

浪涌保护器在变电站二次系统防雷保护中的应用

王贺新,刘念,刘航宇,蒲丽娟,李娟
(四川大学电气信息学院,四川成都 610065)

摘要:随着中国电力的飞速发展,高压直流输电和特高压直流输电线路的建设步伐也越来越快,变电站在电力系统中的地位也变得越加重要。所以变电站安全可靠运行关系到电力系统的总体运行安全,但是雷电却一直是影响变电站安全运行的主要因素。特别是由于雷电而产生的过电压对变电站的影响,其中尤其是对二次系统的影响更为严重。为了确保变电站的安全运行,有必要加强变电站二次系统的防雷保护,从而提高电力系统的安全性和可靠性。

关键词:雷电;变电站;防雷;浪涌保护器

Abstract: With the rapid development of power system in China, the pace of construction of HVDC and UHVDC transmission lines is also growing faster, and the status of substations in power system has become increasingly important. So the safe and reliable operation of substation influences the overall safe operation of power system, but lightning is always the main factor affecting the safe operation of substation, especially the impact of overvoltage caused by lightning where the impact on secondary system is more serious. In order to ensure the safe operation of substation, there is a need to enhance the lightning protection for secondary systems in substation so as to improve the safety and reliability of power system.

Key words: lightning; substation; lightning protection; surge protector

中图分类号: TM83 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)03-0058-04

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.03.014

0 引言

变电站(特别是高压大型变电站)是多条输电线路的交汇点和电力系统的枢纽。输电线路与变电站相比较而言雷电事故的影响面积较小,而且现代电网大多数具有备用供电电源,所以线路的雷电事故只能导致电网工况的短时恶化;但是变电站的雷电事故就要严重的多,往往导致大面积停电^[1];其次变电站的设备较多,如电力变压器、电缆、二次系统等,不能承受雷击产生的雷电过电压而导致损坏。尤其是变电站的二次系统,包括站内保护设备、自动化设备、通信系统、计算机网络设备及监控系统、交直流电源系统等,都采用大规模的集成电路,电子元件的性能大大提高的同时,其抗电磁干扰、抗过电压和雷击的能力却变得十分脆弱了,所以变电站的二次系统防雷就变得十分重要。

工作电压从而可能危害各种用电设备的异常电压。其中由于雷电引起的过电压,因其过电压的幅值高达数十万伏、甚至数兆伏,如果不采取保护措施和装设各种防雷保护装置,那将出现很严重的事故。

由大气中的雷云对地面放电引起的过电压称为雷电过电压。其持续时间大多在几十微秒,具有脉冲特性^[2]。雷电过电压又分为直击雷过电压和雷电感应的过电压。雷闪直接击中电气设备导电部分时引起的过电压称为直击雷过电压,由于电效应、热效应和机械效应等混合力作用可直接击毁建筑物,还可能引起人员的伤亡^[3];其次雷击产生的电效应有可能使变电站的微电子设备遭受浪涌过电压的危害。而雷电感应的过电压是雷闪击中电气设备附近地面,在放电过程中由于空间电磁场的急剧变化而使未直接遭受雷击的电气设备上感应出过电压的现象。这种过电压是对变电站的电子设备影响最大,特别是对通讯设备和通信网络系统。

1 雷电过电压及对变电站的危害

过电压是电力系统在特定条件下所出现的超过

2 雷电侵入的主要途径

现代变电站的一次防雷系统是比较完善和有效

的,防雷设备有如架空地线、避雷器、避雷针等;但是相比于一次防雷系统来说,变电站的二次防雷系统的防雷措施还有待完善和改进。如图1所示雷电侵入变电站二次系统的主要途径^[4]。

