

# 一起避雷器阻性电流测试数据异常的不停电诊断

李建英,林新宇,邱航,徐智帆,黄恺

(国网福建省电力有限公司厦门供电分公司,福建 厦门 361000)

**摘要:**避雷器阻性电流测试是评估设备绝缘性能,保障电力系统可靠运行的重要试验手段。文中针对一起220kV变电站避雷器阻性电流测试数据异常进行分析,在不拆卸监测器条件下,通过测量手段推断异常原因,判断存在接地干扰并定位故障范围;结合例检工作拆除监测器,确认底座引线和接地线确实存在错误接线情况。该故障的诊断处理方法为特殊条件下无法对回路进行直观检查的情况提供了一种查缺思路,对避雷器阻性电流测试数据异常分析有借鉴作用。

**关键词:**避雷器;组合电器;带电测试;干扰;在线监测器

**中图分类号:**TM 862   **文献标志码:**B   **文章编号:**1006-348X(2026)02-0070-04

## 0 引言

避雷器作为电力系统中重要的保护设备,其安全性尤为重要。当前变电站110 kV及以上电压等级的线路均安装避雷器作为保护,因此避雷器数量迅猛增长。由于110 kV及以上电气设备均采取状态检修模式,以对设备的全面监测为基础,适当延长或缩短周期<sup>[1]</sup>,所以避雷器阻性电流作为被监测值之一,其准确性相当重要。文献[2]介绍了一种利用红外热成像原理,结合阻性电流测试等带电检测技术,发现避雷器内部受潮缺陷的典型案例,但避雷器阻性电流测试时会出现多类干扰情况;文献[3]分析了一种避雷器阻性电流测试中可能存在的阻性电流测试数据异常原因——相间干扰,并介绍自动边补技术作为修正手段;文献[4]研究了漏电流在不同程度直流电压波动、温度和表面污秽三种因素下的受干扰情况,并提出相应抗干扰措施。

在电网实际运检工作中,避雷器阻性电流测试结果存在许多影响因素。文中针对一起220 kV变电站内避雷器阻性电流测试中阻性电流数值异常现象进行故障分析,详细讲述如何在封闭条件下,不拆卸监测器,通过修前分析、电压电阻测量进行诊断和定位,帮助检修人员在后续停电时快速找到问题并进行整改,拓展分析

不同异常现象可能对应的故障情况,对引线错接、绝缘失地导致的数据异常的处理具有一定指导意义。

## 2 避雷器阻性电流测试异常现象

2025年3月24日,某220 kV变电站在投运后一个月内进行避雷器阻性电流测试,在对3号主变220 kV避雷器开展测试时,发现B相全电流达到2 514  $\mu\text{A}$ ,A、C相分别为439  $\mu\text{A}$ 、446  $\mu\text{A}$ ,B相显然存在异常。进一步记录各相试验数据并对比发现,其他参数如阻性电流峰值、相角差 $\varphi$ 等均出现异常,三相阻性电流测试数据如表1所示。

表1 修前3号主变220 kV避雷器三相阻性电流测试数据

| 项目                            | 相别    |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
|                               | A相    | B相    | C相    |
| 全电流 $I_t/\mu\text{A}$         | 439   | 2 514 | 446   |
| 阻性电流基波 $I_{r1}/\mu\text{A}$   | 66    | 1 912 | 69    |
| 阻性电流三次谐波 $I_{r3}/\mu\text{A}$ | 8     | 15    | 6     |
| 相位差 $\Phi/(\circ)$            | 83.81 | 57.44 | 83.68 |
| 功率 $P/\text{W}$               | 6.264 | 178.8 | 6.481 |
| 结论/优、良、差                      | 优     | 差     | 优     |

## 3 异常现象诊断定位

经多次测试,B相全电流数据范围在2 500~4 000  $\mu\text{A}$ 之间,显然该数据不符合避雷器正常状态下的全电流范围。由于电流值较正常相增大许多,检修人员怀疑其

