

## 10kV 线路带电断接断路器带互感器作业方法的研究

李豪<sup>1</sup> 王永建<sup>2</sup> 余兴江<sup>1</sup> 李杰<sup>1</sup> 吴波<sup>1</sup>

1 云南电网有限责任公司红河建水供电局, 云南 红河 654300

2 云南电网有限责任公司红河供电局, 云南 红河 661100

**[摘要]** 针对 10kV 配电线路断路器保护、测量装置需要一般都在电源侧或负荷侧同时接入组合式(电压、电流)互感器。分析了《电业安全工作规程》中规定“带电断接空载线路时, 必须确认线路的终端开关[断路器(开关)或隔离开关(刀闸)]确已断开, 接入线路侧的变压器、电压互感器确已退出运行后, 方可进行。”但是为保证互感器取电正常一般直接接入线路电源侧, 而且没有设置控制开关, 故无法退出运行。致使无法直接带电断、接带互感器断路器引流线。根据以上问题, 本篇文章旨通过对新的作业方法、流程进行研究, 在保证不停电情况下退出电压互感器, 再进行断、接引流线作业, 解决目前电压互感器无法直接退出而给带电作业带来的安全隐患问题, 进而更层次地扩展配电带电作业, 提高带电作业化率, 减少停电时户数。

**[关键词]** 10kV 配电线路; 带电作业; 互感器; 作业流程

DOI: 10.33142/hst.v5i1.5411

中图分类号: TM72

文献标识码: A

### Research on Working Method of Live Breaking Circuit Breaker with Transformer on 10kV Line

LI Hao<sup>1</sup>, WANG Yongjian<sup>2</sup>, YU Xingjiang<sup>1</sup>, LI Jie<sup>1</sup>, WU Bo<sup>1</sup>

1 Honghe Jiashui Power Supply Bureau of Yunnan Power Grid Co., Ltd., Honghe, Yunnan, 654300, China

2 Honghe Power Supply Bureau of Yunnan Power Grid Co., Ltd., Honghe, Yunnan, 661100, China

**Abstract:** For the protection and measuring devices of 10kV distribution line circuit breaker, the combined (voltage and current) transformer is usually connected at the power side or load side at the same time. This paper analyzes the provisions in the code for safety work of electric power industry that "when disconnecting the no-load line with electricity, it must be confirmed that the terminal switch [circuit breaker (switch) or disconnector (knife switch)] of the line has been disconnected, and the transformer and voltage transformer connected to the line side have been out of operation." However, in order to ensure the normal power supply of the transformer, it is generally directly connected to the power side of the line, and there is no control switch, so it can not exit the operation. As a result, it is impossible to directly disconnect and connect the drainage line of circuit breaker with mutual inductor. According to the above problems, the purpose of this article is to study the new operation methods and processes, exit the voltage transformer without power failure, and then disconnect and connect the drainage line, so as to solve the hidden safety problems caused by the current voltage transformer unable to exit directly, further expand the live operation of power distribution and improve the rate of live operation, and reduce the number of households during power failure.

**Keywords:** 10kV distribution line; live working; transformer; operation flow

### 引言

开展配电带电作业是提高供电可靠性重要手段之一, 随着配网自动化、自愈线路、售电装置建设等需要, 在 10kV 配电线路断路器电源侧、负荷侧接入组合式(电压、电流)互感器。因前期设备安装设计标准不统一、规范, 施工时考虑二次侧不断电, 直接将互感器接入线路, 未设置开关控制互感器, 没有考虑带电作业及检修方式, 加之验收不规范, 导致无法直接开展带电断、接引流线作业。如作业人员现场勘察不仔细, 违章冒险带互感器断、接引流线, 如电压互感器二次侧接线不正确或接地不良, 断开一相引线后可能将造成电压互感器二次侧开路或短路, 一旦电压互感器二次侧发生短路则将产生很大的短路电流, 最终导致互感器烧坏或爆炸, 存在重大的安全隐患, 将严重威胁作业人员及线路设备运行安全。本文对带电断、

接断路器电源侧带电压互感器作业方法及现状进行分析研究, 并对作业方法、流程及步骤做详细阐述。

### 1 案例分析

#### 1.1 现状分析

(1) 10kV 配电线路分段断路器安装要求, 逻辑主干线一般安装电压-时间型(分段模式)保护智能断路器, 具有“失压分、有压合”的特点, 考虑线路转供情况, 断路器两侧均需检测电压, 两侧都安装电压互感器。

(2) 10kV 配电线路分支断路器安装要求, 一般安装电流-时间型(分界模式)保护智能断路器, 投电流级差型保护, 正常情况下, 只需在电源侧安装电压互感器。但因部分分支断路器考虑到后期线路建设及保护逻辑调整的需要, 在建设初期两侧都安装电压互感器。

