

干式空心电抗器的运行分析及故障处理

刘海莹¹, 魏 宾²

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 西安高压供电局调通所, 陕西 西安 710032)

Operation and Maintenance of Dry Air-core Reactor

LIU Hai-ying¹, WEI Bin²

(1. Electrical Engineering College, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Xi'an High Voltage Power Supply Bureau, Xi'an 710032, China)

摘要: 主要针对电抗器在运行方面出现的问题进行了分析,并提出了相应的改进建议和措施。

关键词: 并联电抗器; 温升; 漏磁

中图分类号: TM472

文献标识码: B

Abstract: The paper mainly analyzes some problems during the operation of shunt reactors in high voltage electric system. Suggestions and measures for solving the problems are presented.

Key words: shunt reactor; temperature rise; magnetic leakage

其表面会有污物沉积,同时表面喷涂的绝缘材料也会出现粉化现象,形成污层。在大雾或雨天,表面污层会受潮,导致表面泄漏电流增大,产生热量。这使得表面电场集中区域的水分蒸发较快,造成表面部分区域出现干区,引起局部表面电阻改变。电流在该中断处形成很小的局部电弧。随着时间的增长,电弧将发展并发生合并,在表面形成树枝状放电烧痕,形成沿面树枝状放电。由于绝大多数树枝状放电产生于电抗器端部表面与星状板相接触的区域^[1]。而匝间短路是树枝状放电的进一步发展,即短路线匝中电流剧增,温度升高到使线匝绝缘损坏并在高温下导线熔化而形成。

为了确保户外电抗器不发生树枝状放电和匝间短路故障,应正确选用绝缘材料,改善工艺条件,提高工艺水平,改善工艺环境。保证电抗器的端绝缘、包封绝缘的整体性;绝缘胶应保证与导线具有良好的亲和性,在运行条件和运行环境下,确保不产生裂纹和开裂现象;涂刷憎水性涂料可大幅度抑制表面放电,端部预埋环形均流电极的结构改进,可克服下端表面泄漏电流集中现象,即使不喷涂憎水性涂层或憎水性涂层完全消失,也能防止电极附近干区电弧的出现。顶戴防雨帽和外加防雨假层可在一定程度上抑制表面泄漏电流。此外,在污秽程度较严重的地区,应增加清理电抗器表面和绝缘子表面频次。

3.2 温升对电抗器影响

对近年来系统内几起比较典型的干式电抗器事故进行了调查,发现电抗器运行温度偏高,设计选择的绝缘材料耐热等级偏低是造成故障的主要原因。下面列举几个比较典型的事故。

(1)1997年7月29日9时07分,青海电力公司硝湾变35kV 54号开关速断保护动作跳闸。检查发现1号电抗器B相线圈有严重的烧伤痕迹,经试验确认为匝间短路。分析认为,设计中端部电场过于集中,因工艺上未加RTV涂料的缺陷而发生水树现

1 前言

大容量干式空心电抗器是近几年研制开发的新型电抗器,它具有线性特性好、参数稳定、防火性能好等特点,因此用量逐渐增加。并联电抗器经过长时间的运行,出现了不少的问题,有的被迫停运处理,有的逐渐演变成事故甚至设备烧毁。干式空心电抗器的运行故障主要是由于线圈受潮、局部放电电弧、局部过热绝缘烧损等线圈匝间绝缘击穿,以及漏磁造成周围金属构架、接地网、高压柜内接线端子损耗和发热等。

2 电抗器的作用

在超高压、大容量的电网中安装一定数量感性的无功补偿装置(包括并联电抗器和静止无功补偿器),其主要目的:一是补偿容性无功功率;二是在轻负荷时吸收无功功率,控制无功潮流,稳定网络的运行电压。各大电网均要求,在大中型变电站必须安装电抗器来补偿电容性的无功功率,做到就地补偿,就地平衡,以保证电力系统的安全运行。

3 电抗器故障形成及处理措施

3.1 沿面树枝状放电和匝间短路的机理及处理措施

电抗器在户外的大气条件下运行一段时间后,

象,致使事故发生,该电抗器返厂处理后于1998年4月投入运行。

(2)2002年5月14日0时28分,陕西神木变(330 kV)2号主变低压35 kV并联电抗器B相因外包封开裂,内部绝缘受潮引起匝间短路放电。经分析,电抗器表面树枝状放电最终导致短路后融化的金属气体喷射至A相引线上,又导致A、B相间短路。该事故导致变压器受到直接短路冲击退出运行。

(3)2003年6月5日重庆万州局万县变(500 kV)35 kV I-2号电抗器在大雨天气下外包封发生匝间短路,在烟尘和金属颗粒的作用下发展为相间短路。分析后认为,也是由于树枝状放电作为先导,最终导致事故发生,该产品被迫返厂更换外包封。

根据温度实测和解体分析,证实以上电抗器事故都是由于运行中热点温度高,加速了聚酯薄膜老化,当引入线或横面环氧开裂处雨水渗入后加速了老化,丧失了机械强度,不能裹紧导线;当雨水多次渗入时,造成匝间短路引起着火燃烧。

