

# 500kV 超高压输电线路雷击跳闸故障分析

张建锋

(江苏省电力公司检修分公司南京检修分部, 江苏 南京 210041)

**摘 要:** 研究了一起 500kV 杆塔的雷击事故, 通过杆塔分析, 确定了几个影响杆塔雷击跳闸率不得因素。由分析表明, 线路雷击跳闸率随接地电阻、杆塔高度、保护角的增大而增大。

**关键词:** 输电线路; 超高压; 接地电阻; 保护角; 杆塔高度; 雷击跳闸

## 0 引言

随着国民经济的发展与电力需求的不断增长, 电力生产的安全问题也越来越突出。对于送电线路来讲, 雷击跳闸一直时影响高压送电线路供电可靠性的重要因素。由于大气雷电活动的随机性和复杂性, 目前世界上对输电线路雷害的认识研究还有诸多未知的成分, 而输电线路分布极广, 所处环境较为恶劣, 更容易遭受雷击。

## 1 500kV 超高压线路雷击故障统计分析

2005 年至 2011 年 11 月各类跳闸统计见表 1。

表 1 2005 年至 2011 年 11 月各类跳闸统计

序号	线路名称	跳砸次数	跳闸原因	所占比例/%
1	汉桥 5296 线	2	雷击	75
2	汉东 5295 线	1	雷击	
3	龙东 5261 线	2	雷击	
4	当惠 5907 线	1	雷击	25
5	汉桥 5296 线	2	雾闪	

本文拟通过对汉桥 5296 线 142#雷击跳闸情况的计算分析, 提出对 500kV 超高压线路耐雷水平的建议。

## 2 雷击故障情况

2011 年 8 月 13 日 13: 58:, 500kV 汉桥 5296 线线路跳闸, A 相接地故障, 重合成功。测距为距东善桥侧 16.7km, 距三汉湾侧 56.2km。

14 日上午, 省检南京分部组织人员对 130#—150#重点测距杆段进行登塔检查, 发现 142#塔中相(A 相)均压环、导线有雷击放电痕迹。见图 1、2。故障现象和区段与保护动作情况相符, 判定该处为故障点。



图 1 A 相导线放电痕迹照片



图 2 A 相绝缘子招弧角放电痕迹

## 3 雷击杆塔基本信息

汉桥 5296 线于 2005 年 6 月投运, 雷击故障塔 142#, 同杆双回, A/中相, 接地电阻  $1.5\Omega$ , 杆塔呼称高 57 m, 杆塔全高 85.5m, 雷击类型为绕击, 周围地形为平原。

## 4 故障杆塔耐雷水平及雷击跳闸率计算

参照《高电压工程》提供的计算方法对汉桥 5296 线 142#塔的耐雷水平及雷击跳闸率进行计算如下:

