

220kV 避雷器故障致母差保护动作原因分析及防范

李彩云

(国网四川省电力公司 德阳供电公司, 四川 德阳 618000)

摘要 避雷器在变电站内是主要保护设备避免遭受雷电冲击波袭击的设备^[1]。当沿线路传入变电站的雷电冲击波超过避雷器的保护水平时, 避雷器就会放电, 并且及时将雷电流通过良导体引至大地, 通过接地装置使雷电压幅值控制在被保护设备雷电冲击水平之下, 使其得到保护。避雷器的带电测试是将避雷器在运行状态下的泄漏电流进行采样分析, 通过分析数据的特征量对避雷器的设备状态及可靠性进行推测, 判断它的运行状态是否良好, 及早发现它内部存在的隐患。本文就因避雷器故障对电测试数据分析不到位, 引起母差保护动作进行了分析, 并提出了有效的防范措施。

关键词 避雷器 带电测试 母差保护动作

中图分类号: TM4

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)02-0013-04

1 事件经过及处理过程

1.1 事故前变电站运行方式

事故发生前, 某220kV变电站运行方式如图1所示, 其中220kV侧: 1号主变220kV侧201开关, 1S、2S、3S、4S开关运行于I母; 2号主变220kV侧202开关, 5S、6S、7S、8S开关运行于II母; 220kV母联212开关并列I、II母运行; 2号主变2029、1029中性点刀闸在合位。

1.2 事故发生经过及处理

事故发生经过: 2019年9月17日10时39分29秒, 监控后台机发现某某220kV变电站220kVI母母差保护动作信号, 跳开220kVI母相连的线路1S、2S、3S、4S及1号主变220kV侧201和220kV母联212开关, 220kVI母母线电压为零。经检查站内设备, 220kVI母PT避雷器B相有明显放电痕迹, 其他设备未发现异常。结合现场情况及故障录波判断为220kVI母PT避雷器B相故障引起220kVI母母差保护动作。

处理方式: 按照调度指令将220kVI母PT转检修进行故障隔离, 合上220kV母联212开关对220kVI母充电正常, 将220kVI、II母母线PT二次并列, 将220kV母联212开关转死开关后, 依次恢复220kV出线开关及1号主变220kV侧201开关, 待更换220kVI母PT避雷器后恢复220kVI母PT运行。

1.3 事故原因分析

220kVI母PT避雷器B相故障是本次母差保护动

作的主要原因, 通过检查之前该避雷器带电测试的数据, 如表1所示。

避雷器带电试验的主要数据参数有:

I_x : 全电流, 对避雷器内部元件接触不良、受潮、老化严重等缺陷能有效地反映^[2]。

I_R : 阻性电流, 约为10%~20%, 对于阀片的初期老化能够灵敏地反映。

θ : 电压(U)与电流(I_x)的相位角, 即是 I_R/I_x 的余弦角, 一般在80~90°之间。

P: 有功功率。

I_{1R} 、 I_{3R} 、 I_{5R} 、 I_{7R} : 基波和3、5、7次谐波阻性电流。

对表1数据进行分析, 发现B相避雷器的阻性电流 I_R 为0.503mA、 I_x 全电流为0.929mA, I_R 占比为54%, 远远超过了10%~20%的要求, A相和C相的 I_R 占比分别33.7%, 38.7%, 都超过要求值, 三相的余弦角 θ 为77.6、68.6、76.7, 都低于80~90°的要求, 前期避雷器内部可能已经有阀片受潮、老化等问题, 事后检查分析为避雷器密封失效, 内部渗水引起。测试人员在避雷器带电测试后只是将测试数据录入PMS系统, 对数据检查分析不到位, 未及时发现存在的问题, 造成设备带异常运行, 以至于隐患逐渐扩大, 最终出现故障。