(3) 10kV 配电线路联络断路器安装要求, 两侧均需

安装电压互感器,正常情况下断路器保护退出,保持在热备用状态。其他特殊情况根据方式安排确定,必须是正常方式下,长期断开的联络断路器。若长期断开点发生改变,则须重新配置保护。

(4) 10kV 配电线路高压计量装置为防止窃电或保持终端在线,一般将电压、电流组合式互感器安装于电源侧。

## 1.2 可行性分析

通过分析工作现场情况,解决如何 10kV 线路带电断、接断路器电源侧带电压互感器作业问题开展讨论研究,查阅相关资料,并结合工作经验提出以下两种作业方案。

(1) 采用旁路作业方式(带电断、接断路器电源侧带电压互感器)

①旁路作业所用的旁路引下电缆、开关及两端线夹的载流量应满足最大负荷电流的要求,并核对相位正确无误。

②在断路器电源侧、负荷侧设置旁路系统,合上旁路负荷开关,确认旁路系统通流正常。

③采用消弧杆带电断开电源侧断路器引流线,并固定牢靠,恢复绝缘遮蔽,防止摆动造成接地或相间短路。

④使用绝缘操作杆断开断路器,拉开隔离开关,利用断路器同分同合、可以开断负荷的原理断开电压互感器电源。

⑤采用消弧杆带电断开出线侧断路器引流线,并将引流线固定牢靠。

⑥断开设置的旁路负荷开关,确认旁路负荷开关在分闸位置,检查旁路系统确无电流,拆除设置的旁路系统。

(2) 采用旁路分流短接方式

带电断、接断路器电源侧带电压互感器

①带负荷作业所用的旁路分流线和两端线夹的载流量应满足最大负荷电流的要求。

②采用旁路分流线带电短接断路器两侧引流线前一定要核对相位,短接前确认断路器在合闸位置或通流正常,并退出保护装置,如无保护装置的断路器应锁死跳闸机构。

③旁路分流线安装完成后,应采取固定措施防止摆动,确认旁路分流线通流正常。

④采用消弧杆带电断开电源侧断路器引流线,并固定牢靠恢复绝缘遮蔽,防止摆动造成接地或相间短路。

⑤使用绝缘操作杆断开断路器,拉开隔离开关,利用断路器同分同合、可以开断负荷的原理断开电压互感器电源。

⑥断开电压互感器与断路器连接引流线,采用消弧杆带电搭接进线侧断路器引流线。

⑦使用绝缘操作杆合上断路器及隔离开关,检查断路器通流正常,拆除设置的旁路分流线。

⑧使用绝缘操作杆断开断路器,拉开隔离开关,采用消弧杆带电断开进线侧断路器引流线,并将引流线固定牢靠。

## 2 作业流程及预控措施

### 2.1 作业前期准备

现场勘察:应根据工作要求组织工作负责人、相关运

维单位进行现场勘察,了解作业现场的条件、环境及其他影响作业的危险点。

编制施工方案:工作负责人根据现场勘察结果,依据作业的危险性、复杂性和困难程度,制定有针对性的组织措施、安全措施、技术措施。

查阅相关设备信息:核实线路杆塔、导线、设备参数,作业线路接线方式,查阅有关断路器保护、型号资料,确定具备带电作业条件。

施工方案学习:组织工作班成员针对该项作业的现场勘察结果学习作业方法、施工方案、作业指导书等,熟悉整个操作流程、危险点及预控措施。

### 2.2 作业步骤及安全措施

经现场复勘:现场作业线路名称与工作票内容一致,判断现场具备作业条件,作业环境气象条件:带电作业应在良好天气下进行。如遇雷电、雪、雹、雨、雾等,不应进行带电作业。风力大于 5 级,或湿度大于 80%时,不宜进行带电作业。

办理工作许可手续:工作负责人与工作许可人(调度)办理工作票许可手续,落实各项安全措施,申请退出变电站作业线路断路器重合闸,作业点断路器保护、跳闸回路、锁死跳闸机构。将工作许可人(调度)姓名、许可时间填在工作票上。

安全交代:工作负责人向工作班成员宣读工作票,明确作业分工,交代安全措施、危险点、预控措施等,并履行签名确认手续。

布置安全措施:在城区、人口密集区、通行道路上或交通道口施工时,工作场所周围应装设遮拦(围栏),并在相应部位设警戒范围或警示标示,夜间应设警示光源,必要时派专人看守。