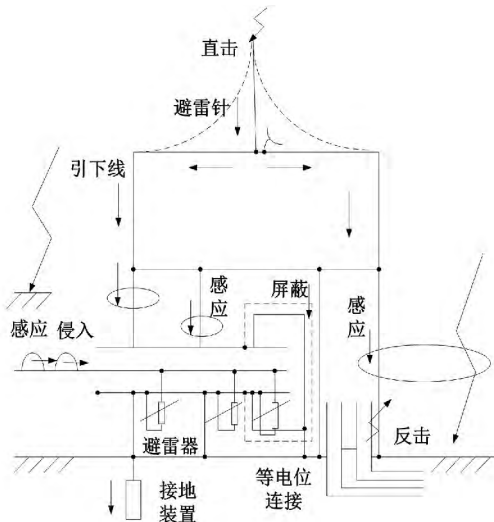


图1 雷电侵入途径

- 1) 雷电直击线路时雷电会沿着架空线路通过电压互感器和电流互感器作用到二次设备上;
- 2) 通信线路也会感应出雷电,使雷电电压或电流直接传到设备,从而损坏设备;
- 3) 变电站上空的雷云电场,会通过静电感应耦合到电缆沟中所有的电缆中去^[5];
- 4) 当防雷装置接受雷击时,在引下线和接地体上都会产生很高的电压。因为雷电流具有固有的伏安特性,即极大的陡度和幅值,会在周围产生强大的变化磁场,而处在变化磁场中的导体均会感应出很高的电动势。如果防雷装置与其他电气设备、电线、或金属物体绝缘距离不够,就会对该物体发生反击放电从而引起设备的损坏;
- 5) 当雷电流经接地装置流入大地时,由于接地电阻的存在会使地网电位升高,这时与大地直接相连接的设备外壳和设备内部的导电部分之间的电位差可能达到危险的程度而击穿。

3 浪涌保护器在二次防雷中的应用

3.1 浪涌的成因

浪涌是指电路在遭遇雷击时产生的雷击过电压或者在接通、断开电感负载或大型负载时常常会产生

很高的操作过电压。这种瞬时过电压(或过电流)称为浪涌电压(或浪涌电流),这是一种瞬变干扰。此处所谓瞬态是指持续时间大大低于工频周期(0.02 s)的瞬变过程。对地闪击的雷电流波形的特点是持续时间极短,上升时间极短,而下降时间相对较长(几十秒到几百秒)的具有脉冲特性,如图2所示。

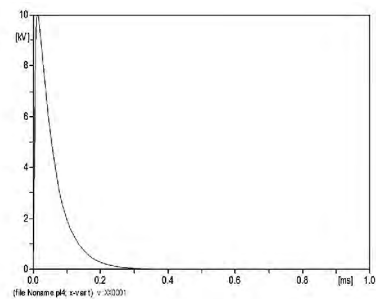


图2 雷电流模拟波形

浪涌包括浪涌冲击、电流冲击和功率冲击。由于变电站的二次系统中的二次设备大多数都是现代电子设备,其中很多元件集成度很高、很精密,所以对电流和电压的变化很敏感,特别是微处理器对浪涌电压电流更加敏感。出现浪涌时如不加以限制将会导致:引起电子设备的误动;电源设备和贵重的计算机及各种硬件设备的损坏,造成直接经济损失;在电子芯片中留下潜伏性的隐患,使电子设备运行不稳定和老化加速。

3.2 浪涌保护器原理

浪涌保护器(surge protection device, SPD),也称为电涌保护器。其工作原理是将浪涌保护器并联在被保护设备两端,通过泄放浪涌电流、限制浪涌电压来保护电子设备。浪涌保护器的核心元件主要是非线性元件(一个非线性电阻或是一个开关元件),通过非线性元件的伏安特性来完成泄放雷电流、限制浪涌电压的。在未发生浪涌之前,即在被保护电路正常工作,此非线性元件呈现极高的电阻,其漏电流几乎为零,所以对被保护电路没有任何影响;而当瞬态浪涌到来时,保护器内的非线性元件以纳秒级的迅速响应,立刻变为很低的电阻,将浪涌电流引入旁路,使被保护设备两端的电压限制在较低的水平,从而保护设备免遭过电压而损坏。而当浪涌结束后,该非线性元件又迅速、自动地恢复为极高电阻。

浪涌保护器既不影响设备的正常工作,又能将过电压限制在相应设备的耐压等级范围内,这样就可以限制瞬态过电压和分走电涌电流。所以浪涌保护器是电子设备防雷的主要手段,也是变电站内部防雷保护的主要措施,是变电站综合防雷体系的重要组成部分,如图3所示。

