# 均压电容异常引起的 500 kV 避雷器 过热试验分析

张燕珂<sup>1</sup>,周国伟<sup>2</sup>

(1. 浙江工商职业技术学院,浙江 宁波 315012; 2. 国网浙江省电力公司检修分公司,杭州 311232)

**摘** 要:均压电容在避雷器内部起着改善内部电压分布、抑制外部杂散电容影响的作用。针对1例变电站500kV避雷器过热案例进行研究分析。对避雷器进行了多种手段在线检测,表明避雷器内部存在均压电容异常;进一步的离线试验和解体分析发现该避雷器均压电容上、中节反装,验证了分析结论。针对避雷器的发热异常,提出了相应措施。 关键词:均压电容;避雷器;带电检测;解体检查

中图分类号:TM 854 文献标志码:B 文章编号:1674-1951(2017)06-0044-03

# 0 引言

作为过电压的保护装置之一,金属氧化物避雷器在电力系统中应用广泛<sup>[1]</sup>。500 kV 高压避雷器一般由多节单元组成,每节单元内部由氧化锌阀片串联而成。

避雷器受对地杂散电容的影响,上节避雷器的 部分泄漏电流会通过杂散电容流失,导致上节的泄 漏电流会大于下节的泄漏电流<sup>[2]</sup>。在每节避雷器内 部阀片数量相同的情况下,上节承担的电压最高,中 节次之,下节最低,电压分布不均匀系数增加<sup>[3-4]</sup>。 解决此问题一般通过以下3种方法。

(1)安装均压环补偿杂散电容造成的电流损失。

(2)提高阀片固有电容,抑制杂散电容干扰。

(3)氧化锌阀片并联均压电容,限制并联电压 差异在 ±10% 以内<sup>[5-7]</sup>。

在实际运行中,由并联电容异常引起的避雷器 故障较少。本文针对某 500 kV 变电站在运行中发 现的避雷器异常进行分析。

某变电站 500 kV 避雷器型号为 Y20W5 - 420/ 1006,投运日期为 2009 年 11 月,检测中发现避雷器 存在温度异常。

## 1 避雷器结构

该500 kV 避雷器由3节组成,每节避雷器主要 部件包括法兰、瓷套、隔弧筒、氧化锌阀片(17 片) 等。为使电压分布均匀,该型号避雷器上节和中节 的氧化锌阀片两端分别并联均压电容,最下节氧化 锌阀片无均压电容。每柱均压电容由36 只700 pF 电容串联而成(如图1所示)。



## 设备带电检测及分析

#### 2.1 红外测温检测

2

对该组 500 kV 避雷器进行精确测温,检测数据 如图 2 所示。由红外图谱可以看出:A,C 相避雷器 表面最高温度由上至下近似呈递减趋势分布;而 B 相表面最高温度呈现上节与下节温度高于中节的 "U"型分布,其上节最高温度为 27.8℃,与中、下节 间的最大温差为 1.6℃,与 A,C 相上节间的最大温 差为 1.1℃。依据 DL/T 664—2008《带电设备红外 诊断应用规范》中电压致热型设备缺陷诊断判据,属 于严重缺陷。

由于上节整体发热,温度分布较均匀,基本排除 瓷套表面污秽严重导致泄漏电流增大、上节避雷器 发热异常的可能。



图 2 三相避雷器单节最高温度对比图谱

## 2.2 阻性电流带电检测

采用氧化锌避雷器带电检测仪测得其持续运行 电压下的电流数据见表1。从表1可以看出,500kV 避雷器的检测数据与历史数据对比,总电流变化不 明显,阻性电流分量略有增加;与站内部分同厂家同 型号避雷器的带电检测数据对比,总电流及各电流 分量均无明显变化。