收稿日期:2025-10-30

作者简介:李建英(1976),女,本科,高级工程师,特级技师,从事变电检修与电气试验的工作。

来自接地干扰电流,通过观察如图1的三相在线监测器示数,发现B相监测器的泄露电流(全电流)指示为“零”,与试验结果不符。



图1 3号主变220 kV避雷器在线监测器修前示数

监测系统接线情况如图2所示,避雷器的底座上部有一螺栓引出,先后接至SPM-2型变电站设备状态在线监测与故障诊断系统和监测器,于监测器尾端接地。因此,检修人员做出如下判断:1)表计损坏;2)在线监测器存在接地故障。

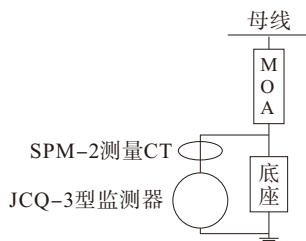


图2 避雷器监测系统接线示意图

根据文献[5]介绍,传统避雷器监测器高压端和接地端均需通过螺栓进行固定,若表计绝缘受潮或运行中损坏,需要拆卸更换。由于阻性电流测试处于不停电条件下,而监测器安装类似如图3所示半密封防雨罩内,仅前侧可以打开,因设备安装条件受限,不方便立即进行拆卸检查监测器后方接线情况。为进一步验证判断,对避雷器底座上部引出处分别对地进行电压、电阻测量,接线位置如图4、5所示,数据如表2所示。B相阻值 $0.9\ \Omega$ ,电压值为 $0.008\ \text{V}$ ,几乎为零;参考正常相别:A、C相阻值超量程,电压值为 $3.7\ \text{V}$ 。由于在线监测器为JCQ-3型,具有高阻特性,在底座绝缘电阻良好前提下,所测得电阻值应该较大。由此可见,B相避雷器底座在某处存在接地情况,但还需进一步定位。



图3 半密封防雨罩外观

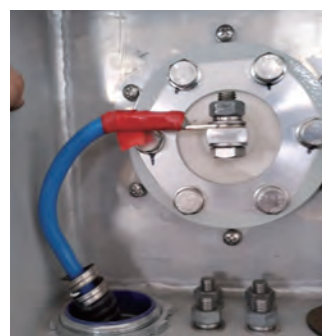


图4 避雷器底座上部出线处

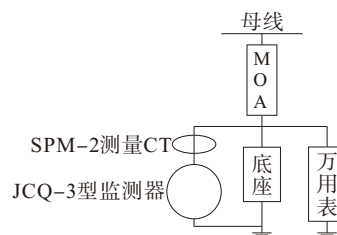


图5 电压、电阻测量接线示意图

表2 避雷器底座电压电阻测量值

| 相序           | A正常相  | B故障相  | C正常相  |
|--------------|-------|-------|-------|
| 电压/V         | 3.732 | 0.008 | 3.725 |
| 电阻/ $\Omega$ | O.L   | 0.9   | O.L   |

因该避雷器监测器进线端安装了SPM-2型变电站设备状态在线监测与故障诊断系统,检修人员同步查看在线监测系统数据,发现系统中B相数据正常,与A、C相相近,如图6所示。这也证实了避雷器底座绝缘良好的前提。结合监测器泄露电流指示为“零”,以及电压、电阻测试数据,判定B相底座在某处存有接地情况,并排除监测器损坏设想。综合以上情况,可以定位在线监测器与SPM-2型测量CT装置之间存在接地点,如图7所示。

这一诊断帮助检修人员确认避雷器暂无运行风险,但由于此问题的存在,对避雷器泄露电流等参数的检测只能依赖在线监测与故障诊断系统,因此仍需尽快处理。

图6 SPM-2型在线监测与故障诊断系统数据

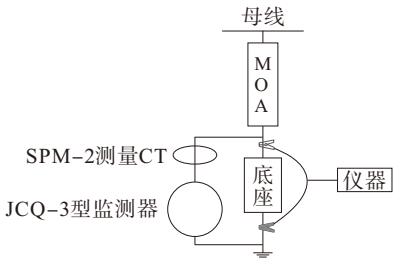


图7 B相存在接地点示意图

4 处理及分析

后续开展停电例检时,仔细检查了从SPM-2型测量装置到监测器的电缆,电缆装在蛇皮管内,蛇皮管外皮完好无破损,排除绝缘失地可能;在拆除监测器后,检查其背面进线发现,接地线和底座引线电缆于监测器后侧直接短接,导致电流未经过监测器内部,如图8所示。监测器与SPM-2型测量CT装置之间存在接地点的结论得到证实。后续,拆除接地线并将其接至监测器的外壳,接地线正确接线位置如图9所示。

