

二次防雷技术在贵州电网公司 贵阳市南供电局变电站的实际运用

唐勇、张馗、谭笑

贵州电网公司贵阳市南供电局（贵阳 550002）

THE APPLICATION OF THE LIGHTNING PROTECTION TECHNOLOGY FOR SECONDARY SYSTEM IN SUBSTATIONS OF THE SOUTH POWER SUPPLY BUREAU OF GUIYANG OF GUIZHOU POWER GRID CORPORATION

TangYong ZhangKui TanXiao

The South Power Supply Bureau of Guiyang of Guizhou Power Grid Corporation

ABSTRACT: This paper describes the danger of lightning strike to the secondary equipment of transformer substation, and the relevant knowledge of lightning protection for weak current system. And it also introduces the application of this technology in 220kV ZhuDong、110kV YanCheng and ChangShun substations of the South Power Supply Bureau of Guiyang City.

Key Words: Lightning strike Electromagnetic disturbance Lightning protection for secondary equipment Protection

摘要 本文简述了雷电对变电所二次设备的危害,以及二次防雷技术的相关知识,并就其在贵阳市南供电局 220kV 筑东变、110kV 岩城变、110kV 长顺变等的运用进行了介绍。

关键词 雷击、电磁骚扰、二次防雷、防护

1. 引言

作为一种自然现象,雷电闪击普遍存在,雷电引起的大气过电压将会对电气设备和变电站的建筑物产生严重的危害,因此,在变电所和高/低压输电线路中,必须采取有效的防雷措施,以保证电气设备的安全

随着现代科学技术的发展,电力网容量的增大,电压等级的提高,综合自动化技术的得到了广泛的推广运用,微机保护装置已基本取代了原用的电磁型保护,但由于一些电子设备工作电压仅几伏,传递信息电流也很小,对外界的干扰极其敏感,使安装在弱电系统中的设备,所以当其外部受到雷击时,容易引起设备频繁告警,甚至造成设备损坏。

在电力系统中,对于强电设备的防雷措施比较完善,经验也比较丰富,但是对于弱电设备(如通讯设备、自动化设备、计算机及网络设备、弱电电源设备等)的防雷却显得很薄弱,每年各种弱电设

备因雷击而遭受破坏的事例屡见不鲜。随着电力系统现代化、信息化进程的发展,弱电系统在整个电力系统中已占据举足轻重的地位,如何保护弱电系统免遭损害也越来越引起了各方面的高度重视,本文就此作一初步的探讨。

1.1 贵州电网公司所辖变电站二次防雷概况

在 2001 年前,贵州电网公司所辖变电站因综合自动化水平较低,普遍缺乏专门的二次防雷设施。

2001 年后,随着以 220kV 筑东变为代表的一批综合自动化变电站的逐步投运,雷电对二次弱电设备的影响逐渐引起了系统各单位的注意。

贵州因其处于山区,属于雷击多发地区,雷击造成的损坏就更显得突出。

据不完全统计,在综自改造后,贵阳市南供电局所辖变电站多次发生因雷击造成的设备告警缺陷、插件损坏和通讯接口损坏,直接影响了变电站二次设备的安全稳定运行。

1.2 论文的研究意义、内容和方法

1.2.1 意义

作为“西电东送”的主战场,贵州电网的运行状况直接影响到贵州经济发展和中央西部大开发战略决策的贯彻执行。

西部大开发为贵州电网的改造和建设提供了难得的机遇,通过努力,贵州各个电压层次的电网,都较之过去更加坚强可靠。

近年来,随着综合自动化技术的普及,二次设备如保护设备、通讯设备、直流设备大量使用微电子元件和网络技术,这些元件易受雷电的干扰和破坏。

为减轻或消除雷电产生的危害,保证变电所设备的正常运行,就有必要对变电所采取防雷的有关技术安全措施。

研究和探讨符合贵州电网公司所辖变电站二

次设备防雷需求的防雷方案,对贵州电网公司所辖变电站的安全稳定运行具有重要的现实意义。

1.2.2 内容

本文以贵州省首个 220kV 综合自动化枢纽变电站—筑东变的二次防雷系统的设计、论证和具体实施为例,通过对二次防雷系统运行效果的实际对比,从而探讨:如何有效进行综合自动化变电站的二次防雷系统改造。

