

# 采用独立地网的变电站二次系统防雷测试分析

郭强<sup>1</sup>, 李建明<sup>2</sup>, 田志岗<sup>1</sup>, 周文乐<sup>3</sup>

(1. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039; 2. 四川电力科学研究院, 四川 成都 610072;  
3. 沙湾供电局, 四川 乐山 614900)

**摘要:**针对采用独立地网的变电站二次系统,分析了雷电波侵入的途径,并简要分析了其损害机理。针对雷电波不同途径侵入二次设备的情形,以实际变电站为对象进行现场试验,模拟雷电波入侵时的情形,测得每种情况下各接地体的冲击电位升,并计算电位差。最后根据实测数据和计算结果,分析该站二次系统防雷接地存在的一些问题,并提出整改建议。

**关键词:**独立地网; 二次系统; 防雷接地; 反击

**Abstract:** Aiming at the secondary system in the substation with independent ground grid, the ways of lightning surge on incoming services are analyzed, and the damage mechanism is also briefly analyzed. According to the different ways of lightning surge invading secondary equipment, the field test is carried out taking an actual substation as the object, and the impulse potential rise in each case is measured and the potential difference is calculated. Finally, according to the measured data and the calculated results, some problems existing in the lightning protection ground of secondary system in such substation are analyzed, and the rectification suggestions are proposed.

**Key words:** independent ground grid; secondary system; lightning protection ground; counterattack

中图分类号: TM835 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)02-0049-03

## 0 引言

随着变电站智能化程度和电压等级的日益提高,投入了更多的二次设备对一次设备进行精确监控和保护<sup>[1]</sup>。在这些电子或微电子设备带来方便的同时,其耐压水平低也给变电站智能化带来了新的问题,尤其是当雷击变电站时,雷电流被引入地网散流,引起地网的电位升高从而对二次设备造成干扰甚至反击。近年来,因雷击造成变电站二次系统微机保护误动、监控装置死机甚至烧坏的事故时有发生,严重影响了变电站的正常运行<sup>[2]</sup>。由于国内大部分变电站全站设备共用一个接地网,变电站接地网的技术规范 DL/T 621-1997《交流电气装置的接地》也规定厂(站)共用一个主接地网,所以国内大部分针对变电站二次系统防雷保护的研究都是基于一、二次系统共用一个接地网的模型<sup>[3-8]</sup>。但随着特高压、大容量、远距离、多回路输电的增多,发生雷击、大电流接地等冲击事件相应增加,增大了变电站主地网的电位波动,有些精密二次系统则采用独立地网以隔离一次地

网的干扰影响。目前,针对采用独立地网的二次系统防雷保护研究相对较少,而采用独立地网的二次系统并不意味着就彻底安全,从实际运行经验来看,依然会出现设备被击坏甚至烧毁的事故,不得不引起重视。

下面分析了采用独立地网的二次系统遭受雷击的几种典型情况,并通过采用模拟雷电流波形的现场测试,测得独立地网的电位升及电位差,给采用独立地网的变电站二次系统防雷保护提供参考。

## 1 雷电侵入二次系统的途径

尽管采用独立地网能有效隔离雷电波的直接侵入,但并不等于二次系统就绝对安全。由于二次系统处于变电站复杂电磁环境中,通过电磁耦合、感应以及站内金属导体的传导,雷电波主要通过以下途径侵入监控系统。

### 1.1 低压电源传导

由于二次系统使用站内低压电源,而低压电源来自远端高压线路经变压器变换成二次设备所需电压。

当雷击高压线路或低压线路接地装置时,雷电波会通过低压电源传导到二次设备。雷电波经低压电源传导进而干扰二次系统,是最常见的干扰类型,往往造成二次系统电源模块损坏<sup>[9-10]</sup>。如图1所示,图中点A、B、C分别为雷击高、低压线路及低压线路接地装置时的情形。

