

降低杆塔冲击接地阻抗方法

蒋平¹, 杨琳²

(1. 四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 四川电力科学研究院, 四川 成都 610072)

摘要:降低杆塔接地电阻是减小输电线路雷击事故的重要措施, 分析了接地装置冲击散流特性, 介绍了接地装置冲击接地阻抗各种表示方式及其物理定义及输电线路杆塔接地装置降阻改造方法及建议。

关键词:杆塔接地; 冲击接地电阻; 降阻

Abstract: Reducing the tower impulse grounding resistance is an important way to decrease the transmission line failures caused by lightning stroke. The definition and expression formula of tower impulse grounding resistance are introduced, and the impulse characteristics of grounding device are analyzed. Furthermore, several methods and suggestions for reducing tower impulse grounding resistance are presented.

Key words: tower grounding; impulse grounding resistance; reducing resistance

中图分类号: TM864 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)03-0061-03

0 引言

据统计, 中国跳闸率较高地区的高压线路运行总跳闸次数中因雷击引起的事故次数占 40%~70%, 这一现象在多雷、土壤电阻率高等区域尤为显著。雷击输电线路杆塔或接地线时, 杆塔接地体承担着快速泄散雷电流, 限制塔顶电位, 防止绝缘子反击引起线路跳闸的重要使命。因此, 降低杆塔接地装置的冲击接地电阻是降低输电线路雷击故障的重要途径。

现有输电线路杆塔接地装置运行检修多以测量接地电阻为主, 若接地电阻不合格再进行增加埋设接地导体或采用相应降阻措施。但接地装置冲击特性与工频情况下有较大不同, 若将降低冲击接地电阻简单与降低工频接地电阻方法等同, 往往在工程实施中, 事倍功半。下面介绍接地装置冲击接地电阻各种表示方式及其物理定义, 分析了接地装置冲击散流特性。根据其冲击特性详细介绍了输电线路杆塔接地装置降阻改造方法及注意事项, 可为现场设计、施工人员提供参考。

1 接地装置冲击接地电阻

1.1 冲击接地电阻定义及表示方法

工频故障电流经接地装置向大地散流时, 接地装

置尺寸大一般远小于 50 Hz 工频电流波长 (6 000 km), 整个散流过程可视为似稳电流场处理, 因此, 工频接地电阻一般表示为

$$R = V / I \quad (1)$$

式中, I 为经接地装置向大地泄散的工频电流; V 为因电流 I 在接地装置上产生的相对于无穷远 (电位零点) 处电位升。然而, 这一定义却并不适用于冲击接地电阻。这是因为雷电流为暂态电流波, 如图 1 所示。其中一次雷击电流幅值约为数十 kA, 波头时间约为 8 μ s 等值频率分量在 1 MHz 以内; 持续雷击电流幅值约为数 kA, 波头时间为 0.8 μ s 其等值频率分量在 10 MHz 以内^[1]。因此, 接地体泄散雷电流时, 散流过程只能按时变电流场进行分析。

