

「输电线路」

同塔双回特高压输电线路智能化接地线研制

文/国网金华供电公司 蒋卫东 蒋其武
江阴市供电公司发展策划部 俞晓辉 秦威南

分析了特高压线路感应电压和电流的水平，设计一款能检测感应电流和消弧功能的智能化接地装置，经试验测试和应用表明该装置能有效把电弧转移至开关断口避免了转移电弧对导线和线夹的烧伤，有效提高了人员和设备的安全。

随着我国电力负荷的快速增长，超特高压输电线路的规模急速增加，特别是经济发达的高电力负荷区域，线路走廊资源越来越稀缺，同塔多回、多回并架的超特高压输电线路越来越多。线路在运行过程中不可避免地要造成各种恶劣运行环境和灾害的影响，导致线路设备出现故障或缺陷。为了确保线路的运行可靠性，必须采用检修作业来消除线路缺陷。同塔多回线路可以有效利用线路走廊资源，但是，在部分线路停电检修时，带电线路通过静电和电磁耦合会在停电线路上产生数千伏的感应电压或几十到数百安的感应电流，在超特高压线路上，感应电压和感应电流尤为明显，在没有采取合适的接地措施时，其电击有可能造成人身伤亡事故，而当感应电压或电流水平比较高，挂接或拆除接地线过程中的电弧曾导致500 kV线路导线灼伤和断股事故。

同塔多回线路的带电线路会在部分停电线路上产生高幅值的感应电压和电流，而对于检修接地过程中挂接接地线过程中的消弧和电流监测技术则研究较少，因而讨论了超特高压接地线消弧和接地线电流监测技术及装置的研制。

主要针对流过接地线的感应电路进行监测，并根据流过接地线的电流的大小来评估断开拆除接地线时是否需要采取消弧措施，在分析同塔多回超特高压输电线路感应电压和电流的特性基

础上，选取了电流监测模块和消弧模块的技术参数，在此基础上研制了一款具有消弧和电流监测功能的智能化接地线，对提高同塔多回线路的运行和检修水平具有重要意义。

超特高压同塔多回线路的感应电压和电流

1. 计算方法

本次分析计算采用ATP-EMTP，特高压同塔多回输电线路的系统接线图如图1所示，该工程由淮南至皖南、皖南至浙北和浙北至上海三段组成，均为同塔双回，伞型垂直排列，逆相序，导线为 $8 \times \text{LGJ}-630/45$ 。一根接地线为 $\text{LBGJ}-240-20\text{AC}$ ，另一根为 $\text{OPGW}-240$ ，线路的模拟采用6相的分布参数线路模型模拟1 000 kV同塔双回线路。

2. 特高压同塔多回线路感应电压和电流

当淮南—皖南段一回线路正常运行，另一回路停电检修时，在不同接地方式下，检修回路沿线感应电压有效值的最大值列于表1中。检修回路两端均接地，在沿线感应电压最大处加挂临时接地线时，流过临时接地线的瞬态电流幅值为123.66 A，稳定后的有效值为69.85 A。

皖南—浙北段一回线路正常运行，在不同接地方式下，检修回路沿线感应电压有效值的最大值列于表2中。检修回路两端均接地，在沿线感应电压最大处加挂临时接地线时，流过临时接地线