检查、检测工器具及材料:检查绝缘工具无破损,在试验有效期内,绝缘手套使用绝缘手套充气检测仪检测;绝缘工器具需进行分段绝缘检测(电极宽 2cm,极间宽 2cm)阻值不得小于 700M $\Omega$ ;

工器具应摆放在干燥、清洁的防潮垫上,避免挤压、碰撞,绝缘工器具、金属工器具、材料应分类摆放;

作业人员应戴清洁、干燥的手套,不得赤手接触绝缘工具;用清洁、干燥的棉质毛巾擦拭绝缘工具;对旁路设备进行通流、绝缘检测。其绝缘电阻值不得小于 500M $\Omega$ 。

绝缘承载工具准备:绝缘斗臂车停放位置应避开附近电力线和障碍物,支腿不应支放在沟道盖板上,软土地面应使用垫板或枕木,且车辆前后、左右呈水平,四轮应离地;车体可靠接地,接地线应采用有透明护套的不小于 25mm<sup>2</sup>的多股软铜线,临时接地体埋深应不小于 0.6m;检查绝缘斗、绝缘臂确认其清洁、无裂纹、无损伤;在专人监护下进行空斗试操作,确认液压传动、回转、升降、伸缩系统工作正常,操作灵活,制动装置可靠;作业时绝缘

斗臂车的绝缘臂有效绝缘长度不小于 1.0m, 金属部分在扬起回转过程与带电体安全距离不小于 0.9m。

**进入带电作业工位:** 带电作业人员应正确穿戴个人绝缘防护用具, 正确使用安全带并通过绝缘承载工具进入工位; 带电作业人员使用相应电压等级合格的验电器, 在设备的带电体与接地体进行验电, 验电时遵循由下至上、由近至远的原则逐相进行验电; 作业人员检查作业范围内的设备及线路状态良好; 检查断路器引(流)线负荷电流, 确认负荷电流在旁路设备的适用范围内。

**绝缘遮蔽:** 按照从近到远、从下到上的原则进行绝缘遮蔽, 遮蔽重合部分不得小于 15cm, 遮蔽完成后进行检查确认。

**接入旁路引下电缆:** 安装支撑绝缘横担, 将旁路引下电缆安装于绝缘支架上, 固定牢靠; 搭接前确认断路器在合闸位置, 旁路系统负荷开关在分闸位置, 方可搭接, 相序正确无误; 应清除接入点表面氧化物, 线夹接触应牢固可靠, 并恢复接入点绝缘遮蔽; 逐相测量线路和旁路系统的负荷电流, 确认通流正常。

**断开断路器电源侧引流线:** 确认旁路系统转供完成; 斗内电工使用绝缘消弧杆断开断路器(电压互感器)电源侧引流线; 确保断路器电源侧电压互感器不失去电源(此时电压互感器电源由负荷侧供电); 已断开的引流线须可靠固定, 必要时对带电部分进行绝缘遮蔽。

**断开断路器拉开隔离开关:** 斗内电工使用绝缘操作杆断开断路器拉开隔离开关; 利用断路器同分同合、可以开断负荷的原理断开电压互感器电源。

**断开断路器负荷侧引流线:** 采用绝缘消弧杆逐相断开断路器负荷侧引流线; 已断开的引流线须可靠固定。

**更换断路器:** 由施工单位进行断路器及电压互感器更换安装, 新安装断路器互感器应设置隔离开关控制, 更换完成的断路器应试验合格, 如配自开关还应根据方式单要求录入批复的相关保护定值, 与调度通讯联调遥测正常, 经运维单位验收合格方可投入。

**搭接断路器两测引流线:** 搭接前清除导线搭接点氧化层, 确认断路器处于分闸位置、两侧隔离开关处于拉开位置, 断路器保护处于退出状态。

**合上隔离开关及断路器合闸:** 斗内电工使用绝缘操作杆合上隔离开关后合上断路器, 并逐相检测断路器通流正常。

**旁路系统退出运行:** 将旁路负荷开关操作到分闸位置, 并锁住操作把手; 操作负荷开关时, 应在专人监护下进行, 穿绝缘套鞋、戴绝缘手套。解脱旁路引下电缆与主干线连接, 对旁路系统逐相进行放电后回收。

**拆除绝缘遮蔽:** 遵循由上至下、由远至近、先接地后带电原则进行。

**作业检查:** 检查施工工艺符合技术规范要求并经运维人员确认验收合格。

**退出带电作业工位、清理作业现场:** 斗内作业人员确认杆上无遗留物后安全返回地面, 工作负责人检查确认作业现场已无遗留物。

**召开班后会:** 工作结束后, 工作负责人组织工作班人员召开班后会, 分析作业过程中存在的不足, 改进措施, 在作业中配合情况等。

**办理工作终结:** 工作负责人及时向工作许可人(调度)汇报, 办理工作终结手续, 恢复线路断路器重合闸, 投入作业点断路器保护。

### 3 该作业方法取得的成效

#### 3.1 项目实施效益

按一个作业范围停电检修方式计算, 须停电时间 4 小时, 负荷电流按 180A 计算, 则损失电量为  $W=180 \times 1.732 \times 10 \times 0.95 \times 4=11846.8$  (kWh)。采用该作业方法, 可实现持续供电, 提高供电可靠性和供电企业的诚信度, 大大降低投诉率, 工业用户多创产值、居民用户提高生活质量。

