

特高压换流站电容器专用更换平台开发应用

周盛玮,陈 政,熊 云,顾工川,喻小勇

(国网江西电力有限公司超高压分公司,江西 南昌 330000)

摘 要:随着特高压电网的快速发展,交直流滤波器在电力系统中的应用越来越广泛,其单体电容器的更换频率也逐渐增加。文中针对特高压换流站交直流滤波器单体电容器更换工作进行统计分析,依托现场单体电容器工作中常见的更换工序,设计了一种单体电容器专用更换平台装置。该装置采用电动液压和机械吊臂组合的方式,操作人员通过遥控器控制吊臂的升降及旋转运动方向,实现了单体电容器高效、便捷更换,有效提高了单体电容器更换的工作效率,降低了作业风险。

关键词:电力电容器;液压控制;机械吊臂

中图分类号:TM 53 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)01-0049-03

0 引言

特高压换流站交直流滤波器作为重要的无功补偿及滤波设备,其运行状况直接影响到特高压换流站的稳定运行^[1]。以某±800 kV换流站为例,站内包括直流滤波器电容器塔与交流滤波器电容器塔,直流滤波器电容器塔层高约20 m,共计24层电容器塔,双极单体电容器共计768个;交流滤波器电容器塔层高约10 m,层数在7~9层之间,单体电容器合计2万余个,单体电容器单个重量约85 kg,自投运以来更换故障单体电容器合计60余个^[2]。

单体电容器布置在高空且空间狭小,目前主要采取“人工搬运+检修平台吊车”的更换方式^[3]。采用传统更换电容器的方式,主要存在耗时长、风险高、工序繁杂等问题,如:1) 小组单体电容器更换拆卸及安装用时较长,且更换同一层不同编号的电容器时,需频繁挪动车辆,造成更换多台单体电容器用时长^[4];2) 高空作业时需多人配合,存在人员磕碰、砸伤等风险^[5];3) 电容器的拆装空间小、平台车挪动慢、检修施工人员体力消耗极大等,影响施工进度^[6]。

针对电容器传统更换方式存在的问题,为缩短电

容器更换时间、降低高空作业安全风险,文中介绍了一种交直流滤波器单体电容器更换专用电动平台,通过电动液压升降机构,利用吊装工具的平衡性,在有限的空间内实现电容器拆装工作,减少更换单体电容器所耗时间,降低人身安全风险。

