

箱式变电站箱内温升及变压器的负载率

刘重轩*

摘要 箱式组合变电站箱内温的特点跟负载特性及箱壳的散热结构有关,而变电站内的电力变压器的负载率又跟箱内温升及箱壳的散热等级有关.本文给出了变压器负载率的计算公式和参考值.

关键词 箱式组合变电站 变压器 温升 负载率

中图分类号 TM 422

0 引言

箱式组合变电站也称预制式变电站,是在工厂制造成型的城网终端变电所^{**}.这种电气设备是将高压受电设备、电力变压器及低压配电设备、计测仪表等紧凑地组装在一个准密封外壳内,能直接向用户供电的变电所.由于它占地面积小,一次性投资低,可移动,外型美观,能深入负载中心,可作为现代城网供电的一种新型终端变电所.不过在其设计、制造和运行过程中,对箱式变电站变压器室温升、变压器极限温升及变压器的负载率等令人关注的问题尚未解决,给设计和运行带来许多不便.在能源部 SD320-89 标准^[1]中没有注明这些问题,也未形成技术指标.笔者从理论上对以上问题提出一些看法,并给出了分析方法和计算公式,供有关人员参考.

1 箱式变电站变压器的发热与散热

变压器室的发热来源于变压器运行中的空载损耗和负载损耗.散热依靠箱下进风口和箱顶沿出风口的对流以及箱体表面的辐射.但是箱式变电站为了防晒、防外界辐射、防雨及防尘等,变压器及高低压电器均放置于由普通钢板、铝合金板、水泥预制板、塑料板等制成的壳体中,不利于变压器散热,导致变压器室中空气的温度高于环境温度.为了保证变压器的使用寿命(20~30年)不降低,变压器的极限温升就不能仅以相对环境温度为依据,而必须考虑环境温度与变压器室中空气温度的温差 ΔQ

温差 ΔQ 除了与箱体的结构、材料和散热措施有关外,还与变压器的负载率及日负载特

* 西北纺织工学院自动化系,710048,西安市金花南路19号.刘重轩,男,52岁,副教授.

** 作者于1988年与铜川市某厂家联合开发研制的XBW315/10型箱式变电站通过省级鉴定.见《西北纺织工学院学报》,1991;(1):56

收稿日期:1996-07-05

性有关。反之,当温差 ΔQ 不同时,即箱体的散热状态不同时,也直接影响变压器的负载率。

在 IEC/TC14(秘)222-94 预制式变电站(草案)中,按 ΔQ 的限值分为 10℃、20℃和 30℃三个级,并将 ΔQ 档次限值命名为组合变电站外壳等级,即 $0^\circ\text{C} < \Delta Q \leq 10^\circ\text{C}$ 为 10 级, $10^\circ\text{C} < \Delta Q \leq 20^\circ\text{C}$ 为 20 级, $20^\circ\text{C} < \Delta Q \leq 30^\circ\text{C}$ 为 30 级。外壳级数愈大,变压器室的散热条件愈差,因而变压器的温升限值愈低。

普通电力变压器温升极限按 GB1094.2-85《电力变压器温升》标准规定:(1)绕组对环境温度的平均温升 ΔQ_1 的限值为 65℃;(2)油顶层温升 ΔQ_2 限值为 55℃。铁心温升在小型变压器中一般不会超过限值;环境气温 Q_0 按年平均气温 20℃、最高气温按 40℃来考虑。绕组最热点温升一般认为比平均温升 ΔQ_1 高出 13℃左右。

图 1 示出了箱式变电站变压器室内各部分温升的代号,其中 ΔQ_1 为变压器绕组对环境温度的平均温升; ΔQ_2 为变压器油对环境温度的平均温升; ΔQ_3 为变压器油顶层对环境温度的温升; Q_1 为变压器室空气温度; Q_0 为环境温度的年平均气温。

