

电力变压器温升与冷却装置改造的技术经济分析

咸日常^{1,2}, 袁建华¹, 梁玉², 孙志远², 司志涛²

(1. 山东理工大学电气与电子工程学院, 山东 淄博 255000; 2. 淄博供电公司, 山东 淄博 255032)

The Economic and Technical Analysis of Amelioration in Power Transformer Temperature Rising and Cooling Device

XIAN Ri-chang^{1,2}, YUAN Jian-hua¹, LIANG Yu², SUN Zhi-yuan², SI Zhi-tao²

(1. Institute of Electronic Engineering of Shandong University of Technology, Zibo 255000, China;
2. Zibo Power Supply Corporation, Zibo 255032, China)

摘要:通过分析电力变压器对散热和温升的控制要求,结合一台变压器的冷却装置更换改造实例,对新老冷却装置降低电力变压器温升,提高负载能力,节约电能损耗等进行技术经济的对比分析。

关键词: 电力变压器; 温升; 冷却装置; 改造; 分析

中图分类号: TM451

文献标识码: B

Abstract: In this paper, the requirements of power transformer to cooling and temperature rising are analyzed. As a practical example, the cooling device of a power transformer is updated. The new and old cooling devices are analyzed comparatively in reducing the transformer temperature rise, increasing the power loading and reducing the power loss.

Key words: power transformer; temperature rise; cooling device; amelioration; analysis

1 引言

电力变压器在实际运行过程中,由于各线圈导体电流的流动和电磁场的存在,会产生电能损耗,主要是负载损耗、空载损耗和附加损耗。虽然电力变压器的效率非常高,现运行的电力变压器的效率一般都在99%以上,但变压器由于转换的功率大,产生的损耗也就非常客观,大型电力变压器往往可以达到数十到几百千瓦。这些损耗都将转换成强大的热能向外扩散;这些热能以传导、对流和辐射的形式,在变压器的铁心、线圈、金属夹件及变压器油、变压器外壳及其本体周围空气中传递,使各部位的温度不同程度升高。中小型变压器由于损耗小,一般靠油箱

本身或在箱壁上装设散热片、散热管,通过变压器油靠自然对流和辐射的方式把热量散到周围空气中去,这种冷却方式为油浸自冷式。但随着变压器容量的增大:①漏磁通增大,相应杂散损耗增加;②变压器的尺寸和容量增加并不成比例,造成局部杂散损耗增加;③大容量变压器电流大,特别是低压绕组各并联导线间有循环电流通过,也相应增加附加损耗等。因此,电力变压器产生热量的散发难度随体积和容量的增大而增大,必须采取附加散热措施,采取风扇电机对散热器吹风的冷却方式为油浸风冷式;在大型电力变压器铁心和绕组中设置油流通道,在循环油路中装设油泵,通过加速油的流动将热量带出的冷却方式为强迫油循环风冷式。

目前,电力系统中运行的220 kV变压器的冷却方式大部分为强迫油循环风冷式,20世纪90年代前出厂的产品大都采用多冷却器、高速油泵(大于1500 r/min)结构,随着使用年限延长,发生螺旋管渗漏油、散热管翘片被灰尘杂物堵塞、风扇电机叶片变形、密封环节多、渗漏点多等问题,难以彻底处理,导致冷却性能大幅度下降,使电力变压器的运行温度提高,影响变压器额定负载水平;同时采用的高速油泵容易引起油流带电现象,不符合国家电网公司18项电网重大反事故技术措施的要求。笔者通过介绍电力变压器对温升和散热的要求,结合旧系列冷却器更换改造的实例,对降低电力变压器温升,提高负载能力,节约电能损耗等进行技术经济的对比分析,对类似改造提供基础依据。

