

[避雷器]

一起10 kV避雷器引起故障分析

文/东莞供电局石碣供电分局 叶志强

以实际故障案例进行探讨，通过对金属氧化物避雷器引起线路跳闸现象进行故障分析，结合现有配网运维特点，提出实用性建议，帮助运维人员迅速确定故障点，防止同类事故发生，提高供电可靠性。

避雷器是一种过电压保护装置。在系统正常电压下，流过金属氧化物避雷器的电流为数百 μA 到 2 mA 。当电网电压升高达到避雷器规定的动作电压时，避雷器动作，释放电压负荷，将电网电压升高的幅值限制在一定水平之下，从而保护设备绝缘所能承受的水平，除了限制雷击过电压外，有的还能限制一部分暂时过电压、甩负荷、谐振和操作过电压等。在 10 kV 的配网中，通常选用无间隙避雷器，最高额定工作电压 17 kV 。金属氧化物避雷器的预防及维护性试验，一般每两年到四年进行一次，有条件的用户，最好每年雷雨季节前测试一次，以最大可能提早发现事故隐患。但实际上避雷器投运后，长时间没有开展

预防性试验或运行维护不到位，从而导致一些避雷器内部个别阀片击穿。当避雷器被击穿后， 10 kV 线路容易通过避雷器发生瞬时接地，因氧化锌避雷器是全密封元件，外观同正常避雷器没有分别，一般难以觉察和判断。通过以下故障事例分析，和广大同行分享经验。

金属氧化物避雷器内部缺陷引起故障案例

1. 故障事件经过

横X站2012年8月新投运F25横X线，把原先F9横X线部分负荷转移到新出的F25横X线上，自2012年9月2日发生第一次线路跳闸开始，到2015年1月2日止，共发生了13次跳闸。跳闸情况如表1所示。

表1 F25横X线跳闸情况

序号	厂站名称	线路名称	保护名称	跳闸时间	重合闸	复电时间	间隔天数	造成停电小时数	故障发生前电流(A)	备注
1	横X站	F25横X线	零序保护	2015-1-2 22:13	退出	2015-1-23 17:31	9		0.0	空载运行
2	横X站	F25横X线	零序保护	2014-12-24 13:17	退出	2014-12-24 19:32	49	6.2	92.8	
3	横X站	F25横X线	零序保护	2014-11-5 0:48	退出	2014-11-5 2:31	4	1.7	45.0	
4	横X站	F25横X线	过电流I段保护	2014-11-1 11:08	退出	2014-11-1 12:11	252	1.1	104.8	
5	横X站	F25横X线	过电流保护	2014-2-22 8:27	失败	2014-2-22 10:49	56	2.4	171.0	
6	横X站	F25横X线	过电流保护	2013-12-28 23:01	退出	2013-12-28 23:56	1	0.9	84.0	
7	横X站	F25横X线	过电流保护	2013-12-27 7:32	失败	2013-12-27 8:47	13	1.3	101.6	
8	横X站	F25横X线	零序保护	2013-12-14 8:12	退出	2013-12-14 11:52	5	3.7	120.0	
9	横X站	F25横X线	零序保护	2013-12-9 1:55	退出	2013-12-9 2:54	7	1.0	115.0	
10	横X站	F25横X线	10kV线路过电流保护	2013-12-2 2:56	退出	2013-12-2 4:18	308	1.4	105.0	
11	横X站	F25横X线	速断	2013-1-28 8:06	退出	2013-1-28 13:55	134	5.8	121.6	
12	横X站	F25横X线	零序过流I段保护定时限过电流	2012-9-16 11:02	退出	2012-9-16 11:43	15	0.7	221.0	
13	横X站	F25横X线	零序保护	2012-9-1 5:03	退出	2012-9-1 6:26		1.4	148.0	第一次跳闸

线路运行图如图1所示。

2. 故障排查

线路故障跳闸频繁（因该变电站#3号主变压器绕组变形，线路重合闸功能退出），最长时隔300多天跳闸一次，到后来最短1天发生跳闸一次。不仅影响正常供电，造成大量经济损失，用

户意见大。供电部门先后投入大量运维人员进行故障巡视，采取多种措施，如对该线路站内开关、继保进行试验检修；对专变用户为TT接地系统12个用户先后分别加装了低压电流速断保护装置和带有剩余电流保护装置功能的断路器；更换该线路所有瓷式绝缘子；闲置线路（无负荷用户