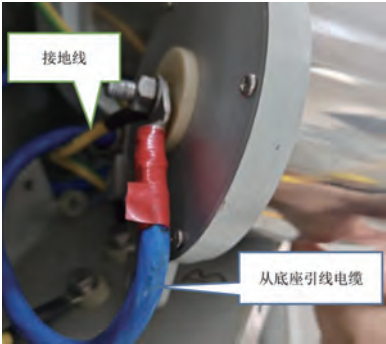


图8 接地线和底座引线电缆短接

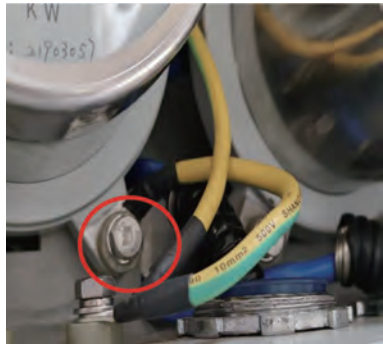


图9 接地线改接至在线监测器外壳

基于以上处理结果,进一步对故障存在时测得的全电流、阻性电流增大原因开展分析。选取带电间隔,将监测器进线端直接接地模拟故障情况,在此状

态下,当阻性电流测试仪接入时,避雷器与地网之间回路可近似为图10所示,其中阻性电流测试仪可等效为一低内阻的交流电流表。

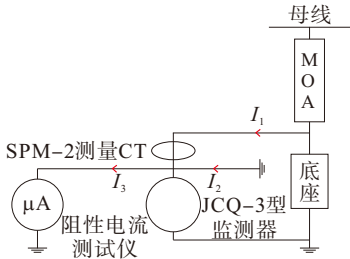


图10 缺陷情景全电流测试等效回路图

图10中标出三处主要电流, $I_1$ 为避雷器底座流出电流, $I_2$ 为可能存在的地网干扰电流, $I_3$ 为流经阻性电流测试仪的电流,回路中流经JCQ-3型监测器、底座的电流因为相对于其它支路极大的阻值,可近似不计。利用钳形电流表测量,三支路电流数据如表3所示,判断图中电流矢量关系为 $\vec{I}_3 = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$ 。

表3 缺陷情景各主要回路电流数据

| 测试参数        | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ |
|-------------|-------|-------|-------|
| 电流/ $\mu A$ | 441   | 2 177 | 2 547 |

文献[6]指出,运行中的GIS设备外壳存在产生相当大的感应电流及一定功率损耗的现象;文献[7]通过实测与仿真研究220kV GIS外壳环流与暂态地电位升高现象,指出地网感应电会导致不同接地点电位差,这会干扰避雷器测试的参考地电位。结合测量结果与此前运检经验推断,由于避雷器监测器接地端所采用的接地点与GIS外壳直连,导致监测器上端的错误接地点等效与GIS外壳相连,因此 $I_2$ 可能来源于GIS外壳中的感应电流,在220 kV电压等级下呈现出较大的影响,进一步与 $I_1$ 合成,导致了阻性电流测试结果中全电流、阻性电流的增大。

5 整改措施

检修处理完成送电后,观察监测器指示正常,如图11所示,带电检测数据恢复正常,如表4所示,在线监测与故障诊断系统数据正常。为保障后续带电检测工作正常进行,为状态检修提供正确数据,基于该事件的处理过程,针对避雷器监测器提出以下整改措施:

1) 设备采购阶段:要求GIS厂家提供可拆卸式封板的防雨罩,便于直观地开展避雷器阻性电流测

试等检修维护工作。

2) 基建安装或设备更换阶段:应核对监测器产品说明,当前供电公司主要管辖 110 kV-220 kV 变电站,其线路避雷器常配置 JSH3B 型、JCQ-3 型、JCQ3B 型避雷器在线监测器,进行正确接线;此外,依据国网公司标准,220 kV 及以上 GIS 避雷器必须配置专用接地端子与专用接地线,直接连接至主地网的集中接地极,禁止通过 GIS 外壳、支架、法兰等间接接地,防止雷电流分流导致地电位抬升与监测干扰<sup>[8]</sup>。