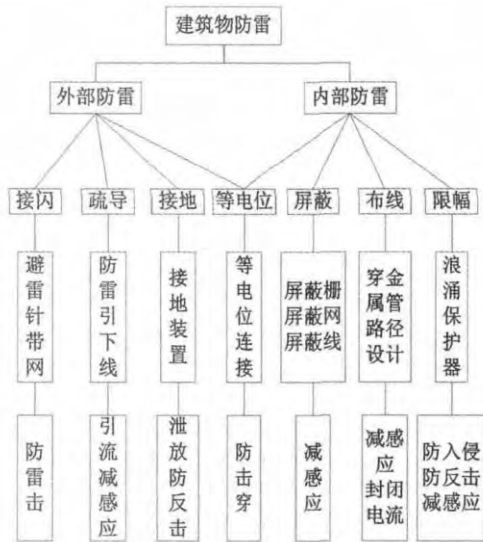


图3 变电站综合防雷体系

如果变电站的防雷体系中仅有接闪器、接地装置的话,则并不能避免雷电波从线路侵入到变电站二次系统中去,也不能在低接地电阻值下防止反击的出现,所以为了保护电子设备还必须要浪涌保护。从另一方面来看,浪涌保护也是以外部防雷保护为前提,也应与内部防雷保护其他措施(等电位连接、屏蔽)密切配合。如果建筑物的接地电阻选取过大,则很容易发生反击,并且反击时大部分的雷电流不是流经大地泄放而是从浪涌保护器流向配电变压器,加重了浪涌保护器的负担^[6]。

3.3 浪涌保护器的分类

3.3.1 电压限制型

电压限制型的浪涌保护器的工作原理是当没有浪涌过电压时,基本上为开路状态呈现为高电阻;但当浪涌过电压到来时,其极间电阻值随着浪涌电压和电流的增大而逐渐减小,其电压和电流特性成非线性。所以电压限制型浪涌保护器的核心保护元件是各种非线性元件,具有连续的伏安特性。电压限制型浪涌保护器中最常用的是金属氧化物非线性电阻(简称MOV),有时又称压敏电阻^[7]。MOV元件一般为圆片或方片状,由多种金属氧化物(主要是氧化锌)组成。此外,还有箝位二极管、瞬态电压抑制

器(一种专门用来限制大电流瞬态的二极管,简称TVS)和硅雪崩二极管(简称SAD)等。

3.3.2 电压开关型

电压开关型的工作原理是当没有浪涌过电压时,基本上为开路状态呈现为高电阻;但当浪涌过电压到来时,其极间电阻突然变成低阻值,允许大电流流过,所以电压开关型浪涌保护器的核心元件基本是各种开关型器件,如开放的空气间隙、封闭的气体放电管和晶闸管等。

3.3.3 复合型

复合型浪涌保护器是由其他各种不同类型器件结合运用的保护器,如电压限制型和电压开关型的元件组合,将两者串联或并联。利用各种保护器的不同特点可以达到更好的效果。由于电压限制型和电压开关型元件具有非线性,所以复合型浪涌保护器也具有非线性特性,其伏安特性也是不连续的,其表现与电压、电流有关,有时呈现电压限制型特性,有时呈现电压开关型特性。

4 浪涌保护器的选择和安装

4.1 浪涌保护器的参数

电压保护水平是指浪涌保护器限制接线端子间电压的性能参数^[8]。该值应该大于限制电压的最高值,所以在选择浪涌保护器时通常电压保护水平越低,保护效果越好。只有在级间配合时电压保护水平不是越低越好。

通流容量是指浪涌保护器最大能吸收而不损坏的能量^[9]。通流容量与电流波形(特别是波长)有关。在技术上,通流容量是决定浪涌保护器在雷电下动作时可靠性的主要因素;在经济上,通流容量是决定浪涌保护器规格和价格的主要因素。所以通流容量越高,雷电下安全性就越高,但是通流容量越高,浪涌保护器的价格也就越高。

最大持续运行电压主要是对MOV等电压限制型保护元件而言,指的是浪涌保护器能长期承受而不劣化的电压,这也是浪涌保护器的额定电压^[10]。可知最大持续运行电压越高,浪涌保护器长期运行的安全可靠就越高;但是最大持续运行电压也影响电压保护水平,在制造水平不变的条件下,最大持续运行电压越高电压保护水平也就越高。