## 2.3 紫外检测

对该组避雷器本体进行紫外检测未见明显电 晕,说明避雷器外绝缘良好,电场分布无严重畸变。

## 2.4 高频电流检测

采用局部放电检测仪对避雷器进行高频电流检 测,详细检测图谱如图3所示,未见典型局放特征。

## 3 停电试验及分析

对更换下的避雷器进行了绝缘电阻、电容量、泄 漏电压、工频参考电流下工频参考电压试验,详细数

表1	500 kV	避雷器阻性电流带电检测数据
----	--------	---------------

	相别	介质损耗 - 角/(°)	ーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー					
设备名称			总电流	阻性电流	阻性电 流峰值	阻性电流 基频峰值	阻性电流三次 谐波频峰值	
		84.67	2.185	0.238	0.410	0.286	0.033	
	А	84.34	2.210	0.244	0.425	0.307	0.039	
		82.85	2.304	0.325	0.511	0.404	0.045	
-		82.47	1.953	0.285	0.473	0.361	0.135	
该避雷器	В	82.74	2.103	0.287	0.472	0.375	0.050	
		80.76	2.198	0.380	0.613	0.498	0.063	
-		84.74	2.129	0.231	0.379	0.276	0.041	
	С	84.42	2.154	0.234	0.393	0.295	0.043	
		82.94	2.241	0.310	0.487	0.388	0.050	
		84.80	1.993	0.211	0.357	0.254	0.032	
同站同厂 家同型号 避雷器	А	84.42	2.019	0.221	0.376	0.277	0.041	
		82.69	2.120	0.303	0.485	0.380	0.048	
		84.93	1.929	0.203	0.345	0.239	0.032	
	В	84.50	1.952	0.210	0.366	0.264	0.026	
		82.65	2.043	0.292	0.455	0.368	0.036	
		84.85	1.994	0.209	0.339	0.251	0.036	
	С	84.33	2.015	0.221	0.369	0.281	0.038	
		82.79	2.103	0.294	0.465	0.372	0.046	



图 3 高频电流检测图谱

据见表2。

表 2 避雷器停电诊断试验数据

试验项目	上节	中节	下节
绝缘电阻/MΩ	60 100	60 300	60 200
U <sub>1mA</sub> (1mA 泄漏电流下的 耐压值)/kV	193.8	195.9	195.1
<i>I</i> <sub>1mA</sub> (0.75 <i>U</i> <sub>1mA</sub> 下的泄露电流)/μA	43	19	39
U <sub>ref</sub> (工频电流下的参考电 压)/kV	>140	>140	>140
电容/pF	112.8	124.4	92.1

通过停电试验数据有以下结论。

(1)绝缘电阻、泄漏电压、工频电流下的参考电 压试验数据良好,说明避雷器绝缘状况良好,整体应 不存在密封不严导致的受潮、腐蚀等问题。

(2) 直流泄漏试验和工频电流下的参考电压试 验数据良好,说明内部氧化锌阀片性能良好,基本不 存在受潮、老化等问题。

(3)电容与制造厂标准要求比较发现,上节电容偏小,而中节电容偏大,说明均压电容存在一定问题。

综合带电和停电试验数据分析,初步认为造成 500 kV 避雷器 B 相上节发热的原因为 3 节避雷器 内部存在分压不均。

# 4 解体检查试验及分析

#### 4.1 解体后试验

为确认内部元件性能是否良好,排除均压电容 元件本身性能影响,对均压电容进行了绝缘电阻、电 容测试,数据见表3。

测量 部位	测量 元件	绝缘电 阻/MΩ	电容/pF	相对介质 损耗/%
	并联均压电容	73 300	94.29	6.010
上节	并联两柱均压 电容	71 300	112.00	5.058
中共	并联均压电容 柱1	80 600	94.29	5.915
ч 'Т	并联均压电容 柱2	74 600	94.40	5.938

表 3 解体后停电诊断试验数据

## 4.2 避雷器解体现象

对避雷器进行解体,取下隔弧筒后,发现上节氧 化锌阀片并联了1柱均压电容,而中节的氧化锌阀 片并联了2柱均压电容,说明设备出厂时,上节和中 节顺序装反,如图4所示。



图4 解体后的避雷器

## 4.3 解体分析

(1)当上节和中节的氧化锌阀片均并联1柱均 压电容时,其电容在94.29~94.40 pF 以内,数据一 致性较好。当中节并联1柱均压电容时,总电容比 并联2柱电容时小17.00 pF 左右,与单柱均压电容 的理论值(19.00 pF)较为接近。

(2)通过现场测得上节单柱均压电容的每个元器件的电容,计算得到其串联后的总电容为18.65 pF,与理论设计值接近,说明3柱均压电容性能质量 良好。

# 5 结论及建议

(1)避雷器上节及中节内的均压电容本身没有 损坏,避雷器发热的原因为上、中节均压电容装反。

(2)避雷器的上节和中节装反后,在一定程度 上增加了上节分担的电压,降低了中节分担的电压, 从而使得电压分布不均匀系数增加,进一步使得部 分阀片的荷电率增加。

荷电率增加意味着功率损耗增加,这是避雷器 B相上节发热的原因。当荷电率超过制造厂规定值 时,会导致阀片散热速率小于发热速率,发生"热崩 溃"或避雷器损坏等严重后果。

(3) 对带有均压电容元件的避雷器开展停电试 验时,增加电容测试项目并和初值进行对比。

(4)加强避雷器等电压致热型设备红外监测。

#### 参考文献:

- [1] 陈维, 王德生, 刘庆峰, 等. ZnO 避雷器均压用高压陶瓷电 容器的研究[J]. 高电压技术, 2000, 26(2):15-17.
- [2] 王化冰,赵志敏.基于电容分压器的电子式电压互感器的研究[J].继电器,2007,35(18):46-49.
- [3] 王世山,李彦明,李建成. 金属氧化物避雷器均压电容的选择计算[J]. 电磁避雷器,2002(6):33-38. (下转第50页)

. . .