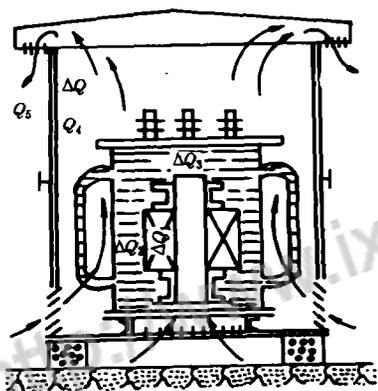


图 1 变压器室空气对流散热及各部位温升代号示意图

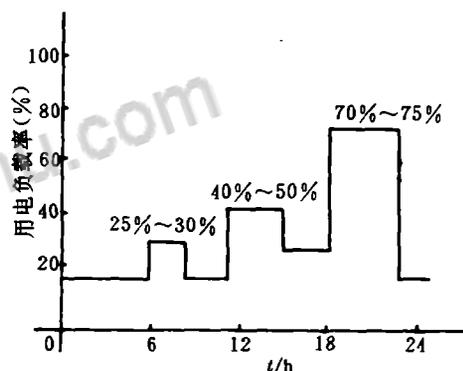


图 2 居民小区日负荷曲线

变压器室空气温度 $Q_1 = Q_0 + \Delta Q$,为了使绕组极限温度仍保持在 85℃(65℃+20℃),油顶层极限温度保持在 75℃(55℃+20℃),必须降低变压器的负载率,即降低变压器的负载损耗发热。

2 箱式变电站日负载特性对变压器室温升的影响

箱式变电站主要用于住宅小区、宾馆、公共娱乐场所、工地及城市街道照明电网,由于用电负载性质各不相同,负载变化规律差异大,所以对变压器室温升的影响也不相同。这里仅对用于居民小区的日负载曲线作一深入分析。

依据我国城市居民的实际用电状况,目前城网箱式变电站的容量以 200~630 kVA 最为常见。图 2 是某一北方城市住宅小区的日负载曲线,呈间歇状。6~8 时用电负载约占全部家用电器总量的 25~30%;11~14 时,约占 40~50%;18~23 时,约占 70~75%。可见除中午 11~14 时用电量稍高外,夜间 18~23 时为居民用电高峰。只需分析夏季最热月份的情况,中午 11~16 时气温最高,日照最强烈,这时居民用电量约占全部家电额定负载的 45%,变压器处于欠负载运行状态,其绕组和油温升距极限温升值甚远,对于因环温上升和日照强

烈引起的变压器室温度升高有一定补偿作用. 夜间用电负载虽上升较快且持续时间长, 但因环境温度下降约 $8\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, 且日照辐射已不存在, 也对用电负载升高引起的温升有一定补偿作用. 对外壳等级为 10 级、20 级的箱式变电站来说, 这种补偿刚刚合适^[2]. 可见了居民小区箱式变电站的这种负载曲线特征有利于变压器室的散热, 箱壳内温度并不像想象中那么严重, 所以变压器负载率可高一些^[2].

用于城市商业中心的箱式变电站, 日负载曲线在 9~21 时期间都较平坦, 负载变化不大, 但负载量较大, 变压器的负载率应相应降低.

3 箱式变电站的额定容量和变压器负载率的确定

变压器的负载率为 $\alpha = I/I_n$, 其中 I_n 为变压器额定电流, I 为实际运行电流. 变压器绕组对变压器室空气温度 Q 的极限温升为

$$\Delta Q = \Delta Q_1 - \Delta Q_2 = 65 - \Delta Q_2 (\text{C}) \quad (1)$$

变压器油顶层对变压器室空气温度 Q 的极限温升

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_3 - \Delta Q_2 = 55 - \Delta Q_2 (\text{C}) \quad (2)$$

当变压器在任某一负载下运行时, 绕组对变压器室空气温度的实际温升 Q 可由下式得到

$$\Delta Q = \Delta Q_4 + \Delta Q_5 \quad (3)$$

式中 ΔQ_4 为油对变压器室空气的平均温升, ΔQ_5 为绕组对油的平均温升.

