

基于冲击波形监测数据的 SPD 参数优化策略研究

闫宇航

身份证号码: 1526291986****0015

摘要: 论文从 SPD 应用过程中的参数配置优化需求出发, 分析了现场实地监测所能获取的各类冲击数据信息, 并将其与 SPD 的关键参数进行关联, 整理了二者之间的对应影响逻辑, 提出了具体的参数优化方法策略, 能够进一步发挥冲击波形监测的作用, 为合理化配置和持续稳定防护提供可执行的参考思路。

关键词: 波形监测; SPD; 参数优化; 持续防护

Research on SPD Parameter Optimization Strategy based on Impulse Waveform Monitoring Data

Yuhang Yan

ID No.: 1526291986****0015

Abstract: Starting from the optimization requirements of parameter configuration in the application process of SPD, this paper analyzes various types of impact data information that can be obtained through on-site monitoring, and associates them with the key parameters of SPD. The corresponding impact logic between the two is sorted out, and specific parameter optimization methods and strategies are proposed, which can further play the role of impact waveform monitoring and provide executable reference ideas for rational configuration and continuous stable protection.

Keywords: waveform monitoring; SPD; parameter optimization; continuous protection

0 前言

铁路通信信号等专业的弱电机房中, 电源线路及信号线路上均设置了大量的 SPD, 这些 SPD 为线路上引入的冲击事件提供了泄放入地的通道, 因此其性能参数直接关系到电源线路和信号线路的安全运行。在现有的 SPD 参数配置原则中, 通常将某种特定场景下的预期冲击模型作为假想对象, 进而选择与之相适应的性能规格, 该配置原则比较明显的问题是没有充分考虑各个不同场景下的特殊性配置需求, 因此在运行过程中容易出现防护性能偏离、稳定性不足的问题。

1 冲击波形监测的模式

1.1 冲击电流波形监测

根据 SPD 的基本工作原理, 冲击电流引入后主要通过 SPD 所在路径入地, 因此对冲击事件进行监测的最直接模式, 就是采集该路径上的电流数据并生成电流波形, 相应的监测方式如图 1 所示。

1.2 冲击电压波形监测

在冲击电流泄放入地的过程中, SPD 及其连接线路在电流的作用下产生电压降, 该电压降一定程度上代表了冲击源及其施加在被保护对象上的强度, 该电压降的监测方式如图 2 所示。

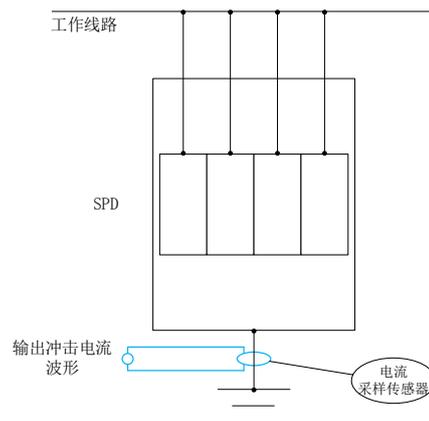


图 1 电流波形监测方式

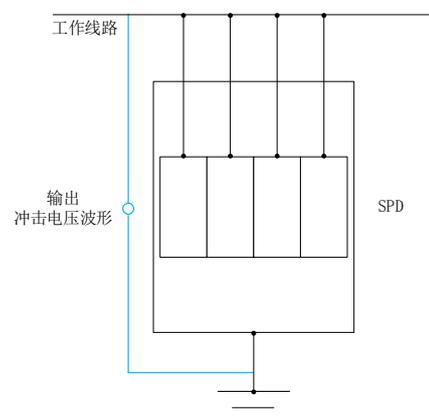


图 2 电压波形监测方式

2 冲击波形监测数据包含的主要信息

2.1 雷电冲击强度

在各类冲击事件中，雷电冲击是一项重要内容，反映其冲击强度的最直接信息则是冲击电流波形的峰值，这是决定 SPD 冲击耐受能力的最直接外部条件。

2.2 漏电流强度

除雷电冲击之外，SPD 所在线路上的工作电压同样会使 SPD 对地泄放漏电流。在进行冲击电流波形监测的过程中，不同原因引起的电流已经全部被采集出来，借助不同频率特征的区分手段，可以单独筛选出漏电流的强度信息。

2.3 工作电压波动范围

线路工作电压及其波动范围表征了 SPD 所处的运行环境，意味着 SPD 需要长时间面对相应的电压条件而不产生非线性转换，在监测过程中可以连续采集形成波动范围数据库。

2.4 冲击泄流残压

泄流残压对应发生冲击事件时的 SPD 两端电压，同样可以在冲击电压波形监测过程中捕捉到，但相应的采样时段与日常工作电压不同，需要与冲击电流波形监测相结合，记录出现明显电流峰值时的电压数据，此时即可获取残压。

3 SPD 关键参数

3.1 标称放电电流及最大放电电流

标称放电电流及最大放电电流通常分别用 I_{cn} 及 I_{max} 表示，尽管二者定义不同，但都代表了 SPD 的冲击耐受能力，数值越大、耐受能力越强，但耐受能力的提高又伴随着限压能力的下降，对被保护设备造成不利影响，因此需要结合环境条件寻求平衡。

3.2 直流漏电流

SPD 直流漏电流通常用 I_{dc} 表示，幅值大小由自身阻抗特性决定，在发生劣化前的较长时间段内能够保持相对稳定，而劣化前后该项参数会发生显著变化，因此通过监测获取此项数据后，可以用于判断 SPD 当前工况。