经本										
		币日		阀门开度/(°)						
	坝日		35	30	25	20	17	13		
二期		压力/MPa	0.85	0.82	0.78	0.76	0.74	0.72		
	111-14	流量/(t・h <sup>-1</sup> )	5 1 4 5	4979	4 777	4 4 8 5	4 4 27	4 199		
	供小	温度/℃	52.1	52.4	51.9	51.9	52.4	52.1		
		泵出口母管压力/MPa	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10		
	回水	压力/MPa	0.39	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40		
		流量/(t・h <sup>-1</sup> )	4 1 3 8	4 0 7 9	4 0 3 8	4 0 3 7	3 963	3 9 3 7		
		温度/℃	33.3	33.3	33.4	33.4	33.4	33.4		

因二期热网循环泵出口流量采用出口门节流调节, 泵出口母管憋压,此次试验不能将试验工况调整到 正常运行工况,供水总流量比正常值低1593 t/h,这 种情况可以在二期热网循环泵变频调节投入运行后 得到彻底解决。从一、二期回水流量看,一期回水流 量明显增加,二期回水流量明显降低,说明部分(约 420 t/h)热网二期回水与一期回水同时流经热泵吸 热,有效地利用了热泵,提高了经济性。

现有的 6 × 52.34 MW 溴化锂吸收式热泵整体 对外制热量为 314 MW,在供热的初、末期按采暖供 热指标 26 W/m<sup>2</sup> 考虑(实际可能更低),可供面积为 1185 万 m<sup>2</sup>,不仅能满足一期热网供暖需求,还可以 带二期部分供暖负荷。这样便可以充分发挥热泵的 效用,提高其利用率和效率,供暖温度不足部分可由 电蓄热装置补充。

## 3 结论

现有 6 × 52.34 MW 溴化锂吸收式热泵,在供热 初、末期不仅能满足一期热网供暖需求,还可以带二 期部分供暖负荷。环并后在供热初、末期可以仅通 过高效节能的热泵带一期与二期热网运行,电蓄热 装置作为一期或者二期热网温度调节的补充,热网 换热器作为尖峰补偿,达到节能减排的效果。

因初设时热网一、二期供水系统管径设计流量 均为10000 t/h,在保证系统不超压且水循环畅通的 前提下,最大流量为12000 t/h,而正常供暖一、二期 需要的总流量为13100~14000 t/h,故需要热网一 期和二期均有热网循环泵运行。为了保证一次网水

(上接第46页)

[4]郭洁,何计谋,李晓峰. 750 kV 金属氧化物避雷器电位分 布研究[J].中国电力,2006,39(1):15-17.

- [5]晋文杰,赵森,汤霖,等. 新型 500 kV 金属氧化物避雷器 电位分布研究[J]. 高压电器,2010,46(5):39-41,46.
- [6]李国富,樊力.无间隙氧化锌避雷器电阻片电压分布的 计算[J].电网技术,1998,22(7):31-34.
- [7]陈德兴,张永记,晋文杰,等.紧凑运行方式下 220 kV 金

系统运行的可靠性,建议热网一期运行3台热网循 环泵,热网二期运行2台热网循环泵。环并后热网 一期5台热网循环泵与二期4台热网循环泵可以相 互备用,增加了热网循环泵运行的灵活性与可靠性。

此次试验二期热网循环泵出口门调节流量过程 中出现泵出口母管憋压的情况,不能将试验工况调 整到正常运行工况,后续可通过增加二期热网循环 泵变频控制来实现灵活调节。

试验过程中,热力系统中部分热工表计指示与 实际值存在偏差,建议该电厂对热网系统的流量计、 温度计等进行校验,不但有利于运行监视、调整供水 参数,而且有利于供热量的统计、核算。

此次热网环并试验成功,使得一次网系统运行 更加灵活可靠,对于供热调整和安全稳定经济运行 具有指导意义。

## 参考文献:

- [1]秦绪忠,江亿. 多热源并网供热的水利优化调度研究 [J]. 暖通空调,2001,31(1):11-16.
- [2]秦冰.浅析惠天热电三部热网双热源联网供热技术[J]. 区域供热,2015(4):79-84.

(本文责编:刘芳)

#### 作者简介:

许冰(1986—),男,辽宁丹东人,工程师,工学硕士,从 事热电厂集控运行工作(E-mail:xb401576441@126.com)。

宋宏飞(1974—),男,辽宁铁岭人,助理工程师,从事热 电厂燃料运行工作(E-mail:tlcshf@163.com)。

属氧化物避雷器电位与电场分布的计算[J].高压电器, 2011,47(2):39-42.

(本文责编:刘炳锋)

#### 作者简介:

张燕珂(1980—), 女, 河南洛阳人, 工程师, 工学硕士, 从事电气自动化方向教学及研究工作 (E-mail: zhangyanke139@163. com)。