

电子信息机房配电SPD接线方式的探析

依据电子信息机房防雷检测的实际情况,结合当前电子信息机房配电SPD使用安装中接线方式存在的问题,对一般接线方式和凯文接线方式下被保护设备处产生的过电压进行了理论计算,着重分析了3P+N型接线方式的优点和弊端,为电子信息机房配电SPD的防雷设计及防雷检测提供了借鉴。

石 健/北京市避雷装置安全检测中心



石 健/助理工程师

建筑物防雷分为外部防雷、内部防雷以及防雷击电磁脉冲。外部防雷就是防直击雷,不包括防止外部防雷装置受到直接雷击时向其他物体的反击;内部防雷包括防闪电感应、防反击、防闪电电涌侵入和防生命危险;防雷击电磁脉冲是对建筑物内系统防雷电流引发的电磁效应,包含防经导体传导的闪电电涌和辐射脉冲电磁场效应。等电位联结是建筑物内部防雷的基本方法之一,而低压配电系统SPD是在等电位联结导体做直接联结不可行时采用的一个瞬时起等电位联结作用的部件^[1],其保护的对象主要是电子设备^[2],所以电子信息机房内低压配电系统中安装SPD是防雷保护中一项不可缺少的重要技术措施。

基本概念及分类

关键词/Keywords

电子信息机房·
配电系统·
SPD·
接线方式·

电涌保护器是用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的部件,它至少含有一个非线性元件。按其工作原理,低压配电系统SPD可分为电压开关型、限压型和组合型3类。

1) 电压开关型SPD。无电涌出现时为高阻抗,当出现电压电涌时突变为低阻抗,通常采用放电间隙、充气放电管

做电压开关型SPD的组件。具有不连续电压、电流的特性。

2) 限压型SPD。无电涌出现时为高阻抗,随着电涌电流和电压的增加,阻抗连续变小,通常采用压敏电阻做限压型SPD的组件。具有连续电压、电流的特性。

3) 组合型SPD。由电压开关型元件和限压型元件组合而成的SPD,其特性随所加电压特性可以表现为电压开关型、限压型或电压开关型和限压型。

SPD的接线方式

1. 一般的接线方式

在从事电子信息机房防雷检测工作中发现SPD一般采用如图1所示的接线方式。

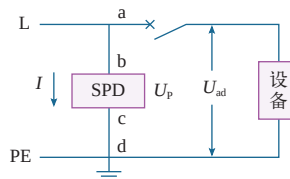


图1 一般接线方式

由图1可知,线路中流过雷电流时加在设备两端的电压 $U_{p/t} = U_{ad} = U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} = U_{ab} + U_p + U_{cd}$ 。ab段和cd段是线路长度均为1 m、截面积为 2.5 mm^2 的铜导线,其分布电感 $\Delta L = 1.7 \times 10^{-6} \text{ H/m}$,电阻率 $\rho = 0.017 \text{ } 2 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,电源SPD电压保护水平 U_p 为1.2 kV,标称放电电流为10 kA,雷电流波形为8/20 μs ,则: $R_{ab} = R_{cd} = \rho L / S = (0.017 \text{ } 2 \times 1 / 2.5) \text{ } \Omega = 0.007 \text{ } \Omega$, $U_{ab} = U_{cd} = IR_{ab} + \Delta L di/dt = [10 \times 10^3 \times 0.007 + 1.7 \times 10^{-6} \times 10 \text{ } 000 \div (8 \times 10^{-6})] \text{ V} = (70 + 2 \text{ } 125) \text{ V} = 2 \text{ } 195 \text{ V}$ 。

所以, $U_{p/f} = U_{ab} + U_p + U_{cd} = (2\ 195 + 1\ 200 + 2\ 195)\text{ V} = 5\ 590\text{ V}$ 。

220/380 V三相配电系统中各种设备的耐冲击电压额定值 U_w 如表1所示。安装SPD后,其保护设备的电压值应不高于相应的数值,否则将造成设备损坏,所以SPD的有效电压保护水平 $U_{p/f}$ 应满足表1的要求,但此时,虽然装设SPD的 U_p 值满足I类的耐冲击电压值,但是 $U_{p/f}$ 值远远大于1.5 kV,造成设备损坏是显而易见的。

