

一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置的研制

沈煜莹*, 陈进祥, 吴盈蓝, 张远洋, 沈汉坤

(国网福建省电力有限公司诏安县供电公司, 福建 诏安 363000)

摘要: 为降低10 kV 断路器分闸操作中的安全风险, 文章研究设计一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置, 通过运载小车将装置搭载到指定位置, 采用吸附的方式固定到合适的操作位置上, 通过可调节多档位力矩及旋转夹头操作启动分闸按钮, 从而实现远程遥控分闸操作。该装置具备实时监控功能, 设置可视化人机交互界面, 使操作更加安全、便捷、高效, 避免了人员手动操作带来的人身安全风险, 提高电网供电可靠性。

关键词: 10 kV 断路器; 分闸操作; 可调节装置; 多功能设计

中图分类号: TM561

Development of an Adjustable Multi-gear Rapid Opening Operation Device for 10 kV Circuit Breakers

SHEN Yuying*, CHEN Jinxiang, WU Yinglan, ZHANG Yuanyang, SHEN Hankun

(State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Zhao'an County Power Supply Company, Fujian Zhao'an 363000, China)

Abstract: In order to reduce the safety risks in the opening operation of 10 kV circuit breakers, an adjustable multi-gear fast opening operation device for 10 kV circuit breakers is studied and designed. The device is mounted on a designated position by a transport cart and fixed to the appropriate operating position by adsorption. The opening button is activated by adjusting the multi-gear torque and rotating the clamp, thus achieving remote control opening operation. The device has real-time monitoring function and a visual human-computer interaction interface, making the operation safer, more convenient, and efficient, avoiding personal safety risks caused by manual operation, and improving the reliability of power grid supply.

Keywords: 10 kV circuit breaker; opening operation; adjustable device; multi-function design

进入 21 世纪以来, 国家电网公司加大了对智能电网建设的重视力度, 形成了较为完善的“三遥”“四遥”体系, 保障了电网运行的安全效益和经济效益。开关柜作为电力系统中的关键设备, 连接着发电、输电、配电等各个环节, 其遥测遥控效果直接影响着电网的可靠系数。尤其是在 10 kV 断路器分闸操作过程中, 采用手动操作不仅操作效率低, 还具有人身伤害风险, 更需要做好智能控制装置的设计, 运用智能机器装置代替人工作业, 以规避狭窄空间下的高压操作风险, 消除倒闸过程中的安全隐患, 降低负荷转电中的经济损失^[1]。

基金项目: 国网诏安县供电公司科技项目资助 (10 kV 断路器快速分闸操作装置的研制) (B31353240001)。
收稿日期: 2024-11-22

1 需求分析

本次研究以电网中常见的 10 kV 开关柜为例, 分析配套 10 kV 断路器规格型号、动作流程及操作方式, 研究设计出适用于多种类型的 10 kV 断路器的快速分闸装置。

10 kV 断路器的快速分闸功能是一项重要的安全特性, 可在紧急情况下迅速响应投切线路, 对电源线路及电机等进行保护。上述过程中一般须人工按下操作按钮, 其电压等级较高、运行环境复杂, 目前没有很好的防范措施, 很容易出现误碰、误触等情况, 严重时甚至造成人员伤亡。尤其是在旋拧按钮操作时, 往往要 2 人或多人配合倒闸, 安全风险高, 操作效率低, 亟待整改和优化。

基于此，本次设计一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置，针对安全隐患多、操作风险高以及耗费人物力大这 3 大问题，将重点放在在线监测和智能控制上，按照安全性、可靠性、实用性和经济性指标，实现机械结构的设计和电气控制的优化^[2]，见表 1。

表1 10 kV 断路器快速分闸操作装置的关键需求

关键需求	具体内容
在线监测	数据采集 通过传感器技术、可视化技术等，实时采集 10 kV 开关柜运行中的环境参数、状态数据、分合闸情况等
	通信传输 利用无线通信网进行数据传输，构建 5G 网络提升传输速率，保障数据传输的安全性、可靠性和有效性
	诊断评估 以智能诊断技术为核心进行数据分析和处理，搭建风险评估模型，快速识别缺陷故障
	终端显示 以 SCADA 平台为基础进行集成化显示，将视频图像、环境参数、状态数据、分合闸情况等综合展示
智能控制	可移动平台 利用遥控装置控制操作装置启停，调整操作装置位置等，使操作装置顺利就位，进行智能分闸操作
	可固定装置 利用吸附式固定方式，将操作装置固定到开关柜柜体上或运载小车上，保证机械手能够平稳操作
	可调节机械手 采用可旋转、可移动的多档位机械臂，可在夹紧按钮后进行旋转或按下，控制力度适中，操作按键到位，动作迅速快捷

