

柱上开关整定值调节绝缘操作杆的研制

颜奔 王俊豪 章钧秋 高星 余畅

国网浙江省电力有限公司安吉县供电公司, 浙江湖州, 313300;

摘要: 柱上开关分布在 10 kV 架空配电线路, 是电网设备现场运行及故障处置过程中重要的一次设备。部分开关整定值设置方式难以灵活适应网架结构、负荷变化及现场运维检修要求, 需要整定旋钮位置, 传统调整多依赖停电登杆, 不停电调整受多种因素影响可达性不足。本文研制出一种柱上开关整定值调节绝缘操作杆, 基于常用高压令克棒, 开发可调节夹具头, 利用卡槽嵌合与锁紧机构对整定旋钮形成可靠约束, 实现安全距离外整定值调整, 具备较好的工程推广价值。

关键词: 柱上开关; 整定值; 绝缘操作杆; 不停电作业; 夹具

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.013

引言

柱上开关负责在 10 kV 架空配电线路分段、分支控制及联络转供, 依托电杆进行安装且常年处于室外环境运行, 相对电网设备更新换代, 整定值调整属于小动作高频次的现场运维任务, 虽作业动作小但对作业安全距离提出较高要求。现场运维时, 整定旋钮多数位于开关本体侧, 处于带电体附近, 传统做法需要停电登杆或使用带电作业车、旁路系统等设备, 当杆位处在农田、沟道或狭窄道路等狭窄地区时, 作业车无法到达, 引发整定值调整不及时问题。

目前不停电作业已形成了包括旁路系统和绝缘杆结合的技术路线。文献^[1]提出旁路电缆不停电换线法说明可以利用旁路负荷开关和旁路引流线临时搭建通道, 实现不停电换线; 文献^[2]研究出带电安装智能开关作业法, 提出旁路系统的搭建及安全管控要点, 明确旁路容量裕度建议。而另一种更便捷的方法为绝缘杆作业法, 在保证安全距离的前提下即可完成操作, 适合于引线密集、绝缘手套作业危险程度较高的场合, 详见文献^[3]; 文献^[4]提出组合绝缘杆法, 可实现批量开展整定值调整作业时, 大幅节约用工时间。文献^[5]则提出“将操作点从危险近距离转移到较安全可控的界面”工程思路, 已运用到了不停电纠错工作中。基于以上, 在面对“整定旋钮调节”精细任务, 应按照绝缘杆主体和专用工具头的方式进行工具优化, 即将近距离登杆带电操作转换成地面上一定安全距离以外的可控操作。

综上所述, 本文研制出一种柱上开关整定值调节绝缘操作杆, 提出装置设计、应用验证以及结论与展望, 形成可直接用于基层推广的工程应用示范。

1 现状调查

不停电作业是提高供电可靠性和用户满意度的重要途径。旁路电缆不停电更换法利用旁路负荷开关和旁路电缆引流线形成临时通道, 达到不需停电更换柱上开关的目的(见文献^[1])。此方法验证可以通过不停电实现更换柱上开关, 但此方法对旁路设备、车辆通道、作业组织实施需要较高的要求。

带电安装柱上智能开关作业法根据杆位的不同(T接分支 0#杆、耐张杆、直线杆等)确定其作业操作差异, 确认旁路容量配置、核相、终端布置安全距离等重点控制点, 提出旁路容量不宜小于 1.2 倍的最大负荷电流(见文献^[2])。该研究表明如果运用旁路实施不停电作业操作, 应留有足够的载流裕度, 建立安全控制流程, 防止由于容量不足或者流程缺失而带来的作业危险性增加。

相较旁路系统, 绝缘杆作业法是更为轻便的操作路径。魏力强等人针对柱上开关引线密集导致绝缘手套作业存在相间短路风险, 提出了绝缘杆作业法, 确定安全距离和绝缘有效长度, 距邻近接地体的距离不小于 0.4 m、距邻相引线的距离不小于 0.6 m, 手握绝缘操作杆的有效绝缘长度不小于 0.7 m(参见文献^[3])。

宋仕达等人以规模化不停电操作实践角度切入, 总结绝缘手套法和绝缘杆法两条路径, 提出采用组合绝缘杆法, 实现批量不停电更换开关要求, 并通过试验得出, 平均每台开关更换节省时间 2h, 人员减少 5 人, 效率提高 2 倍(见文献^[4])。此项研究表明当工具系统设计得当, 绝缘杆路径不但可行且具有显著的效率优势。

除了更换、安装柱上开关外, 带电纠错、二次侧调整也展现不停电作业价值。苏添易等人针对柱上开关 PT 出线反接问题, 选用在 FTU 进线侧调整接线, 实现不停电处理柱上开关 PT 出线反接的问题, 指出当 PT 距离开关过近无法达到安全距离的要求时, 传统的近距

