

[雷电保护]

电涌保护器在低压配电系统中的应用

文/湖北省化学工业研究设计院 李长启

电涌保护器的选用和安装与配电系统的型式、建筑物的防雷分类和设备的耐压水平等都有关联。结合精细化工企业的特点，介绍了电涌保护器在精细化工企业低压配电系统中的应用，并根据相关规范，对电涌保护器的参数、安装位置等问题进行了分析说明。

电涌保护器（Surge Protective Deice, SPD）是雷电保护中一种不可缺少的装置。精细化工企业大都是爆炸或火灾危险的场所，为防止和减少低压电气设备的损坏，除应做好建筑物外部防雷的措施外，尚应做好内部防雷措施，包括屏蔽、等电位联结、合理布线及安装电涌保护器等。电涌保护器的选型与配电系统的型式、建筑物的防雷分类和设备的耐压水平等均相关，本文结合GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》对精细化工企业建筑物内进线柜SPD的选择和安装进行分析。

精细化工企业配电系统一般采用TN—S系统，建筑物以厂房为主且分布较分散，防雷一般划为二类。一旦发生火灾或爆炸事故，极有可能

造成较大人员伤亡及财产损失，因此对供电的可靠性和用电设备的安全性要求高。

SPD简单介绍

对于配电用SPD，按其工作原理和性能划分的分类如表1所示。在设计中各级电涌保护器均采用限压型。

配电用SPD的分级是在不同的试验标准下进行的，根据相关资料，按照其安装位置和保护要求的不同，低压配电系统中SPD的分级如表2所示。

I级SPD主要用于LPZ0与LPZ1区交界处，通常安装在耐冲电压类别为Ⅳ类（耐冲击电压额定值为6 kV）或Ⅲ类（耐冲击电压额定值为6 kV）

表1 SPD分类

SPD分类	定义	特点	使用地点
电压开关型（放电间隙）	无电涌时，SPD呈高阻状态；当电涌电压达到一定值时，SPD突然变为低阻抗	通流量大，放电能力强	一般安装在建筑物LPZ0与LPZ1区的交界处，以及“3+1”保护模式下N线与PE线之间的电涌保护
限压型（压敏电阻）	无电涌时，SPD呈高阻抗；随着电涌电压和电流的增大，阻抗连续变小，最终呈低阻抗导通状态	残压较低，在过电压保护中逐渐协调防雷能力，可影响雷电过电压的发展过程	一般安装在建筑物LPZ0B与LPZ1及后续区域中，建筑物内大都采用此类
组合型	由开关型组件和限压型组件组合而成	根据所施加的电压特性，可呈现电压开关型、限压型或同时呈现2中SPD特性	使用场所较多

表2 SPD分级

GB 50057分级	安装地点	试验条件
I级T1	建筑物总配电盘	8/20 μs标称放电电流 I_n 1.2/50 μs冲击电压 10/350 μs最大冲击电流 I_{imp} 8/20 μs标称放电电流 I_n
II级T2	分配电箱	1.2/50 μs冲击电压 8/20 μs电流波最大放电电流 I_{max}
III级T3	设备终端、插座	组合波

的设备上。II、III级SPD主要用于LPZ1与LPZ2, 以及后继防雷区, 通常安装在耐冲击过电压类别为II类、I类(耐冲击电压额定值分别为2.5 kV和1.5 kV)的设备上。

主要参数

1. 设备耐冲击额定值 U_w

设备制造商给出的设备耐冲击电压额定值, 表征其绝缘防过电压的耐受能力。规定如表3所示。

表3 建筑物内220/330 V配电系统中设备绝缘耐冲击电压额定值

设备位置	电源处的设备	配电线路和最后分支线路的设备	用电设备	特殊需要保护的 设备
耐冲击电压类别	IV类	III类	II类	I类
耐冲击电压额定值 U_w/kV	6	4	2.5	1.5

2. 电压保护水平 U_p

表征电涌保护器限制接线端子间电压的性能参数, 应大于所测量的限制电压的最高值。对电压开关型SPD指规定陡度下最大放电电压, 对电压限制型SPD指规定电流波形下的最大残压。