#### 4.1 杆塔单线图及基本数据

杆塔单线图见图3。查阅线路设计资料知：杆塔设计水平档距为382m，跳闸时气温（28℃）下对应的地线弧垂为7.3m，导线弧垂8.46m。

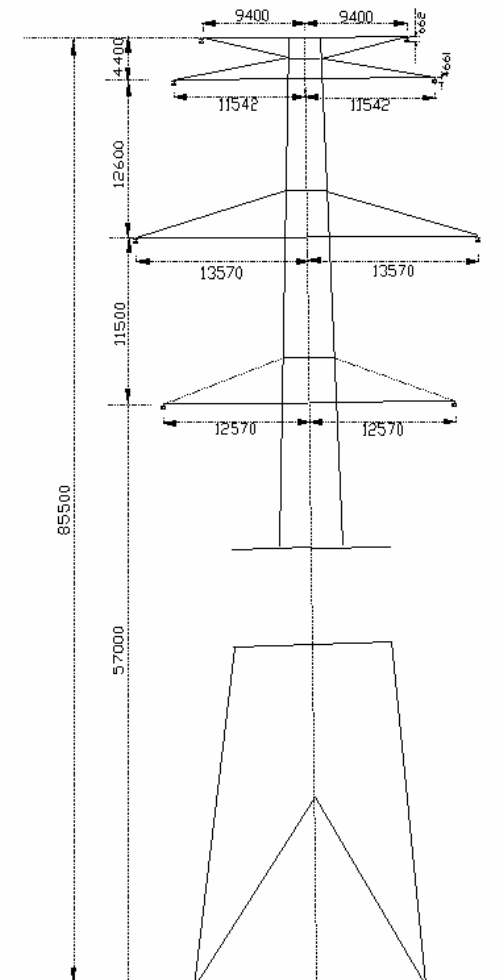


图3 故障杆塔单线图

#### 4.2 计算过程

(1) 避雷线与故障相导线的平均高度

避雷线： $h_g = 84.838 - 2/3 \times 7.3 = 79.971\text{m}$

故障相导线： $h_c = 76.439 - 2/3 \times 8.46 = 70.799\text{m}$

(2) 地线对故障相导线的几何耦合系数：

$$k_0 = \frac{\ln \frac{d_{13'}}{d_{13}} + \ln \frac{d_{23'}}{d_{23}}}{\ln \frac{2h_g}{r_1} + \ln \frac{d_{12'}}{d_{12}}}$$

其中： $r_1$  为地线半径；

$d_{13}$ 、 $d_{13'}$ 、 $d_{12}$ 、 $d_{12'}$ 、 $d_{23}$ 、 $d_{23'}$  为两电线

和故障相导线及其镜像间距离。

代入数据得  $k_0 = 0.251$ 。

(3) 电晕下耦合系数：

$$k = k_1 k_0$$

查阅《高电压工程》中表7-1得， $k_1 = 1.28$

代入数据得  $k = k_1 k_0 = 0.321$

(4) 杆塔电感：

$L_t = \mu H$ ， $\mu$  取 0.5 H 为杆塔高度。

得  $L_t = 42.75 \mu H$

(5) 雷击杆塔时的耐雷水平：

$$I_1 = \frac{U_{50\%}}{(1-k)\beta R_i + \left(\frac{h_a}{h_t} - k\right)\beta \frac{L_t}{2.6} + \left(1 - \frac{h_g}{h_c} k_0\right) \frac{h_c}{2.6}}$$

其中： $U_{50\%}$  为 50% 冲击放电电压，取 2138kV；

$h_a$ 、 $h_t$  为杆塔呼程高 57m 和全高 85.5m；

$R_i$  为杆塔接地电阻取值为 1.5；

$k$  由上计算得为 0.321；

$\beta$  为雷击杆塔分流系数，查阅《高电压工程》表 9-1， $\beta$  取值为 0.85。

代入数据得： $I_1 = 86.1\text{kA}$

(6) 雷电流超过  $I_1$  的概率：

$$\lg P_1 = -\frac{I}{88} \quad \text{得 } P_1 = 10.52\%$$

(7) 雷绕击导线时的耐雷水平：

$$I_2 = \frac{U_{50\%}}{100} = 21.38\text{kA}$$

(8) 雷电流超过  $I_2$  的概率：

$P_2 = 57.15\%$

(9) 绕击率:

汉桥 5296 线 142#杆塔处于平原地区:

$$\lg P_a = \frac{\alpha \sqrt{h_t}}{86} - 3.9$$

其中:  $\alpha$  为地线对故障相的保护角, 经计算为  $10.5^\circ$ ;

代入数据得:  $P_a=0.17\%$

(10) 年均 40 个雷暴日, 每 100km 线路的雷击次数

$$N_L=0.28(b+4h_g)$$

其中:  $b$  为两地线间距离;

$$N_L=94.832;$$

(11) 汉桥 5296 线 142#杆塔的雷击跳闸率为:

$$N=N_L\eta(gP_1+P_aP_2)$$

其中:  $g$  为击杆率, 查《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 表 C4 知双地线平原地区  $g=1/6$ ;

$\eta$  为建弧率: 查《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997) 表 C12 知  $\eta=1.0$ 。

