

卢睿,吴舒婷,李苗苗. 分布电容对信号类 SPD 残压影响的分析[J]. 陕西气象,2021(4):61-63.

文章编号:1006-4354(2021)04-0061-03

分布电容对信号类 SPD 残压影响的分析

卢睿,吴舒婷,李苗苗

(洞头区气象局,浙江温州 325700)

摘要:为了提升电子设备抵御电涌能力,分别设计了整流桥结构、TVS 管结构和 TVS 阵列结构等三种构造的电涌保护电路,并对三种构造 RJ45 型网络接口电涌保护器(surge protective device, SPD)进行组合波测试,对比其残压,其中整流桥结构下的冲击残压相对于只用 TVS 管和 TVS 阵列结构偏低,但信号类 SPD 由于流过的是高频信号,SPD 的分布电容对信号传输会产生严重影响。结果表明:TVS 阵列的分布电容比整流桥结构下的分布电容低,如果对信号传输保真要求不高,可以使用整流桥结构的 SPD;而对信号传输有较严格要求时,应使用 TVS 阵列结构的 SPD。

关键词:信号类 SPD;分布电容;残压;

中图分类号:P49:TM862

文献标识码:B

近年来,低压电力设备过电压事故逐渐增加,造成了较大的直接和间接的经济损失,日益严峻的形势使得低压系统的过电压保护势在必行。电涌保护器(surge protective device, SPD)由于拥有优良的抗过电压特性,可以在最短的时间内释放过电压浪涌,限制过电压和过电流通过线路,降低设备各接口端的电位差^[1]。有些学者利用波过程的理论,在二级配合试验中的能量传输情况,将行波理论很好地运用在组合型浪涌保护电路中的冲击反应过程^[2-4];还有些学者从理论分析的角度对低压配电系统中的多级电涌保护器之间的能量配合作了分析^[5-8];李博^[9]、叶挺^[10]等认为浪涌保护器之间进行能量配合的关键是调整好气体放电管与 TVS 管之间的启动时间,避免使 TVS 管遭受过大的能量而导致损坏。因此,为了增强电子设备抵御雷电电涌的能力,通过对各类 SPD 的设计与测试,合理分配前后级 SPD 的能量分配,优化现有信号 SPD 电路组合就显得尤为重要。

1 工作原理与结构设计

为测试不同的 SPD 组合电路吸收过电压能量的效果,优化 SPD 保护电路,设计了三种 SPD

组合电路。RJ45 网络接口 SPD 的工作原理主要分为三种。第一种整流桥结构的 SPD 工作原理是:雷电流经过网络接口传入时,气体放电管作为第一级 SPD 将雷电流大部分能量泄放入地,剩余一部分雷电流通过线路流经第二级上的 TVS 管,TVS 管主要起到线间箝位的作用;但由于气体放电管的响应时间大于 TVS 管,这往往导致气体放电管与 TVS 管的级间配合产生问题,气体放电管来不及响应,大电流没有通过气体放电管直接通过 TVS 管,造成器件损坏。因此需要在气体放电管与 TVS 管之间连接上一个电阻,电阻的作用可以提升施加在气体放电管两端的电压,使其快速启动(见图 1a)。

第二种 TVS 管结构的 SPD 的工作原理是:雷电流经过网络接口传入,气体放电管将雷电流大部分能量泄放入地,TVS 管起到限制线间电压的作用,整流桥的作用是改善电路的分布电容,电阻的作用是使施加在气体放电管两端的电压增大,从而使其快速启动(见图 1b)。

