

冬季寒潮低温时期对变压器油的影响分析

刘浩 霍志炜

北京太阳宫燃气热电有限责任公司 北京 100028

摘要: 变压器的绕组是关键部件,当温度过低时,绕组的电气性能将受到影响。绕组电阻随温度变化,如果温度过低,电阻将降低,电阻降低将导致变压器的电流增大,从而产生过热现象,严重时可能引起火灾。此外,当温度过低,变压器中的油也会变得比较稠,使绝缘介质的耐压性能下降,可能导致击穿,危及设备的安全稳定运行。本文通过分析低温对变压器油的影响,并结合我站实际情况,对变压器油温较低是否会带来安全问题进行初步探讨,以优化冬季变压器防寒防冻相关措施。

关键词: 变压器油; 低温; 运动粘度; 含水量

引言: 某电厂#1、#2、#3主变均采用强迫油循环风冷的冷却方式。每台主变装有4组冷却器,每组冷却器配置一台潜油泵和一台风扇,主变压器运行时,至少必须投入一组冷却器运行。现阶段冷却器全年运行方式均为两组投入“工作”、一组“辅助”一组“备用”。

长期以来,对变压器安全运行,人们一直关注的是变压器的高温环境及温升限值,对承担变压器散热作用的变压器油的温度上限控制高度重视,在各种规程和相关技术资料中,对油温的高温及温升限值都进行了严格、明确的要求,实际运行中也对其降温散热作为重点工作给予高度重视。务必要保证其冷却系统运行良好,但是对变压器油的低温限制却未过多提及。那么油温过低是不是就对变压器油没有影响呢?是否变压器油的运

行温度控制得越低,对变压器就越好呢?答案是否定的。变压器油温过低对油的运动粘度,及其含水量都是有影响的。

1 结合寒潮工况谈低温对变压器油散热的影响

变压器油除了起绝缘作用外,还起着散热的作用,是传递热量的介质。变压器油在变压器中是循环流动的,夏季油温高时运动粘度过小,流速越高,油流与绝缘材料磨擦产生静电电压越高。流速过高时油流带电可使变压器电场产生畸变,使工作安全性降低;冬季油温低时运动粘度大,流动性差。油温过低时将导致热传导减慢,影响散热。极端情况下当变压器油温度继续降低,导致油温降到油的凝固点时,变压器油就会失去循环对流和传热能力,此时将严重影响散热,甚至导致油泵无法启动。

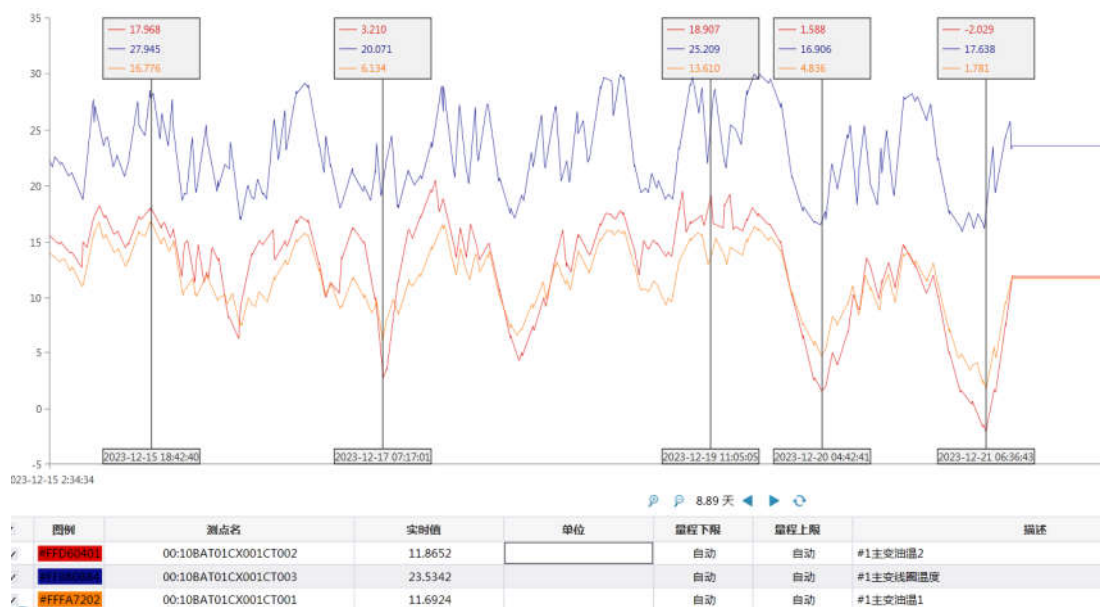


图1-1 12月14日至21日#1主变油面及绕组温度情况

由图1-1可见，在本轮寒潮到来的12月14至21日，采集数据分析#1主变油面及绕组温度情况。综合统计数据，#1主变线圈温度最高为29.1℃，最低为15.9℃。#1主