3.2.1 电抗器运行时的温升限值

在一定温度下,绝缘材料不产生热损坏的时间称为绝缘材料的使用寿命。大型电抗器的电流在3 500 A以上。这样大的电流流过电抗器,即使电抗器的电阻很小($m\Omega$ 级),功率也在千瓦以上。电器产品的损耗越大,运行中产生的热量就越大,在一定的条件下,电抗器的温升也就越高,而温升增高会加速绝缘材料的老化,使其失去绝缘性能,从而也会缩短电抗器的使用寿命^[2]。这说明电抗器温升的高低是保证其质量和使用寿命的重要指标,因此GB10229-1988和IEC标准中均对电抗器正常使用条件下的温升做了专门的规定。

国标之所以对电抗器的温升做严格的限制,是因为温升直接影响着电抗器所用绝缘材料的使用寿命。根据Montsinger的寿命定律,绝缘材料的热老化与温度有如下关系: $t=A\exp(-\alpha\theta)$ 。式中: t 为绝缘材料的使用寿命; A 为常数,B级材料约为 6.5×10^5 ; α 为常数,约为0.088; θ 为绝缘材料的温度。

由上式看出,对于B级绝缘材料,每当温度增加 $10\text{ }^\circ\text{C}$,绝缘材料的使用寿命减少一半,这就是绝缘材料的 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 定则。A级绝缘材料为 $8\text{ }^\circ\text{C}$,称为 $8\text{ }^\circ\text{C}$ 定则。温升是保证电抗器质量和运行寿命的重要指标,电流越大就越难满足要求。

形成温升的主要原因有:温升的设计裕度取得很小,使设计值与国标规定的温升限值很接近;还有制造的原因,如绕制绕组时,线轴的配重不够、绕制速度过快和停机均可造成绕组松紧度不好和绕组电阻的变化。另外,接线端子与绕组焊接处的焊接电阻是由于焊接质量的问题产生的附加电阻,该焊接电阻产生附加损耗使接线端子处温升过高。另外,在焊接时由于接头设计不当、焊缝深宽比太大,焊道太

小,热脆性等原因产生的焊缝金属裂纹都将降低焊接质量,增大焊接电阻。

3.2.2 处理措施

处理措施:①选择合理的耐热等级绝缘材料、设计运行温度更合理的干式电抗器,从根本上解决电抗器户外运行安全性较低的问题,以增加其使用寿命。②开展有效的防紫外线老化包封的防护漆的选型和研制,从根本上杜绝树枝状放电的出现。③改善电抗器上部引线及线圈的密封^[2]。④戴帽防止日晒或雨淋,或是搭大棚,以改善通风条件,改善电抗器运行的环境温度。⑤改善工艺条件,提高工艺水平,改善工艺环境,减少人为因素的影响。

干式空心并联电抗器组特点之一是由多个并联的包封组成,但由于设计和制造工艺上的问题,会造成各包封电流密度不一致,导致运行中部分包封温度高。现在某些厂家为了提高经济效益,过分地提高电流密度,造成热点温升过大是电抗器故障的根本原因。因此,适当降低电流密度,提高绝缘耐热等级是改善电抗器运行特性的根本措施。

3.3 漏磁

3.3.1 漏磁产生的原因及危害

在电抗器轴向位置有接地网,径向位置有设备、遮栏、构架等,都可能因金属体构成闭环造成较严重的漏磁问题,对周围环境造成严重的影响。若在磁场范围只有较大铁磁物质,无闭环回路问题不大,若有闭环回路,如地网、构架、金属遮栏等,其漏磁将感应环流达数百安培。这不仅增大损耗,更因其建立的反向磁场同电抗器的部分绕组耦合而产生严重问题。如是径向位置有闭环,将使电抗器绕组过热或局部过热,如同变压器二次侧短路情况,如是轴向位置存在闭环,将使电抗器电流增大和电位分布改变,故漏磁问题并不能简单地认为只是发热或增加损耗。

3.3.2 处理措施

只要消除闭合的金属环路,如远离金属构架,不使用金属围栏等,一般就可解决。较困难的是避免接地网及水泥构件中的闭环回路,应在安装之前,核查安装点是否存在闭环的接地网或含金属闭环的水泥构件,合理地布置电抗器的安装位置及接线端子位置^[3]。

参考文献:

- [1] 路长柏,何伊春,王振帮. 并联电抗器发生水树和匝间短路现象的初步分析及其防止措施[J]. 黑龙江电力, 1997, 19(6): 351.
- [2] 叶占刚. 干式空心电抗器的温升对其质量的影响[J]. 变压器, 1998, 35(3): 32.
- [3] P E Burke, T C H Lau, T H Fawzi. Shielding of Air Core Reactors[J]. IEEE Trans. on Magnetics, 1983, 19(5): 2070-2071.

作者简介:刘海莹(1974-),女,硕士研究生,从事高压电抗器方面的研究。