在《建筑物防雷设计规范》第4章中多次出现I级SPD的电压保护水平 U_p 应 ≤ 2.5 kV的规定。笔者认为这是由于被保护的220/380 V系统中的配电盘、断路器、母线、开关和插座的设备耐压水平均为4 kV。《建筑物防雷装置检测技术规范》要求SPD两端引线长度不宜大于0.5 m, 且户外线进入建筑物处两端引线产生的电压按1 kV/m (8/20 μs, 20 kA时) 估算, 则 $\Delta U = 0.5$ kV。而IEC标准和国家标准均有要求SPD有效电压保护水平 $U_p/f \leq 0.8 U_w$, 若 U_w 为4 kV, 则 $0.8 U_w$ 为3.2 kV, $U_p/f = U_p + \Delta U = 2.5$ kV + 0.5 kV = 3.0 kV $\leq 0.8 U_w = 3.2$ kV, 选 $U_p \leq 2.5$ kV, 满足保护要求。笔者认为这也是“SPD两端引线不宜大于0.5 m”的缘由之一。

3. 最大持续运行电压 U_c

可持续加于电气系统SPD保护模式的最大方均

根电压或直流电压。精细化工低压配电系统一般采用TN-S系统, 在变压器中性点之后的配电线路中中性线与PE线之间严格分开, 所以SPD可以安装在相线与PE线之间、相线与中性线之间以及中性线与PE线之间, 各种安装模式下SPD的最小 U_c 值如表4所示。

表4 SPD取决于系统特征所要求的 U_c 最小值

SPD安装模式	相线与中性线之间	相线与PE线之间	中性线与PE线之间
U_c 最小值	$1.15 U_0$	$1.15 U_0$	U_0

注: U_0 指低压系统相线对中性线的标称电压, 即相电压220 V。

4. 最大冲击电流 I_{imp}

由电流峰值 I 和总电荷 Q 所规定的脉冲电流, 一般用于电源的I级保护SPD, 其波形为10/350 μs, 其值可根据建筑物的防雷等级和进入建筑物的各种设施(导电物、电力线和通信线等)进行分流计算。当电源线路无屏蔽层时为

$$I_{imp} = \frac{0.15}{nm} \quad (1)$$

式中, I 是雷电流, kA, 分别取200 kA(第一类防雷建筑物)、150 kA(第二类防雷建筑物)、100 kA(第三类防雷建筑物); n 是地下和架空引入的外来金属管道和线路的总数; m 是每一线路内导体芯线的总根数。

以办公楼为例, 建筑物为二类防雷建筑物, 引入水管、电力线和信息线(即 $n=3$), 低压配电系统的接地型式为TN-S系统, 每一线路内导体芯线的总根数为4(即 $m=4$)

$$I_{imp} = \frac{0.15}{nm} = \frac{0.5 \times 150}{3 \times 4} = 6.25 \quad (2)$$

式中, 0.5是为雷电流的分流系数, 即假定雷击中建筑物后, 雷电流有50%沿外部防雷装置入地, 余下50%按平均分配的方法估算进入建筑物的金属管线。

可以看出, 在多芯埋地电缆和多条埋地管道的情况下, 冲击值要明显小于规范 ≥ 12.5 kA的要求(若为带屏蔽层的铠装电缆, 其冲击值更低)。因此I级SPD的冲击电流参数可直接按照规

范要求选取，为 ≥ 12.5 kA即可满足设计要求。

接线方式和后备保护

1. 接线方式

接入三相配电系统的SPD通常有2种保护接法，即共模保护接法（4+0）和差模保护接法（3+1），如图1所示。前者在相线/中性线对PE线之间接SPD；后者在3条相线和中性线之间接3只限压型SPD，再在中性线和PE线之间接1只开关型SPD，两种保护接法如图1所示。项目中一般选用4+0接线方式。