2 避雷器带电测试原理及方法介绍

2.1 避雷器带电测试原理

氧化锌避雷器的主要元件是氧化锌电阻片, 由多

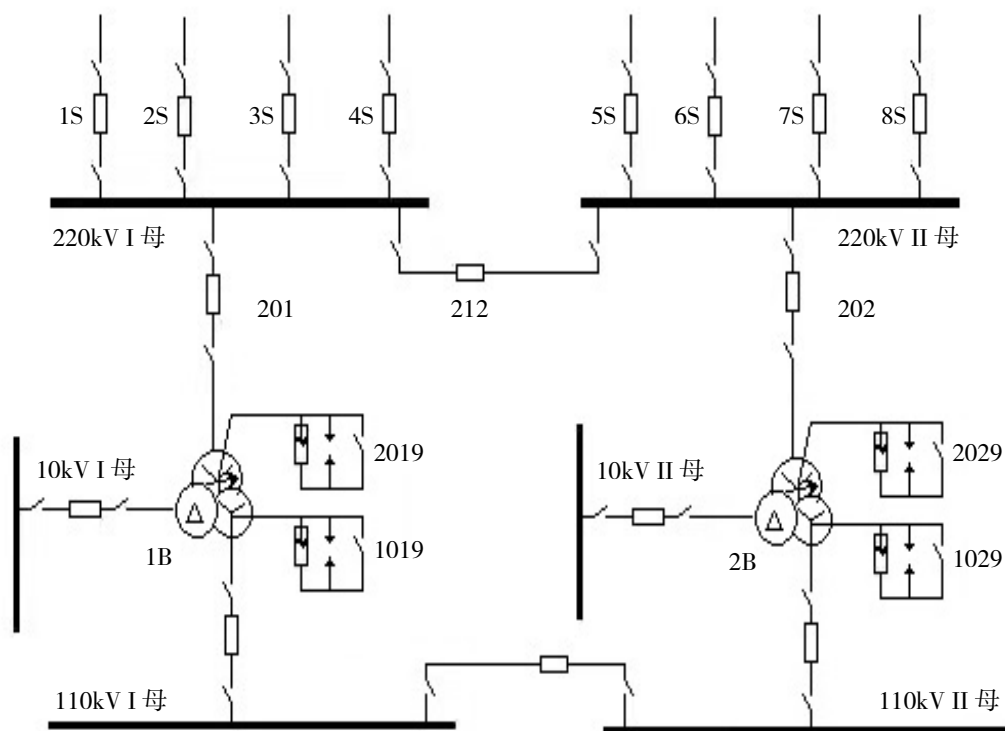


图1 某220kV变电站系统网络图

表1

相别	电压U (kV, 有效值)	全电流 I _x (mA, 有效值)	阻性电流 I _R (mV, 峰值)	相位角 θ (°)	功率损耗 P _x (W)
A	136.9	0.744	0.251	77.6	21.7
B	136.8	0.929	0.503	68.6	46.3
C	136.9	0.774	0.3	76.7	24.2

个串联组成，并通过一定的连接方式使之固定在避雷器瓷套中，电阻片相当于是由一个电阻和电容构成的混联电路。在正常运行电压情况时，经过避雷器的电流极小，只有几十到几百微安，该电流叫运行电压下的交流泄漏电流。避雷器的交流泄漏电流大致由三部分组成：

(1) 流经固定电阻片的绝缘材料的电流；(2) 流经避雷器瓷套的电流；(3) 流经氧化锌电阻片的电流，一般情况泄漏的极大部分电流就是流经电阻片的电流，一般来说通过电阻片的电流即为避雷器的总泄漏电流^[3]。

氧化锌避雷器的总泄漏电流包括：(1) 无功分量的容性电流；(2) 有功分量的阻性电流。

一般情况下，容性电流是通过避雷器的主要电流，阻性电流只有极小的一部分，大约为10%~20%，如果它内部存在绝缘降低、电阻片特性产生变化的情况，阻性分量就会上升很多，但容性电流变化不明显。阻

性电流的上升会造成电阻片功率损耗上升，运行温度也会上升，造成电阻片的老化加速。

所以，运行电压下的阻性分量及其泄漏电流的测试是甄别避雷器运行状态是否良好的一种重要方法。

2.2 避雷器带电测试方法介绍

2.2.1 常用仪器

1. 带泄漏电流监测功能避雷器计数器放电器。缺点：在劣化情况下避雷器阻性电流分量变大后，容性电流分量变小，此时避雷器阻性电流和容性电流分量变矢量相加的结果，使得显示的避雷器劣化后的全电流并不明显。

2. 氧化锌避雷器泄漏电流测试仪：(1) 采用PT二次电压做参考测量阻性电流，目前国内大部分仪器都是这种原理；(2) 采用电场强度信号做参考(感应板法)；(3) 谐波分析法。