支线)全部断开隔离。排查后,故障跳闸依然发生,最后对该线路投运前后发生故障跳闸次数进行对比,对线路分段供电,缩小故障停电范围。初步判断应是新投运设备引起的,先后对变电站出线电缆、隔离刀开关、避雷器和绝缘子等进行常规性试验,试验数据均合格。最后把怀疑对象集中在避雷器身上,对避雷器进行深入检测。

故障分析

拆除变电站出线电缆#1杆上的一组避雷器(共3相),对该组避雷器进行解体前试验。进行直流 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流测试和密封试验,以直流电压和电流的方式来检验避雷器整

体的动作特性和保护特性,试验数据合格。数据满足标准要求(U_{1mA} 实测值与制造厂规定值比较,变化不应大于 $\pm 5\%$; $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流不应大于 $50\text{ }\mu\text{A}$)。使用抽气浸泡法进行密封试验(避雷器出厂试验的必检项目之一),以检验避雷器整体的密封性能,在规定的浸泡时间内,避雷器无连续性气泡溢出,试验合格。具体试验数据如表2所示。

表2 避雷器试验表

序号	试验项目	试验结果
1	直流1 mA参考电压 U_{1mA} 及 $0.75\text{ }U_{1mA}$ 下的泄漏电流试验	合格
2	密封试验	合格

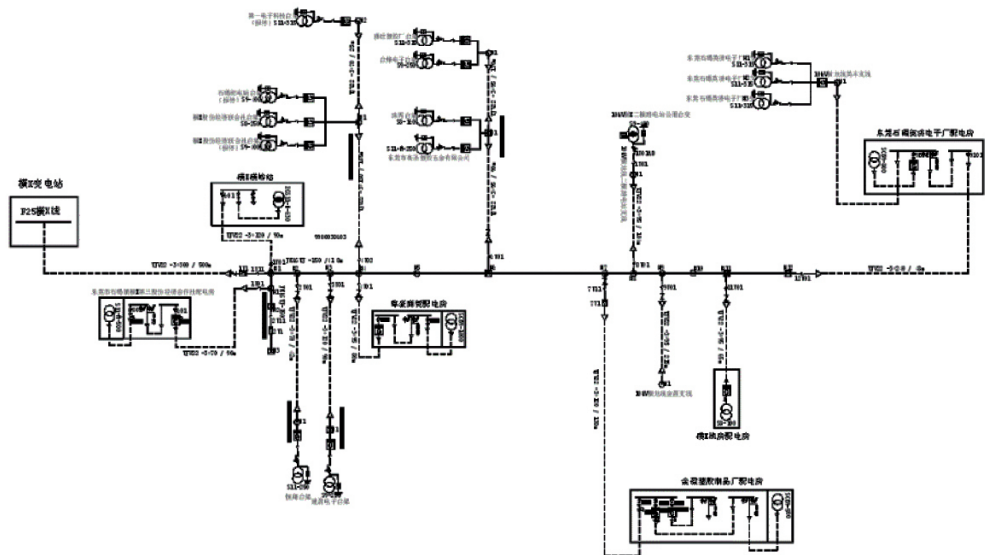


图1 F25横X线路图

接着对避雷器进行解体后检查及避雷器阀片试验,试验数据如表3所示。

表1 电动机与变压器匹配

序号	试验项目	阀片数量/片	不合格阀片数量/片	备注
1	阀片2 ms方波通流容量试验	18	8	10片通过
2	阀片4/10 μs 短时耐受电流试验	2	1	项目1合格中10片中抽取2片
3	电阻片加速老化试验	1	1	项目1合格中10片中抽取1片

该组避雷器共有18片阀片,三相试验完成后不合格阀片10片,阀片不合格率56%

解体后检查发现其中一相避雷器内部封闭筒体与阀片间存在间隙,如图2、图3所示。

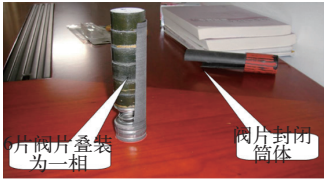


图2 避雷器内部封闭筒体



图3 避雷器阀片

通过解剖试验,发现该组避雷器的内部阀片存在严重的质量问题,导致避雷器通流能力差,热稳定性能低。投入运行后,在运行电压的作用下,避雷器内部阀片因质量问题,发生老化,导致放电