1 装置总体方案

交直流滤波器电容器塔是通过层层叠装的形式,将单体电容器放置电容器塔架上,滤波器单体电容器布置方式如图1所示。



图1 滤波器电容器现场布置方式

本方案主要由专用机械吊臂和升降平台配合进行电容器的安装。首先,根据需更换的电容器位置将

收稿日期:2024-09-20

作者简介:周盛玮(1992),男,大学本科,工程师,现从事特高压直流运检技术工作。

升降平台移动至合适位置;其次,拆除电容器与构架的固定件;最后,将升降平台升至合适高度,使用专用机械吊臂,通过上下、前后、左右六个维度的调整,进行电容器的拆装。

根据实际的现场情况及安装操作流程,确定本研究专用平台的系统结构,如图2所示。

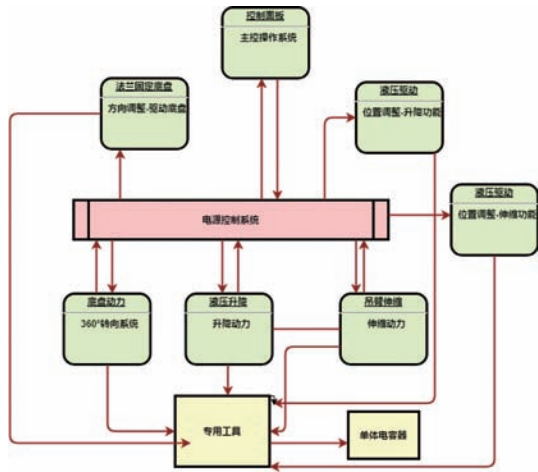


图2 单体电容器专用平台结构

该装置采取电动驱动结构,具备液压升降及液压伸缩机构设计,便于实际工作时调整方向及位置。吊臂采用“工”字型钢,具备一定的抗弯折强度;吊臂全重约70 kg,主要由驱动电机、液压系统、吊臂、吊钩、专用工具5部分组成,通过底座上9颗可拆卸M10螺栓与法兰底座固定连接;底盘主体由不锈钢材质组成,具备轻量化、结构强度高的优点。吊臂内部采用中空结构,侧壁为电力控制系统、主体具备升降动力系统、动力转向及伸缩系统。

2 结构设计

2.1 工作机构

特高压换流站交直流滤波器单体电容器更换的工作环境主要在高空,可移动基础平台主要在站内水泥道路、碎石道路等环境中,基于高空作业的实际工作需求,有自升式、剪叉式等工作机构,以满足高空进行单体电容器更换作业的需求。

1) 使用了一种自升式手动葫芦升降装置,吊装辅助工具上下均设有调节螺帽,可以固定拧紧,并设有减力手摇葫芦,能有效减轻提拉重量,将电容器平稳提升到所需位置,单人也能完成吊装,有效节约人

力,减轻工作负担。弊端是需要施工人员长时间高空作业,安全隐患大。

2) 采用液压作为动力的剪叉式升降机。该剪叉式液压升降机由工作台、机械剪叉臂、底部平台、液压缸、液压泵组成。工作台由强度较高质量较轻的铝合金材料构成,四周设有栏杆;其下部由剪叉臂支承,升降装置由剪叉臂构成;剪叉臂分为内外两部分,每组剪叉臂中部由螺栓连接,端部与下一组剪叉臂铰接,提升高度由所有剪叉臂共同实现。弊端是电容器的安装空间受限,不能长距离使用,需要作业车紧靠电容器台架,车频繁移动配合完成。

3) 使用了一种将电动液压作为动力的升降及旋转机构,该升降机由工作台、底部法兰固定、液压缸、液压泵组成,可实现360°的旋转、伸缩及升降功能,且能固定到高空作业车上,能够有效地辅助检修人员进行电容器的更换,工作效率更高。

综合对比,使用电动液压作为动力机构,能够更好地实现机械吊臂各个方向的调整,在一定承重情况下操控性更佳。

2.2 驱动机构

驱动系统是为装置提供动力的主要部件,其优劣直接影响到单体电容器更换的效率和稳定性。

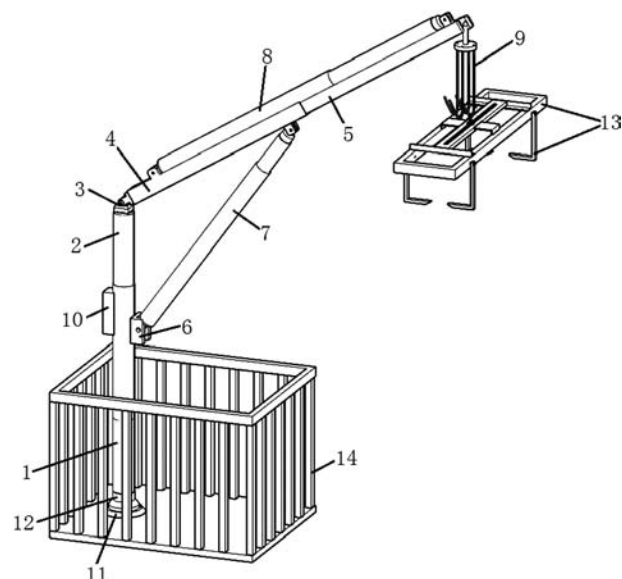
吊装专用工具的动力系统主要有人工液压、手动葫芦和电动液压控制,三种动力方式各有优劣,人工液压动力系统动力强,体积小,调速便捷,但液压系统高空作业受限,不能大范围的完成工作,受环境影响较大,效率低;葫芦吊装机构成本较低,动作灵活可靠,但驱动力偏小,在吊装重量大的物体时,控制力弱;电动液压控制不仅能精确控制装置的工作,还能更好的提升电动驱动系统控制精度及输出扭矩。