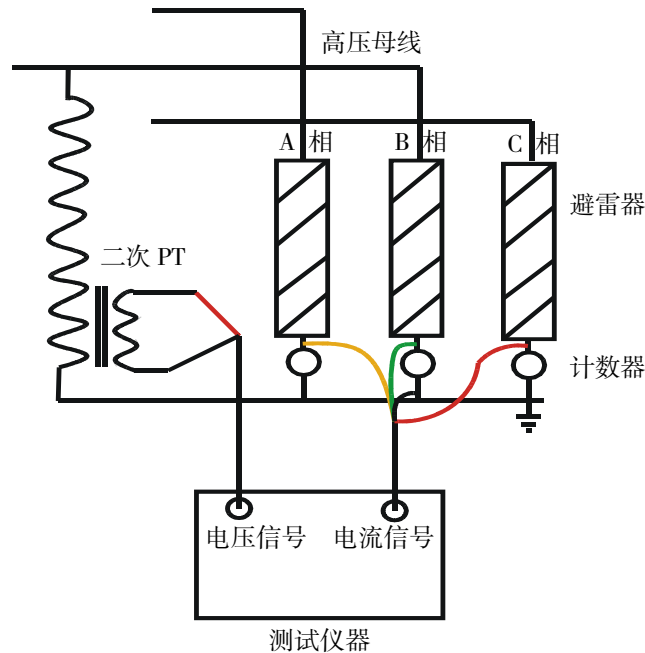


图 2

2.2.2 氧化锌避雷器带电测试方法

1. 测试时以精密的小电流隔离传感器采集避雷器泄漏电流信号，用高阻隔离的精密电压传感器对相应的 TV 二次侧电压信号，以电压信号为相位基准，利用快速傅立叶变换，分离出避雷器泄漏电流（即全电流）的阻性分量和容性分量，并对阻性电流做谐波分析，求取其 3、5、7 次谐波含量。测试过程中，电压信号和电流信号应同时采集。

2. 试验接线。

电压信号：取自 PT 二次侧，57-60V（一般取计量 PT 的 B 相）。

电流信号：取自避雷器计数器两端（计数器的指针迅速指到零位）。

接地柱：地线接线端子，可靠接地。

试验接线图如图 2 所示：

（1）测试时，同时记录环境温度、湿度，宜在瓷套表面干燥的时候进行；（2）将电流线并联在计数器两端进行测试（计数器的指针迅速指到零位）；（3）通常采用同一电源同一相电压互感器二次电压做为标准电压进行测量（一般在 PT 端子箱里接线，有人监护，防止短路）。

3 技术防范措施

3.1 实际测试数据分析判断

每年在雷雨季节到来前对避雷器做一次带电测试，

对测试数据进行判断，同时对往年的数据进行对比分析。

3.1.1 纵向对比

相同避雷器，在同样的外界条件下，阻性电流与上次或初始值比较应 $\leq 30\%$ ，全电流与上次或初始值比较应 $\leq 20\%$ 。当阻性电流提升 0.3 倍时要将试验周期缩短，同时加强跟踪监测，提升 1 倍时需要对其进行停电检查。

3.1.2 横向对比

相同批次、相同厂家的避雷器，各项参数要一致，且没有明显差异。若阻性电流或全电流差别超过 70%，即使参数不超标，也有存在异常的可能。

3.1.3 综合分析判断法

若疑似避雷器的泄漏电流出现异常情况，应排除各种因素的干扰同时通过精确红外测温、高频局放试验结果来综合分析诊断，必要时停电进行诊断测试。

3.2 减少泄漏电流测试结果的影响因素

1. 瓷套的外表面受潮污秽。瓷套外表面潮湿污秽引起的泄漏电流，在没有加屏蔽时可以进入试验仪器，就会让测试结果增大。

2. 温度。因为在小电流区域下氧化锌电阻片有负的温度系数，而金属氧化物避雷器内部空间较小，散热环境不好，同时有功损耗也会产生热量使电阻片温度比外部环境温度要高，这些都会增大阻性电流。

3. 湿度。在湿度大的情况下，会使金属氧化物避

雷器瓷套的表面泄漏电流显巨增大,而且使避雷器内部阀片电位分布造成变化,造成芯体电流显巨提升。在严重情况下芯体电流会上升1倍左右,瓷套表面的电流会成几十倍上升。

4. 相间干扰。三相避雷器是一字排列的,在做避雷器带电检测时,因为相与相之间的干扰影响,A相和C相的电流相位都会往B相的方向偏移,偏移的角度约为 2° ~ 4° 左右,将造成A相的阻性电流上升,而C相会变小甚至为负。但相间干扰是固定的,只要对历史数据进行纵向比较,就能较好地反映金属氧化物避雷器的运行情况。