ΔQ_5 由绕组表面热负荷决定, 与负载率 α 的 h 次方成正比, h 一般在 $0.6\sim 0.8$ 之间*, 与绕组结构类型等有关. 对小型油浸式变压器, 容量 $> 630\text{ kVA}$ 时, h 取 0.6 , 容量 $\leq 630\text{ kVA}$ 时, h 取 0.8 , 即

$$\Delta Q_5 = \Delta Q_{5n} (\alpha^2)^{0.6\sim 0.8} \quad (4)$$

式中 ΔQ_{5n} 为额定条件下绕组对油的平均温升, 且 $\Delta Q_{5n} = \Delta Q_3 - \Delta Q_2$. 这里 ΔQ_3 是额定条件下绕组对环境空气的温升限值 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. ΔQ_2 为额定条件下油对环境空气的平均温升限值, 它由油顶层温升限值折算. 按国家标准, 对电力变压器 $\Delta Q_2 = 0.8\Delta Q_3$ ^[3] $= 0.8 \times 55 = 44 (\text{C})$. 因此, $\Delta Q_{5n} = 65 - 44 = 21 (\text{C})$, 则(4)式可整理为

$$\Delta Q_5 = 21\alpha^{1.2\sim 1.6} \quad (5)$$

(3)式中 ΔQ_4 仍可由油顶层温升折算, 为 $\Delta Q_4 = 0.8\Delta Q_1'$, $\Delta Q_1'$ 为任意负载下油顶层对变压器室空气的温升, 而

$$\Delta Q_1' = \Delta Q_3 [(1 + R\alpha^2)/(1 + R)] \quad (6)$$

式中 $\Delta Q_3 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是额定条件下油顶层极限温升, R 为变压器额定负载损耗与空载损耗之比, 对小型变压器 $R \approx 6$, 所以

$$\Delta Q_4 = 0.8\Delta Q_1' = 0.8\Delta Q_3 [(1 + R\alpha^2)/(1 + R)]^{0.8} (\text{C}) \quad (7)$$

将(5)式和(7)式代入(3)式, 得

$$\Delta Q = 21\alpha^{1.2\sim 1.6} + 0.8 \times 55 [(1 + R\alpha^2)/(1 + R)]^{0.8} (\text{C}) \quad (8)$$

比较(1)和(8)式, 得

$$65 - \Delta Q = 21\alpha^{1.2\sim 1.6} + 44 [(1 + R\alpha^2)/(1 + R)]^{0.8} (\text{C}) \quad (9)$$

由(9)式, 当某一型式的箱式变电站外壳等级 ΔQ 给定后, 即可求出相应的变压器负载

* IEC/354-91. 油浸式电力变压器负载导则.

率 α 。表 1 列出各级外壳在不同负载率下绕组最热点温度 Q_1 和油顶层温度 Q_2 数值,很接近极限温度,和 IEC 标准中所提供的数据也很接近。而 ΔQ 采用 10 °C、20 °C 还是 30 °C,一般是制造厂家由实测来确定。

表 1 不同外壳等级下各部分温度与负载率

变压器额定 容量范围 (kVA)	外壳 10 级 ($\Delta Q=10$ °C)			外壳 20 级 ($\Delta Q=20$ °C)			外壳 30 级 ($\Delta Q=30$ °C)		
	α	油顶层 Q_2 (°C)	绕组最热 点 Q_1 (°C)	α	油顶层 Q_2 (°C)	绕组最热 点 Q_1 (°C)	α	油顶层 Q_2 (°C)	绕组最热 点 Q_1 (°C)
≤ 630	0.89	77	95.4	0.77	79	92.7	0.64	81.3	90.7
> 630	0.88	76.3	95.1	0.75	77.8	92.4	0.61	79.3	90.1

为了方便,且不影响实际运行,变压器负载率可按下述标准选取

$$\Delta Q=10 \text{ °C} \quad 10 \text{ 级} \quad \alpha=0.88$$

$$\Delta Q=20 \text{ °C} \quad 20 \text{ 级} \quad \alpha=0.76$$

$$\Delta Q=30 \text{ °C} \quad 30 \text{ 级} \quad \alpha=0.62$$

选出变压器的负载率再乘以变压器额定容量,就是箱式变电站的额定容量。

4 结论

1) 箱式变电站用变压器的负载率与外壳散热等级的关系式及负载率的理论计算值,可供有关人员参考。

2) 日负载曲线的不同对变压器负载率影响也不同,可以根据实际运行经验来适当调整变压器负载率。

3) 建议在箱式变电站铭牌标志中应这样标注:箱式变电站额定容量/变压器额定容量/外壳等级/变压器负载率。但目前产品还未这样标注,所以给运行带来不便。

参考文献

- 1 能源部颁布. SD320-89 箱式组合变电站技术条件
- 2 [苏]瓦修京斯基 С.Б. 变压器的理论与计算. 北京:机械工业出版社,1983:486~489
- 3 沈阳变压器厂. 变压器试验. 北京:机械工业出版社,1973:292~296

On the Temperature inside Packaged Substations and the Load Factor of Transformers

Liu Zhonguan

(Automatic Eng. Dept., NWITST, Xian 710048, P. R. C.)