离作业难以开展，这就要求选择更安全可控的操作点（见文献^[5]），将操作点由危险近距离转移至更安全可控界面。

2 设计原则与总体方案

2.1 设计原则

本装置设计严格遵循安全性、可达性、可靠性、适配性、可操作性及可追溯性原则。在安全优先方面，工具设计必须满足操作者站在地面安全位置开展整定值调节，有效绝缘长度达到1.0m（超过10kV作业安全规定要求的0.7m），在操作过程中始终与带电体、接地体保持安全距离，避免任何触电风险。可达性优先方面，主要解决农间田埂多、路面窄、沟渠等登高车难以到达实际场景，本装置采用伸缩式的绝缘操作杆设计实现了工具可以适用于各种高度的电杆作业，完全解决了现场到不到、够不着的问题。可靠性方面，采用了几何嵌合和摩擦夹持结合的方法，将夹具和旋钮形成了可靠的连接方式，防止因卡不牢造成空转甚至滑脱的现象出现，经多次模拟试验测试，保证夹具在工作时所产生的最大操作力矩下仍能保持稳定连接状态。适配性方面，采用可调节钳口开度与可更换卡槽结构，经现场统计分析，主流柱上开关旋钮尺寸在20mm-40mm之间，本装置夹具部分设计实现15mm-25mm的开度调节范围，涵盖95%以上的常见开关型号所使用的旋钮尺寸。可操作性方面，工具设计做到轻量化，总重量控制在2.8kg以内，单人可轻松自如地完成对位、锁紧以及旋转调节的操作，避免了设备重、复杂机构导致的使用不便。可追溯性方面，实现全部操作流程闭环管理中，形成调前确认-调后核对-登记留痕的标准化操作流程，确保每次调节都可追溯、可复核、可复用。

2.2 总体方案

整体设计方案采用高压令克棒和模块化的可调节专用夹具头组合模式，其中绝缘操作棒选取市面成熟产品高压令克棒作为绝缘主体，其绝缘性、机械强度满足国家标准GB/T 13398的要求；夹具头是本装置的核心创新部件之一，设计为可拆卸式结构，其上通过拉头结构与绝缘操作棒端头处形成快拆式连接。夹具前端设有用于固定整定旋钮的卡槽和钳口，通过M8碟形螺栓来调整钳口开度大小并锁紧；夹具后端通过拉头结构安装在绝缘操作棒端头处，从而达到快速拆装、灵活更换的目的。这种模块化设计不仅方便携带和存放，还为后期的功能拓展留有空间。

3 结构组成与工作原理

3.1 结构组成

柱上开关整定值调节绝缘操作杆分为绝缘操作棒和可调节专用夹具两个部分。绝缘操作棒以高强度环氧树脂玻璃纤维管为主要杆体材料，整体长度为4.0m，重量仅为2.5kg，满足单人操控。可调节专用夹使用铝合金6061-T6材质，重量轻、强度高，表面为阳极氧化工艺，耐腐蚀性良好，并设有底座、拉头固定片、拉头活动片、左钳口、右钳口、右钳口固定片等配件，通过M8碟形螺栓实现钳口开度的灵活调节。夹具前端为C形开环卡槽状结构，其开口宽度为15-25mm，可通过开口将工具从旋钮侧向水平方向卡入，克服了传统的套筒式工具不能适用于开关侧面旋钮的情况。夹具内侧嵌有摩擦系数较高的丁腈橡胶垫，并在其表面加工有防滑纹路，在转动时能够与旋钮咬合在一起，保证夹具不出现打滑现象。

3.2 工作原理

基于几何嵌体和杠杆传动原理，使用时先将夹具前端卡槽部分对齐旋钮外轮廓并压入其中，让旋钮先被形状锁定；然后采用M8碟形螺栓调节钳口开度并锁紧，夹具对旋钮起可靠约束作用；操作者站在地面对绝缘操作棒进行旋转，扭矩由拉头结构传导到夹具后传送到旋钮，从而完成旋钮转动及档位转换动作；调节完毕后松开锁紧机构，夹具脱离旋钮，恢复工具待使用状态。整个操作过程仅需2-3分钟，远小于传统停电登杆作业的2小时以上。通过C型开环式卡槽结构，打破传统工具必须轴向套入的局限性，能够实现侧向卡接及转动，具有灵活实用性。