变油温1最高为16.7℃，最低为-2.02℃。#1主变油温2最高为18.9℃，最低为1.78℃。下面列表选取典型数据对其运行情况具体分析：

表一：12月14至21日#1主变油面及绕组温度情况

	#1主变线圈温度	#1主变油温1	#1主变油温2	最大温度差值
12-15 18:42	27.9	16.7	17.9	11.2
12-17 07:17	20.1	3.21	6.13	16.89
12-19 11:05	25.2	13.61	18.9	11.59
12-20 04:42	16.9	1.58	4.8	15.32
12-21 06:36	17.6	-2.02	1.78	19.62

表一中可以判断，当主变油温达到15℃以上时，线圈油面温差约11℃，换热效果基本正常。当主变油温达到15℃以下时，线圈油面温差约最大达到了近20℃，换热效果下降明显。

调取#1、#2、#3主变2022年底2023年初和2023年底两个冬季运行工况下线圈温度和油面温度变化趋势进行分析如下：

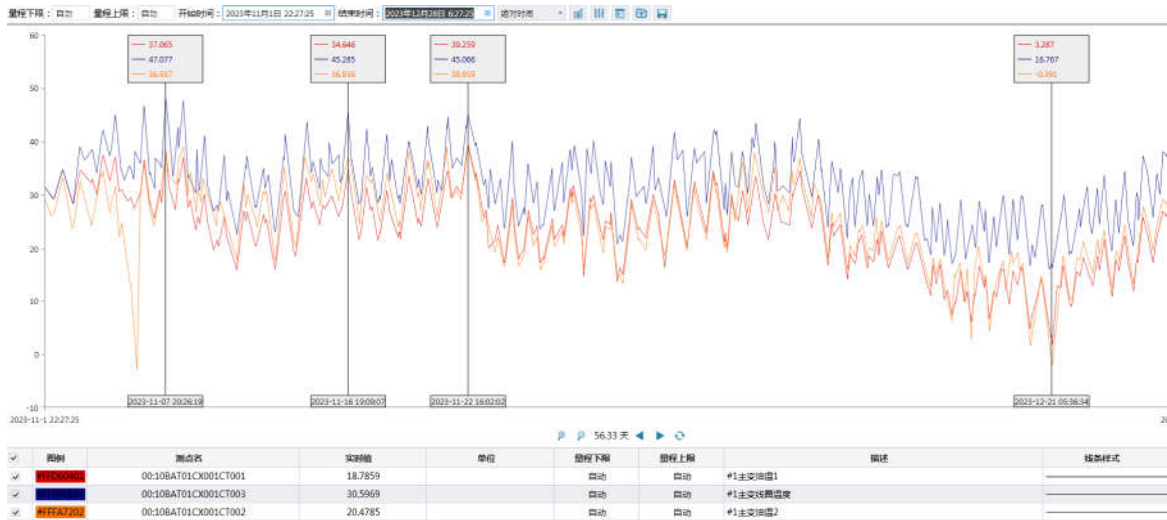


图1-2 #1主变2023年11月1日 22:27:25至2023年12月28日 6:27:25线圈温度和油面温度变化趋势

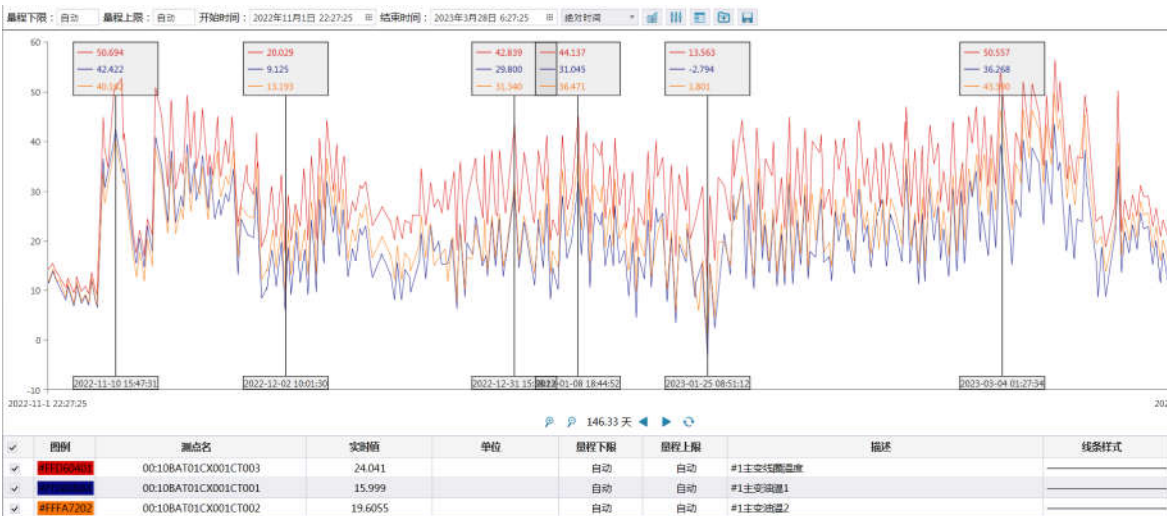


图1-3 #1主变2022年11月1日 22:27:25至2023年3月28日 6:27:25线圈温度和油面温度变化趋势