电压降低,通过的泄漏电流逐步增大(阀片长期发热,内部温度升高,温度越高,其耐受电压下降得越多,最终避雷器热击穿),导致线路零序电流增大,引起变电站出线10 kV开关柜零序保护动作跳闸,线路故障停电。当该组避雷器在退出运行一段时间后,其阀片的工作特性即氧化锌阀片的非线性伏安特性(阀片(MOV)为非线性阀片,具有非线性伏安特性。在低电压作用时具有高阻,在过高的电压作用时呈低电阻,保持较低的残压,从而限制过电压对设备的影响,保护设备的绝缘不被损坏)恢复,又可以重新投入运行一段时间。正因为这样,导致该线路跳闸越来越频繁。这种现象持续一段时间后,随着避雷器内部质量问题阀片数量增加,避雷器在雷击时极易导致内部闪络、爆炸。

1. 导致避雷器质量问题的原因分析

(1) 避雷器密封不良

避雷器密封不良主要产生于产品的生产过程中,个别避雷器阀片烘干不彻底,含有水分。或者在装配时,避雷器的密封垫圈安放位置不当甚至没有安装。有些厂家使用的材料不合格,如使用的绝缘子质量差,带有看不见的小孔也会造成水分渗入,使其内部受潮。

(2) 避雷器内部个别阀片老化

阀片老化一般产生于运行过程中。由于避雷器阀片的均一性差,其老化程度不尽相同,就会使得阀片电位分布不均匀。运行一段时间后,个别存在质量问题阀片首先劣化,造成避雷器泄漏电流和功率损耗增加。由于电网电压不变,避雷器内其余正常阀片负担加重,导致其老化速度加快。这样就形成了一个恶性循环,最终导致该避雷器发生内部击穿而发生单相接地或者避雷器本体爆炸事故。造成氧化锌避雷器阀片老化加速的另外一个原因是避雷器持续运行电压偏低。这将导致运行过程中,特别是系统发生单相接地时,大大加重避雷器负荷,造成阀片快速老化。

防范措施

1) 防范避雷器密封不良。在避雷器投入使用前,应进行严格的密封性测试。另外,在避雷器运行维护过程中,特别是在雷雨季节,要加强对避雷器的巡视以便及时发现异常情况。在对避雷器进行定期预防性试验时,试验人员要认真仔细分析和比较试验数据。因为避雷器受潮时,可能外观上看不出任何问题,只有通过试验数据才可能

发现内部的缺陷。

2) 针对避雷器阀片老化问题。除了要求厂家改进生产工艺,提高阀片的均一性外,还要在设计选型时选择具有足够的额定电压和持续运行电压的避雷器。

3) 对避雷器供应商生产能力考核,要求供应商应具备对其产品质量,尤其是要具备对避雷器内部氧化锌阀片进行质量检测的能力。

4) 从源头上加强质量管控,要求增加对10 kV避雷器进行出厂试验验收项目。成立配网设备品控专家组,在出厂验收时应按照技术协议的规定对出厂试验项目进行抽样检查,尤其是2 ms方波通流容量试验(抽取5%电阻片进行该项试验)及4/10 μ s短时耐受电流试验(抽取5%电阻片进行该项试验),作为出厂试验重点检查项目。

5) 加强对配网基建、技改工程项目避雷器的交接试验及早发现安全隐患,做到设备“零缺陷”投运。

6) 加强运行中避雷器红外测温工作,及时发现设备缺陷。使用高精度红外成像仪对三相避雷器进行测温成像,对三相相同部位进行横向比较,温差相差1℃时,避雷器内部可能存在严重的缺陷;同时通过对避雷器整体温度的三相对比,发现异常及时分析、对有问题的避雷器及时更换处理。

7) 引起10 kV线路多次不明原因跳闸时,应重点关注运行中的避雷器,由于目前常规试验不能发现避雷器内部阀片问题,因此故障查找时,增加对避雷器和绝缘子检查,有必要时直接更换可疑的避雷器。

结束语

导致线路故障跳闸原因有很多,其中相当一部分故障是由使用避雷器引起的,虽然避雷器寿命与许多因素有关,除制造质量、密封失效受潮及其他外界因素外,避雷器阀片的老化速度是影响寿命的关键因素。避雷器损坏的原因还有雷电和操作过电压,受潮、污闪、系统条件和本身故障等,但仍有一定比例损坏的原因不详,故仍有其在运行中对事故原因不明确的问题。希望通过本文的实践、研究、试验、探索和总结经验,帮助大家预防和完善措施,防止线路故障的发生。EA

(收稿日期:2016.11.10)

(编辑:刘群点)