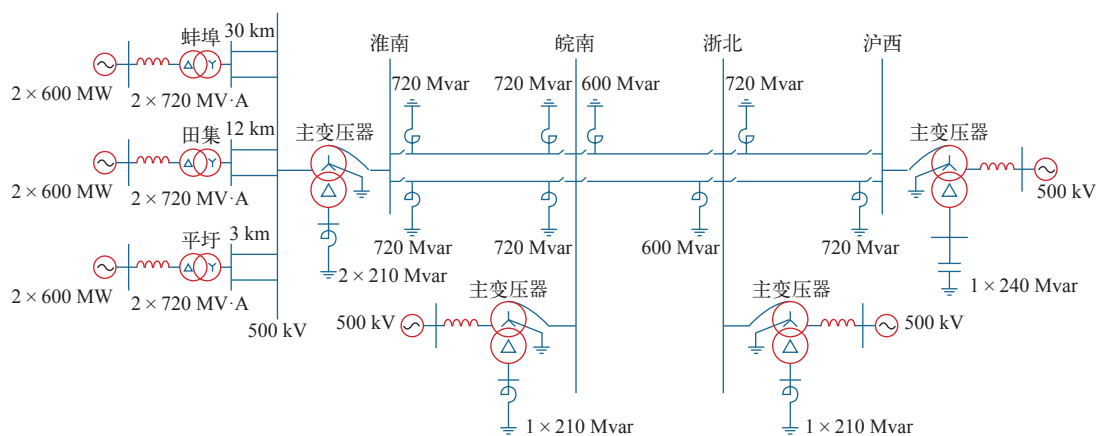


图1 系统示意图

表1 淮南—皖南段一回带电一回停电，停电回路不同接地方式沿线感应电压有效值的最大值

接地方式		感应电压有效值的最大值/kV			
		A相	B相	C相	分段地线
两端均不接地		65.24	76.30	74.75	0.668
一端 接地	淮南端 接地	5.78	7.03	6.38	0.665
	皖南端 接地	5.79	6.91	6.39	0.666
两端接地		2.39	1.74	2.23	0.659

的瞬态电流幅值为184.56 A，稳定后的有效值为91.39 A。

表2 皖南—浙北段一回带电一回停电，停电回路不同接地方式沿线感应电压有效值的最大值

接地方式		感应电压有效值的最大值/kV			
		A相	B相	C相	分段地线
两端均不接地		55.09	59.25	58.61	0.777
一端 接地	皖南端 接地	3.76	4.05	4.01	0.776
	浙北端 接地	3.67	3.979	3.92	0.776
两端接地		1.42	0.96	1.38	0.771

浙北—上海段一回线路正常运行，另一回路停电检修，在不同接地方式下，检修回路沿线感应电压有效值的最大值列于表3中。检修回路两端均接地，在感应电压最大处加挂临时接地线时，流过临时接地线的瞬态电流幅值为158.43 A，稳定后的有效值为83.94 A。

3. 智能接地线的电气参数的选取

特高压线路所产生的感应电压、感应电流、静电电压、静电电流数值均大于500 kV线路的感应水平，因而本产品按照1 000 kV电压同塔多回路停电检修的感应电压和电流水平来设计，另外

表3 浙北—上海段一回带电一回停电，停电回路不同接地方式沿线感应电压有效值的最大值

接地方式		感应电压有效值的最大值/kV			
		A相	B相	C相	分段地线
两端均不接地		71.56	70.76	68.08	0.778
一端 接地	浙北端 接地	4.08	3.92	3.79	0.777
	上海端 接地	3.96	3.81	3.67	0.777
两端接地		0.90	1.31	1.40	0.772

采用特高压在检修输电线路两端都接地的情况下的实测值作为设计的参考，则可以满足超特高压线路检修的需求。

产品的设计与开发

1. 功能要求

便携式接地短路的主要功能是为停运线路上的感应电荷提供一个有效的入地通路，另外接地的停运线路被误合闸时，能保证保护装置切断故障前，能提供可靠接地，确保线上作业人员的安全。另外针对特高压线路感应电压和电流水平高，存在电弧灼伤导线的问题，因而需要对地线上的电流进行监测并且对电弧进行转移。综合以上需求分析，可以得出研制的智能接地线应具有如下功能。

1) 为线路的感应电流和特殊故障下的短路电流提供良好的入地通路。

2) 实时监测及显示接地线电流值。

3) 防止接地瞬间产生电弧以免灼伤导线。

2. 参数与技术要求

为了确保地线搭接可靠，可以通过流过地线上的电流进行评估，由于地线上的电流变化范围

广,因而测量精度优于0.1 mA,当流过接地线的电流大于0.4 mA时进行报警。接地线测量的电流可以通过无线发射装置将电流值传到指定的远端接收机上,数据同步,并可以液晶显示,另外远端接收机具备记忆存储功能。通过仿真计算和实测,流过特高压接地线的电流均不超过100 A,因而测量装置的最大量程选为100 A,接地线路的绝缘外皮耐压:3 kV/5 min 接地线的外表层要求透明,是为了观察导线是否断开,同时起到防磨损内线的作用,没有绝缘的要求。