第三种 TVS 阵列结构的 SPD 的工作原理是:雷电流经过网络接口传入,气体放电管将雷电

收稿日期:2020-12-15

作者简介:卢睿(1991—),男,江苏丹阳人,汉族,大学本科,助工,从事气象防灾减灾相关工作。

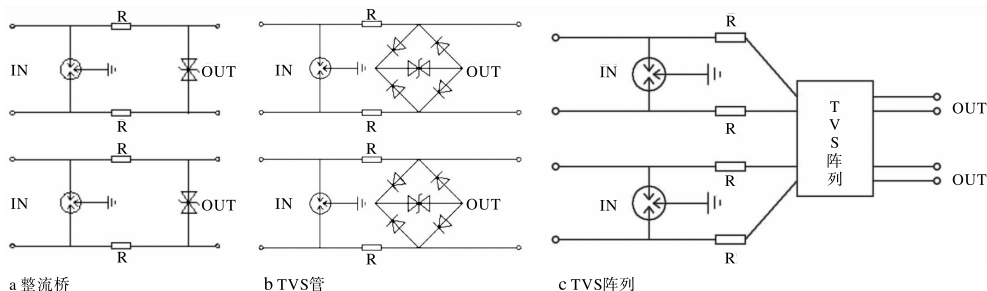


图1 三种构造的SPD组合电路

流大部分能量泄放入地,TVS 阵列起到限制线间电压的作用,电阻的作用是抬高放电管对地的电压使其快速动作(见图 1c)。

图 1 三种构造中,放电管的直流启动电压为 75 V,电阻大小为 $2.2\ \Omega$, $1/4\ \text{W}$ TVS 和 TVS 阵列的启动电压均为 12 V。对于敏感的电子系统,其线间的电压一般不超过几十伏,很多参数的选择都是折中的结果。比如放电管直流启动电压为 75 V,这是考虑到其响应时间和通流容量两个参数,启动电压越低其响应的时间将会减少,但与此同时其通流容量也会相应的降低。在考虑了其响应时间和通流容量的问题后,选择 75 V 的直流放电电压。对于电阻的选择也是同样道理,电阻太小可能会使放电管响应时间延长或无法正常启动;反之电阻太大会影响正常的网络信号。鉴于此,参考文献[11]后选择了 $2.2\ \Omega$ 的电阻。

2 试验测试

完成了前期的设计和制作工作后,需进行一系列的对比测试,按照相关测试标准^[12-13]对各个模板进行残压测试。随着测试电压的升高,放电管的残压值和 SPD 的残压值也随之上升,其残压

的最大值应在设备所能耐受电压的范围内。分析 RJ45 网络接口 SPD 的冲击电压与残压的关系,即气体放电管的正负极性冲击电压与所得残压的关系(图 2)。由图 2 可以看出,气体放电管两端的残压随冲击电压增加而增加。当正极性冲击电压达到 4.5 kV 时,放电管两端残压达到最大,为 185 V;当负极性冲击电压达到 4.5 kV 时,气体放电管两端残压达到 182 V。TVS 管的承受电压在 2 kV 左右^[14],以上残压均在 TVS 管能承受的电压范围之内,不会对 TVS 管构成损坏。综合图 3 可以看出,不管是在正极性还是负极性冲击电压下,三种结构的 SPD 的残压随着冲击电压的增加稳步上升,其中 TVS 管结构与 TVS 阵列结构的在同等冲击残压下的残压相近。

信号类 SPD 由于流过的是高频信号,SPD 中的电容会对信号的传输产生影响^[15-16],因此评价一款 SPD 的性能好坏除了残压之外还需要考虑 SPD 的分布电容大小^[17]。根据图 1 中 3 张原理图分析总的分布电容的大小。

