

雷击电磁脉冲防护器件的正确选型

李婷¹, 杜娟², 汤维科³

(陕西省防雷中心, 西安 710014)

摘要: 为了有效抑制雷击电磁脉冲, 其防护器件(也叫电涌保护器)的正确选型至关重要, 而目前市场上的电涌保护器种类繁多, 功能特点各有其针对性, 技术参数分布广泛, 给防雷工作者的正确选型带来诸多困扰。为此, 文章阐明了低压配电系统电涌保护器的选型原则及其主要技术参数的选择要求, 并以菲尼克斯防雷保护模块为例, 运用所述的选型原则和技术参数要求, 给出了内部防雷保护为三级配置的建筑物电涌保护器的安装位置、安装级数、技术参数规格及分类试验等级等, 从而给防雷工作者在低压配电系统电涌保护器的正确选型时提供一定的理论依据。

关键词: 雷击电磁脉冲; 电涌保护器; 菲尼克斯; 选型; 技术参数

中图分类号: TM622 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-009X(2014)02-0122-04

Correct selection on surge protection device of lightning electromagnetic pulse

Li Ting¹, Du Juan², Tang Weike³

(Shanxi Lightning Protection Center, Xi'an 710014)

Abstract: In order to effectively suppress lightning electromagnetic pulse, the selection of protection devices(also called Surge Protection Device) are essential. The surge protective device has many varieties in the market and each has its specific features with wide distribution in technical parameters. So it brings a lot of problems to the workers of lightning protection when they select the surge protection device. This paper analyzes the selection principles of surge protector with low-voltage distribution system and its requirements for the main technical parameters. As the example of Phoenix lightning protection module, based on the selection principles and technical parameter requirements, the installation location, installation series, technical specifications and classification test levels of surge protector in the building are given out so as to provide some useful theoretical basis for the lightning protection workers in the correct selection of surge protector with low-voltage distribution system.

Key words: lightning electromagnetic pulse; surge protector; Phoenix; selection; technical parameter

0 引言

长期以来, 面对雷电电磁脉冲对周围空间的各类敏感电子设备构成的严重威胁^[1], 对低压配电系统来说, 安装电涌保护器(SPD)是有效抑制雷电电磁脉冲对设备及线路造成损坏的重要手段

之一, 但由于目前市场上的电涌保护器种类繁多, 功能特点各有其针对性, 而且技术参数范围广等, 对电涌保护器的正确选型造成诸多困扰, 因此加强对电涌保护器正确选型的研究意义重大。为此本文阐明了低压配电系统电涌保护器的选型原则及其主要技术参数的选择要求。

收稿日期: 2013-08-22.

作者简介: 李婷(1983-), 女, 大学, 助理工程师. 从事雷电防护技术工作.

1 电源电涌保护器的选型原则

(1) 根据电磁骚扰的传播特性可知,雷电电磁脉冲在建筑物不同部位的危害程度是不一样的,所以首先应将被保护的空間划分为不同的防雷区,通过建筑物的隔墙、房间和设备,用现有的金属立面、钢筋和金属外壳来建立不同的保护区,而各保护区以边界处电磁条件有明显变化为特征^[2],从而可以确定出电涌保护器的安装位置和级数。根据电磁强度的计算结果,选择型号、技术参数等匹配的电涌保护器,故最终可得出任何防雷分区的交界处应装设 SPD,有几个交界处便需要安装几级电涌保护器。通常的做法是将需要防雷的空间从建筑物的外部到内部分为几个雷击电涌电流和电磁场逐步减少的几个区域,依次为 LPZ_{0A} 区、LPZ_{0B} 区、LPZ₁ 区、LPZ₂ 区以及 LPZ_n 区^[3]。

(2) 各电源 SPD 的装设地点和类型、参数选择要保证电涌保护器的级间配合。要求各级 SPD 的通流都不超过各自的通流容量;各级 SPD 的通流应逐次减少,特别希望 SPD₁ 泄放绝大部分雷电流;各级 SPD 在承载所流过的电流时,还能保证各自的电压保护水平与该级预期需保护的設備耐受水平相配合。

(3) SPD 与被保护设备之间的距离不能太长,若太长,雷电电涌在沿线路传播的过程中会产生振荡现象,致使被保护设备端的过电压会大于所安装电涌保护器的电压保护水平 U_p ,从而导致电涌保护器的保护失效,根据文献 2,一般情况下 SPD 的保护范围应在 10 m 以内。若最大线路长度 >10 m 或者 $U_p > U_w / 2$ (U_w 为被保护设备的耐受电压)时,最大保护距离可以用公式 $L_{p0} = (U_w - U_p) / 25$ (m) 估算。若电涌保护器与其保护对象之间的线路长度大于计算得出的最大保护距离 L_{p0} ,则应增设电涌保护器。