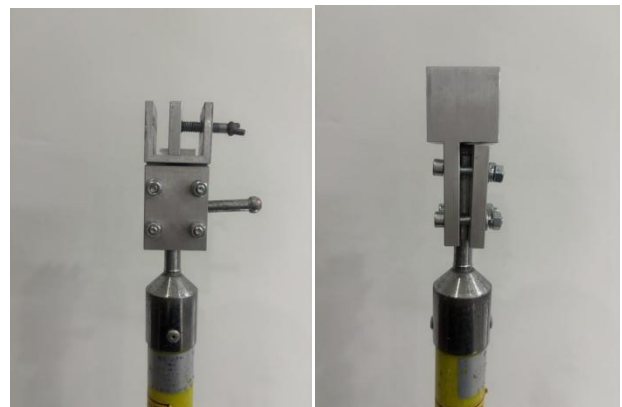


图1 柱上开关整定值调节绝缘操作杆

4 应用验证

4.1 室内验证

柱上开关整定值调节绝缘操作杆研制完成后，开展

设备组装与实际操作测试,利用拉头结构将夹具装配到绝缘操作棒端头,验证连接可靠性、锁紧有效性及拆装便利性;后以模拟旋钮/样机旋钮为对象,实现了对位—卡槽嵌合—锁定—旋转调节—退出的全套工作流程,确认工具可以有效地带动旋钮进行转动。在操作的过程中夹具未出现明显滑动、松脱等情况。在室内验证中,完成了100次连续操作试验,期间夹具无变形、无磨损,旋钮表面上出现轻微的擦痕。工频耐压试验时施加工频电压达45kV(约为10kV系统最高运行电压的3.5倍),作用5min,试验过程中的泄漏电流始终保持低于1mA,无闪络、无击穿,满足安全标准要求。

4.2 现场验证

选取3个现场典型应用场景实测验证,场景一为某农村狭小巷道(路面宽度窄,仅为2.5米,带电作业车难以进入),场景二为某农区光伏接入点开关(地基松软,车辆易陷)、场景三为某城区老旧小区街道旁开关。在不停电情况下由操作员持绝缘操作杆在安全位置对整定旋钮卡合后旋转调节,完成档位动作并核对旋钮指示位置,现场实施证明本装置能实现带电情况下柱上开关整定值调节,平均单次作业时间仅需22分钟,相对传统方法缩短86%以上,并无一例安全事故,用户零投诉。现场应用数据证明了该装置有效解决了配网柱上开关整定值调节的最后一公里问题,并为配电网在新能源高渗透率下安全稳定运行提供可靠的技术支撑。



图2 使用柱上开关整定值调节绝缘操作杆现场操作

5 结论与展望

5.1 结论

本文研发的柱上开关整定值调节绝缘操作杆,采用

“高压令克棒+可调节夹具头”的模块化组合式设计,开创C型开环卡槽结构设计,成功解决开关侧面旋钮调节问题。满足10kV安全操作要求,适合不同高度电杆作业要求,夹具可靠性好,调节量程大,重量轻巧。现场试验表明,该工具可实现不停电情况下完成整定值调整,解决了配网整定值有法算无处调的现实矛盾,为配电网的安全可靠运行提供可靠支撑,具有较强的工程实用性和推广应用前景。

5.2 未来展望

今后将进一步提高装置的智能化程度,集成微传感装置,实现可视化的调控功能;研制出系列化卡槽涵盖更多的开关类型,实现与智能配电网之间的无缝衔接;将量测信息引入到配网运维系统,通过大数据改进整定值算法。同时考虑加入配电网不停电作业标准工具库,形成操作细则。伴随着新材料及智能技术的发展,本装置也将与智能配电网相互融合,达到感知-判断-动作的闭环控制效果,为实现配电网高质量发展提供技术支持。

参考文献

- [1] 欧阳健, 赵法强, 李阳, 袁汉凯. 旁路电缆不停电更换10 kV柱上开关作业方法[J]. 技术与市场, 2018, 25(02): 67-68.
- [2] 徐勇, 项锡敏, 章基辉. 浅析不停电安装柱上智能开关的带电作业法[J]. 农村电气化, 2020(06): 22-23.
- [3] 魏力强, 马睿, 苏红梅, 冯建萍, 杜旭浩, 张瑞峰. 绝缘杆作业法在更换10kV柱上开关中的应用[J]. 河北电力技术, 2017, 36(02): 3-4.
- [4] 宋仕达, 张绪生, 张丹瑶. “配网不停电作业方式”在检修作业中的应用与创新[J]. 科技资讯, 2020, 18(03): 24-25.
- [5] 苏添易. 柱上开关PT出线反接的修改方法[J]. 电工技术, 2023(11): 69-70.

作者简介: 颜奔(1997—), 男, 助理工程师, 从事负荷管理、计量工作。

王俊豪(1995—), 男, 工程师, 从事客户服务工作。

章钧秋(1985—), 男, 助理工程师, 从事配网运行与管理工作。

高星(1990—), 男, 助理工程师, 从事配网运行与管理工作。

余畅(1989—), 男, 高级工程师, 从事项目管理等工作。