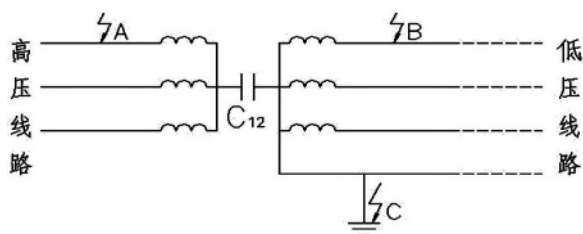


图1 雷电波经低压电源传导示意图

当雷击高压线路时,如图1中点A所示,雷电波经变压器绕组间的互电容 $C_{12}$ 耦合到低压线路,再传导到二次系统的电源模块。当雷击低压线路或低压线路接地体时,如图1中点B、C所示,雷电波直接通过线路侵入低压电源。

### 1.2 主接地网干扰

变电站主地网和独立地网均埋设在站内复杂土壤和电磁环境中,相互间距小,存在不可忽略的耦合关系,如图2所示。变电站内避雷针、避雷器及一次设备都与主地网用接地扁钢作电气连接,当雷击变电站内避雷针或避雷器时,雷电流会通过站内主接地网向大地散流,引起主地网的电位升,并在独立地网上引起一定量的电位升,如电位升超过二次设备的耐压极限,将导致对二次系统的反击。如果变电站有独立敷设接地体的避雷针,当其遭受雷击时,雷电流通过接地体依然会耦合到独立地网中。

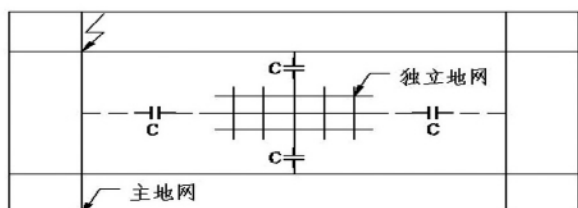


图2 主接地网对独立地网干扰示意图

### 1.3 独立地网传导

当雷击独立地网或与独立地网相连的金属管道等导体时,雷电流在独立地网上散流会引起电位升,当电位足够高时,就会反击二次设备。二次设备接地方式一般采用浮点接地,能有效降低地电位升产生的影响。

## 2 地电位干扰测量分析

### 2.1 测量回路及方法

本次现场测试选取位于多雷区的某110 kV变电站为测试对象,该站位于生产厂区内,附近敷设有大型复杂金属管道等易引雷装置,从该站近几年运行记录反映出多次出现在雷雨后天二次设备出现故障甚至烧坏事故。而该站主接地网接地电阻在雨季测试时基本符合 $0.5 \Omega$ 的标准,初步认为事故是雷击造成对二次设备的反击所致。

以站内避雷针接地体为冲击电流注入点,与打在距离变电站3倍于主地网对角线长度、0.7 m深的接地角钢用电力电缆连接,构成电流回路。用冲击电流发生器对主地网注入冲击电流,其波形接近标准雷电流(2.6/50  $\mu$ s),用以模拟雷击避雷针时主地网发生冲击电位升并影响二次系统的情形。在安放二次系统柜体的主控室分别测量主接地网接地母排、独立地网接地端子及低压电源中性点三者冲击电流作用下,相对避雷针接地体的电位,并折算到5/10 kA冲击电流作用下产生的电位升,以及计算它们之间的电位差。

### 2.2 数据计算分析

为避免对运行中的变电站设备产生干扰影响,冲击电流发生器的放电电压设置为500 V,测得低压电源中性点、主接地网及独立地网三者电位升如表1所示。其中,各实测数据均为多次测量所取的平均值。

表1 中性点、主地网及独立地网电位升

电位测试点	电位 /V	电流 /A	折算后的电位 /V	
			5 kA	10 kA
中性点	21.24	3.486	30 464.7	60 929.4
主地网	23.63	3.501	33 747.5	67 495.0
独立地网	23.08	3.494	33 026.9	66 053.8

由表1可以看出,三点均产生一定的电位升,当其中两点之间电位差大到一定程度时,便会击穿二次设备内的绝缘或电容等装置。由表1计算数据计算三点中两两之间的电位差,如表2所示。

表2 三点中两两之间的电位差

电位点	5 kA 时电位差 /V	10 kA 时电位差 /V
独立地网主地网	720.6	1 441.2
独立地网中性点	2 562.2	5 124.4
主地网中性点	3 282.8	6 565.6