#### 3.2 应用前景

同时由于作业方式灵活, 可带负荷保证线路不停电, 缩短了繁琐的停电手续, 可即时安排设备消缺、安装工作, 避免了作业违章风险, 减少甚至避免了带电压互感器直接断、接引流线的发生, 提高设备供电可靠性。为提高作业的工时效率、操作的安全性能, 使配网线路运行的可靠性得到提高, 因此具有良好的应用前景。

#### 3.3 技术关键点

利用旁路转供分流模式保证电压互感器不停电, 首先断开电源侧引流线, 此时电压互感器电源由负荷侧供电, 利用断路器同分同合、可以开断负荷的原理断开电压互感器电源, 在断开负荷侧引流线。使作业人员与带电体形成隔离, 从而提高安全性降低作业风险低, 适用范围广。进一步提高带电断、接断路器电源侧带电压互感器作业安全水平, 通过运用改进也可采用旁路分流线作业方法进行都有不同程度提高。

#### 3.4 创新点

通过该作业方法使用验证, 可有效解决实际带互感器作业施工的难题, 并解决过程中遇到的各种问题, 科学的改变了传统的作业方法, 减少停电时间、停电范围, 提高了供电可靠性, 特别适合作业现场的应用。

### 4 结语

通过该作业方法的研究与应用, 提出了 10kV 线路带电断、接断路器电源侧带电压互感器作业的关键技术步骤、流程, 规范了带电作业操作方法。该作业方法的应用, 实现作业标准化、步骤程序化, 关键环节管控化。切实提升设备不停电维护检修精益化水平, 实现风险、效能和成本的综合最优, 提高供电可靠性和客户供电保障能力, 有效减少了用户停电, 为地方的经济发展提供了坚实的电力保障, 具有良好的经济和社会效益。

### [参考文献]

- [1]中华人民共和国国家标准. 配电线路带电作业技术导则 .GB/T18857-2019[S]. 北京 . 中国标准出版社,2019:1-33.
- [2]中华人民共和国行业标准. 电业安全工作规程. 电力线路部分 .DL409-1991[S]. 北京 . 人民文学出版社,1991:1-28.
- [3]中国南方电网有限责任公司企业标准. 中国南方电网有限责任公司电力安全工作规程. Q/CSQ510001-2015[S]. 北京. 中国电力出版社,2015:1-156.
- [4]中国南方电网有限责任公司企业标准. 中低压配电运行标准 Q/CSQ1205003—2016[S]. 北京. 中国电力出版社,2016:1-25
- [5]中华人民共和国国家标准. 带电作业工具基本技术要求与设计导则.GB/T 18037-2008[S]. 北京. 中国标准出版社,2008:1-34.
- 作者简介:李豪(1987.11-)男,毕业院校:昆明理工大学,专业:电气工程及其自动化,单位:中国南方电网云南电网有限责任公司红河建水供电局,职务:技术员,职

称:工程师,技能等级:高级技师,四级助理技术专家,从事输配电线路及带电作业技术研究;王永建(1979.2-),男,毕业院校:昆明理工大学,专业:发电及供电技术自动化,单位:中国南方电网云南电网有限责任公司红河供电局,职务:二级助理技能专家,职称:工程师,技能等级:高级技师,从事输配电线路及带电作业技术研究;余兴江(1981.7-)男,毕业院校:山东理工大学,专业:供用电技术,单位:中国南方电网云南电网有限责任公司红河建水供电局,职务:副主任,职称:助理工程师,技能等级:高级工。从事配电网线路及带电作业技术研究管理工作;李杰(1973.2-)男,毕业院校:山东理工大学,专业:供用电技术,单位:中国南方电网云南电网有限责任公司红河建水供电局,职务:班长,职称:工程师,技能等级:技师,从事配电网线路及带电作业技术研究及管理工作;吴波(1981.7-)男,毕业院校:山东理工大学,专业:电气工程及其自动化,单位:中国南方电网云南电网有限责任公司红河建水供电局,职务:带电作业工,职称:助理工程师,技能等级:高级工,从事配电网线路及带电作业技术研究工作。