠性的动力,可以实现智能装备的长时间和大范围检修。为实现该目标,需确保装备能量获取的便捷性,并保障能量转化效率。同时,对蓄能元件的容量、体积及重点等方面也提出了严格要求。

输电线路检修工作中对于智能带电检修装备的使用,早期主要将燃油作为动力源,从而实现能量的供应,在智能装备荷载方面有着特殊的要求,需做好定期补充工作,同时燃油的使用也会一定程度增加智能装备的剧烈碰撞风险,在严重情况下还会引发爆炸事故。通过使用蓄电池进行动力源供应,能够明显减小智能检修装备体积及重量,然而因为电池容量和使用寿命有限等因素影响,对这种动力源的使用还需要搭配人工方式,从而定期进行电池充电及电池更换。而光电池的使用无须专门进行人工充电,其可以在野外环境中进行取能,并且对其实施的拆装维护操作比较方便快捷。但该动力源的使用容易受到实际光照条件、装备荷载量等多方面因素的影响和限制,所以如果单一选用光电池进行智能检修装备供能不具有较强可行性。而充电电站的使用,有效突破了电池给智能检修装备造成的限制,在实践中,仅需将智能带电检修装置转移到充电座并完成对接后,便可以实现自主取能,然而该方法在充分发挥优势的同时,同样存在一定缺陷,即其同样增加了装备在带电检修时的无效路径。近年来我国智能技术发展态势良好,在线取能技术得到开发及应用,在该技术支持下,能够持续性和稳定性向智能带电检修设备进行动力供给。目前该技术在实际中的应用体现为机器人直接在裸导体表面完成取能,这种方法的局限性表现为效率低、电能质量较差等。为有效优化这种方式,可以对能量传输形式进行调整,或专门构建相应保护电路。为使能量得到充分利用,依靠智能带电检修装备动力系统,可以发挥其能量监管功能,实现能耗的科学性分配。

(二) 控制技术应用

智能带电检修装备在输电线路检修工作中的应用,应确保相关控制工作的可靠性及有效性,从而使装备在实践中可以做出正确动作。该装备在实际使用过程中,主要依靠的是相关机械执行机构所形成的动作组

合。为对装备进行有效控制,需要根据实际环境、具体检修对象等情况,并结合相关指令和要求对电机各项参数进行灵活性调整,该参数主要包括转速、电流及输出功率等,通过调整和优化确保实到到位姿和指令位姿充分相符。现阶段需要检修的输电线路类型多种多样,为确保检修工作整体效果,要求智能装备的运动和控制符合以下几方面要求:(1)智能带电检修装备在处于高空环境中,应能够保持平稳和自主运动,并且自动化控制安全距离,在遇到障碍的情况下自动进行避越,防止出现任何的打滑、误触及掉落等情况。(2)智能带电检修装备在管廊及隧道等环境下,可以通过智能控制避免受到剧烈撞击,在通过狭小空间时可以保持灵活性。

(3)智能检修装备在处于水下环境时应拥有足够的水压抵抗能力,并且可以自行克服黏滞阻力。

将目前的动力学和运动学模型作为依据,明确了装备运动与输入力、驱动单元运动等多种要素存在关系。从实际来看,智能带电检修装备并不属于一个完整约束的多刚体系统,围绕其开展动力学和运动学建模过程中,需结合输电线路各方面情况进行统筹考虑,包括设备结构、柔性及阻尼特性等,在此过程中同样应明确其与这智能带电检修装备相关部件之间所存在的耦合动力学关系,在此基础上完成关节电机布局,确保布局的科学性与合理性。

(三) 传感技术应用

在智能带电检修装备运行过程中,确保其能够对内部和环境态势进行精准性感知及判断,才有助于为装备动作及导航的准确性奠定基础。装备在传感器支持下,可以高效收集内部和外部相关状态信息,并且可以对这部分信息进行及时性转换,从而在检修场景变化情况下,仍可以保持自身运行的适应性。传感技术在输电线路智能带电检修进程中的应用主要体现在以下几方面:

(1)内部传感器的作用主要表现在装备运动状态的监测方面,全面收集装备运动过程中的相关信息,这一类内部传感器主要包括限位传感器、陀螺仪、应力计及加速度计等,从而分别收集智能带电检修装备各位置、各角度的相关信息。在完成各项信息收集基础上,装备便可以将这一部分信息作为依据,对输出进行灵活性调整。(2)外部状态传感器同样是传感器应用的一种重要类型,其主要可以对输电线路设备和运行环境状态开展测量工作,在这一过程中,智能带电检修装备能够将实际的缺陷特征表现作为依据,形成合理适宜的带电检修方案。而传感技术在带电输电线路设备状态感知及监测方面的应用,所应用方法主要包括红外传感技术、紫外传感技术等。如果实际中输电线路设备温度出现异常,在开展检测工作时便可以加强红外传感器的使用,