由表2计算结果可知,当雷击变电站内避雷针或

其他与主地网相连的设备时,低压电源中性点与主地网、低压电源中性点与独立地网之间电位差较大(大于2 kV),应引起运行人员的注意并采取相应措施,避免二次设备遭受反击。

### 3 低压电源干扰测量分析

#### 3.1 测量方法

以低压电源中性点为电流注入点,与打在距离变电站3倍于主地网对角线长度、0.7 m深的接地角钢用电力电缆连接,构成电流回路。以低压电源中性点为电位参考点,分别测量主地网与独立地网产生的电位,并折算到5/10 kA时计算两者的电位差。

#### 3.2 数据计算分析

独立地网与主地网产生的电位如表3所示(各实测数据均为多次测量求取的平均值)。独立地网与主地网之间电位差计算结果如表4所示。

表3 独立地网与主地网的电位升

电位测试点	电位 /V	电流 /A	折算后的电位 /V	
			5 kA	10 kA
独立地网	30.47	3.486	43 703.4	87 406.8
主地网	27.48	3.492	39 347.1	78 694.2

表4 独立地网与主地网间的电位差

电位点	5 kA时电位差 /V	10 kA时电位差 /V
独立地网主地网	4 356.3	8 712.6

由表4计算结果可知,当雷电波从低压电源侵入时,变电站主地网与独立地网间的电位差大于2 kV,必须引起足够的重视,采取必要的措施。

### 4 结 论

(1) 以冲击电流模拟雷电流沿雷电流入侵途径注入,可测得接地系统中主地网、独立地网及低压电源中性点电位,并能方便地计算出三者两两之间电位差,此试验方法能有效反映出二次系统是否容易遭受反击,有助于评估和检验带有独立地网的变电站二次系统的防雷特性。

(2) 通过理论分析、现场试验及数据计算可知,

该变电站二次系统在遭受雷击的情况下,接地系统存在不可忽略的电位差,严重时可能会造成对二次设备的反击,必须引起足够的重视和采取必要的措施,如装设电涌保护器等。

(3) 鉴于在雷击情况下,安放二次系统的主控室或保护室接地系统中各接地点间存在超出安全范围的电位差,应尽可能降低主地网、独立地网的接地电阻,提高其散流能力,并优化接地网在站内的分布。

#### 参考文献

- [1] 李宏博,李卫国,吴雄,等.基于ATP的超高压变电站二次设备防雷保护的仿真[J].电力自动化设备,2009,29(5):142-144.
- [2] 陶蓉,李景禄,李超,等.雷击变电站地网引起的地电位干扰及防护措施研究[J].电瓷避雷器,2008,221(1):40-41.
- [3] 李建胜,邝立新,宋志国,等.雷电波侵入低压电源引起冲击电压的仿真研究[J].电网技术,2007,31(16):26-29.
- [4] 唐宝锋,范辉,贺春光,等.二次系统等电位接地网的敷设[J].电力系统保护与控制,2009,37(14):112-115.
- [5] 李汉明,陈维江,张翠霞,等.多雷地区110 kV和220 kV敞开式变电所的雷电侵入波保护[J].电网技术,2002,26(8):39-43.
- [6] 陈贤彬,明哲.变电站二次系统防雷保护初探[J].广东电力,2004,17(5):15-18.
- [7] 李宾皓.电力系统二次设备的接地和接地铜排的敷设[J].华东电力,2005,33(9):60-63.
- [8] 陈卫.弱电系统雷电及过电压防护探讨[J].冶金动力,2005,15(3):19-22.
- [9] 仇炜,李景禄,马超,等.变电站二次系统防雷措施的探讨[J].电瓷避雷器,2009,228(2):28-29.
- [10] 吴将,李卫国,马继先,等.500 kV变电站二次设备雷击暂态过电压仿真研究[J].电瓷避雷器,2009,232(6):23-25.

作者简介:

郭强(1985),男,硕士研究生,研究方向为电力系统防雷与接地技术;

李建明(1952),男,教授级高工,主要研究方向为高压试验技术、电力系统接地技术。

(收稿日期:2012-02-29)