收稿日期:2005-10-10; 修回日期:2005-11-06

作者简介:咸日常(1965-),男,山东高密人,硕士研究生导师,副总工程师,高级工程师,从事高电压技术和电力变压器的运行维护工作。

2 电力变压器对散热和温升的要求

为减少过高温度对变压器绝缘材料的影响,实现变压器的预期设计寿命,保证变压器安全可靠运行,投运后的变压器在一段时间内各部件的温度不能一直升高,必须达到一个稳定状态,因此就必须采取相应的冷却措施,加快热量的扩散,以控制电力变压器的温升极限。国家相关标准规定了变压器绕组、铁心以及电力变压器油的温升极限^[1],变压器制造厂也给出设备运行的温度负载曲线以指导用户的运行。因为良好的电气绝缘性能是电力变压器安全运行的重要条件,变压器内部绝缘主要是靠变压器油、绝缘纸板和电缆纸等作为绝缘介质;若变压器油长期在高温热作用下会加速氧化和裂解,影响其绝缘和散热水平^[2];绝缘纸板和电缆纸等绝缘材料长期在热作用下会丧失弹性、变松脆,丧失机械强度,从而丧失电气强度。为此,国家标准 GB1094.2-1996《电力变压器》规定^[3]:变压器运行环境温度最高+40℃,最热月平均温度+30℃,最高年平均温度+20℃,油浸式变压器在连续额定容量下顶层油温温升极限为60K(油与大气直接接触的变压器为55K),绕组平均温升极限为65K,温升极限不允许有正偏差^[4];另外,由于温度过高,电力变压器油等各种材料均因过热而高度膨胀,会使储油柜中的变压器油外溢、本体压力释放装置动作而喷油等。因此,电力变压器不管是在何种状态下运行,温度控制非常重要,必须按规程规定的温度运行。

3 电力变压器冷却装置的改造实例

某主变型号为 SFPS3-120000/220,是20世纪80年代产品,原采用9组 YF-120 冷却器散热,近几年,随着所带负荷的增长,运行温度明显偏高;特别是夏季运行中,在环境温度超过40℃,负载达到100000kV·A时,虽然将包括备用的全部冷却器投入运行,该电力变压器上层油温仍然超过85℃,多次对该冷却器进行水冲洗,效果并不明显,该电力变压器只能控制负载运行,影响了变电站的正常供电;停电电气试验检查,发现电力变压器的空载损耗和负载损耗参数和其铭牌参数基本一致,电气和绝缘试验项目全部合格,对变压器油样色谱分析发现变压器内部也无明显过热故障的特征,认为该变压器运行温度异常是由冷却器性能差引起;确定对冷却装置进行彻底改造。

核对原冷却器型式为 YF-120 型,共9组(其中1组备用),其中:潜油泵功率3kW,额定流量40m³/h,转速1500r/min,共9只;单只风扇电机功率为400W,共36只;新冷却器按周围气温40℃时,保证冷却器中油的平均温度为75℃进行设计,确定用

6组 YF2-200 型冷却器容量为215kW的冷却器(其中2组备用)替换原冷却装置,其中:潜油泵功率2.2kW,额定流量80m³/h,转速1000r/min,共6只;单只风扇电机功率:1500W,共12只。2005年4月,在现场对冷却器及油流管路进行了更换和改造,电力变压器运行效果良好。

4 改造前后电力变压器温升对比

在电力变压器运行环境温度基本相同的改造前后,分别选取改造前的4月1日和改造后的4月14日的运行情况,进行了典型温升的比较分析,两典型日运行负载和上层油温变化见表1和表2。

表1 改造前实际负载和油温对应关系
(取2005年4月1日数据)

有功负载/MW	无功负载/MW	视在功率/MV·A	温升/升/K	有功负载/MW	无功负载/MW	视在功率/MV·A	温升/升/K
28.4	15.8	32.5	30.0	46.9	22.6	52.1	34.0
27.1	15.0	31.0	29.0	52.0	25.0	57.7	35.0
40.8	19.9	45.4	32.0	53.0	21.5	57.2	35.0
42.3	21.8	47.6	33.0	66.0	30.0	72.5	37.0

