

[SPD]

浅谈电涌保护器（SPD）后备保护装置的选择

文/上海勘测设计研究院有限公司 李润源

论述了电涌保护器（SPD）后备保护装置的必要性，并分析了断路器和熔断器作为SPD后备保护装置的一些缺陷，同时介绍了目前行业内的SPD专用后备保护器（SCB）。

电力系统中因雷击等原因造成的瞬态过电压是不能避免的，这些瞬态过电压产生的危害和损失很大，人们对雷电过电压的防治也越来越重视。目前SPD已经得到了大规模应用，在SPD并联支路中，安装在SPD外部前端的后备过电流保护装置SCB非常重要，当SPD不能阻断工频短路电流时，它用于避免SPD发热和损坏，对于避免防雷失效和SPD起火事故起着特别重要的作用。

基本概念

电涌保护器（SPD）：用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件。它至少含有一个非线性元件。电涌保护器分为电压开关型电涌保护器、限压型电涌保护器和组合型电涌保护器。

电压开关型电涌保护器：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、硅可控整流器或三端双向晶闸管元件做电压开关型电涌保护器的组件。也称“克罗巴型”电涌保护器。具有不连续的电压、电流特性。

限压型电涌保护器：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、抑制二极管作限压型电涌保护器的组件。也称“钳压型”电涌保护器。具有连续的电压、电流特性。

组合型电涌保护器：由电压开关型元件和限

压型元件组合而成的电涌保护器，其特性随所加电压的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皆有。

SPD后备过电流保护装置：位于SPD外部的前端，作为电气装置的一部分的过电流器件（如断路器或熔断器），当SPD不能切断工频短路电流时，它可使SPD避免过热和损坏。

SPD的组成构件

放电间隙（又称保护间隙）：它一般由相隔一定间隙的暴露在空气中的两根金属棒组成，其中一根金属棒与接地线相连接，另一根与所需保护设备的零线或电源相线相连，当瞬时过电压袭来时，间隙被击穿，将部分过电压的电荷引入大地，也避免了被保护设备的电压升高。

气体放电管：它是将一对相隔一定距离的冷阴板封装在充有一定量的惰性气体的陶瓷管或玻璃管内组成的。在放电管内还有助触发剂以提高放电管的触发概率。

压敏电阻：最常见的压敏电阻是金属氧化物压敏电阻（MOV），它主要包含由氧化锌颗粒和少量聚合物或其他金属氧化物间隔构成的陶瓷块，其夹于两金属片间。氧化锌颗粒与邻近聚合物或其他氧化物交界的地方会形成二极管效应，大量杂乱颗粒的存在使得它等同于一堆背向相连的二极管。当遇到低电压时，只有比较小的逆向

漏电流，然而当遇到高电压时，二极管会因隧道效应与热电子而发生逆向崩溃，能够流通大电流。因此，压敏电阻的电流-电压特性曲线具有高度的非线性：低电压时电阻高、高电压时电阻低。工频电流通过时，电流幅值小，时间长，电流集中流向MOV的薄弱点，产生的高热可能会在薄弱点形成击穿汽化燃烧，这时SPD分离装置没有温度积累的足够时间，巨大的气体膨胀力将会促使SPD向外喷火燃烧。雷电冲击电流的持续时间很短，雷电流通过时，由于电流幅值高、时间短，颗粒主要表现为电动力损坏（本体爆裂）。

装设SPD后备保护装置的必要性

在同一个变电站中，高压系统和低压系统共用同一个接地极。当高压侧发生接地故障时，其故障电流流经高低压系统共用的接地极时就可能会在低压侧产生暂时过电压。另外，低压侧的中性线开断、中性点偏移和操作过电压等产生的暂时过电压，如超过SPD启动电压，工频电流就会流过SPD。通过SPD的电量超过一定量时，能引发SPD起火燃烧。因此，SPD后备保护显得尤为重要。

从SPD组成构件原理上分析，对于电压开关型电涌保护器，以单间隙SPD为例。在浪涌或电源振荡激发导通后，20~30 V的电弧电压使电源处于短路状态。当电弧电流比较大，持续的电弧烧穿封装电极片时，火焰迅速喷发燃烧引起火灾事故。当系统出现暂时过电压（TOV）时，暂时过电压一旦超过SPD启动电压，工频电流就会流过SPD。通过SPD的电量超过10 C就能引发SPD起火燃烧。

对于限压型电涌保护器，压敏电阻在抑制过电压过程中吸收的能量超过本身额定容限值时，通常情况下压敏电阻将会因过热而老化或损坏，损坏的表现形式可以分为老化和短路两种。SPD经多次电涌冲击后，内部元件逐渐老化，当元件老化到一定程度时，内部热脱扣装置熔断，热脱扣装置熔断后，SPD支路将从线路中断开，SPD得到保护。这时SPD处于老化开路模式，虽然被保护设备将不再受保护，但由于对系统本身几乎不会产生影响，很难发现SPD已失效。这就要求SPD本体具备指示失效的功能。

高能量电涌冲击或线路故障（短路/TOV）时，SPD会发生短路。这时短路电流由系统流向处

于短路失效模式的SPD，内部热脱扣装置来不及熔断时，SPD会因过热而导致火灾、爆炸。这就要求加装后备保护装置使短路电流被及时切断，线路得到保护。

SPD后备保护装置选择条件

从SPD功能上分析，SPD是用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件，同时，为保护被保护设备，其电压保护水平应尽可能低。也就是说对于SPD后备过电流保护装置来说，除去定义中所具备的切断工频短路电流能力外，其还应该能够具备足够的电涌耐受能力和足够低的残压。