代入数据得:  $N=1.7548$  次/(100km·40 雷电日)

## 5 雷击杆塔跳闸原因分析及建议

由运行经验及雷击跳闸率公式可以看出, 影响雷击跳闸率的因素为保护角、杆塔称呼高及全高、接地电阻。

(1) **保护角**。杆塔上地线对边导线的保护角, 500kV 输电线路宜采用  $10^\circ\sim 15^\circ$ , 如图 5 所示。南京市所辖 500kV 线路除了当泉 5917 线、当惠 5907 线皆采用零保护角或负保护角, 由以上公式可以得知减小保护角能有效减少绕击的暴露弧段, 从而降低雷击跳闸率, 采用双地线的目的也主要是为了获得小的保护角, 但即使是负保护角, 也难免出现雷绕击导线的情况。

建议: 减小杆塔的保护角。

(2) **接地电阻**。由上述公式可以看出, 接地电阻值的大小影响杆塔的耐雷水平, 由运行经验得知, 500kV 杆塔的接地电阻基本在 0.5 欧姆左右,

汉桥 5296 线 142#的接地电阻为 1.5 欧姆, 虽然满足要求, 但在一定程度上也增加了雷击跳闸率。此外, 该故障杆塔测得的电阻值是在雷雨过后, 土壤较湿, 电阻值较干燥时低。

建议: 采取降低接地电阻的措施, 例如添加土壤降阻剂等。

(3) **杆塔高度**。在计算中发现, 杆塔高度对雷击跳闸率影响较大, 尤其是在年均 40 个雷暴日, 每 100km 线路的雷击次数  $N_L=0.28(b+4h_g)$ 。

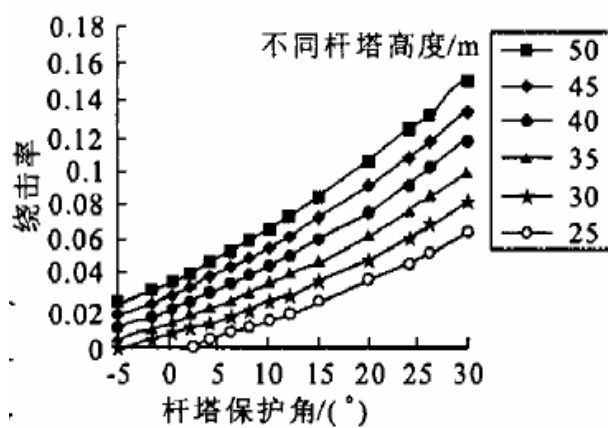


图 5 摘自刘家芳、许飞的《超高压输电线路雷击跳闸典型故障分析》

建议: 在不影响线路安全运行、对地距离、临界场强等情况下, 选择合适的杆塔高度。用分裂导线、提高线路绝缘水平也可在一定程度上防雷。

## 6 结束语

雷击现象是个随机事件, 现在能做到的仅仅是降低雷击跳闸率而不能完全杜绝, 所以防雷将会是一件长期的工作。本文通过对汉桥 5296 线 142#雷击故障杆塔的分析并结合运行经验, 指明几点影响雷击跳闸率的因素, 并提出相应的建议, 希望能在以后的工作中起到积极的作用。

### 参考文献:

- [1] DL/T620-1997, 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合 [S].
- [2] 杜润春. 高压输电线路防雷保护的若干问题 [J]. 电力设备, 2001 (1): 40-44.
- [3] 邱毓昌, 施围, 张文元. 高电压工程 [M]. 西安: 西安

交通大学出版社, 1995.

[4] 刘家芳, 许飞.超高压输电线路雷击跳闸典型故障分析

[J].高电压技术, 2006, 32(4): 114-115.

[5] 江苏省电力公司.关于提高输变电设备防雷性能措施的

通知(苏电生[2005]1475号)[Z]. 2005.

---

**作者简介:**

张建锋(1985—),男,江苏南京人,助理工程师,从事 220kV  
及以上输电线路检修工作。