

文章编号:1000-582X(2004)09-0112-03

分时电价下电锅炉经济运行的BP网络负荷预测*

张晋文,张新铭,姜延灿

(重庆大学 动力工程学院,重庆 400030)

摘要:随着我国电力需求侧管理(DSM)的日益深入和分时电价制度的日益完善,蓄热式电锅炉的应用将越来越广泛。利用人工神经网络的BP预测模型对蓄热式电锅炉供热系统进行了热负荷预测。并以某医院1200 kW蓄热式电锅炉优化运行的研究为例,得到了某日预测的逐时热负荷与实际热负荷的对比关系,预测值与实际值吻合良好。

关键词:负荷预测;分时电价;蓄热式电锅炉;BP神经网络

中图分类号:TK 227

文献标识码:A

目前,我国电力供需形势因经济快速增长而从“九五”末期的“略有剩余”转为目前的“总体偏紧”,同时城市生活和商业用电的迅速增长使电网负荷峰谷差进一步增大。据报道,2003年1~5月的全国供电总量比上年同期增长达16.3%,而近年来全国主要电网的峰谷差与高峰负荷之比高达20%~40%,给电力系统安全和经济运行带来了非常不利的影 响。针对这种情况,国家发改委发文要求建立峰谷分时电价等制度,以鼓励多用低谷电,实现移峰填谷^[1-2]。

分时电价政策支持下的电蓄能技术的应用,如蓄冷式空调系统和蓄热式电锅炉供热系统,是缓解电网峰谷差矛盾的有效手段。其中蓄热式电锅炉还由于可取代小容量燃煤锅炉供热而具有重要的环保意义,故逐渐受到重视而被推广使用^[3-5]。因此,如何充分利用分时电价,追求和实现最优化运行(即经济运行),显然是蓄热式电锅炉供热系统设计和运行控制方面的研究课题。在最优化运行的研究中,供热系统的用户侧热负荷是必须预知的最重要的基础数据。但是由于季节、气候、用户用热习惯等大量复杂的确定与不确定因素的影响,实际上需要采用某种预测技术来获得热负荷曲线。

人工神经网络是一个大规模连续时间动力系统和自适应信息处理系统,它不象专家系统那样需要建立知识库,运行所需要的知识规则,而只需要模拟现实复杂系统的输入和输出,同时网络又具有极强的非线性

映射能力,从而使网络的结构简单且容错性好,在局部节点或连接失效乃至规则完全不掌握情况下仍然能继续工作。文中应用人工神经网络理论进行蓄热式电锅炉供热负荷的预测,讨论分时电价下蓄热式电锅炉的经济运行问题。

1 BP预测模型的建立

人工神经网络预测模型中,应用较为广泛的是反向传播模型即BP网络模型。BP网络是一种3层或3层以上的前馈型神经网络,包括输入层、隐层、输出层。层间各神经元实现全连接,而每层各神经元之间无连接,网络按有监督学习的规则进行学习。一或多层的隐含神经元将输入的信息传递到输出神经元,最后得出结果^[6]。

在蓄热式电锅炉供热系统用户热负荷的预测问题上存在着输入与输出的对应关系,这种对应关系并非线性的,而是受多种复杂因素约束与影响的一种多变量非线性离散分布的因果关系。用人工神经网络理论建立的BP预测模型,可以客观地描述这种复杂的因果关系。

供热系统热负荷的未来值(预测值)与热负荷历史数据、目前设备情况及未来气象条件等紧密相关。由于用户用热习惯等不确定因素,未来某时刻热负荷值的随机性非常强,但用户用热习惯又与一些有规律的因素如季节、气温等有关。因此建立预测模型时既

* 收稿日期:2004-05-21

作者简介:张晋文(1973-),男,山西人,重庆大学硕士研究生,主要从事工程热力学及热经济学应用。

要考虑到平时热负荷随季节及气候条件(日照、气温等)呈较有规律的平稳变化、随时间(逐时负荷、日负荷、月负荷等)呈周期变化的特点,也要考虑周末、节日和偶然恶劣气象日等特殊情,另外还应注意到热负荷趋势对未来负荷影响具有“近大远小”的特点(即最近期热负荷变化的影响往往大于较早期热负荷变化的影响),以及在线预测的需要。