如图1-2所示, #1主变在2023年冬季工况下, 油面最低温度为-0.4℃, 线圈温度16.7℃, 油面线圈温度差17.1℃。油面最高温度为39.2℃, 线圈温度45℃, 油面线圈温度差5.8℃。整体温度除了极寒天气下出现了一次低于0℃, 其余时间均在正常范围内。

如图1-3所示, #1主变在2022年冬季工况下, 油面最低温度为-2.8℃, 线圈温度13.5℃, 油面线圈温度差16.3℃。油面最高温度为36.2℃, 线圈温度50.5℃, 油面线圈温度差14.3℃。整体温度除了极寒天气下出现了一次低于0℃, 其余时间均在正常范围内。

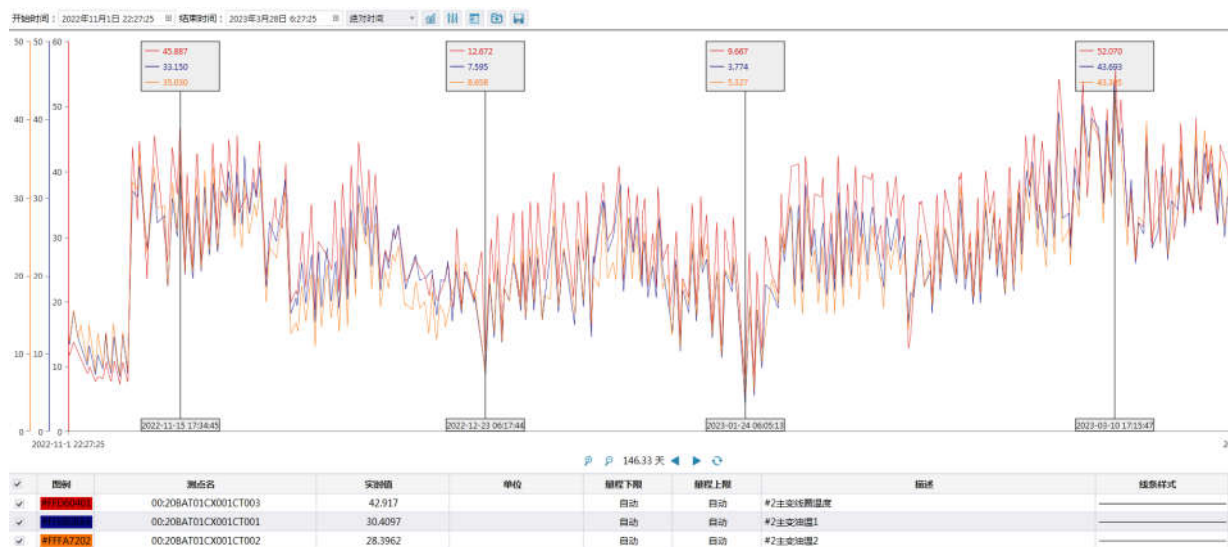


图1-4 #2主变2022年11月1日 22:27:25至2023年3月28日 6:27:25线圈温度和油面温度变化趋势

如图1-4所示, #2主变在2022年冬季工况下, 油面最低温度为3.7℃, 线圈温度9.6℃, 油面线圈温度差5.9℃。油面最高温度为43.7℃, 线圈温度52℃, 油面线圈温度差8.3℃。整体温度均在正常范围内。

#3主变在2023年冬季二拖一工况下, 油面最低温度为8.8℃, 线圈温度13.8℃, 油面线圈温度差5℃。油面最高温度为45.9℃, 线圈温度60.7℃, 油面线圈温度差14.8℃。整体温度均在正常范围内。