根据相关规范标准，SPD后备保护装置符合以下条件才能与SPD协调配合。

电涌耐受能力：能够承受该处正常情况下雷电流的冲击（20次 I_n ），而不误动作。后备保护装置在雷电流冲击下不误断，至少应该满足：T1级不小于SPD的冲击电流 I_{imp} （10/350 μ s，25 kA）；T2级不小于SPD的最大放电电流 I_{max} （8/20 μ s，80 kA）；T3级不小于SPD的 I_{max} （8/20 μ s，40 kA）。

工频过电流保护能力：能够分断该处最大预期短路电流和低短路电流，同时能够保护SPD免受TOV的损坏。T1级（I级试验）SPD出现短路故障，预期工频短路电流多数小于50 kA，考虑到冗余度，最大分断能力到65 kA及100 kA是合适的。T2级（II级试验）预期工频短路电流超不出30 kA。T3级（III级试验）预期工频短路电流超不出20 kA。SPD通过工频电流大于5 A以上时易起火，所以需要在工频电流达到5 A前切断电路。

电压保护水平：在线路泄放电涌电流时，后备保护装置上的残压应尽可能低。GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》中对设备绝缘耐冲击电压的额定值进行了规定，后备保护装置串联安装在SPD线路中，因此设备绝缘耐冲击电压额定值指的是后备保护器、电缆和SPD的总 U_p 值。因此当后备保护装置上的残压比较低时，对于SPD的选型具有一定的帮助。

熔断器和断路器作为SPD后备保护分析

电涌耐受能力：微型断路器容易误动作，且电涌耐受能力低；塑壳断路器电涌承受能力较高，但是尺寸大；熔断器电涌承受能力较高，但

是尺寸大。

对于微型断路器，电涌冲击下，动静触头之间会产生很大的电动斥力，电涌越大，电动斥力越大，就越容易脱扣，甚至在大的电涌冲击下有爆炸的风险。

工频过电流保护能力：微型断路器高短路分断能力低；低短路无法快速脱扣，TOV下保护有限；塑壳断路器高短路分断能力较高；低短路无法快速脱扣，TOV下保护有限；Fuse高短路分断能力较高；低短路无法快速脱扣，TOV下保护有限。

微型断路器的分断能力最高到15 kA，能够分断低压配电系统末端SPD安装处的最大预期短路电流，而对于第一、二级SPD安装处的预期短路电流有无法安全分断的风险；塑壳断路器和熔断器的分断能力较高，基本能够分断第一、二级SPD安装处的最大预期短路电流，但是低短路分断有问题，且尺寸过大。

目前选用的断路器和熔断器后备保护装置的额定电流一般都比较低，所以当SPD支路出现较低的短路电流时，将达不到断路器或者熔断器的瞬动值（5~7倍 I_n ），短路电流将无法被及时切断，这时SPD极易起火、爆炸。下图中所示为某泵房配电柜，因电动机频繁起停引起TOV，同时由于电流未能达到熔断器熔断电流，导致SPD起火。



图 一起SPD失火事故

高额定电流的断路器或者熔断器与上游主回路开关无选择性，后备保护装置形同虚设；当SPD

支路发生短路时，主回路先跳闸，供电连续性得不到保障

电压保护水平：MCB残压高，设备保护水平下降；MCCB残压非常高，设备保护水平大幅下降；Fuse残压在低电涌冲击时较低，高电涌时较高，设备保护水平下降。

SPD专用后备保护器（SCB）实现方案

目前行业内部分厂家针对断路器和熔断器作为SPD后备保护装置的不适应性，专门研发了SPD专用后备保护器（SCB）。

雷电流是一个不规则、快速变化的宽频谱脉冲，持续的时间在微秒级；交流电是一个毫秒级的周期性波，SCB就是利用两个参量在时间上的巨大差异，实现选择性通过的开关机构。

当SPD有雷电浪涌电流通过时，SCB不会出现误动作，使电气设备防雷能够始终处于有效状态。

当电源出现异常暂时过电压使SPD导通发生短路时，SCB应具备分断短路电流能力并能迅速断开电路。

当SPD发生劣化（经过电压冲击），致使启动电压降低到低于电源电压时，其工频漏电流会迅速增大，当漏电流比较小时SPD热脱扣机构能够断开电路，当工频漏电流大于5 A以上时，SPD易起火，SCB必须在引起SPD起火前断开电路，防止火灾的发生。

结束语

正确选择配置SPD的后备保护装置，既可以使SPD的选型更方便以保证电压保护水平满足被保护用电设备的正常工作要求，又可以在特殊电涌能量冲击或SPD故障时确保电网供电的正常可靠。

经过分析，目前常用的断路器和熔断器作为SPD的后备保护，均存在一些缺陷。SPD专用后备保护器（SCB）较好地解决了断路器和熔断器作为SPD后备保护装置存在的缺陷，将在各行业防雷保护中，将发挥重要的安全保护作用。但是作为新兴产品，SCB在大规模应用推广前仍需行业内进行广泛讨论以制定相关的标准规范。EA

（收稿日期：2015.07.03）

（编辑：刘群△）