

「避雷器」

220 kV氧化锌避雷器试验数据不合格原因分析

文/广西电网公司电力科学研究院 黄辉敏 杨宝琨

对一起220 kV氧化锌避雷器试验数据不合格原因进行了分析。对缺陷避雷器进行外观检查及解体分析,发现其缺陷原因为该避雷器存在设计问题,即用于固定避雷器端部电极的金属销钉随着运行时间的推移,存在局部放电,导致硅橡胶外套被烧损,从而造成避雷器因绝缘破损而使内部受潮所致。通过氧化锌避雷器带电测试技术的现场应用,发现了避雷器存在的缺陷,避免了一起可能发生的避雷器爆炸事故,从而表明该测试技术在避雷器运维中的有效性及重要性。

避雷器已成为电力系统重要的设备之一,它主要是用来限制雷电过电压或操作引起的内部过电压。从20世纪70~80年代开始,氧化锌避雷器(MOA)以其极其优越的非伏安特性,逐渐替代老式的阀式避雷器,被广泛用于电力系统中。在运行过程中,MOA泄漏电流的大小取决于其热稳定以及电阻片的受潮或老化程度。如果MOA发生劣化,将会使泄漏电流增大,造成避雷器被击穿损坏,严重时可能会导致爆炸,因此有必要对MOA运行状态进行有效的诊断,防止危害电力设备及人身安全事故的发生。

目前,随着避雷器检测技术的发展,已不仅仅局限于预防性试验,带电检测、在线监测等方法已逐渐普及到避雷器检测技术中,成为监测避雷器运行状态的重要手段之一,有的地方甚至在日

常运维中已将避雷器带电检测替代了预防性试验。

故障概况

2015年8月18日,某站在对220 kV II 段母线避雷器进行带电试验时,发现该避雷器B、C相阻性电流较初始数据有明显增长,与2009年12月份带电测试结果相比,增长率分别为61.3%、118.5%,A相增长率为15.9%;8月20日,对该避雷器进行现场复测,所测得的数据表明,该避雷器A、B、C相阻性电流均出现了异常增长,与2009年12月份带电测试结果相比,增长率分别为25.0%、73.3%、197.8%,如表1所示。根据《电力设备预防性试验规程》要求,在进行金属氧化物避雷器运行电压下的交流泄漏电流测试时,测量值与初始值比较,当阻性电流增加50%时应该分析原因,

表1 某站220 kV II 段母线避雷器带电试验历史数据

测试时间	2009.12.10	2010.06.29	2010.12.17	2011.12.13	2012.12.19	2013.11.20	2014.12.30	2015.08.18	2015.08.20
带电测试项目	全电流值 I_{A} /μA								
A	563	574	551	558	552	564	566	593	583
B	537	552	528	534	530	542	542	591	563
C	592	632	566	578	574	587	631	692	684
带电测试项目	阻性电流基波峰值 I_{RI} /μA								
A	88	119	71	77	63	103	121	102	110
B	75	97	65	67	80	123	79	121	130
C	92	129	74	81	84	140	124	201	274

加强监测、适当缩短检测周期；当阻性电流增加1倍时应停电检查，因此需要对该220 kV II段母线避雷器进行停电试验。

根据避雷器带电测试 results，试验人员对220 kV II段母线避雷器进行停电试验。在试验过程中，试验人员发现该避雷器A、B、C相下节直流1 mA下的参考电压(U_{1mA})分别为145.6 kV、148.9 kV、132.3 kV，C相下节 U_{1mA} 较A、B两相下节明显偏低，同时，该避雷器A、B、C相上节 U_{1mA} 分别为173.8 kV、173.1 kV、166.2 kV，可以看出，C相上节电压值也较A、B相上节偏低。

缺陷避雷器结构介绍

该220 kV II段母线避雷器型号为YH10W-216/562，生产日期为2003年10月，投运日期为2003年12月，避雷器额定电压为216 kV，持续运行电压为168.5 kV，标称放电电流为10 kA，该避雷器分为上、下两节，每节均由上下法兰、硅橡胶伞裙和环氧管组成，上节顶端装有均压环；环氧管内部分别由上下电极、弹簧、垫片和电阻片等组成，环氧管上下部位分别设计有防爆窗，上下电极分别由左右两边2个金属销钉固定。该避雷器的基本结构如图1所示。

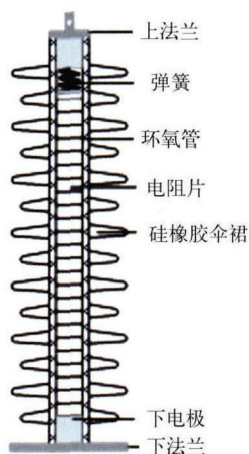


图1 故障避雷器基本结构示意图

缺陷避雷器试验及解体检查

为明确该避雷器缺陷原因，将其拆卸下来，将外表面擦拭干净，开展进一步试验，并对其进行解体检查。

1. 外观检查

对220 kV II段母线避雷器进行外观检查，发现以下问题。

1) 该避雷器硅复合外套表面脏污严重，伞裙表面所涂的RTV涂料龟裂严重，刮开涂料后，伞裙未见有裂纹及粉化，如图2、图3所示。该避雷器复合外套表面RTV涂料为2008年喷涂，到现在已近8年，而该站地处钢铁厂附近，污染较为严重，在这种情况下会缩短RTV涂料的使用寿命，因此II段母线避雷器复合外套表面RTV涂料应属于正常老化。