3.3 静态导通电压

对于不同类型的 SPD，静态导通电压分别对应直流点火电压、压敏电压等不同具体概念，但就总体而言，其表征的是 SPD 非线性效应转化时的两端电压，因而决定了 SPD 执行泄放保护动作的敏感程度。

3.4 电压保护水平

电压保护水平同样是一项决定性的参数，该参数设定了 SPD 在经受冲击并对地泄放时其两端抗压的上限，在明确后端被保护设备耐压能力的情况下，可以依据相应数据判定 SPD 防护能力是否达到要求。

4 SPD 参数优化的策略

4.1 根据冲击强度优化 SPD 放电电流指标

根据表 1 中部分现场实测数据可知，大多数雷电冲击电流波形的峰值不超过 3kA，因此在耐受能力方面的实际需求不高，相应的标称放电电流及最大放电电流均有较大的选择空间，可进一步结合限压能力需求进行优化平衡。

4.2 根据漏电流幅值优化状态监测机制

现有的 SPD 状态监测方案通常采用机械变位信号，即通过内部热脱扣结构的状态表示 SPD 劣化状态，缺点在于监测的精细程度较低、离散性较大。采用漏电流监测数据则可以精准反映 SPD 所处的劣化阶段，有利于充分保证 SPD 的防护能力存续。

表 1 现场实测雷电冲击峰值数据

序号	通信地址	安装名称	模块号	事件类型	事件记录时间	事件内容
1	11779	信号线路 -19	3	受雷击	2023-4-15 8:12:29	雷击强度为 1.16kA
2	11786	信号线路 -24	6	受雷击	2023-4-15 7:30:51	雷击强度为 1.75kA
3	11786	信号线路 -24	5	受雷击	2023-4-1 11:19:12	雷击强度为 1.75kA
4	11786	信号线路 -24	7	受雷击	2023-3-30 10:55:03	雷击强度为 1.66kA
5	11786	信号线路 -24	7	受雷击	2023-3-14 3:42:12	雷击强度为 2.42kA
6	11790	变频器 -19	7	受雷击	2022-10-30 2:18:29	雷击强度为 1.75kA
7	11786	信号线路 -24	4	受雷击	2022-10-11 13:28:42	雷击强度为 1.16kA
8	11790	变频器 -19	6	受雷击	2022-10-11 12:58:49	雷击强度为 1.16kA
9	11779	信号线路 -19	7	受雷击	2022-10-3 12:25:24	雷击强度为 1.53kA
10	11782	信号线路 -21	4	受雷击	2022-10-3 11:43:40	雷击强度为 1.16kA
11	11786	信号线路 -24	4	受雷击	2022-9-30 12:23:27	雷击强度为 1.75kA
12	11782	信号线路 -21	7	受雷击	2022-9-30 12:20:18	雷击强度为 1.16kA
13	11785	信号线路 -38	1	受雷击	2022-9-30 12:09:36	雷击强度为 1.41kA
14	11785	信号线路 -38	8	受雷击	2022-9-25 4:10:13	雷击强度为 1.16kA
15	11793	变频器 -24	5	受雷击	2022-9-19 13:10:46	雷击强度为 2.14kA

4.3 根据工作电压波动范围优化静态导通电压

为保证 SPD 稳定发挥泄流限压作用,应确保 SPD 静态导通电压高于线路工作电压正常波动峰值,同时低于常规冲击过电压的最低值。以 DC24V 信号线路为例,其工作电压正常波动峰值不超过 27V,而冲击过电压的最低值约为工作电压的 8~10 倍,相应的 SPD 静态导通电压可在此区间进行选择。

4.4 根据冲击泄流残压优化电压保护水平

SPD 实际应用中最常出现的问题是:对预期冲击强度的估计偏高,为保证冲击耐受能力导致取值选择偏大,进而导致电压保护水平达不到要求。结合前文所述,实际雷电冲击强度允许对取值进一步优选,具体的策略是结合冲击泄流残压水平数据筛选出取值更小、值更低的配置结果。

5 结语

SPD 的参数选择关系到冲击防护性能、持续防护能力等多重因素,再加上实际应用场景下的电气条件各不相同,因此精准配置难以实现。论文提出的以实地监测数据为基础的优化策略,能够为相关工作提供较为可靠的参考,同时

不会对设计、运维环节产生负面影响,具备较为明显的实用价值。

参考文献:

- [1] 王国雨.铁路通信系统浪涌保护器设计探讨[J].铁道通信信号,2022,58(6):69-72.
- [2] 谢欢,钟颖颖.电信和信号网络的电涌保护器冲击限制电压试验方法的研究[J].现代建筑电气,2022,13(2):5-8.
- [3] 何雨微,刘剑,宋佳,等.配电浪涌保护器在多波形多脉冲电流下的耐受特性[J].浙江电力,2020,39(9):50-59.
- [4] 孟军锋,姜同伍,杨超,等.铁路变电所SPD选型及在线监测系统研究[J].智能建筑电气技术,2022,16(5):55-58.
- [5] 刘金鹏,龚雪飞,孙昂德.多级浪涌保护器在地铁车辆牵引系统配置研究[J].通讯世界,2024,31(4):172-174.

作者简介:闫宇航(1986-),男,中国内蒙古凉城人,硕士,高级工程师,从事铁路信号方面的设计研究。

基金项目:国铁集团科技研究计划项目《铁路信号室内设备运行环境安全综合监测与评估关键技术研究》(项目编号:N2022G045)。