综合对比三种动力方式,单体电容器专用更换平台采用电动液压一体式设计的驱动方式。电动驱动方式具有动力稳定、传动效率高、体积小等特点,液压驱动能更好实现吊装的升降、伸缩及旋转功能,适合高空完成电容器的拆装及更换。

2.3 操作机构

在工作时,通过电动控制吊臂的升降、前后的方向,将夹具放到电容器安放位置,然后用绑带将电容器固定到夹具上,调整方向后,使液压前臂及高度达到合适位置,确认起吊前的工作状态正常,再启动吊臂,按

照安装路线进行操作,步骤完成后,吊臂复位,发现异常时,立即停止作业。装置整体结构如图3所示。



1-支撑杆;2-液压升降杆;3-连接头;4-活动杆;5-伸缩杆;
6-连接槽板;7-垂直液压推杆;8-水平液压推杆;9-外侧端头的挂钩;10-液压泵;11-法兰盘;12-可选择底座;13-夹具;
14-辅助安装工具基础平台。

图3 机械装置结构图

起吊后,严格按照控制方向,进行旋转及升降,完成单体电容器更换后,按照原安装路线相反过程操作。该起吊方式在高空作业时,能在有限的空间结构中进行,保障了作业及人员安全,提高了工作效率。

3 控制平台系统设计与原理

控制系统主要由遥控控制器、升降液压控制单元、伸缩液压控制单元及电机驱动器等构成。转向电机驱动器、动力电机驱动器及伺服电机分别为独立系统,不同的液压控制单元对应独立的液压控制系统,确保液压的控制精度及稳定性;每个液压控制器单元可通过检验独立的液压单元的工作信号,确保每个控制单元精准、可靠。在控制平台系统中,每个控制器都是以单片机为核心,叠加小电路等构成的一套专用控制模块,可实现完整独立的数据采集、计算、存储、控制,确保各结构单元的协同工作精度和稳定性。

控制流程指令如图4所示,主控面板发送升降、

前进、旋转等操控指令,遥控模块收到指令后进行数据处理,实现对电容器专用检修平台的操控。

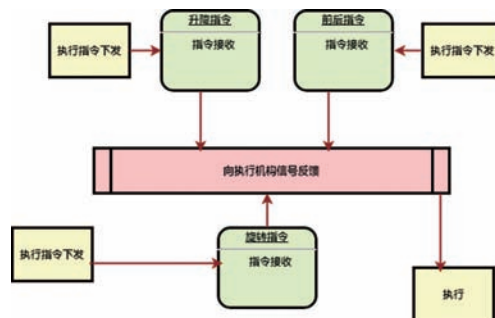


图4 指令执行流程图

4 电容器更换专用检修平台应用

电容器更换专用检修平台由吊具、机械臂、液压驱动单元、控制系统、电源控制系统等组成,平台车能够实现各个设备场地的转移使用,能够对不同高度的单体电容器进行更换作业,机械臂抓取重物后,能够实现待更换电容器在构架上前、后、上、下、左、右六个方位调整,也能进行360°的旋转,实现了电容器高效更换、检修维护。根据实际需求开发的检修平台如图5所示。



图5 电容器专用更换平台

经现场测试,使用电容器更换专用平台车进行单体电容器的更换,相比传统更换方式,单台更换时间缩短至30 min,单台电容器更换用时对比如表1所示。

表1 单台电容器更换时间对比表

工作内容	min	
	原用时	现用时
准备工作	8	5
拆卸	60	10
安装	60	10
恢复接头	5	5

(下转第69页)