图2 脏污的避雷器

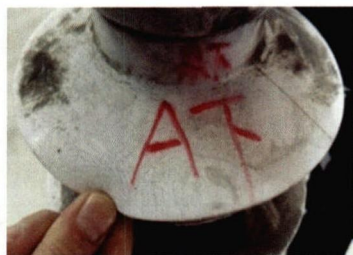


图3 伞裙表面RTV涂料龟裂

2) 检查缺陷避雷器硅橡胶外套，发现该避雷器A、B两相上、下节以及C相下节紧贴环氧管的复合外套上均出现一个小孔，如图4所示。

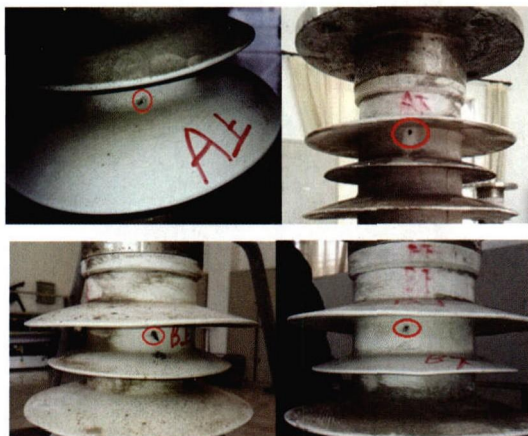


图4 避雷器各相出现小孔的情况

2. 故障避雷器相关试验情况

将该220 kV II段母线避雷器表面脏污擦拭干净后，进行直流1 mA下电压(U_{1mA})以及 $0.75U_{1mA}$ 下泄漏电流测试，其测试结果如表2所示。

表2 U_{1mA} 以及 $0.75U_{1mA}$ 下泄漏电流测试结果

试验相别	绝缘电阻/M Ω	U_{1mA} /kV	$0.75U_{1mA}$ 下电流/ μ A
A	上节	45 100	173.8
	下节	30 600	145.4
B	上节	40 100	173.6
	下节	50 700	148.3
C	上节	3 010	167.5
	下节	58 600	128.1

根据测试结果,按照南方电网《电力设备预防性试验规程》,220 kV II 段母线避雷器C下节泄漏电流超出规程规定值(50 μA),且C相整节避雷器 $U_{1\text{mA}}$ 小于厂家标准(314 kV),表明避雷器C相性能已经出现劣化。

3. 解体检查

割开小孔部位的硅橡胶复合外套,如图5所示,发现出现小孔的部位均对应于固定避雷器上下金属电极的金属销钉,而各小孔均有明显的烧蚀痕迹,该金属销钉超出避雷器金属电极表面约1 cm。缺陷避雷器硅橡胶外套上各相小孔对应位置如表3所示,缺陷避雷器解体情况如图5所示。

表3 各相复合外套上小孔对应位置

相别	小孔对应位置
A相	上节 下端金属销钉部位
	下节 上端金属销钉部位
B相	上节 上端金属销钉部位
	下节 上端金属销钉部位
C相	下节 下端注胶孔部位,该注胶孔用金属螺母填堵



图5 缺陷避雷器解体情况

4. 故障缺陷避雷器红外测温以及全电流监测情况

缺陷发生后,现场检查220 kV II 段母线避雷器历年红外测温结果以及在线监测全电流变化趋势,检查结果未见异常。

故障原因分析

根据解体结果,避雷器硅橡胶外套上出现小孔的部位均对应金属销钉或螺母。硅橡胶外套在长期运行中的热胀冷缩作用下,导致其与金属销钉或螺母之间的黏合度下降,在二者之间形成小气隙。由于气隙的存在,而避雷器又处于较强电场中,特别是在交变电场的作用下,金属销钉或螺母边缘往往会出现电晕或局部放电现象。气隙的电离往往会导致局部电场畸变以及化学腐蚀等

现象,在长时间的运行中,使得金属销钉或螺母部位的硅橡胶外套被烧蚀、炭化,逐渐被烧穿,形成小孔。

现场割开缺陷避雷器的硅橡胶外套后,未见环氧管表面有明显受潮痕迹,电阻片也未见受潮,然而根据停电试验结果,以及历年带电测试数据,表明该避雷器性能已出现劣化。结合上述分析结果,认为避雷器硅橡胶外套被破坏,导致其内部初步受潮,因此出现泄漏电流增大的情况。