由于热用户个体的用热习惯等不便描述,热负荷历史数据的收集也相当困难,实际建模时不可能包括所有影响因素。同时,模型中包括的因素过多也会导致求解的时间复杂度、空间复杂度和不稳定问题。通过对影响负荷的诸因素的分析,以及节假日负荷与正常日负荷规律的比较,选取对负荷预测有较大影响的前一天24h热负荷、生活周期性、最高和最低气温、日照(阴、晴、雨)等作为主要考虑因素,建立了适用于供热系统用户负荷特点的预测模型。

蓄热式电锅炉供热系统的短期负荷预测BP模型采用如图1所示的3层结构。第1层是输入层,共有28个神经元,其中第1至第24是预测日前一天的逐时负荷信息,第25和第26分别是预测日的最高、最低气温,第27对应预测日的节假日类型以反映用户生活周期性,第28则对应预测日的气象类型。第2层是隐含层,共有57个神经元。对于隐含层的层数及各层节点数的选定目前尚未形成理论,主要依靠经验。文中采用有57个节点的单隐层。第3层是输出层,共有24个神经元,分别对应预测日24h的热负荷预测值。隐含层和输出层的神经元采用Sigmoid非线性传递函数,每层以前向方式与其前层全连接,同层之间及层与层之间没有反馈。

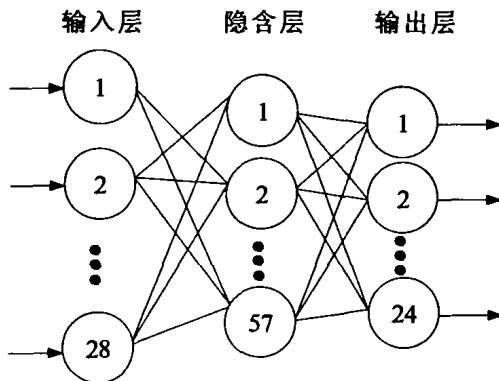


图1 电锅炉热负荷预测网络结构

2 输入及输出参数的处理

为避免神经元饱和,对输入值先作归一化处理。对于热负荷值 $x \in [x_{\min}, x_{\max}]$, 训练时按式(1)映射于 $y \in [-1, 1]$ 区间,最后再按式(2)作逆变换以输出预测值。

$$y = \frac{2x - (\bar{x} + x_{\max})}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

$$x = \frac{(\bar{x} - x_{\min})y + (\bar{x} + x_{\max})}{2} \quad (2)$$

对于气温,因其在一个小范围内变化时热负荷几乎不变,故训练时按图2取值。

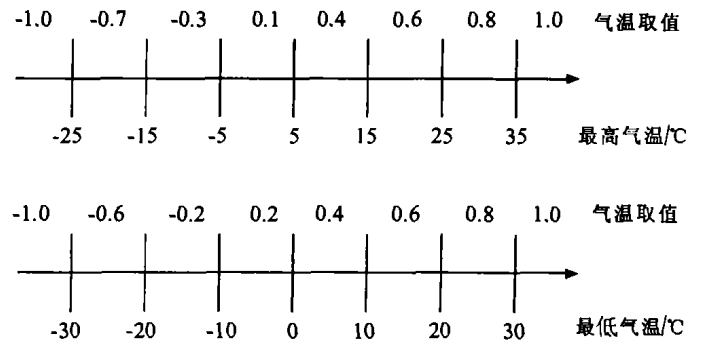


图2 气温取值

气象条件量化:分为晴朗、多云、降雨和降雪等4类,各量化值分别为0、0.5、1.0和-1.0。星期值的量化:分为周首日(星期一)、正常工作日(星期二至星期四)、周末(星期五)、星期六和星期日等5类,分别取值-1.0、-0.5、0.2、0.8和1.0。

3 预测流程及结果

网络的训练与负荷预测过程流程如图3所示。训练时所需的输入样本从历史和运行数据库中选取,并将所采集的样本进行预处理。采用ActiveX技术将VB程序作为客户端调用MATLAB(服务器),利用MATLAB的神经网络工具箱对网络进行模拟训练,最后得到拟用于预测的网络。这样,就可以由历史和运行数据库中的用户近期历史负荷数据和预报的环境参数作为输入,预测出未来的用户热负荷值。其中用户参数指与用户逐时热负荷相关的因素(如每个时段里