表1 耐冲击电压额定值 U_w

设备位置	电源进线端设备	配电分支线路设备	用电设备	需要保护的电子信息设备
耐冲击电压类别	Ⅳ类	Ⅲ类	Ⅱ类	I类
U_w/kV	6	4	2.5	1.5

2. 凯文式接线方式

图2为凯文式接线方式,采用这种接线方式时,SPD两端的连接距离缩短到零,最大限度地消除了雷电流在SPD两端接线上的电压,若同样取SPD的电压保护水平 U_p 为1.2 kV,则 $U_{p/f} = 1.2\text{ kV}$ 。

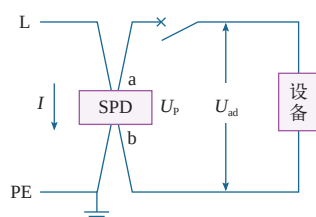


图2 凯文式接线方式

凯文式接线方式虽然能够大大地降低加在设备两端的过电压,但是,在实际的电子信息机房防雷检测过程中却很少被采用,绝大多数机房配电处SPD均采用一般的接线方式,归纳总结原因主要是SPD一般装设在配电箱内,配电箱的容积有限,对于4片的电涌保护器,如果每片都在上端口进两根线,下端口进两根线,实际很难施工;而且,由于每片SPD端口内要引入两根线头,SPD端口一般较小,即使将两根导线接入端口,每片SPD中的两个线头之间也容易接触不良,尤其对于相线进线端口,在长期通电的情况下,容易导致触点发热,从而引起SPD损坏或燃烧,造成电气事故。

3. 3P+N型接线方式

近年来,在对北京市的一些电子信息系统机房进行防雷检查过程中,发现越来越多的配电系统采用了3P+N型接线方式安装SPD,有的起到了很好的保护作用,而有的也出现了问题。

(1) 相关概念

3P+N型接线方式的SPD也称作“3+1”型SPD,就是在相线与中性线之间采用3个限压型SPD,一般是压敏电阻;在中性线与PE线之间采用1个电压开关型SPD,一般是气体放电管。

4P型接线方式的SPD也称作“4+0”型SPD,就是在相线、中性线与PE线之间分别安装4个限压型SPD,一般是压敏电阻。

(2) 特点分析

1) 良好的横向保护。当电子信息机房内配电采用“3+1”型SPD时,由于SPD连接在相线与中性线之间,回路阻抗主要是供电变压器内阻以及导线电阻,其回路阻抗非常低,故障电流很大,容易使前级的断路器或熔断器断开,这样SPD就容易与电网迅速隔离,既可保障供电连续性,也可使SPD不因长时间的过电流而过热燃烧。

2) TT系统中避免暂态过电压对SPD造成损坏。TT系统定义为电源端一点直接接地,电气装置的外露可导电部分直接接地,此接地点在电气上独立于电源端的接地点^[3]。由于我国经济的快速发展,用电负荷剧增,电网电缆线路不断增多,电网对地电容电流同样剧增,TT系统中电源端较多采用小电阻接地^[4],因此变电所高压侧接地故障电流将增大到数百至近千安,它在变电所接地电阻上产生的电压降将达到数百至千伏以上。由于变电所内分设两个电位上互不影响的接地极比较困难,所以一般变电所的保护接地和低压中性点接地共用,此时高压侧暂态过电压将传导至低压系统的相线和中性线,则相线和中性线将对地产生此暂态过电压,中性线与PE线之间的过电压为高压侧传导的 U_{TOV} ,相线与PE线之间暂态过电压幅值为 $U_0 + U_{TOV}$,如果低压进线柜处采用“4+0”型SPD,依据规范^[5] U_c 最小可取1.15倍的 U_0 ,则暂态过电压将导致“4+0”型SPD损坏。

