

应用有功负荷曲线和无功补偿选择配电变压器容量

王国志, 张元敏

(许昌学院, 河南 许昌 461000)

摘要: 分析了按负荷曲线和无功补偿来选择配电变压器容量的特点, 并对传统的按视在负荷容量选择配电变压器的方法作了简要分析。给出了依据负荷曲线和无功补偿来选择配电变压器的容量原理。重点阐述了依据负荷曲线和无功补偿来选择配电变压器的容量分析过程和有关技术参数选择和配置问题。并对所选择的变压器过负荷能力进行了校验。依据负荷曲线和无功补偿选择出来的变压器容量, 即能够满足正常工作需要, 又能够满足过负荷的需要。

关键词: 负荷曲线; 过负荷; 变压器; 补偿容量; 计算负荷

Selection of distribution transformer capability according to active power load curve and reactive load compensation

WANG Guo-zhi, ZHANG Yuan-min

(Electrical Information Engineering College, Xuchang University, Xuchang 461000, China)

Abstract: Characteristic of choosing distribution transformer capability according to load curve is described and conventional method of choosing distribution transformer capability on the principle of apparent load is also introduced in a nutshell. Principle of choosing distribution transformer capability according to load curve is given. Parsing process of choosing distribution transformer capability according to active power load curve, parameter configuration and parameter choice are expounded in detail. Transformer overload ability is tested in this paper. It selects distribution transformer capability according to active power load curve, which does not meet steady-state operation requirement, but satisfies over load need.

Key words: load curve; overload; transformer; compensation capability; calculation load

中图分类号: TM744 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)18-0059-03

0 引言

变压器是变电站中非常关键的一次设备, 其主要功能是将电力系统中的电压转换成需要的电压等级电气设备, 以利于电能的合理输送、分配和使用。因此选择好配电变压器的容量, 对电力系统的安全经济运行、满足用户安全生产具有很大的影响。通常配电变压器容量选取的依据是视在负荷, 但是这样选取的变压器容量往往偏大, 不仅一次性投资大, 空载损耗大, 同时会造成其他电气设备的利用率下降, 带来整个变电站的设计成本增加。选用变压器容量时, 应力求经济、合理优化, 并适当留有用电设备增容和发展的余地。但用电设备组的设备实际上不一定都同时运行, 运行的设备也不太可能都满负荷, 同时设备本身也有功率损耗, 配电线路也有功率损耗。因此配电变压器在容量选择时, 应充分考虑负荷的特性和变化规律。本文针对这种要求,

提出了一种按有功负荷曲线和无功补偿容量来选择配电变压器思路。

1 变压器视在容量的计算

某厂共有两个车间和一个办公楼, 下面分别计算该工厂的车间和办公楼中所有设备的额定容量。

第一车间: 该车间共有 16 台机床, 其中每台机床的功率为 10 kW, 照明装置为 20 个 100 W 的灯泡, 还有 10 台 3 kW 的空调, 则第一车间负荷的额定容量共有:

$$P_1 = 16 \times 10 \text{ kW} + 20 \times 0.1 \text{ kW} + 10 \times 3 \text{ kW} = 192 \text{ kW} \quad (1)$$

第二车间:

该车间共有 30 台机器, 每台机器的功率为 5 kW, 照明装置为 80 个 100 W 的灯泡, 还有 10 台 3 kW 的空调。则第二车间负荷的额定容量共有:

$$P_2 = 30 \times 5 \text{ kW} + 80 \times 0.1 \text{ kW} + 10 \times 3 \text{ kW} = 188 \text{ kW} \quad (2)$$

办公楼:

该办公楼共有四层,其中一、三、四层均包括 8 小间和 2 大间办公室,而第二层包括 10 小间办公室和一间大的会议室,且每层均有一个卫生间。

(1) 照明装置

办公室照明装置中每小间的功率为 500 W,大间的功率为 800 W、会议室照明装置的功率为 2 kW,每层的卫生间装有 100 W 的灯泡,所以办公楼照明装置总的额定功率为:

$$P_3 = 3 \times (8 \times 0.5 \text{ kW} + 2 \times 0.8 \text{ kW}) + 10 \times 0.5 \text{ kW} + 2 \text{ kW} + 0.4 \text{ kW} = 24.2 \text{ kW} \quad (3)$$