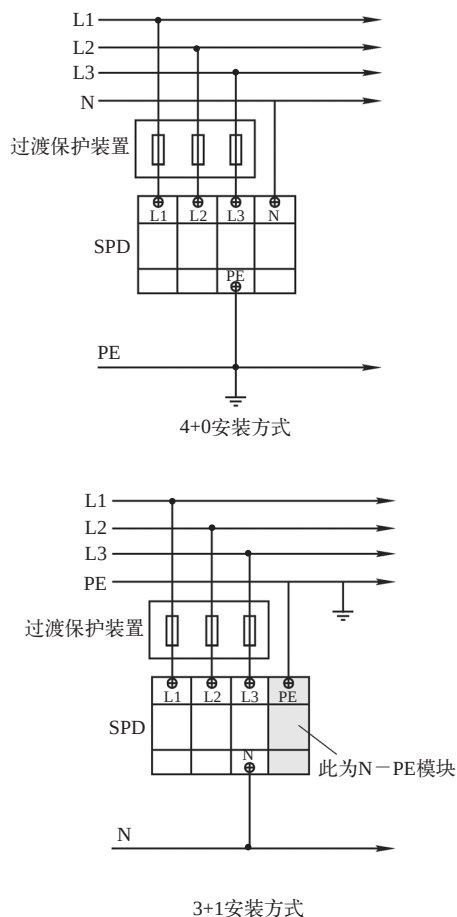


图1 TN-S系统SPD接线方式

在TN-S接地型式中，这2种接法都可采用。但要注意，若SPD的地（ R_a ）和配电系统的地（ R_b ）在相互独立的情况下，必须用导体将和PE线相连，以降低浪涌电压。

当配电系统遭到雷电入侵时，SPD有效电压保护水平为其本身的残压加上两端引线的感应电压，两端引线的感应电压与导线的截面积和长度有关，且主要与导线长度有关。规定要求SPD两

端引线长度不宜大于0.5 m。若实际工程中较难实现，可采用凯文接线法，示意图如图2所示。

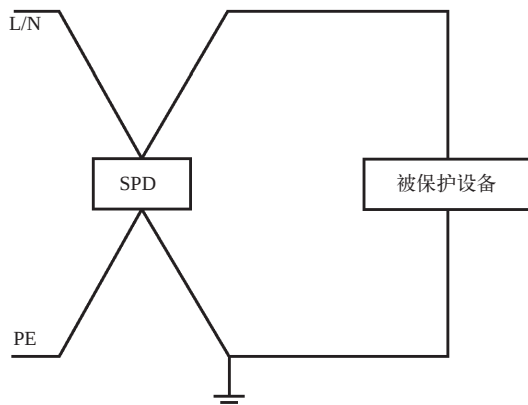


图2 凯文式接线法示意图

2. 后备保护

SPD有开路失效和短路失效两种情况，开路状态时SPD失去保护作用，短路状态时会引起种种危害。为防止SPD失效后短路，应在SPD上串接过电流防护电气。与SPD串联的过电流防护电器应采用熔断器。因断路器易因雷电冲击电流误动而使SPD不起作用，且其作用与短路防护的电磁脱扣器为一具有若干匝数的大电感线圈，这一线圈将显著增加SPD连接线上的电感及其电压降，从而增加SPD的有效保护电压水平。如采用熔断器则不存在这一问题。

理想状态下，SPD支路熔断器FU2既要实现与上级熔断器FU1的匹配（不能太大），又要与SPD的放电能力匹配（不能太小）。SPD支路熔断器的额定值FU2应当由制造商确定。如果前端的上级过电流防护电器FU1的额定电流小于FU2的额定值，则FU2的装设已无意义。

笔者认为在设计时可根据JGJ 16—2008《民用建筑电气规范》第11.9.4条第8款的规定，SPD安装线路上的过电流保护器件由SPD厂商配套，这样可以保证安全，也减少了设计人员的麻烦。

结束语

电涌保护器的选用和安装是个十分复杂的问题。它和配电系统的型式、建筑物的防雷分类、设备的耐压水平等都有关联。本文根据精细化工企业的配电特点，对SPD的选用和安装提出具体设计方式，以供同行在设计时参考。EA

（收稿日期：2020.03.12）

（编辑：朱金凤）