如图3所示,若采用“3+1”型SPD,由于中性线与PE线之间的电压开关型SPD起动电压一般取得较高,不易导通,只有在更高幅值的雷电冲击过电压下才导通,因此就保护了SPD免受暂态过电压的损坏。由于暂态过电压幅值不会超过1 200 V,高压侧过电流保护器快速动作使暂态过电压持续时间不会超过200 ms^[6],所以中性线与PE线之间的电压开关型SPD要做200 ms或按厂家要求做更长时间耐1 200 V暂态过电压试验^[7]。而对于实际中有些配电室低压进线柜中安装的SPD虽然也采用“3+1”接线方式,但是中性线与PE线之间没有采用电压开关型SPD(放电间隙),而采用了限压型SPD(压敏电阻),根本耐受不了高压侧产生的暂态过电压,当然也不能防止SPD不受损坏。

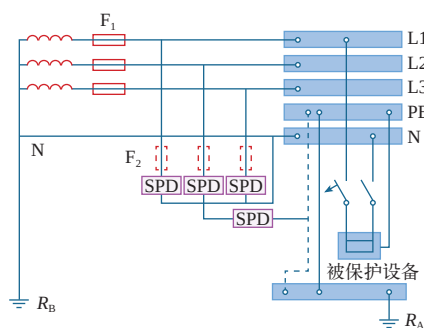


图3 TT系统中采用“3+1”型接线方式

3) TT系统可安装在剩余电流动作保护器(RCD)电源侧。在TT系统内SPD失效短路后的防电击措施比较复杂,如图4所示,故障电流需经过 R_A 和 R_B 两个接地电阻返回电源,其值很小,所以不能用过电流防护器切断电源,而需要装设RCD,但是倘若在RCD电源侧安装“4+0”型SPD,当3个限压型SPD因短路模式失效时, F_1 和 F_2 不动作,因此故障电流 I_d 在 R_A 上产生一个电压,这个电压的大小由 I_d 和 R_A 的乘积决定,由于 R_A 是电子信息设备的保护接地,与设备外壳相连,所以电子设备外露导电部分就会带此电压,从而导致电子信息机房内人员有遭受此电压电击的危险,进而也破坏了TT系统的安全保护功能。若在RCD电源侧安装“3+1”型SPD,由于N-PE片的开关型SPD(放电间隙)的阻隔,SPD的失效短路不会导致接地故障而引发电击事故,它只能造成相线和

中性线之间的单相短路,而单相短路为大短路电流的金属性短路,它可用与SPD串接的 F_2 来有效切断。

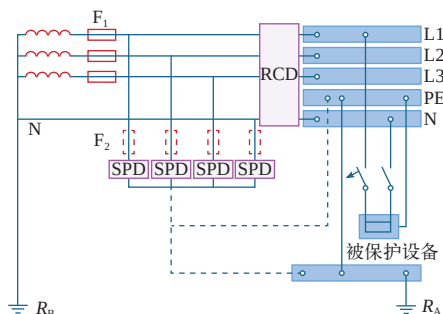


图4 TT系统中“4+0”型接线方式安装在RCD电源侧

4) 电压保护水平较高。在“3+1”型SPD中,当雷电流流经SPD时,由于最终流入大地,所以大多数情况下先流经相线与中性线的限压型SPD,然后再流经N-PE的电压开关型SPD,相当于串联。L-N的电压保护水平就是限压型SPD的保护水平,N-PE的电压保护水平就是电压开关型SPD的保护水平,这两个参数基本上在电子信息机房配电系统中安装的“3+1”型SPD铭牌上都给出了明确的数值,但是,在绝大多数“3+1”型SPD的铭牌上均未标明L-PE的电压保护水平,即L-PE的 U_p 值。而对于耐压水平低的电子信息机房内的设备,L-PE的 U_p 对保护设备的安全是非常重要的,其数值稍微增加,就可能导致设备误动作或损坏。由雷电流的走向可知L-PE的 U_p 值应该是L-N及N-PE两个电压保护水平之和,但是这个和并不是简单地将两个铭牌上的数值直接相加,因为电压开关型和限压型SPD电压保护水平的最大值不是同时出现的,如图5所示^[8]。