4.2 浪涌保护器的安装

因为雷电固有的伏安特性,其具有的能量非常巨大,所以需要分级泄放的方法将雷击产生的能量逐步泄放到大地。所以变电站通常设有三级防护,第一级防护通过安装限制型浪涌保护器对直击雷击电流进行泄放或者当电源传输线路遭受直接雷击时,将传导的巨大能量进行泄放。通常浪涌保护器安装在变电站的总配电柜处^[11];第二级浪涌保护器是针对与第一级浪涌保护器的残余电压与区内感应雷击的防护设备,因为第一级吸收雷击能量时不会完全吸收,仍会有一部分能量对设备来说是具有很大的危害,这时就需要第二级浪涌保护器进一步吸收。同时,经过第一级浪涌保护器的传输线路也会因雷击电磁脉冲辐射产生感应电压和电流,需要第二级浪涌保护器进一步对雷击能量实施泄放,将浪涌保护器安装在各楼层的分配电柜处及重要设备的输入电源侧;第三级浪涌保护器是将残余浪涌电压的值降至1 kV以内,使浪涌的能量不致于损坏设备^[12]。

4.3 浪涌保护器后备保护

如果出现浪涌保护器失效,则会引起电流过载以及短路,可能会使过电流保护元件动作,造成部分地区停电,所以必须选择合适后备保护。后备保护可采用熔断器、断路器和漏电断路器三种途径来实现。

在安装浪涌保护器时,正确、合理地选用后备保护元件,直接关系到变电站运行及浪涌保护器的安全性和可靠性。后备保护元件与浪涌保护器的配合,应该确保保护在额定浪涌电流作用时后备保护元件不动作,保证浪涌电流的正常泄放,同时其作用在支路上的残压低于用电设备的保护水平,以保证系统及用电设备安全^[13]。

5 结 论

浪涌保护器是通过泄放雷电流、限制浪涌电压来保护电子设备,是电子设备防雷的主要手段,也是变电站综合防雷体系中的重要组成部分,有着不可替代的作用。正确、合理的选择和安装浪涌保护器才能使浪涌保护器与其他防雷措施密切配合,达到

良好的防雷效果,确保变电站安全可靠的运行。

参考文献

- [1] 赵智大. 高电压技术(第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社 2006.
- [2] 严璋, 朱德恒. 高电压绝缘技术(第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社 2007.
- [3] 余睿. 变电站二次防雷系统的原理及应用 [J]. 城市建设 2010(35): 413-414.
- [4] 叶蜚誉. 电涌保护的作用 [J]. 低压电器 2004(2): 54-57.
- [5] 王宪磊. 变电站二次设备防雷保护探讨 [J]. 大众科技 2012, 14(3): 137-138.
- [6] 叶蜚誉. 电涌保护器的原理 [J]. 低压电器 2004(3): 54-56.
- [7] Abdel-Salam M, Ahmed, N. A, Elhamd J. S. Varistor as A Surge Protection Device for Electronic Equipments [J]. IEEE Industrial Technology 2004, 12: 688-694.
- [8] 叶蜚誉. 电涌保护器的电压保护水平 [J]. 低压电器, 2004(4): 50-52.
- [9] 叶蜚誉. 电涌保护器的通流容量 [J]. 低压电器 2004(5): 55-57.
- [10] 叶蜚誉. 电涌保护器的最大持续运行电压 [J]. 低压电器 2004(6): 55-57.
- [11] 白日欣, 陈淑春. 基于不同电力系统的浪涌保护 [J]. 河北软件职业技术学院学报 2008, 10(3): 68-70.
- [12] Braithwaite J. Surge Protection Devices - installation Issues [J]. IEEE Surges, Transients and EMC, 1998(2): 1-8.
- [13] 刘中平. 浪涌保护器的应用分析 [J]. 低压电器, 2009(24): 33-36.

作者简介:

王贺新(1989) 硕士研究生,研究方向为电力设备故障与诊断;

刘念(1956) 博士,研究方向为高电压技术应用;

刘航宇(1990) 硕士研究生,研究方向为电力设备故障与诊断;

蒲丽娟(1991) 硕士研究生,主要从事电力设备的状态检测与故障诊断研究;

李娟(1990) 硕士研究生,研究方向为高电压技术应用。

(收稿日期: 2015-04-07)