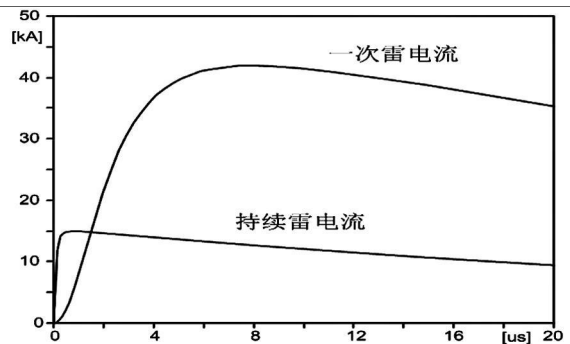


图 1 雷电流波形图

实验室及现场试验表明, 冲击电流经接地装置向大地散流时, 接地装置上电压、电流峰值 (V_p , I_p) 并不

出现在同一时刻,如图 2 所示。

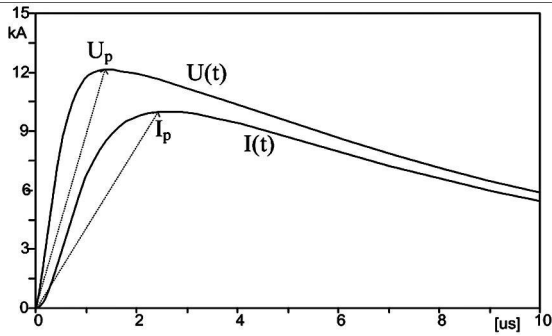


图 2 冲击电流在接地装置上的电压电流

冲击接地电阻共有三种表示方法,其中《DL/T621-1997 交流电气装置的接地》中将冲击接地电阻定义为

$$R = V_p / I_p \quad (2)$$

这一定义并没有实际的物理意义,但它直接表征了冲击电流作用于接地装置时,电流注入点的最大暂态电位升,在工程应用中具有较强的实用价值。

第二种方法将冲击接地电阻表示为动态时变电阻,如式(3)所示。

$$R(t) = V(t) / I(t) \quad (3)$$

该方法有效地表征了接地装置冲击电流作用时,接地装置动态时变特性,但仍没有实际的物理意义。

第三种方法将接地装置上时域电压、电流波形傅里叶变换至频域后,于频域内求取谐波阻抗。

$$Z(k\omega) = U(k\omega) / I(k\omega) \quad (4)$$

谐波阻抗从电磁物理上有效的表征了冲击电流在接地装置上的波过程,但不能反映土壤电离作用^[2]。

1.2 接地装置冲击特性

接地装置冲击电流激励时,其冲击特性受作用于接地体上冲击电流波形、幅值、接地装置形状、尺寸大小、土壤结构及电磁特性等因素影响。主要表现为高幅值电流经接地体散流时,接地体周围土壤电场强度 $E = J\rho$ 将超过土壤临界击穿值,土壤将发生火花放电。此外,冲击电流、电压波在接地体上传播时,接地装置可视为有损传输线,因此,其波的传播过程时一个逐渐衰减的过程,其衰减程度随激励源频率及土壤电导率增加而增加^[3]。

2 降低冲击接地电阻方法

降低杆塔冲击接地电阻主要是增加接地装置泄

散雷电流的通道及接地导体利用效率。

2.1 选择合适的接地体形状及尺寸

传统降低冲击接地电阻的主要方法是增加埋设接地导体数量或长度。就单根水平接地体而言,该方法可有效降低工频接地电阻,但当导体长度增长到一定值后(这一长度为接地体冲击有效长度),随着接地体长度的增加,其工频接地电阻仍持续降低,而冲击接地电阻则维持为一恒定值而不再继续降低,如图 3 所示。

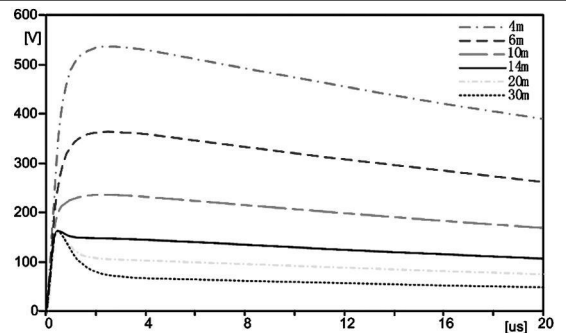


图 3 水平接地体冲击有效散流长度

单根水平接地体单端注入雷电流时,接地体有效长度可按式(5)计算^[5]。

$$l = \frac{6.528(\rho T)^{0.379}}{I_0^{0.097}} \quad (5)$$

式中, ρ 为土壤电阻率; T 为冲击波头时间; I_0 为冲击电流幅值。在进行接地装置形状设计或改造时,接地导体长度不应大于冲击有效长度。此外,接地导体布置形状对冲击电流散流效果也有一定影响,导体布置越密集,由于屏蔽效应的影响,导体利用率越低。常见接地装置布置形状及其利用系统参见文献[4]。

在接地装置泄散雷电流过程中,由于雷电流值极高,将在接地导体周围产生极强电场,当这一电场强度超过土壤耐电击穿场强时,接地体周围土壤将产生火花击穿放电,这一过程有利于增加雷电流散流通道,对降低冲击接地电阻的有利作用。图 4 为日本常用的增加土壤火花放电通道的针刺型接地装置结构。