(4) 在设备的近旁设置电压保护水平 U_p 与设备电源一侧的耐冲击电压额定值 U_w 相配合的 SPD,这是 SPD 布局的主要要求。 U_p 应低于 U_w 并留有余地,根据经验一般宜留有 20% 的裕量^[4]。这主要是考虑到 SPD 并联支路引线的电感电压降,所以 SPD 的有效电压保护水平实际上是: $U_{P/f} = U_p + \Delta U$,且 $U_{P/f} < U_w$, ΔU 为电涌保护器两端引线的感应电压降,即 $\Delta U = \Delta u_{L1} + \Delta u_{L2} = L_1 di/dt + L_2 di/dt$ 。

2 SPD 主要技术参数选择

2.1 SPD 通流容量 I_{imp} 的选择

SPD 通流容量的描述参数对应为冲击电流 I_{imp} 、标称电流 I_p 、最大放电电流 I_{max} 。对于建筑物防雷设计来说,一般是将雷击分为首次雷击和后续雷击,并规定相应的波形参数^[5,6]。根据文献 6 可知,在电源引入的总配电箱处应装设 I 级分类试验的电涌保护器,其标志性参数为冲击电流 I_{imp} ,假设被保护的对象为第一类防雷建筑物,根据公式 $I_{imp} = 0.5I/nm$ 可粗略估算出电源总配电箱处所装设的电涌保护器的每一保护模式的冲击电流值, n 为地下和架空引入的外来金属管道和线路的总数, m 为每一线缆内导线的总数目,由表 1 可知 $I = 200$ kA。在 TN-S 系统中,电源线是管线之一(配电线路,信号线路,金属管道),而电源线中又有 3 根相线,故首次雷击 SPD 每一保护模式的冲击电流 $I_{imp} = 0.5I/nm = 0.5 \times 200 / 3 \times 3 \approx 11.11$ kA。如果考虑到电缆屏蔽,保守的估计可使通过每一保护模式 SPD 的雷电流减少到原来的 30%,即 $I_{imp}' \approx 30\% I_{imp} \approx 0.3 \times 11.11 \approx 3.33$ kA。同理可粗略估算出第二类、第三类建筑物电源总配电箱处安装浪涌保护器的通流容量,具体如表 1 所示。

表 1 SPD 通流容量 I_{imp} 的确定 kA

电流参数	建筑物防雷类别		
	第一类	第二类	第三类
雷电流幅值 I_m	200	150	100
供电线缆总分流值	33.33	25	16.67
每根电缆分流值	11.11	8.33	5.56
穿管屏蔽分流值	3.33	2.49	1.67
通过 SPD 每一保护模式的冲击雷电流	3.33	2.49	1.67
当无法确定冲击电流值 I_{imp} (10/350 μ s)	≥ 12.5	≥ 12.5	≥ 12.5

另外当被保护的低压配电系统有单独的中性线(N)时,如采用“3+1”或“1+1”接线形式安装 SPD,在三相系统中,连接在 N-PE 之间的 SPD 的 I_{imp} 值应为连接在 L-N 之间 SPD 的 I_{imp} 值的 4 倍;在单相系统中,连接在 N-PE 之间的 SPD 的 I_{imp} 值应为连接在 L-N 之间的 I_{imp} 的 2 倍。如 I_{imp} 的值为 12.5 kA,则他们分别应不小于 50 kA 和 25 kA。同样 SPD 标称放电电流 I_n 的值也要求为对应的 4 倍或 2 倍^[7]。

2.2 最大持续运行电压 U_c 值的选择

SPD 最大持续运行电压 U_c 的要求关系到 SPD 长期运行的可靠性,这是 SPD 在雷电作用下工作可靠性的前提^[8]。它的确定应考虑电网的正常波动、调节和谐波等,而目前,我国地面上低压配电网大多数都采用中性点直接接地的三相四线配电网。在这种配电网中,TN 系统是应用最多的配电及防护方式^[9],故本文只考虑低压 TN 系统 SPD 的 U_c 值选取要求,如表 2 所示。