表2 改造后实际负载和油温对应关系
(取2005年4月14日数据)

有功负载/MW	无功负载/MW	视在功率/MV·A	温升/升/K	有功负载/MW	无功负载/MW	视在功率/MV·A	温升/升/K
40.0	17.4	43.6	8.0	37.6	15.4	40.6	7.0
42.4	17.7	48.1	9.0	54.0	22.1	58.3	10.0
66.6	25.7	71.4	11.0	71.6	27.8	76.8	12.0
67.6	27.5	73.0	11.0	30.5	13.8	33.5	5.0

对上述两表数据比较分析,通过图1对比曲线,不难发现更换冷却器后同负载运行状态下,变压器的运行温升降低在20K以上。

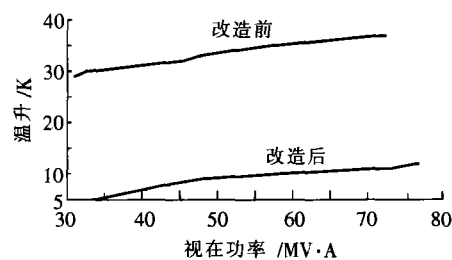


图1 温升和负载变化的对比曲线

5 冷却装置本身节能计算比较

改造前冷却器一般运行8组,其中:投入的油泵总功率 $P_1=8 \times 3 \text{ kW}=24 \text{ kW}$,运行电机总功率 $P_2=24 \times 0.4 \text{ kW}=9.6 \text{ kW}$,则冷却器消耗的总功率 $P=P_1+P_2=33.6 \text{ kW}$ 。

改造后冷却器一般运行4组,其中:投入的油泵总功率 $P_1=4 \times 2.2 \text{ kW}=8.8 \text{ kW}$,运行电机总功率 $P_2=8 \times 1.5 \text{ kW}=12 \text{ kW}$,则冷却器消耗的总功率 $P^*=P_1+P_2=20.8 \text{ kW}$ 。

(下转第62页)