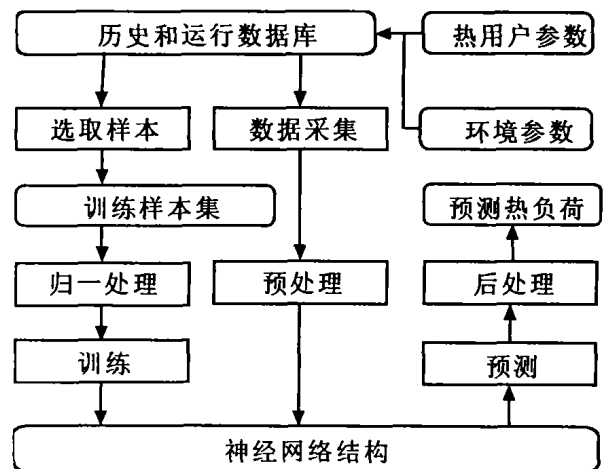


图3 神经网络训练和预测流程图

的热水用量和热水温度等),环境参数指影响待预测日用热量的那些因素。

在对某医院 1 200 kW 蓄热式电锅炉系统优化运行的分析中,热负荷预测网络的训练分别采用了 0.1 至 0.9 的学习率,结果发现取 0.3 时的效果比较好,能很好地逼近。采用训练出的网络进行预测,得到的某日逐时热负荷与实际热负荷的对比关系如图 4 所示,相对误差一般小于 0.1。

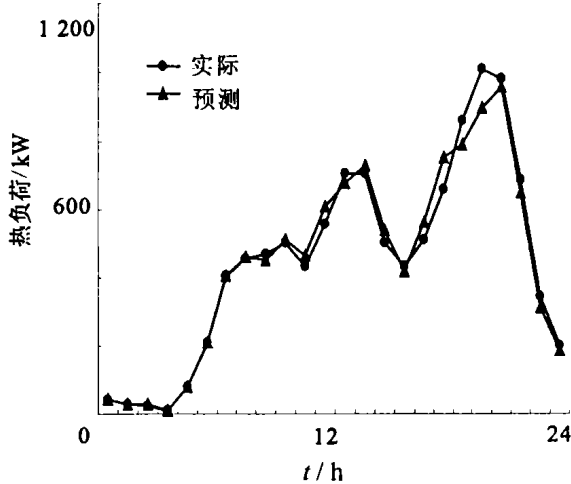


图 4 预测与实际热负荷

4 结 语

利用人工神经网络的 BP 预测模型对蓄热式电锅炉供热系统进行了热负荷预测,所得结果用于系统优化运行的分析,为实现分时电价下蓄热式电锅炉的最经济运行和最优化控制提供了必要的基础数据。可以预料,随着我国电力需求侧管理(DSM)的日益深入和分时电价制度的日益完善,蓄热式电锅炉和包括家用电热水器在内的蓄能式设备的应用将越来越广泛,针对其经济运行的研究也将越来越受到重视。在这些研究中,文中的热负荷预测方法有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 陈守红,芮昆. 三峡工程如何影响电力市场[J]. 银行家, 2003, (7): 124-128.
- [2] 章学来,李瑞阳,郁鸿凌,等. 直接接触式蓄冷装置喷射传热特性的研究[J]. 制冷, 2001, 20(4): 5-9.
- [3] 洪绍斌. 电蓄能技术在我国的应用与发展[J]. 电力需求侧管理, 2001, 3(6): 33-35.
- [4] 徐新举. 蓄热式电锅炉供暖工程设计介绍[J]. 暖通空调, 2003, 33(2): 94.
- [5] 赵彤. 电锅炉蓄热系统的可行性和经济性[J]. 暖通空调, 2003, 33(3): 113-114.
- [6] 袁曾任. 人工神经网络及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.

Load Forecasting Based on BP ANN for Economical Operation of Electric Boiler with Heat Reservoir Under Time-sharing price

ZHANG Jin-wen, ZHANG Xin-ming, JIANG Yan-can

(College of Power Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Along with the generalization of DSM and time-sharing price system, the use of electric boiler with heat reservoir becomes more and more extensive. Load forecasting of heat supply system is an important base in the study of economical operation of electric boiler with heat reservoir under time-sharing price. The BP ANN modeling of the load forecasting for a 1200 kW electric boiler is discussed. The result of hourly heat load forecasting accords well with the real heat load.

Key words: load forecasting; time-sharing price; electric boiler with BP ANN

(编辑 陈移峰)