在该技术支持下可以获取设备局部温度或表面温度场分布等信息,对这些信息进行综合性分析,便可以明确缺陷严重程度和缺陷具体所在位置。而紫外传感器在使用过程中,其主要依靠紫外脉冲计数和分析设备的表面紫外光子,以此来实现对缺陷和缺陷分布具体情况的精准性识别。另外,边缘电场传感器同样是传感技术应用的一种重要体现,在使用期间,其两端电极处在同侧,依靠边缘电场可以获取绝缘薄膜的厚度信息。这种传感技术在使用过程中不需要专门将设备放置于极板中,目前其在电缆介电参数的异常检测方面应用比较广泛,通过采用这种方式可以准确判断出电缆绝缘层老化情况,从而为检修人员后续工作的开展提供参考。(3)对于输电线路设备所受到的内部损伤,一般会加强无损探伤技术应用,该技术主要依靠的是材料缺陷所造成设备热、声、光等变化,将这些物理量情况作为依据,可以准确检测试件内部性质、尺寸及数量等参数的异常。现阶段射线与超声检测是两种应用比较常见的无损探伤手段,其中前者依靠的是穿透射线强度,而后的依据是反射声波的幅值及频率等多种参数,从而可以更加可靠地判断输电设备内部的缺陷情况。

(四) 导航技术应用

导航技术应用的主要依据是传感信息,并结合相应的定位及地图,从而使智能带电检修装备在运行过程中可以自行选择相应运动方向,并能够自主通行区域。导航会对装备的实际运行效果产生直接性影响,确保智能带电检修装备可以及时到达目标位置,目前导航技术在智能带电检修装备中的应用主要包括局部导航技术与全局导航技术。

其中,局部导航技术在应用过程中,主要基于环境信息未知情况,将装备和参考点两者存在的信息差作为依据,以此来确认智能带电检修装备运行路径。而全局导航技术通常会应用于环境信息已知条件,其主要将卫星遥感地图作为依据,对装备的长距离运行路径进行科学性规划。

所以从总体上来看,导航技术属于实现智能带电检修装备自主巡检方面的一种技术,近年来该技术发展态势良好,促使智能带电检修装备的导航方面迎来了新的发展机遇,提供了有效的工具支持。伴随着智能带电检修装备的不断发展,将会不断尝试局部导航技术和全局导航技术的有机结合。

(五) 防护技术应用

智能带电检修装备如果处于特殊环境中运行,比如高电压、强电磁环境等,有可能会造成电场畸变,在严重情况下还会引发局部放电,这将对实际的带电检修工作开展产生不良影响,同时也会输电线路的稳定可靠

运行造成限制。在这种情况下,为保障智能带电检修装备在特殊运行环境中的适应性,应注重强化智能带电检修装备的耐受性能,从而对高电压与强电流拥有足够的抵抗能力,目前针对这一方面的优化通常会采用装备绝缘和电磁防护两种手段。在实践中,装备绝缘处理工作开展应将输电线路实际的运行电压等级情况作为依据,确保相关机体结构及材料使用的科学性与合理性,在此过程中还应做好智能装备运行轨迹的科学性规划,从整体上改善进出等电位方式。在开展电磁防护工作时,应将输电线路的具体电流及类型信息作为依据,从而选择合理适宜的屏蔽和滤波方式。

在开展装备设计工作时,绝缘设计和电磁防护设计同样是其中的关键性内容,这一方面工作开展除包含了安全参数的测算外,相关工作人员还需要注意做好防护硬件的加装操作。其中在进行安全参数测算过程中,应确保安全距离校核的精准性。通过落实智能带电检修工作,需要确保在检修结束后可以充分符合输电线路安全距离方面的要求及标准,并需要注意作业空间的预留,确保其所产生动作不会导致出现组合间隙放电情况。除此之外,防护技术同样包括了对防护硬件的使用,目前应用比较常见的防护硬件形式包括机械防护、屏蔽及绝缘等,从而为智能带电检修工作全过程安全性提供保障。

结束语

总而言之,虽然目前智能带电检修装备在输电线路检修工作中的应用比较常见,但装备的智能化程度仍有较大的提升空间。所以,伴随着未来智能带电检修技术的发展,应对其机械化进程的加快给予高度重视,同时依靠以往的人工带电维护经验,持续性优化智能带电检修装备的功能及性能,进一步提高输电线路的智能带电检修技术应用水平。

参考文献

- [1] 郝艳捧,梁苇,潘锐健,等.输电线路智能带电检修关键技术研究综述[J].电力自动化设备,2022,42(2):13.
- [2] 张孝祖,景韵,旭梅,耕宁,赵宇.输电线路高压带电检修的安全防护研究[J].电器工业,2022(9):58-60.
- [3] 刘肖.输电线路状态检修技术分析[J].中外交流,2017(49):21.
- [4] 冯江.200kV高压输电线路带电检修的技术分析[J].通讯世界,2022(002):029.
- [5] 任昭宇.35kV输电线路运行检修关键技术分析与探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(12):3.
- [6] 周东瑞.输电线路高压带电检修的安全防护研究[J].中国科技纵横,2023(8):93-95.