5. 电网谐波。电网中的电压谐波,能在避雷器内制造谐波电流,可能造成不能精准测试避雷器自身的谐波电流^[4]。

同时选取的不同参考电压方法及测试点电磁场等都会对测试结果有影响,所以只有在外部环境适宜且方法相同的情况下对避雷器进行带电测试,才能达到更好的效果。

3.3 加强培训及管理

每年定期开展带电检测工作培训,提高班组人员带电检测工作技术水平,增强其发现问题的能力。

管理人员加强对带电检测工作的管理,在检测工作结束后组织对检测数据的检查、分析和判断,及时安排对异常问题的处置和汇报,发挥带电检测应有的作用。

4 结语

避雷器在变电站电气设备运行中起着很大的保护作用,每年在雷雨严重的季节到来之前,对其进行测试是保证电气设备正常运行的必要前提工作。而避雷器带电测试可以对设备在运行状态下进行阻性泄漏电流测量,以便及早发现它内部绝缘的阀片老化、受潮情况等危急缺陷,及时将它的故障扼杀在萌芽时期,为系统的安全稳定运行夯实基础。

参考文献:

- [1] 雷红才,漆铭均. 避雷器及开关类设备 [M]. 北京:中国电力出版社,2016.
- [2] 付彦冰. 带电检测及诊断技术在高压电气设备中的应用及研究 [D]. 东南大学,2017.
- [3] 同 [2].
- [4] 国家电网公司. 国家电网公司变电检测通用管理规定(第16分册) 泄漏电流检测细则 [S].2016.

(上接第6页)

多孔材料研究主要集中在沸石分子筛、金属有机框架材料、共价有机框架材料和二氧化硅等多功能材料的构筑。此外,本文主要介绍了多孔材料在吸声降噪、催化剂载体、气体分离与处理、水处理和捕获等环境保护中的应用,并取得了较为优异的研究结果。其中,天然沸石分子筛廉价易得,被广泛的用于石油工业中。对于其他种类的多孔材料,其构筑单元需要特殊设计,昂贵且不容易获得,并且功能化的多孔材料制备复杂,无法实现量产,这极大地限制了多孔材料的应用。因此,多孔材料的制备与合成工艺将会是发展的重点,廉价、迅速、低毒的合成方法降低了生产成本,是多孔材料工业应用的必经之路。随着科学工作者的不懈努力和研究的深入,多孔材料在环境保护中会发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] Wei Li,Jun Liu and Dongyuan Zhao,Mesoporous materials for energy conversion and storage devices[J]. Nature Reviews.4,June 2016,Volume 1.

- [2] 周仁. 分子筛合成与应用研究 [D]. 焦作大学毕业论文,2016.
- [3] Kui Shen,Lei Zhang,Xiaodong Chen.etc.Ordered macro-microporous metal-organic framework single crystals[J].Science,2018(359):206-210.
- [4] 孙淑敏,王培远,吴琼. 共价有机骨架材料应用研究进展 [J]. 轻工学报,2016,31(03):21-32.
- [5] 齐共金,杨盛良,赵恂. 泡沫吸声材料的研究进展 [J]. 材料开发与应用,2002(05):40-44.
- [6] 田红丽,刘荣杰. 沸石分子筛催化剂及应用 [J]. 广东化工,2013,40(17):100-101.
- [7] 任浩,朱广山. 有机多孔材料:合成策略与性质研究 [J]. 化学学报,2015(73):587-599.
- [8] 王婷,薛瑞. 共价有机框架材料的发展与应用:气体存储、催化与化学传感 [J]. 化学进展,2018,30(06):753-764.
- [9] 魏金杰,隋铭皓,盛力. 介孔材料在水处理中的应用 [J]. 四川环境,2012,31(05):110-114.
- [10] Kim,H.;Yang,S.;Rao,S.R.;Narayanan,S.;Kapustin,E.A.;Furukawa,H.;Umans, A.S.;Yaghi,O.M.;Wang,E.N.,Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight[J].Science,2017.