1.2.3 方法

本文通过查阅大量的资料,分析有关数据及对各种方案进行对比,对雷电对二次系统的具体影响、变电站二次防雷系统的设计、实施、效果验证及推广进行了探讨。

2. 雷电对二次系统的具体影响

具体对变电站而言,雷云放电在变电所内可产生强烈的电磁骚扰。常见的电磁骚扰量主要表现为:上升速度为微秒级的电浪涌(典型特征为 $1.2/\mu\text{s}$ 的电压浪涌和 $8/20\mu\text{s}$ 的电流浪涌),频率为兆赫兹的振荡波(振铃波或阻尼振荡波,频率为 $100\text{kHz}\sim 1\text{MHz}$ 以上),快速瞬变脉冲群(单个脉冲约 $5/50\text{ns}$,重复频率 $2.5\sim 5\text{kHz}$),静电放电产生的纳秒级浪涌,辐射电磁场以及低频浪涌等。

无论发生以上的哪种情况,都可能对变电所二次回路的各种信息系统造成干扰,影响其正常运行,甚至引起元件或设备损坏。若采取的防雷措施不当,就有可能造成严重后果。

一般情况下,雷电很少直接击中变电所内的电气设备,它主要是通过两个渠道影响变电所:①雷电直接击中变电所避雷针、避雷线或微波塔等高大构件;②输电线路遭受雷击或感应雷,雷电波沿线路侵入变电站。

当雷击变电所内避雷针或微波塔等高大构件时,被击构件周围出现暂态电磁场,对邻近的二次回路由于感应耦合产生骚扰电压,经地网泄放入地的雷电流引起地网电位升高以及接地系统中各接地点之间产生很大的电位差;沿地网敷设的电缆的屏蔽层中流过雷电流,在电缆芯线间及芯线对地之间产生暂态骚扰电压。

当雷击变电所的输入或输出线时,雷击过电压沿线路进入变电所,不仅可能引起一次设备的绝缘故障,过电压还可能通过互感器原、副边的电容耦合进入二次回路;避雷器放电时,也要引起地网电位升高及地网电位不平衡;在母线周围空间出现的暂态电磁场,对邻近的二次回路也要产生电磁感应。

变电所常用的防雷措施包括直击防雷和侵入波防护等两方面。

直击防雷主要是利用避雷针(线)进行防护,

它是利用避雷针将雷电流引入大地泄放,从而保护变电所内其他设备,但其仅能防止直接雷击,不能阻止感应雷击过电压、操作过电压、零电位飘移过电压以及因这些过电压在泄放电流时在其周围所产生的很强的感应电压,而这些过电压却是破坏大量电子设备的罪魁祸首。

侵入波是因雷击高压线路,引起线路绝缘闪络,产生一个极陡的电压波,沿线路侵入变电所的二次设备内部,从而严重影响自动化系统的正常运行。侵入波防护是指利用相关方法,防护因雷击高压线路所产生的侵入波。

3. 变电站二次防雷系统的设计:

二次防雷系统主要是对变电站二次系统中易受过电压破坏的设备加装过压保护装置,主要是内部系统的雷击浪涌防护和加装 SPD —— (Surge Protective Device 电涌保护器),在设备受到过电压侵袭时,保护装置能快速动作泄放能量,使防雷器泄放后的残压低于被保护设备的绝缘水平,从而保护设备免受损坏。

按照有关规定,二次防雷按设备类别,分别采用 B、C、D 级保护(A 级是户外避雷针类),具体包括电源防雷和信号防雷两部分。

2003 年,我们决定选取已进行综合改造的 220kV 筑东变作为二次防雷项目的试点,在查询相关资料并对多个厂家方案进行对比、分析后,确定了如下的设计思路及实施方案:

3.1 浪涌保护装置选型原则

3.1.1 最大放电电流的选择

按有关规程规定,应根据建筑物地理位置及年平均雷暴日,计算 N_g (1km^2 面积内年平均雷击数)值,确定电源防雷器的最大放电电流。B、C 级防雷装置可选用 40kA ,D 级终端宜选用插座型避雷器。

3.1.2 最大持续耐压的选择

我们知道,在压敏电阻的两端施加 1mA 的电流时,所测得的电压为压敏电阻的压敏电压,也是防雷器的标称导通电压,当加在电源防雷器的电压大于标称导通电压时,避雷器应可靠动作。

目前,国内外厂家大多采用以适合 220V 或 380V 电源的防雷器的实际最大持续耐压来替代标称导通电压。这就要求在设计中必须注意到该因素。

考虑到系统可能出现电网单相接地工作的情况和系统电压的波动,B 级防雷器的最大持续耐压电压应大于 385V ,我们在实际运用时选择了 440V ,

C级防雷器的最大持续耐压电压为320V

3.1.3 残压的选择

从有关资料得知,二次防雷系统整个系统的残压 $U=U_r+U_L$, U_r 为防雷器在额定放电电流下的残压, U_L 为电源防雷器安装后的线间压降 ($U_L=L \times di/dt$), 一般情况下, $U_L \gg U_r$, 因此在选择避雷器时不应该仅仅考虑避雷器本身的残压, 还应该考虑安装时产生的系统残压对电子设备的影响。

考虑降低线间压降 U_L 对降低整个防雷系统的作用, 因此安装时尽可能缩短接地线长度或选择较大截面的导线就显得十分必要。

根据 VDE-0185 Part1 安装准则, 防雷器的地线长度应越短越好。防雷器的地线线径约为总接地母线的线径的 1/2, 其上限为 25mm^2 , 下限为 10mm^2 。

在实际运用时, 我们采取接地线垂直布置与选择大截面铜芯线相结合的方式, 力求降低系统残压整体水平, 具体选择见下表:

连接线选择 铜线截面积单位
表 1、防雷器接地线选择表

配电电源线径	≤35	50	≥70
防雷器连接线线径	10	16	25
接地连接线径	16	25	35

3.1.4 告警方式的选择

目前, 一般的二次防雷系统得告警方式主要分为三类: 遥信、遥测告警; 声光告警; 可视告警。

考虑到二次防雷系统是在综合自动化站使用, 而遥信、遥测告警主要用于无人值守站, 且声光告警方式有可能因是声光告警模块的失效, 导致第二次雷击时, 雷电击坏后续被保护设备, 因此在实际运用时, 我们采用了可视告警方式, 通过模块颜色的变化和自脱扣功能提示值班员更换相关模块。

3.2 二次防雷系统分类

3.2.1 电源防雷系统

电源线是雷电流的主要感应侵入途径, 电源防雷系统主要是防止雷电波通过电源线对计算机及相关设备造成危害。为避免高电压经过防雷器对地泄放后的残压或因更大的雷电流在击毁防雷器后继续毁坏后续设备, 以及防止线缆遭受二次感应, 依照有关规定, 应采取分级保护、逐级泄流的原则。故我们给电源系统加三级电源保护。

具体三级电源保护工作原理如下: 用第一级进行大能量雷电电涌的泄放, 用第二级的限压产品将电压箝制在设备正常工作耐压的电平下, 通过第三级

的吸收, 使设备输入端达到低的保护电平水平。

3.2.2 信号防雷系统

由于雷电波在线路上能感应出较高的瞬时冲击能量, 因此要求网络通信设备能够承受较高能量的瞬时冲击, 而目前大部分设备由于电子元器件的高度集成化而使耐过电压、耐过电流水平下降, 必须在网络通信接口处加装必要的防雷保护装置以确保网络通信系统的安全运行。

4.防雷方案阐述及具体实施

4.1 电源防雷

4.1.1 交流电源防护:

4.1.1.1 一、二级防雷保护 (B、C 级), 加装于站用变引入的两路交流 380VAC 前端, 一级 A、B、C 各相一只 FLT-PLUSCTRL-0.9/I, 零相接地一只, 此防雷器是开关型 SPD, 其工作原理是与二级 VAL-MS 320/3+1 配合泄放首次雷击的巨大能量。

4.1.1.2 二级选 (C 级) VAL-MS 320/3+1 组合防雷模块其对雷击反应迅捷。当雷击发生, 其迅速反应形成钳压, 配合一级点火, 导通泄放雷电流。两路交流进线每处一套。

4.1.1.3 两套高频开关电源, 各有两路交流 380VAC, 由站用电屏引入, 为防止一、二级泄放后的残余雷电能侵入或接地的反击雷, 给交流进线各装一套直流三级组合防雷模块 VAL-MS 320/3+1。

实际安装时, 将 FLT PLUS CTRL-0.9/I 和 VAL-MS.../3+1/FM 防雷器独立安装于#1、#2 站用变进线柜内交流配电部分母排与地排之间, 与输入线路并联连接。为避免电源防雷器之下方有其他设备装置, 我们将其实际安装在空气开关下端的地上。

4.1.2 直流电源防护:

4.1.2.1 合闸母线的电源因要通到户外开关, 故合母要加直流一、二级防雷, 具体 HM (+) 4 只 VAL-MS 230, HM (-) 4 只 VAL-MS 230; HM (+) 与 HM (-) 之间一只 VAL-MS 230。

因控母与合母共用 (-) 母线, 只需给控母 KM (+) 与地之间加一只 VAL-MS 230。两段合、控母各加一套, 如图 1。

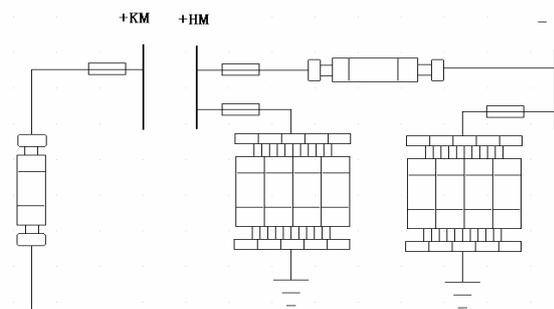
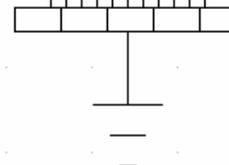
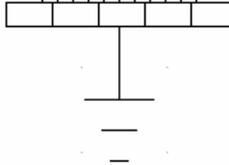


图 1、合、控母间防雷设备安装图



为防止控母上通过一二级泄放后的残余雷电流及控母在设备间来回布排，有可能干扰雷侵入，给各保护屏直流进线加直流三级 VAL-MS - 230，正负进线各一片。

4.1.2.2 直流三级加装于各保护屏，从控母上直流进线每面屏正、负进线各一只 VAL-MS 230:

4.2 通讯接口防护

4.2.1 485 口 (RCS-9692、线路保护屏网络通讯口)

每个口加一套 PT3-HF-12DC

4.2.2 (四方) 9 针 RS 2320 口

每个口加装 D-UFB-V24/S-DSUB 9/SB-S 各一只

4.2.3 后台监控计算机 LAN 网口

每个口加装 D-LAN/RJ45-BS 各一只(4)

5.效果及推进:

在 2003 年 6-8 月，我们分批进行了筑东变二次防雷项目实施，通过实际运行，二次防雷系统取得了良好的效果，保护告警、设备损坏次数显著下降，具体见下表:

	时间	保护告警次数	设备电源损坏次数	设备接口损坏次数
1	2002. 4-2003. 5	21	3	7
2	2004. 4-2005. 5	5	1	0

表 2、防雷器运用前后运行情况对比表

从对比表我们可以看出，二次防雷技术的运用，对于改善综合自动化变电站微机二次设备的运行水平有着重要的意义，因此，在 2004 年，我们又陆续对 110kV 岩城变、110kV 长顺变进行了二次防雷改造。