2 技术方案

2.1 系统架构

本文设计的一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置主要由可升降平台、控制主机、操作夹头和磁吸底座 4 部分组成^[3]，见图 1。

可升降平台。通过摇杆使平行四边形支架变形，达到制定高度，用于辅助操作夹头就位。为保证装置的可靠性和稳定性，可升降平台支架选用高强度碳钢材料，外刷绝缘漆进行安全防护；摇杆上设置螺纹，用于旋进或旋出调整支架间距，达到不同的高度。

磁吸底座。设置一组辅助磁吸座，可吸附在开关柜或运载小车上，防止因旋转力或推力导致晃动影响操作，保证操作的稳定性，提升装置的便携度。

操作夹头。主轴上的操作夹头可根据 10 kV 断路器快速分闸按钮尺寸的差异进行更换。夹头为圆

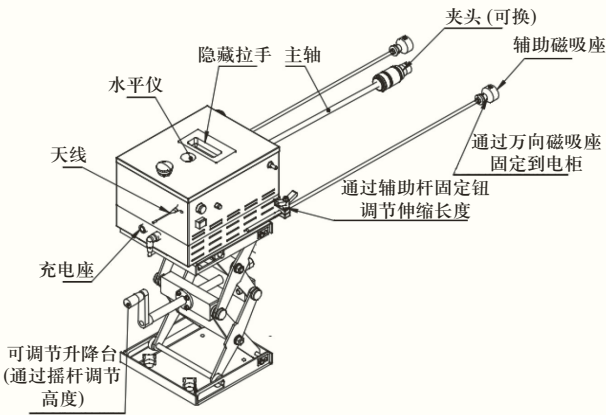


图1 一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置

形套筒结构，内置橡胶皮套，可避免套紧旋转过程中划伤按钮。

控制主机。包括水平仪、摄像机、智能控制器、操作面板等。其中，水平仪可用于检测装置的水平程度，将信号传输到控制主机中，通过内置导轨进行板座的微调；摄像机用于监测断路器的运行情况、辅助选择分闸操作方式、确定分闸按钮是否到位等；智能控制器用于调节位置 and 高度，控制主轴进行按钮夹紧、旋转操作等；操作面板中设置功能按钮，用于装置启停、变档等。

2.2 功能设计

本次设计的一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置采用固定吸附方式，增强了装置的便携性，提升了操作的可靠性；配合可调节多档位夹头，可以实现旋转、按压和转动一定角度 3 种操作形式，更换输出轴可以进一步实现不同内深位置的安装^[4]；在人机交互界面上根据 10 kV 开关柜的型号设置对应档位力矩和旋转角度，可“一键式”操作到位。同时，设置观察摄像头和激光投射线，能够按照现场情况进行微调对准。

固定就位。10 kV 断路器快速分闸操作过程中首先通过远程遥控，使运载小车搭载的操作装置就位。将装置置于柜体前，配合摇把调整支撑架高度，使操作夹头与按钮大致对齐。此时，按下面板上的启动按钮，控制主机开启，激光投影红点照射在柜体上，用于夹头定位。继续按下调平按键，控制主机对照水平仪显示的数据与激光投影红点照射位置，控制移动微调板座进行左右和上下移动，使夹头和按钮对准。装置位置固定后，调整辅助杆固定钮使

连接杆达到合适的长度,将磁吸底座吸附到柜体上,使快速分闸操作装置与柜体连接成稳固的整体。

按键操作。10 kV 开关柜紧急分闸方式分为旋钮型、按钮型(部分分闸按钮带有保险机构,须转动一定角度才可以进行按压)。

1) 多档位力矩。在控制主机中设置驱动电机,通过调整回路电流的大小控制电机转速,使其满足不同档位力矩需求。上述电流的大小可根据调查结果中的力矩等级进行对应设置,在操作过程中仅须按下操作面板当中的对应档位即可。