表 2 TN 系统中最大持续运行电压 U_c 的选取要求

配电网接地型式	SPD 保护模式	保护模块接入位置	U_c 要求
TN 系统	共模模式	L-PE 之间	$\geq 1.15 U_0$
		N-PE 之间	$\geq 1.15 U_0$
TN 系统	“3+1”模式	L-N 之间	$\geq 1.15 U_0$
		N-PE 之间	$\geq 250 \text{ V}$ (间隙)

注 1: U_0 指低压系统相线与中性线之间的电压,即为相电压。
注 2:“3+1”保护模式指 3 个模块(MOV 型)接于 L-N 之间,1 个模块(间隙型)接于 N-PE 之间。

我国三相四线制的电压通常为 380/220 V,即线电压为 380 V,相电压为 220 V。由表 2 可知,在 TN 系统中,当 SPD 的保护模式为共模模式时,即:

安装于 L-PE 间时: $U_c \geq 1.15 U_0 = 253 \text{ V}$;
安装于 N-PE 间时: $U_c \geq 253 \text{ V}$ 。

当 SPD 的保护模式为“3+1”保护模式时,即:

安装于 L-N 间时: $U_c \geq 1.15 U_0 = 253 \text{ V}$;

安装于 N-PE 间时, $U_c \geq 250 \text{ V}$ 。

2.3 电压保护水平斜体的选择

电压保护水平 U_p 表征 SPD 限制接线端子间电压的性能参数,也是制造厂向使用者提供的表示 SPD 限制瞬态浪涌的能力^[10]。由 SPD 的选型原则(4)可知,每一级 SPD 的 U_p 值应小于设备的绝缘耐冲击电压额定值 U_w ,且宜留有 20% 的裕量,即 $U_p < 0.8 U_w$ 。380/220V 三相配电系统中设备的耐冲击电压额定值 U_w 可按表 3 的规定选用。

表 3 380/220V 三相电源系统设备绝缘耐冲击电压额定值 U_w kA

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

3 以菲尼克斯产品为例

12.5 kA 这个 I_{imp} 值是 IEC 标准推荐的最小值,考虑到我国幅员辽阔,夏天的雷击灾害多,在雷电防护等级较高的电子信息系统设置的电源线路电涌保护器能承受的冲击电流 I_{imp} 在 12.5 kA 的基础上应适当有所提高,具体见表 4。同样,鉴于我国某些工程的实际情况,在建筑物入口处的总配电箱处选用安装 II 类试验(波形 8/20 μs)的限压型浪涌保护器,标称放电电流 I_n 的选择具体要求可见表 4。

表 4 电源线路浪涌保护器冲击电流和标称放电电流参数推荐值

雷电防护等级	总配电箱 LPZ ₀ 与 LPZ ₁ 边界		分配电箱 LPZ ₁ 和 LPZ ₂ 边界		设备机房配电箱 后续防护区的边界
	10/350 μs	8/20 μs	8/20 μs	8/20 μs	1.2/50 μs 和 8/20 μs
	I 类试验 I_{imp}	II 类试验 I_n	II 类试验 I_n	II 类试验 I_n	复合波 III 类试验 U_α 和 I_α
A	≥ 20	≥ 80	≥ 40	≥ 5	$\geq 10/\geq 5$
B	≥ 15	≥ 60	≥ 30	≥ 5	$\geq 10/\geq 5$
C	≥ 12.5	≥ 50	≥ 20	≥ 3	$\geq 6/\geq 3$
D	≥ 12.5	≥ 50	≥ 10	≥ 3	$\geq 6/\geq 3$

例如根据选型原则(1)将一栋建筑物划分为 4 个防雷区,则对应应有 3 个界面,从而确定出电涌保护器的安装位置和级数。在第一个界面处(LPZ₀-LPZ₁)布置 SPD₁(俗称入口级),一般位于建筑物的总配电柜处,安装 I 类分级试验的 SPD。在第二个界面处(LPZ₁-LPZ₂)布置 SPD₂(俗称机房级),一般位于建筑物机房入口的分配电柜处,安装 II 类分级试验的 SPD。在第三个界

面处(LPZ₂-LPZ₃)布置 SPD₃,俗称设备级,一般在设备的附近,安装 III 类分级试验的 SPD。根据选型原则(2)、(3)、(4),还需要清楚各级被保护设备的耐压水平,选择与之匹配的电压保护水平的电涌保护器,而且必须考虑各级 SPD 的级间配合,即要求各级 SPD 的通流容量均不能超过各自的通流容量,各级 SPD 的通流量应逐级减少,特别希望 SPD₁泄放绝大多数雷电流。根据建筑物