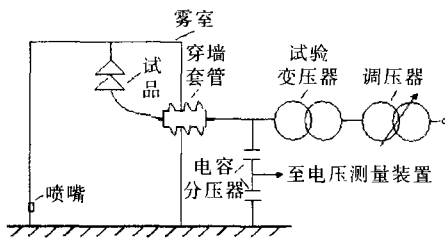


图 3 交流污秽试验接线示意图

将两片污秽度为 0.03 的绝缘子悬挂在雾室中,待污层充分湿润后,匀速升压直至闪络,同时采集升压过程中的声发射信号。污闪放电的声波信号见图 4。

图 4 显示了声发射信号的幅值随试验电压变化的趋势,可以看出,随着电压的升高,声发射信号的

幅值增大,但是信号的增大并不是完全单调的。图 5~图 8 为不同电压等级下的绝缘子污秽放电声发射信号。

经过多次试验得到的结果均相同,由此可以得出以下结论:①声信号幅值的大小与试验电压有关,

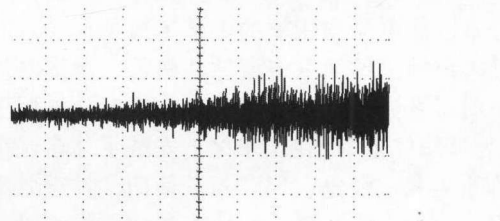


图 4 电压由 0 V 升到 15 kV 过程中声信号波形

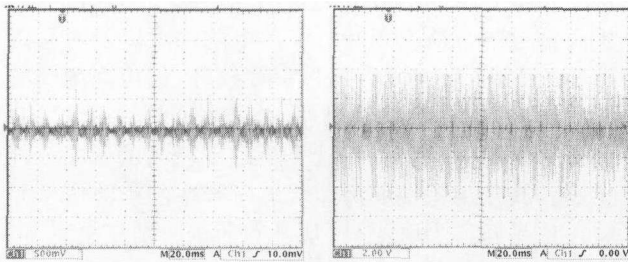


图 5 10 kV 电压下的声发射信号

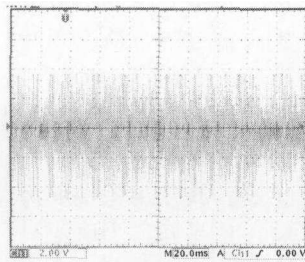


图 6 20 kV 电压下的声发射信号

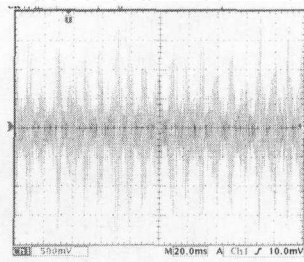


图 7 30 kV 电压下的声发射信号

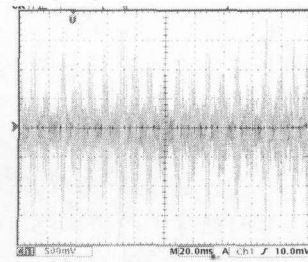


图 8 40 kV 电压下的声发射信号

其变化的总趋势是随着试验电压的升高,声发射信号幅值增大;②在试验电压较低时,污秽放电较弱,声信号幅值较小,而且有明显的过零点存在,周期规律明显;③当试验电压较高时,污秽放电很强,信号幅值很大,没有过零点,周期规律不明显。由试验结果可以看出,随着污闪的临近,声波信号脉冲的幅值逐渐增大,频率逐渐增高。因此,通过监测污秽放电产生的声波发射信号,即可监测绝缘子的污闪过程,实现对绝缘子污闪的预警。

5 结语

(1) 声波信号可以反映出绝缘子是否发生了污秽放电,根据声波信号的变化可以判断污秽放电的发展趋势,可以实现绝缘子污秽放电的监测和预警。

(2) 基于声发射技术的绝缘子污秽放电监测方法是非接触测量,与绝缘子无电气上的接触,也无需对绝缘子进行改造。操作简单方便,适用于现场作业。

(3) 该方法目前尚处于试验阶段,监测装置的性能指标和功能还有待进一步改善,有些实际的调试和安装问题还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 张仁豫. 绝缘污秽放电[M]. 北京: 水力电力出版社, 1994.
- [2] 孙才新, 司马文霞, 舒立春. 大气环境与外绝缘 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [3] Lundgaard L E. Partial discharge XIV: A Coustic Partial Discharge Detection-practical Application [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 1992, 8(5): 34-43.
- [4] 袁易全. 局部放电超声特性实验研究 [J]. 电工技术学报, 1992, 18(2): 17-19.

(上接第 59 页)

改造前后冷却装置消耗功率差: $\Delta P = P - P^* = 12.8 \text{ kW}$, 冷却装置更换后, 每年减少有功功率损耗 $W = 8760 \text{ h} \times 12.8 \text{ kW} = 102128 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 可见, 冷却装置本身的直接节能效果十分明显。

6 结语

由于冷却装置的更换和改造减少了风机和油泵的数量, 也就减少了设备的渗漏油点个数和冷却电源运行功率, 同时, 降低电力变压器运行温度, 从而引起线圈直流电阻下降, 导致电力变压器运行负载

损耗的减少。既节省能源, 创造较高的经济效益, 又提高了变压器运行的可靠性, 达到了事半功倍的效果。各电力企业有必要对运行时间长、冷却效率低的变压器冷却装置实施改造。

参考文献:

- [1] DL/T572-1995. 电力变压器运行规程[S].
- [2] GB/T13462-1992. 工矿企业电力变压器经济运行导则[S].
- [4] GB/T15164-1994. 油浸式电力变压器负载导则[S].
- [3] GB1094.2-1996. 电力变压器[S].