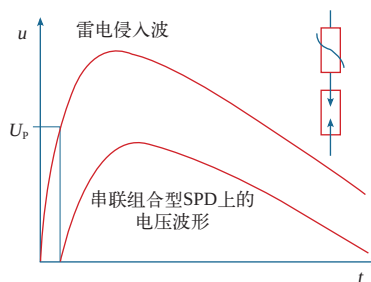


图5 L-PE中 U_p 值的波形

所以,L-PE的电压保护水平取决于这两个峰

值的较大值。对于这个电压保护水平增大多少,由国务院气象主管机构授权的测试机构提供的“3+1”型SPD测试报告可准确地知道,以上海市防雷中心防雷产品测试中心对某品牌型号为(i) PR40(r) 3P+N的SPD为例,测试报告结论的数据如表2所示。

表2 测试报告数据

试验类别: II级						
型号	保护模式	I_{max}/kA	I_n/kA	U_n/V	U_p/kV	组合方式
(i) PR40	L-N	40	20	340	1.5	3P+N
(r) 3P+N	N-PE	40	20	260	1.0	
	L-PE	40	20	440	1.6	

在从事检测工作中发现,绝大多数电子信息机房位于多层或高层建筑内,建筑物总配电处均安装了首级SPD,电子信息机房配电处一般安装二级或三级SPD。若选用表2的SPD作为三级SPD,在不知道该SPD在能量上的配合资料下(绝大多数情况下均不知道),L-N之间的标称放电电流最小可取3 kA^[9],则N-PE间的标称放电电流为4倍的L-N放电电流,即12 kA,均小于20 kA,则L-PE之间的电压保护水平很可能小于1.5 kV;若选用表2的SPD作为二级SPD,同样在不知道该SPD在能量上的配合资料下,L-N之间的标称放电电流最小可取5 kA^[9],则N-PE间的标称放电电流为20 kA,L-PE间的放电电流为20 kA,L-PE间的 U_p 值为1.6 kA,即使采用凯文接线方式安装,其电压保护水平也不满足表1中电子信息设备的耐压水平,所以该SPD不能作为二级SPD安装在电子信息机房配电中。

结束语

1) 电子信息机房配电SPD两端引线产生的过电压会导致机房内设备受到损坏,应尽量采用凯文接线方式连接SPD,可将SPD装于配电箱附近,同时,建议SPD生产厂家将SPD进出线端口进行相应的改造,使端口内两个线头能够可靠连接,以便更好地采用凯文接线法。

2) 低压配电系统中采用3P+N型接线方式的

SPD有时是非常必要的,尤其在TT系统的低压进线柜中,虽然对于采用TT系统接地方式的电子信息机房来说,当“3+1”型SPD安装在RCD电源侧时,可以防止导致接地故障而引发电击事故,但是其电压保护水平较高的特点是不能够忽视的,此外,据了解市场上同一品牌的“3+1”型SPD较“4+0”型SPD价格更为昂贵,所以电子信息机房的配电系统中不应盲目地采用“3+1”型接线方式的SPD。

电子信息机房配电系统SPD接线方式是电子信息机房防雷设计和检测的一项重要内容,所以应正确理解接线方式的特点,做好电子信息机房的防雷设计和检测工作。

参考文献

- [1] 王厚余. 浅论建筑物电气装置的接地、等电位联结和共用接地[J]. 电气应用, 2005, 24(2): 1-3.
- [2] 叶蜚誉. 工程设计国家标准中有关电涌保护的若干失误亟待解决[J]. 电气工程应用, 2007(2): 27.
- [3] GB 14050—2008 系统接地的型式及安全技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [4] 王厚余. 建筑电气装置500问[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 105.
- [5] GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [6] GB/T 18802.12—2006 低压配电系统的电涌保护(SPD)第12部分: 选择和使用导则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [7] GB/T 18802.1—2011 低压配电系统的电涌保护(SPD)第1部分: 性能要求和试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [8] 叶蜚誉. 电涌保护器的电压保护水平[J]. 低压电气, 2007(4): 51.
- [9] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

(收稿日期: 2014-05-07) EA