防雷设计规范 GB50057—2010,入口级的电压保护水平应低于或等于 2.5 kV。

本文以菲尼克斯产品为例,SPD₁可选择菲尼克斯 FLASHTRAB 系列,如 FLT 35/3 + 1 CTRL(泄流型)型号的 SPD,该 SPD 的主要技术参数如表 5 所示。

表 5 电涌保护器 FLT 35/3+1 CTRL 的主要技术参数

冲击电流 I_{mp}/kA	最大持续运行电压 U_C/V	电压保护水平 U_p/kV
50	260	$L-N \leq 0.9/N-PE \leq 1.5$

由表 5 可知: $I_{mp}=50$ kA,符合表 1 计算值的要求和表 4 的推荐值; $U_C=260$ V,符合表 2 中 U_C 的选取要求;SPD 接于 L—N 时, $U_p \leq 0.9$ kV,SPD 接于 N—PE 时, $U_p \leq 1.5$ kV。由表 3 可知,电源进线端设备的耐冲击电压额定值 U_w 为 6 kV,因此所选 SPD₁ 的 $U_p < 0.8 U_w$,符合电源保护器的选型原则要求,同时 SPD₁ 也符合文献[6]关于在电源引入的总配电箱处装设的 SPD 电压保护水平的规定,即 $U_p \leq 2.5$ kV。SPD₂ 可选择菲尼克斯的 VALVETRAV 系列,如 VAL-MS 320/3 + 1-FM(限压型)型号的 SPD。SPD₃ 可选择菲尼克斯 MAINS-PLUGTRAB 系列,如 PT4-PE/S-230AC 型号的 SPD。总之在 SPD 的具体选型中,一定要结合实际,了解被保护对象的相关技术参数,才能选择出经济合理且保护俱佳的 SPD。

4 结论

(1) SPD 的正确选型首先要对所保护的建筑物界定具有不同雷击电磁脉冲强度的各个空间,即划分防雷保护区,以确定 SPD 安装的位置和级数。在级数的确定时,还应考虑 SPD 与被保护设备的线路长度,以与振荡保护距离 L_{po} 做比较,然后才能确定 SPD 的最终级数。

(2) SPD 的正确选型一定要结合实际,弄清楚被保护对象的相关参数(如配电系统的电网类型、耐冲击电压水平等),然后选择具有与其匹配

的技术参数的 SPD,主要考虑 SPD 的电压保护水平 U_p 、通流容量、最大持续运行电压 U_C 。在选择 SPD 的技术参数时,首先应根据布局和级数校核 SPD 的级间配合所需距离,当级间配合距离不够时,再调整 SPD 的参数或配置去耦装置。

(3) 菲尼克斯低压配电系统的电涌保护器主要可分为三大系列。FLASHTRAB 系列,即雷电电流放电器,作为低压配电系统的第一级防护,使用该雷电电流放电器泄放掉 100 kA(10/350 μ s 波形)以下的闪电电流;VALVETRAV 系列,即过电压放电器,作为第二级保护,其通流容量为一次 40 kA(8/20 μ s 波形)或多次 20 kA(8/20 μ s);MAINTRAB 系列,即设备保护放电器,可直接安装在受保护设备的前面。

(4) SPD 在参数选取和布局设定方面考虑因素很多,而且又有许多交叉,故常常需要反复调整,最终才能设计出经济合理,保护效果俱佳的电涌保护系统。

参考文献:

- [1] 魏明.雷电电磁脉冲及其防护[M].北京:国防工业出版社,2012.
- [2] 何金良.电磁兼容概论[M].北京:科学出版社,2010.
- [3] 叶蜚学.电源电涌保护器的布局[J].低压电器,2004(7):54.
- [4] GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范[S].
- [5] 肖稳安,张小青.雷电与防护技术基础[M].北京:气象出版社,2006.
- [6] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范[S].
- [7] 李祥超,姜翠宏,赵学余.防雷工程设计与实践[M].北京:气象出版社,2010.
- [8] 叶蜚学.电涌保护器的最大持续运行电压[J].低压电器,2004(6):55.
- [9] 成秀虎,彭淑凡.电工作业[M].北京:气象出版社,2007.
- [10] 叶蜚学.电涌保护器的电压保护水平[J].低压电器,2004(4):50.

(上接 121 页)

- [6] 张少永,商红梅,李文彬.北斗定位通信系统在自持式剖面循环探测漂流浮标的应用初探[J].海洋技术,2009,28(4):126-129.
- [7] 李文彬,张少永,商红梅,等.基于新一代 Argos 卫星系统的表面漂流浮标设计[J].海洋技术,2011,30(1):1-4.