Abstract This paper discusses the relationship between the temperature inside packaged substations and their load factor, structure, etc. The calculating formulas and reference values for load factor of transformers are given out.

Keywords packaged substation, transformer, temperature rising, load factor



论文写作，论文降重，
论文格式排版，论文发表，
专业硕博团队，十年论文服务经验



SCI期刊发表，论文润色，
英文翻译，提供全流程发表支持
全程美籍资深编辑顾问贴心服务

免费论文查重：<http://free.paperyy.com>

3亿免费文献下载：<http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重：http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载：<http://ppt.ixueshu.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. 浅谈变压器冷却系统的更新改造](#)
- [2. 变压器设计选型分析](#)
- [3. \$\pm 800\text{kV}\$ 换流站红外热像监测系统研究与实现](#)
- [4. 全自然通风室内110KV自冷式大主变的噪声及温升](#)
- [5. 分体式全自冷变压器温升的一种计算方法](#)
- [6. 计算大型变压器热点温升的一种数值方法](#)
- [7. 变压器三侧同时满负荷时的温升分析以及试验折算方法](#)
- [8. 浅谈预装箱式变电站的温升问题](#)
- [9. 满足用户要求的中/低压箱式变电站的优化方案](#)
- [10. 弧焊电源变压器绕组温升快速测量的新方法](#)
- [11. 浅谈IEC标准中的变压器温升及其试验规定](#)
- [12. 用电容器补偿法节省电源容量](#)
- [13. 农村配电变压器运行选择及烧损原因分析](#)
- [14. 变压器典型红外图谱](#)
- [15. 小型变压器绕组温升试验测量不确定度分析与评定](#)
- [16. 提高变压器经济运行的探讨](#)

- [17. 变压器选用中的几个问题](#)
- [18. 浅议变压器的温升对绝缘强度的影响](#)
- [19. 一起变压器有载分接开关故障分析](#)
- [20. 基于GA-RBF神经网络的变压器温升预测](#)
- [21. 基于负载率的配电网变电站与开闭所规划](#)
- [22. 强油导向冷却变压器绕组平均温升计算方法探讨](#)
- [23. 光纤感温预警系统在变电站10kV设备实时在线温度检测的应用](#)
- [24. 油田专用变压器](#)
- [25. 泵站主变压器运行效率分析](#)
- [26. 变压器经济运行技术在工矿企业变电所的应用](#)
- [27. 谈硫酸系统供配电节能管理](#)
- [28. 走出基建工地变压器容量选择误区](#)
- [29. 浅谈路灯专用变压器的容量选择](#)
- [30. 浅议配电变压器负载率](#)
- [31. Y系列电动机过载范围浅析](#)
- [32. 内列管式散热器在配电变压器上的应用](#)
- [33. 电力变压器低压侧升高座温度异常的分析](#)
- [34. 强油导向冷却变压器线饼传热特性的实验研究](#)
- [35. 自然冷却高燃点油变压器温升计算方法](#)
- [36. 总降压变电站变压器容量及台数的选择](#)
- [37. 大型变压器绕组温升计算的修正](#)
- [38. XWB—10型户外箱式变电站运行简介](#)
- [39. 低压配电系统中变压器节能分析](#)
- [40. 运行变压器强冷故障后的温升估算](#)
- [41. 配电变压器并联运行配电方式在企业供电中的应用](#)
- [42. 环氧浇注干式电力变压器的过载运行](#)
- [43. 按摩电器绕组温升测试及控制方法探讨](#)
- [44. 浅议箱式变电站在城市轨道交通工程的应用](#)
- [45. 变压器空载工况下铁心的极限温升](#)
- [46. 波纹油箱的热计算](#)
- [47. 浅谈变压器经济运行的实践](#)
- [48. 变压器增容改造实例](#)
- [49. 变压器温升的微机测试](#)
- [50. 参加CNAL能力验证变压器温升试验的回顾](#)