3) 在巡视过程中要注意监测器示数是否正常,与后台数据核对一致。

4) 在停电状态下安装监测器后,采用冲击电流法进行测试,检验表计接线正确,功能正常。



图 11 3号主变 220 kV 避雷器在线监测器修后示数

表 4 修后 3号主变 220 kV 避雷器三相阻性电流测试数据

| 项目                                 | 相别    |       |       |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                    | A 相   | B 相   | C 相   |
| 全电流 $I/\mu\text{A}$                | 439   | 455   | 446   |
| 阻性电流基波 $I_{1\omega}/\mu\text{A}$   | 66    | 65    | 69    |
| 阻性电流三次谐波 $I_{3\omega}/\mu\text{A}$ | 8     | 7     | 6     |
| 相位差 $\Phi/(\circ)$                 | 83.81 | 81.79 | 83.68 |
| 功率 $P/\text{W}$                    | 6.264 | 6.270 | 6.481 |
| 结论/优、良、差                           | 优     | 优     | 优     |

## 6 结语

文中以一起避雷器阻性电流测试数据异常,介绍如何从相关设备状态量检查、试验判断、故障定位与预防措施进行多角度总结,可作为避雷器引线错接、回路绝缘失地情况下不停电或不拆卸监测系统装置排查手段的参考。当出现测试数据异常现象,可就以下三种常见情况作出假设:

1) 避雷器底座直接接地,底座至在线监测器上端引出线某处破损、受潮,或带屏蔽线避雷器底座与屏蔽环间的绝缘电阻降低的情况。由于上端等效直接接地,避雷器的全电流、泄漏电流一大部分沿着底座与地之间通路流通,产生分流,流过避雷器在线监

测器的电流大大减少,此时在线监测器中无电流通过,其指示近似为零。带电情况下,110 kV 及以下电压等级设备,表现出阻性电流测试中全电流、阻性电流因分流而减小;220 kV 及以上设备或因现场接地点的差异,表现出全电流、阻性电流的同步减小或增大,而测量底座引出线处电压都较正常相偏低。

2) 避雷器在线监测器老化或存在其它故障,但不影响内部电气回路的情况。户外避雷器在线监测器常见如指针卡涩情况,导致在线监测器指示偏小或为零。带电情况下可见阻性电流测试结果正常,可直接结合测试结果进行诊断。

3) 避雷器内部受潮,阀片、绝缘材料等发生劣化的情况。由于绝缘性能下降,阻性电流会发生不同程度的增大,同时伴随全电流增大。当运维巡视或带电检测时,发现在线监测器指示增大、阻性电流测试结果偏大等现象,可怀疑上述原因,进一步结合红外测温、历史数据分析来判断。

避雷器的安全运行对电网的稳定性和经济性有着重要作用,因此文中所述的故障诊断处理方法对电力检修、运维人员在避雷器及其附属设备的运检工作具有一定借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 许婧,王晶,高峰,等.电力设备状态检修技术研究综述[J].电网技术,2000(08):48-52.
- [2] 白涛.一起 220 kV 金属氧化物避雷器带电检测数据异常的诊断分析[J].农村电气化,2022(02):38-41.
- [3] 蔡曙明,李建英,李建兴.金属氧化物避雷器带电测试现场干扰的分析与排除[J].企业技术开发,2015,34(23):99-100.
- [4] 卢文浩,陈斌,蔺思源,等.换流站直流场避雷器带电测试抗干扰研究[J].高压电器,2018,54(09):191-196.
- [5] 岳渝淞,李毅.带电快速更换避雷器在线监测器的应用[J].大众用电,2019,34(05):28-29.
- [6] 徐国政,关永刚.GIS 和 GIL 外壳环流及损耗的简化分析和估算[J].高电压技术,2009,35(02):247-249.
- [7] Chen T, Liu H, Hu D, et al.Shell circulating current and transient ground potential rise in 220 kV GIS[J].The Journal of Engineering,2017,2017(13):2555-2558.
- [8] 国家电网公司.变电站设备验收规范 第3部分:组合电器:Q/GDW 11651.3—2016[S].北京:中国电力出版社,2016.