3. 技术方案及产品研制

该装置由铜鼻子、接地导线、电流分接头、消弧开关、分支接地导线和接收器组成,如图2所示。电流分接头安装在接地导线上,整体绝缘,具有分支电流功能、电流实时监测、设定报警值、超限报警、无线发射电流值功能;消弧开关的两端分别引出两根分支接地线,具有机械储能,手动和电动分合闸功能;分支接地线连接在电流分接头上,具有与接地导线同等的电流导通能力;接收器独立放在操作人员手中,具有接收无线信号、电流实时显示、设定报警值、超限报警功能。

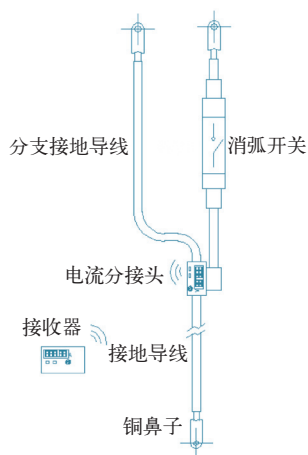


图2 带有消弧和接地电流监测的智能接地线

4. 装置的试验与现场应用

上述接地装置主要包含两大功能。

1) 进行临时接地瞬间可通过消弧装置将电弧转移,并起到灭弧作业,保证电力线路及人员不受电弧的伤害。

2) 保证停电线路、接地装置及接地体之间的良好连接,确保停电线路可靠接地。

消弧接地装置的连接方法如图3所示。

该消弧装置的挂接及使用步骤如下。

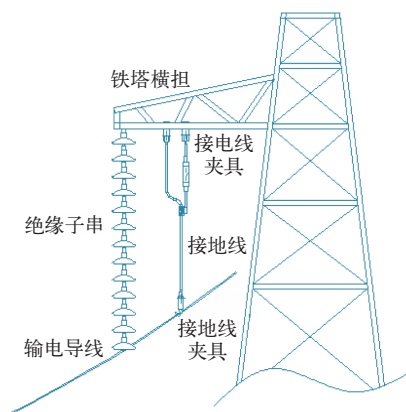


图3 接地线的现场与应用

1) 将消弧开关处于断开状态,将接地端夹具与杆塔保持良好连接。

2) 通过绝缘绳等辅助工具将通道1导线连接端夹具与导线可靠连接。

3) 操作消弧开关使其闭合,确保回路处于连通状态且完成消弧。

4) 通过绝缘绳等辅助工具将通道2导线连接端夹具与导线可靠连接。

5) 通过绝缘绳等辅助工具拆除通道1导线连接端。

上述步骤即完成临时消弧接地装置的挂接,可开展相应的检修工作。检修工作完成后,按照相反的操作步骤流程拆除临时消弧接地装置即可。

结束语

利用仿真计算的方法分析特高压同塔双回路带电线在停电线路上产生的感应电压和电流的特性,并针对高幅值感应电压和电流的导线挂接和解开接地线过程中存在的高能量电弧对导线和人员安全的影响,研制了一款具有消弧和电流无线测量的智能接地线。主要得到以下结论。

1) 特高压同塔双回路带电线在停运线路两端不接地时最大感应电压均大于55 kV,在一端接地时,最大感应电压均大于3.6 kV;在两端接地时的感应电压也大于0.9 kV,因而在特高压线路上检修时要做好感应电压防护措施,确保人员安全。

2) 研制的带电消弧和无线电流监测的智能化接地,能有效消除电弧并且对接地线的运行状态进行监测,确保接地处于良好接地状态,确保人员和设备安全。EA

(收稿日期:2017.08.07)

(编辑:刘群焱)