(2) 其他用电设备

每小间办公室装有 8 台功率为 300 W 的电风扇,每大间办公室装有 12 台 300 W 的电风扇、2 台 3 kW 的空调,二楼的一间会议室除了装有 22 台同样的电扇外,还有 2 台 180 W 的电视机和 4 台 4 kW 的空调,则这些电器的总功率为:

$$P_4 = 8 \times 0.3 \text{ kW} \times 34 + 2 \times 3 \times (12 \times 0.3 \text{ kW} + 6 \text{ kW}) + 22 \times 0.3 \text{ kW} + 4 \times 4 \text{ kW} + 2 \times 0.18 \text{ kW} = 162.16 \text{ kW} \quad (4)$$

所以,该变电站承担总的额定容量,即最大额定负荷的有功功率可达到 566.36 kW。

如果不加补偿,该厂总的功率因数 $\cos \varphi$ 为 0.75,所以其额定无功功率为:

$$Q = P \times \tan \varphi = 566.36 \text{ kW} \times 0.88 = 498.4 \text{ kvar} \quad (5)$$

额定视在功率为:

$$S = P / \cos \varphi = 566.36 / 0.75 = 755.2 \text{ kVA} \quad (6)$$

考虑负荷发展需有一定的余量,根据视在负荷选择出来的变压器容量为 800 kVA。

2 按有功负荷曲线和无功补偿容量选取变压器的容量

经过对该厂的一年的用电负荷情况变化,绘制出其有功负荷曲线如图 1 所示,从其负荷曲线上我们可以得出,该厂年有功最大负荷为 340 kW,年最大负荷利用时间为 5475 h,可以进一步得出该厂的

负荷需要系数为 0.6,如果不加补偿,该厂总的功率因数 $\cos \varphi$ 为 0.75。可以得出该厂有功最大负荷为:

$$P_{\max} = 340 \text{ kW}$$

对应无功负荷为:

$$Q_{\max} = P_{\max} \times \tan \varphi = 340 \text{ kW} \times \tan \varphi = 340 \text{ kW} \times 0.88 = 300 \text{ kvar} \quad (7)$$

相应的视在负荷为:

$$S_{\max} = P_{\max} / \cos \varphi = 340 / 0.75 = 454 \text{ kVA} \quad (8)$$

考虑一定的余量,选择容量为 500 kVA 的配电变压器就可满足该厂的负荷需求。

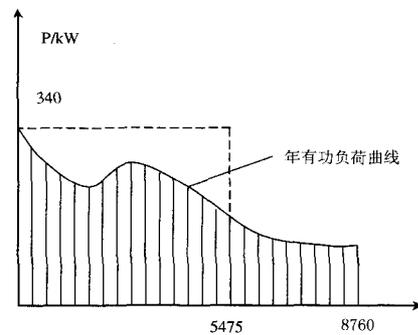


图 1 有功年负荷曲线图

Fig.1 Yearly active power load curve

因本厂有大量的感性负荷,在充分发挥设备潜力、改善设备运行条件、提高其自然功率因数的条件下,本变电站采用在低压侧装设并联电容器组的方法进行无功功率补偿,使其功率因数达到 0.9。无功补偿容量,变电所低压侧的有功计算负荷为 340 kW,要使低压侧功率因数由 0.75 提高到 0.9 左右,低压侧需装设的并联电容器容量为:

$$Q_c = P_{\max} \times (\tan \arccos 0.75 - \tan \arccos 0.92) = 340 \times (0.88 - 0.425) = 154.7 \text{ kvar} \quad (9)$$

取 $Q_c = 150 \text{ kvar}$

补偿后的变压器容量和功率因数:

补偿后,变压器低压侧的视在计算负荷为:

$$S'_{\max} = 371.6 \text{ kvar}$$

因此,无功补偿后视在功率减小至 371.6 kvar,对变压器的容量要求也相应减小了。

变压器的功率损耗为:

$$\Delta PT = 0.015 S'_{\max} = 0.015 \times 371.6 = 5.57 \text{ kW} \quad (10)$$

$$\Delta QT = 0.06S'_{\max} = 0.06 \times 371.6 = 22.3 \text{ kvar} \quad (11)$$

变电站高压侧的计算负荷为:

$$P'_{\max} = 340 \text{ kW} + 5.57 \text{ kW} = 345.6 \text{ kW} \quad (12)$$

$$Q'_{\max} = (300 - 150) \text{ kvar} + 22.3 \text{ kvar} = 172.3 \text{ kvar} \quad (13)$$

$$S'_{\max} = 386 \text{ kVA}$$

根据计算可知, 无功补偿后, 该工厂的功率因数增加至:

$$\cos \varphi = P'_{\max} / S'_{\max} = 0.9$$

满足规定。

3 变压器过负荷能力检验

因为变压器在运行中, 其负荷总是变化的, 不均匀的。就一昼夜来说, 很大一部分时间的负荷都低于最大负荷, 而变压器的容量又是按功率曲线上的最大值选取的, 因此变压器运行时实际上没有充分发挥其负荷能力。从维持变压器的使用年限来考虑, 变压器在必要时完全可以过负荷运行, 因此即便所有的用电设备都满负荷运行, 即达到额定视在功率, 变压器也可以过负荷运行。

已知该厂的平均日负荷率为 0.75, 日最大负荷持续时间为 12 h, 夏季的平均日最大负荷为 380 kVA, 且当地的年平均气温为 +18℃, 则该变压器的实际容量为:

$$S_T = [1 - (18 - 20) / 100] \times 500 \text{ kVA} = 510 \text{ kVA} \quad (14)$$

又根据 $\beta = 0.75$, $t = 12 \text{ h}$ 得变压器的允许过负荷系数为: $K_{OL(1)} = 1.08$

又得由于夏季欠负荷而考虑的冬季过负荷系数:

$$K_{OL(2)} = 1 + (510 - 380) / 510 = 1.27 \quad (15)$$

根据 $K_{OL(2)} \leq 1.15$ 取 $K_{OL(2)} = 1.15$,

则总的过负荷系数为:

$$K_{OL} = 1.08 + 1.15 - 1 = 1.23 \leq 1.3 \quad (16)$$

所以, 该变压器冬季的最大出力可达:

$$S_{T(OL)} = K_{OL} \times S_T = 1.23 \times 470 = 578 \text{ kVA} \quad (17)$$

因此该变压器可以过负荷运行 15.6%。从以上计算结果可以看出, 选择 500 kVA 的变压器完全能够满足该厂的供电要求。

参考文献

- [1] 国家标准 GB 50053-94, 10 kV 及以下变电所设计规范[S]. National Standard GB 50053-94, Design Code of Substation Below 10kV[S].
- [2] 水利电力部西北电力设计院和水利电力部东北电力设计院. 电力工程设计手册[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.368-370. Northwest and Northeast Power Designing Institute of Water Conservation and Power Department. Power Engineering Design Handbook[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.368-370.
- [3] 刘介才. 工厂供电 [M]. 北京:机械工业出版社, 2003. LIU Jie-cai. Power Supply of Factory [M]. Beijing: China Machine Press, 2003.
- [4] 刘柏青. 电力系统及电气设备概论[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006. LIU Bai-qing. Conspectus Based on Electric Power System and Electric Apparatus[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2006.
- [5] 王娟, 杨淑英, 王均华. 低压无功功率补偿系统的实用化设计一例[J]. 华东电力, 2007, (1): 22-28. WANG Juan, YANG Shu-ying, WANG Jun-hua. Development Design Example Based on Low Voltage Reactive Power Bucking-out System[J]. China East Power, 2007, (1): 22-28.
- [6] 赵重明, 张卫红. 10kV 变电所的建设[J]. 内蒙古科技与经济, 2006, (4): 72-73. ZHAO Chong-ming, ZHANG Wei-hong. 10kV Substation Construction[J]. Scientific-technical and Economy of Inner Mongolia, 2006, (4): 72-73.
- [7] 张山, 等. 变电站 10kV 进线保护段研究[J]. 电网技术, 2007, (1): 71-74. ZHANG Shan, et al. Research on 10kV Lead-in Bench of Converting Station[J]. Power System Technology, 2007, (1): 71-74.

收稿日期: 2008-04-07

作者简介:

王国志 (1967-), 男, 讲师, 从事电工电子方面的教学研究工作;

张元敏 (1963-), 男, 副教授, 从事电工电子和电力系统方向的教学研究工作. E-mail: zym@xcu.edu.cn