2) 可调节角度。在控制主机中设置转轴电机,配合传感器检测按钮旋转是否到位^[5]。在传感器检测旋转到位后,启动保护回路,使转轴电机锁死。直至 10 kV 断路器快速分闸操作完成后,转轴电机失电,按钮旋转恢复到初始状态。

在线监测。设计操作装置运行程序,具备实时监控功能,可视化人机交互界面,并且进行现场调试及对比试验分析。

1) 将摄像机采集到的 10 kV 断路器的运行状态信息、环境监测信息、分闸按钮情况进行可视化处理,通过站内数据总线分别显示到视频界面和监控端口,形成动态监测数据及可视化图像。尤其是在分闸按钮操作过程中,可通过实时拍摄的视频确定按钮是否旋转到位、是否按下等,以保证 10 kV 断路器快速分闸操作有效执行。

2) 将采集到的板座信息、按键图像、转轴数据等作为样本,设定 10 kV 断路器快速分闸操作异常的风险阈值,将其作为对照可直接进行自主分析并报警,避免出现由智能控制失效、程序设定问题等造成的按钮损坏、分闸故障等。

3 效益评估

3.1 使用效果

可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置在投入到现场使用后,响应速度快、操作可靠性强,在反复测试中均未出现失误,达到了预期效果。经现场检验,该装置在使用过程中支持远程操作,操作过程有实时视频监控功能,远程控制距离在 10 m 以上;接收分闸指令后能在 1 s 内作出反应,按照设定程序进行分闸动作,可靠完成分闸操作;适用于多种 10 kV 开关型号,满足不同场景下的 10 kV 断路器快速分闸需求,实用效果显著。

3.2 经济效益

运用该装置进行 10 kV 断路器快速分闸操作,避免了人员误碰或误触的情况,可将操作风险度降到最低,为电网安全运行打下了坚实基础。同时,装置还可自动监测、在线诊断、自动控制,其操作精度更高、可靠性更强、可操作范围更广,具有广阔的市场前景和发展空间。

从经济性角度而言,该装置可最大限度降低因断路器无法分闸抢修带来的出工成本,避免人员手动操作来带人身安全风险。同时,还可大大降低因负荷转电带来的停电成本,推广使用后使电网的操作流程更加规范,管理效率显著提升,可广泛运用于各种型号的 10 kV 开关柜中。

4 结束语

一种可调节多档位的 10 kV 断路器快速分闸操作装置在可移动平台基础上设置智能控制系统,配合磁吸固定装置和可调节多档位夹头,形成了集固定就位、按键操作和在线监测于一体的自动装置。该装置可根据环境参数、按键情况进行自适应调整和多档位调节,以满足不同规格分闸按钮的操作需求。同时,还能够按照操作情况进行监测和告警,避免断路器快速分闸按钮损坏、分闸不到位等,其安全性更强、可靠度更高,节省了大量人力资源并降低了负荷转电成本,值得深入研究和推广应用。

参考文献

- [1] 王玉龙.基于无线控制方式的中置式开关柜断路器紧急分闸装置研究[J].光源与照明,2024(2):204-206.
- [2] 张欢,曾铁成.选相分合闸装置对断路器分、合闸监视功能的影响[J].科学技术创新,2021(23):59-60.
- [3] 刘永钢,阙晓聪,刘东超,等.一种母联分相断路器操作拒分自动重合的测控装置[J].湖北电力,2022,46(4):89-94.
- [4] 阮彦俊,李良创,吴泽宇.变电站高压断路器分合闸装置故障分析及性能优化设计[J].电子测试,2021(6):87-89.
- [5] 曹军,黎剑波,陈成,等.±800 kV 侨乡换流站远方分合闸信号经选相合闸装置后对断路器保护重合闸的影响[J].电气技术,2017(5):129-131,135.

作者简介

沈煜莹(1999—),女,本科,助理工程师,从事变电设备运维监控工作,E-mail: 2678679383@qq.com。

陈进祥(1999—),男,本科,助理工程师,从事变电设备运维监控工作,E-mail: 2830715993@qq.com。

吴盈蓝(1996—),女,本科,助理工程师,研究方向为变电站电气设备运行检修,E-mail: w295988498@qq.com。

(责任编辑:刘艳玲)