整流桥结构的 SPD 总分布电容 $C = C_a + C_b = 892.5\ \text{pF}$, TVS 管结构的 SPD 总分布电容

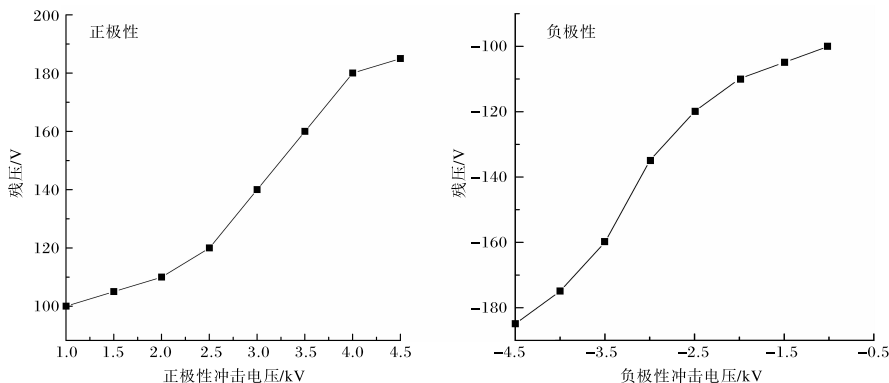


图2 气体放电管正、负极性冲击电压与所得残压的关系

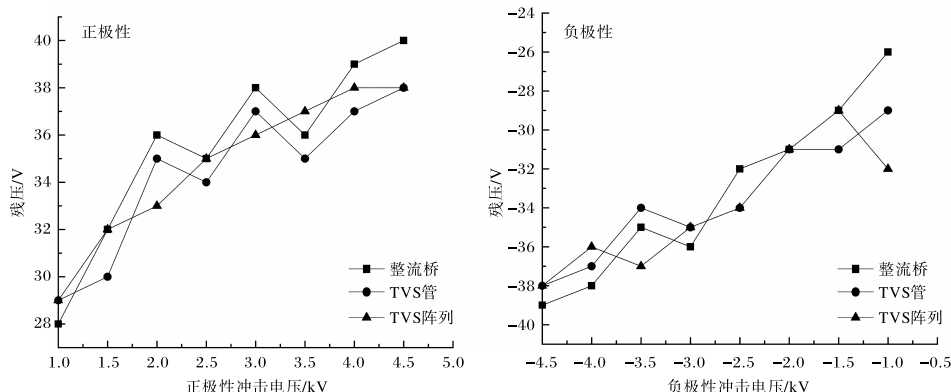


图3 三种构造的SPD在正、负极性冲击电压下的残压趋势

$C = C_a + (C_b + C_c) / (C_b \times C_c) = 34.1 \text{ pF}$, TVS 阵列结构的 SPD 总分布电容 $C = C_a + C_d = 4.5 \text{ pF}$, 其中 C 表示总的分布电容, C_a 表示放电管的分布电容, C_b 表示整流桥的分布电容, C_c 表示 TVS 管的分布电容, C_d 表示 TVS 阵列的分布电容。

3 结论

(1) 对整流桥、TVS 管和 TVS 阵列结构的 SPD 进行了组合波形下的冲击试验, 发现采用整流桥结构的 SPD 的残压与采用 TVS 阵列结构的 SPD 的残压基本相同; 但由于信号类 SPD 中流过高频信号, 高频信号下, SPD 的分布电容对信号的衰减作用很明显, 整流桥结构 SPD 的分布电容是 TVS 阵列结构下的 7 倍。

(2) 如果对信号传输保真不是特别严格, 可以使用整流桥结构的 SPD, 而对信号传输有比较严格要求时应使用 TVS 阵列结构的 SPD。

参考文献:

- [1] 叶蜚誉. 电涌保护技术讲座第二讲电涌保护器的原理[J]. 低压电器, 2004(3): 54-56.
- [2] 罗广孝, 崔翔, 张卫东, 等. TVS 静电抑制器等效电路参数估算及应用[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(16): 204-211.
- [3] 翁若方, 庚瑞佳. 通信系统浪涌保护器的性能试验及评价分析[J]. 电力与能源, 2013, 34(6): 602-605.
- [4] 梁忠武, 周睿, 黄耀磊, 等. 关于高层建筑防侧击雷等电位连接圆钢用材规格的探讨[J]. 陕西气象, 2020(2): 55-58.
- [5] 贾广平. 片式氧化锌压敏电阻器与 TVS 管的 ESD 应用技术误区分析[J]. 电子元件应用, 2008, 10(3): 26-29.
- [6] 李祥超, 周中山, 陈璞阳, 等. 暂态抑制二极管冲击耐受性能的分析[J]. 电磁避雷器, 2015(4): 48-54.
- [7] 孙自胜, 谭涌波, 冯民学. 串行通信中 RS422 接口浪涌保护器的设计与研究[J]. 电磁避雷器, 2013(3): 36-41.
- [8] 郭凤文. 关于 SPD 的几个问题的讨论[J]. 电气应用, 2005, 24(2): 12-15.
- [9] 郭远东, 李雪玲. TVS 管失效原因分析[J]. 环境技术, 2013(8): 21-24.
- [10] 李博, 李洋, 土俊飞. 通信设备用浪涌保护器中放电管与 TVS 管最佳组合的探讨[J]. 铁道技术监督, 2012(12): 47-50.
- [11] 叶挺, 杨仲江, 李祥超, 等. BNC 型信号电涌保护器退耦元件选择及波形分析[J]. 电磁避雷器, 2014(4): 66-71.
- [12] 低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 第 1 部分: 性能要求和试验方法: GB 18802.1-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [13] 低压电涌保护器 第 21 部分: 电信和信号网络的电涌保护器 (SPD) 性能要求和试验方法: GB 18802.21-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [14] 卢燕, 杨仲江. 电涌保护器的性能与试验方法的研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [15] 韩庆妙, 赵建周. 瞬时电压抑制器件 TVS 及其应用[J]. 安阳大学学报, 2004, 3(1): 16-18.
- [16] 陈百川, 陈百江. 开关电源常见故障检修[J]. 陕西气象, 2005(6): 45-46.
- [17] 龚家军, 陈剑云, 郭金良, 等. 信息系统防雷设计施工中常见误区及对策[J]. 陕西气象, 2020(6): 71-73.