从根本原因分析,该型号避雷器使用金属销钉来固定两端金属电极,存在设计不合理的问题,国内其他避雷器生产厂家一般采用螺纹固定方式,从而避免了上述同类故障的发生。

结论及思考

1) 据了解,该避雷器生产厂家同型号220 kV 避雷器均采用上述相同设计结构,建议对全网区该厂家生产的220 kV 避雷器进行排查,并对相关避雷器历年带电测试数据进行统计分析,以判断其运行状态。

2) 由于该厂家同型号避雷器均存在设计问题,建议进行更换处理。在未更换前,建议加强红外测温,建议测试时,对避雷器各部位以及相间温度进行仔细比对,如发现温异常,应尽快安排试验。同时加强全电流在线监测,密切关注全电流变化趋势,并缩短带电测试周期。

3) 本次避雷器缺陷的及时发现,避雷器带电试验发挥了至关重要的作用,有效避免了一起可能发生的避雷器爆炸事故。有些试验人员对避雷器带电试验工作不重视,未能正确掌握带电测试方法,从而导致在测试数据出现异常时,未能及时发现,最终导致避雷器爆炸。表4所示为某变电站1号主

表4 某变电站1号主变压器110 kV侧避雷器带电测试试验数据

测试时间	2011.03.01	2012.04.17	2013.03.26	2014.04.09
带电				
测试项目	全电流值 $I_x/\mu\text{A}$			
A	626	631	638	640
B	590	595	597	651
C	596	603	606	610
带电				
测试项目	阻性电流基波峰值 $I_{R1P}/\mu\text{A}$			
A	70	78	99	79
B	40	49	64	122
C	45	52	69	66

变压器110 kV侧避雷器带电测试试验数据。数据在2014年4月B相明显出现异常增长,但当时试验人员未能及时发现,最终导致该避雷器B相爆炸,主变压器差动保护动作。因此,避雷器带电测试能及时有效地反映避雷器的运行状态,应引起相关试验人员的足够重视。

4) 在避雷器带电试验中,由于存在相间或运行环境的干扰,导致测试数据异常,有时甚至严重偏离正常值,这种干扰的影响,随着运行电压的升高,影响更大,造成无法对避雷器带电测试数据进行趋势分析而影响试验人员对避雷器运行状态的判断。当出现干扰现象,无法对带电测试数据进行判断时,建议先使用非补偿法对避雷器进行测试,并将测试数据存档,然后使用补偿法重新测量,以供测试人员进行综合判断。可从全电流、阻性电流和相角等值的变化趋势,利用横向、纵向等分析方法进行分析判断。当干扰较严重,使用补偿法也无法对避雷器的运行状况进行

有效判断时,建议按照相关规程对避雷器进行停电试验,也可缩短停电试验周期。

5) 根据上述MOA试验不合格原因分析,该避雷器硅橡胶外套被烧蚀应属于电离性放电,这种放电一个很重要的特征是电离区附近局部温度升高,但现场红外测试结果并没有反映这一事实,而第二个案例中,避雷器爆炸前的红外测温数据也未见异常。一般来说,MOA整体温度分布均匀,最大温差仅在1K范围内。当避雷器内部出现缺陷时,如元件老化、受潮等,阻性电流会明显增大,导致避雷器整体温度分布不均匀,温差增大,这种过热属于电压致热型,一般要求测试仪器有较高的测试精度,从现场红外测试仪器的配置看,应能满足测试需要,但现场却未能发现避雷器有局部过热的情况,因此该问题还需进一步研究。**EA**

(收稿日期:2016.07.06)

(编辑:刘群奎)

(上接第77页)

295 MPa)、高导电率(60% IACS左右),短期与长期运行温度分别不应低于150℃与230℃。新型导线的研发必须综合考虑载流量与线损及弧垂、强度与导电率的关系。导线还需具有良好的抗蠕变性、抗热膨胀性、相当的断后伸长率、良好的耐蚀性等以延长其使用寿命。

4) 提高性价比,扩展钢芯耐热铝合金导线的应用范围。近些年来在国内低电压等级的旧线路改造中,随着技术水平的提高,国内生产耐热铝合金导线的厂家的技术水平完全能够满足工程上的要求。目前,国内应用耐热铝合金导线的长距离、高电压等级线路还比较少,但耐热铝合金导线在旧线路改造、重冰区和大跨越线路中应用广泛,其在输送容量、电磁环境、防腐性能和安全

可靠性方面有显著的优势,在引起的工程投资增加不大的前提下,性价比高的耐热铝合金导线经济性更好,必将得到广泛应用。

耐热导线应用于增容工程中的不利因素是线损加大,但在接地极线路工程中线损不是问题,因为接地极线路的作用是将换流站的入地电流引至接地极,通过接地极将电流泄入大地,线路损耗不影响泄流效果。

特强钢芯高强耐热铝合金绞线(KTACSR/EST),在大跨越输电工程中的应用,实现导线输送容量增加的同时,具有高强度和耐热性能好的双重特性,对于降低工程投资很有成效。**EA**

(收稿日期:2016.05.03)

(编辑:刘群奎)