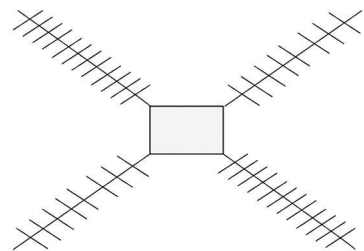


图 4 日本常用带针刺接地极杆塔接地装置

2.2 采用合适的降阻措施

在一些土壤电阻率极高的地区,采用增加埋设接地体的方法已无法显著降低接地电阻,则可采用以下几种方法进行降阻。

2.2.1 添加降阻剂

降阻剂具有电阻率低、扩散和渗透性强的特点,施工时,采用降阻剂替换接地体周围土壤。接地体周围施加降阻剂后,相当于扩大了接地体的有效散流面积,同时消除了接地体与土壤的接触电阻,从而达到降低接地电阻效果。文献 [6] 采用等比例缩小模型试验对接地体添加降阻剂与否情况下进行了冲击试验,试验结果表明:降阻剂对降低接地体冲击接地电阻效果明显,土壤电阻率越高,降阻效果越好。

选择降阻剂时应注意以下问题:

- ①降阻剂本身电阻率要小;
- ②降阻剂对接地导体腐蚀要小;
- ③降阻剂应具有稳定性及长效性;
- ④降阻剂应无污染,无毒性;

⑤施工时,降阻剂应均匀施加,且须保证一定埋深,回填时采用细土夯实,否则将引起接地导体腐蚀的现象。

2.2.2 外引接地

当接地装置地处土壤电阻率很高,其周围或地下深层有较低土壤电阻率的地质结构,可采用深井式接地极或外引接地进行降阻。采用深井式接地极可结合使用降阻剂方法进行降阻,如采用爆破制裂、压力灌降阻剂的方法进行降阻。该方法适合地下深层有金属矿藏或地下水丰富的地区,采用该方法做成的立体结构地网,接地电阻稳定,不受土壤干湿度影响,可取得理想的降阻效果。但该方法投资巨大,且在使用时应注意测量当地土壤结构及土壤电阻率,详细计算后再进行实施。

2.2.3 接地模块的使用

接地模块是采用低电阻率的材料做成模块同接地体连接后埋入土壤中,其作用就是扩大接地体与土壤的有效接触面积。一些接地模块外表结构中有很多空隙,其内部还有供带电离子扩散的通道,相当于让模块与土壤接触更紧密,消除接触电阻并为电流提供可靠的散流通道。

由于接地模块不像降阻剂那样具有渗透和扩散作用,不能改善导体周围的土壤电阻率,其降阻作用受到一定局限。此外,在输电线路杆塔接地装置主要

以泄散雷电流为主,接地模块仍做了雷电通流量测试,其雷电流作用下散流效果及特性还应进一步研究探讨。

3 结 论

降低冲击接地电阻应以增加接地装置散流通道及提高接地导体利用率为主。

接地装置布置形状及尺寸将直接影响接地导体利用率,针对具体环境,具体要求选取合适的布置形状及尺寸将使接地装置设计及改造达到事半功倍的效果。

在接地装置降阻工程实施过程中,应注意施工细节,切勿盲目相信、依赖新技术,新原理。每一种降阻材料、方法都有其不同的特点及优缺点,在使有过程中应结合实地情况,认真分析经济、技术比较,从而正确、合理的使用降阻材料、方法,从而达到理想的降阻效果。

参考文献

- [1] Leonid Greev Impulse Efficiency of Ground Electrodes IEEE Trans on power delivery [J]. 2009, 24(1): 441—451.
- [2] 杨琳, 李建明. 冲击接地电阻测量装置的研制 [J]. 电力系统自动化, 2008, 32(11): 93—96.
- [3] 杨琳, 田晓菲, 李建明. 接地装置暂态特性分析 [J]. 四川电力技术, 2010, 33(3): 1—3.
- [4] 何金良, 曾嵘. 电力系统接地技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] Jinliang He Yanqing Gao Rong Zeng et al Effective Length of Counterpoise Wire Under Lightning Current IEEE Trans on power delivery [J]. 2005, 20(2): 1585—1591.
- [6] Youping Tu Jingliang He Rong Zeng Lightning Impulse Performances of Grounding Devices Covered With Low-Resistivity Materials [J]. IEEE Tans on Power Delivery, 2006, 21(3): 1706—1713.
- [7] 郑瑞臣, 李景禄. 关于接地降阻材料的应用研究 [J]. 电瓷避雷器, 2005(5): 43—46.
- [8] 李景禄. 关于接地工程中降阻剂性能的探讨 [J]. 供用电, 2003, 20(1): 35—37.

作者简介:

蒋平 (1977), 男, 工程师, 电力系统及其自动化专业, 现主要从事生产技术管理工作。

(收稿日期: 2011—01—20)