考虑到改造成本，110kV 变电站二次防雷器选择安装在以下地点:

站用变引入的两路交流 380VAC 前端，一级 A、B、C 各相一只 FLT-PLUSCTRL-0.9/I，零相接地一只，二级选 (C 级) VAL-MS 320/3+1 组合防雷模块其对雷击反应迅捷。

直流屏内交流进线处选用 VAL-MS 230/3+1 型防雷器。

合闸母线的电源要通到户外开关，合母要加直流一、二级防雷，具体 HM (+) 4 只 VAL-MS 230，HM (-) 4 只 VAL-MS 230; HM (+) 与 HM (-) 之间一只 VAL-MS 230。因控母与合母共用 (-) 母线，只需给控母 KM (+) 与地之间加一只 VAL-MS 230。

公用屏内通讯口处、10KV I 段 006、II 段 025 保护装置通讯口处选用 MT-RS485 型防雷器。

6.影响二次防雷效果的因素及相关改进措施:

6.1 通过对改造和运行情况的分析，我们发现，目前，有如下因素影响二次防雷效果:

6.1.1 变电站全站接地不良;

6.1.2 变电站防雷地、工作交流地、静电地、屏蔽地、绝缘地、安全保护地未采用同一的大楼底层的接地体，二次母排接地与变电站的主接地不是一点连接

6.1.3 防雷器选择不合适;

6.1.4 二次防雷安装工艺不符合规定;

6.1.4.1 一级电源防雷器和二级电源防雷器之间的距离过小，导致在遭受雷击时，高电压首先经过一级电源防雷器，然后再经过二级电源防雷器，造成其损坏。

6.1.4.2 电源防雷器安装地点下方有其他设备装置，在避雷器动作时对其他设备装置造成影响，甚至损坏。

6.1.4.3 导线连接不符合规范，

6.1.4.4 地线连接不符合规范，

6.1.4.5 日常巡视和维护力度不足;

6.2 为保证避雷器的正常运行，使避雷器在雷雨季节正常运行，应着手从以下方面进行改进:

6.2.1 改善变电站全站接地;

6.2.2 严格执行继电保护“反措”规定，将主控室内所有保护屏内二次接地铜排实行首尾环接后与变电站的主接地体一点连接;

6.2.3 合理选择避雷器

6.2.4 改进二次防雷安装工艺

6.2.4.1 一、二级电源防雷器二者间距离要大于 10~15m，如果两者间距不够，参照相关资料推荐，可采用带线圈的防雷箱;

6.2.4.2 参照相关文献，防雷器上下接线与被保护电路之间的连接线之和应小于 50 mm²，其线径尽量与配电电源线的线径相同。

6.2.4.3 在雷雨季节来临前和季节中，定期对防雷器进行巡视，发现模块老化情况，及时更换保护插头。发现前置空开跳闸情况，及时处理或更换保护单元。

心得与体会:

二次防雷技术是一个全新的技术，通过在 220kV 筑东变、110kV 岩城变、110kV 长顺变的实际运用，取得了较好效果，改善了综合自动化变电站微机二次设备的运行水平。我们将继续对改造的实际效果进行统计分析，并将陆续改造其余部分，以期取得最佳效果，保证各变电站二次设备的正常运行。

参考文献:

南自院/南瑞集团公司一系统分公司:《变电站的电磁兼容知识》;
南自院/南瑞集团公司一系统分公司:《信息系统的防雷知识》
菲尼克斯电气公司:《菲尼克斯防雷及过电压保护》
原电力工业部 DL548—94, 电力系统通信站防雷运行管理规程

作者简介:

唐勇: 工程师, 本科, 1992-2004 年从事继电保护工作, 2002-2004 年任贵阳市南供电局调度所继电保护一班班长, 现任市南供电局职教中心培训专职工程师。

张旭: 助工, 本科, 1999 年参加工作, 从事继电保护工作至今, 现任贵阳市南供电局调度所继电保护一班班长。

谭笑: 工程师, 本科, 1999 年参加工作, 从事继电保护工作至今