#3主变在2022年冬季二拖一工况下, 油面最低温度为9.3℃, 线圈温度37.98℃, 油面线圈温度差28.68℃。油面最高温度为40℃, 线圈温度48.1℃, 油面线圈温度差8.1℃。整体温度均在正常范围内。

2 温度对变压器油含水量的影响

无论采取什么措施, 都不可能彻底完全的去掉变压器中的水。水分对绝缘质的电气性能和理化性能都有极大的危害。它会降低油品的击穿电压、增加介质损耗因数, 还能促进有机酸对铜、铁等金属的腐蚀、催化油的

氧化等。

变压器中的水分主要存在于变压器油和绝缘材料中, 在变压器油中, 水分主要以溶解水、悬浮水、沉积水三种形式存在。在一般情况下, 变压器运行时油温升高。油中含水量增加而绝缘材料中含水量降低, 即绝缘材料中的水分向油中扩散。此时水以溶解水的状态存在于油中; 如果水在油中达到饱和溶解度后油温降低, 扩散方向相反。但水分从绝缘油当中再流回到绝缘材料的可逆变化虽然存在, 然而其速度却会相当缓慢。因此因温度降低导致的变压器油溶解度降低而析出的部分溶解水成为悬浮态水分。当悬浮水大量聚集时, 形成大水滴与变压器油分离, 由于密度差沉积于油箱底或者沉在冷却器底部。此时当温度低于0℃时, 变压器内部聚集的水就会存在结冰的可能。

当变压器单组冷却器重新投入运行时, 冷却器底部的水会由油泵导入变压器线圈, 同时水向变压器的高场强区移动, 造成潜在危险。可见随着油温的变化, 水存在于油中的三种形态也可以互相转化, 所以油温对变压器油含水量的影响是比较明显的。

3 结合我厂实际情况谈防范措施

防止低温对运动粘度的影响, 首要措施是根据变压器工作的环境气象条件选择对应标号的变压器油。

作者简介: 刘浩(1997—), 男, 北京人, 本科, 助理工程师, 从事GE S209FA型联合循环机组集控运行工作5年。

霍志炜(1992—), 男, 河北人, 本科, 助理工程师, 从事GE S209FA型联合循环机组集控运行工作10年。

旧的变压器油的命名中使用了以凝固点作为变压器油的型号。当变压器油的凝固点不高于 -10°C 时,就是10#变压器油;当凝固点不高于 -25°C ,就是25#变压器油;当凝固点不高于 -45°C 时,就是45#变压器油。而在IEC60296:2003中,"凝点"一项不再采用,只保留了"倾点"。查阅有关国家标准(《变压器油标准 GB2536》),变压器油倾点是指油品在规定的试验条件下,被冷却的试验样品能够流动的最低温度,倾点一般比凝点高 3°C 。于此同时在标准建议倾点比最低冷启动温度至少低 10°C 。因此目前通用的10#、25#、45#三个牌号变压器油的最低冷启动温度分别是 3°C 、 -12°C 、 -32°C 。

查阅我厂有关资料,我厂#1主变变压器油采用的变压器油型号是DB-25,即25#变压器油。新油状态下该变压器油的最低冷启动温度是 -12°C 。即变压器油温大于 -12°C 便可正常运行。

结合此次数据,此次寒潮过程中我厂#1主变变压器油温最低为 -2.02°C ,满足25#变压器油温大于 -12°C 的工作要求。但随着变压器油使用年限的增长,变压器油含水量逐渐增大。虽未超过国标要求220KV变压器油含水量限制在 25mg/L (《变压器油标准 GB2536》),但如果变

压器油温过低仍存在一定的风险。

为避免低温造成的变压器运行风险,我的建议是在冬季防寒防冻时期调整主变冷却器运行方式。由现阶段的两组投入“工作”、一组“辅助”、一组“备用”,调整为两组投入“工作”、一组“辅助”、两组“备用”。通过减少冷却器运行台数,来适当提高主变油温在 20°C 以上的最佳工作范围。

4 结束语

随着全球气候变化,极端恶劣气候现象发生频次也在不断提高。在极端寒潮到来的时候,对于室外重点设备应加强防寒防冻相关检查与评估。应与时俱进,有针对性的适当调整优化运行方式,来进一步确保机组安全可靠运行。

参考文献

- [1]《2_二.S209FA联合循环机组运行规程_二分册(辅机部分)1224版》
- [2]《ICE60296变压器和开关用未使用矿物绝缘油规格》
- [3]《变压器油标准 GB2536》