能源场站具备国家和行业标准的装机容量 10% 的一次调频能力,提高新能源接入电网承载能力,保障系统安全稳定运行,为新能源增加电量时移调节能力。独立共享储能电站接入点应在新能源场站公共并网点或有多个新能源场站接入的公共汇集点,单个项目规模可在 3~15 万 kW、充放电时长 2 h。

2) 负荷中心地区

在峰谷差大、输电走廊和站址资源紧张、负载率高但尖峰负荷短的负荷中心地区合理布局独立储能电站,作为辅助调峰电源,缓解用电高峰时段系统供电压力,并兼顾提高设备利用率、辅助电力系统调频、延缓输配电设备扩容等作用。独立储能电站单点接入容量宜在 5~10 万 kW、充放电时长 2~4 h,优先考虑以 110 kV 及以下电压等级接入电网。

在受端电网、直流落点近区合理布局独立储能电站,用于支撑电力系统频率、电压稳定,提高电网安全稳定水平。独立储能电站单点接入容量宜在 10 万 kW 左右、充放电时长 1 h,优先考虑以 220 kV 电压等级接入电网。

(上接第 51 页)

5 结语

针对特高压换流站交直流滤波器单体电容器更换过程中存在的问题和不足,研制了单体电容器专用更换平台,在实际的应用过程中,有效减少了人力成本,降低了高空作业的安全风险,在狭窄的单体电容器安装空间内,快速完成安装,提高了安装效率,提升了高空作业的安全管理水平。在平台未来的优化工作中,还需要进行两方面的研究:

1) 单体电容器专用工具的优化。随着电力及网络通讯的发展,可在专用工具的夹锁功能上进行完善,采用电动智能化开合式等方式,通过远程电动控制,实现夹锁工具开合,进一步提高现场安装效率。需要进一步探索基于 5 G 网络控制夹锁完成单体电容器的移动、拆放等功能。

2) 探索可视化监测等智能化功能。在专用工具

4 结语

文中从独立储能电站建设规划布局方面,引导社会投资主体优化选址布点,促进电网侧储能与新型电力系统各环节融合发展。布局原则包括需求导向适度超前、分层分区区域调节、储网协调合理接入。在新能源富集地区布局独立共享储能电站,为新能源提供租赁服务;在负荷中心地区合理布局独立储能电站,作为辅助调峰电源;在受端电网和直流落点近区布局独立储能电站支撑电力系统稳定。

参考文献:

- [1] 丘文千.抽水蓄能电站的日调节和周调节运行优化模型[J].水电自动化与大坝监测,2004,28(5):51-54.
- [2] 李军微,张靖详.辅助服务市场下独立储能调峰调频协同优化调度[J/OL].中国电机工程学报,[2024-05-17].
- [3] 徐宁,周波.现货市场下独立储能参与能量与辅助服务协同优化策略[J/OL].现代电力,[2023-10-08].

上安装可视化监测装置,实现单人操作单体电容器的安装,拓展远程智能化辅助功能,使现场安装更加简单,位置投放更加精确,真正实现智能化检修及维护,提升智能化管理水平。

参考文献:

- [1] 罗曦,甘战,王小江,等.基于合闸录波提高交流滤波器断路器合闸时间稳定性措施及应用[J].江西电力,202246(9):28-33.
- [2] 古智鹏.换流站交流滤波器电容器运维分析及故障处理[J].电力电容器与无功补偿,2019,40(6):58-61.
- [3] 刘家伦,詹坚群,陈栩樾.一种电容器更换作业车的研制[J].装备维修技术,2019(4):153,158.
- [4] 林峰,黄楚秋,蒋利军,等.±1 100 kV 特高压直流输电工程直流滤波器装置研制[J].装备制造技术,2023(7):285-288.
- [5] 马向南.基于±800 kV 楚雄换流站的交流滤波器电容器更换装置的设计与分析[J].电工技术,2016(9):57-59,61.
- [6] 朱叶鑫.一种搬动电容器工具的研究及应用[J].机电信息,2019(3):24-25.