

超短期供热负荷预测技术研究及应用

代家元, 王林, 张友卫

(江苏方天电力技术有限公司, 江苏南京 211102)

摘要:针对大机组供热改造日趋普遍的现状,简要介绍了供热负荷的特点和3类供热负荷预测技术,结合工程实际介绍了一种超短期供热负荷预测技术,比较了该方法与传统计算方法的应用效果,并简要分析了供热负荷预测技术在电网调度预测管理方面应用,为全网可调出力的及时预报提供了技术支持。

关键词:超短期;供热负荷;预测;可调出力

中图分类号: TU995

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2013)05-0074-03

随着城镇化的快速发展,采暖需求不断增加;而随着城市工业化的不断推进,也需要大量蒸汽用于工业生产。为落实国家“以大代小”的发展策略,实现采暖和工业用汽节能减排目标,一批100/300 MW凝汽机组,甚至600 MW及以上容量凝汽机组进行了供热改造。在此形势下,江苏有部分135 MW,300 MW和600 MW机组已进行或正准备进行供热改造,提高热效率,降低供电煤耗,减少二氧化硫等污染物的排放。但大型凝汽式发电机组供热改造后,其可调度的负荷区间势必受到影响,其不仅要满足电负荷控制要求,而且要满足热用户的稳定性和连续性要求,对机组调峰能力及全省发用电平衡造成影响。因此,开展对供热负荷预测技术研究,有利于及时掌握供热需求情况,合理安排发电负荷,对电网的安全运行提供了技术支持。结合工程实际介绍了一种超短期供热负荷预测技术,比较了该方法与传统计算方法的应用效果。

1 供热负荷分类及其特点分析

热用户的类型可以分为供暖、通风、空调、生活热水和生产工艺等类型。供暖、通风和空气调节热负荷属于季节性热负荷,季节性热负荷与室外温度、湿度、风速、风向及日照等气候条件关系密切,其中影响最大的是室外温度,因此,一年中变化很大,但在一天中波动相对较小。生活热水和生产工艺热负荷属于全年性热负荷,气候条件影响较小,即在全年中变化不大,而日变化较大。

供热负荷具有随机性。供热负荷存在着一定的波动性,所以构成了负荷的随机性。一般影响负荷随机性的因素有:政治因素影响、传统节日影响、天气的影响等^[1,2]。供热负荷还具有周期性特征,供热系统负荷变化是有规律的,主要体现在负荷变化的周期性^[3],具有按日、周及月的周期性变化特点。供热负荷类型及其特点如表1所示。

表1 供热负荷类型及其特点

特点	生产工艺热负荷	热水供应热负荷	采暖及通风热负荷
用途	用于生产工艺过程的加热、干燥、蒸馏等,用作动力,如驱动气锤、压气机、水泵等	印染、漂洗等生产用热水,城市公用设施及民用热水	生产、城市公用事业及民用的采暖及通风
主要用户	石油、化工、轻纺、橡胶、冶金等	生产及人民生活	生产及人民生活
负荷特性	全年性,昼夜变化大,全年变化小	全年性,昼夜变化大,全年变化小	季节性,昼夜变化小,全年变化大
介质及参数	一般为0.15~0.6 MPa,也有高于1.4~3.0 MPa蒸汽	60~70℃热水	70~150℃或更高温度的热水
工质损失率	直接供汽 20%~100%	100%	水网循环量的0.5%~2%

2 供热负荷预测技术分类

目前供热负荷预测技术主要分为以下几类。

(1) 神经网络法。对供热系统进行抽象,建立黑箱式供热系统神经网络模型,通过历史数据对数学模型进行训练,使其尽可能逼近供热系统实际运行状态^[4]。

(2) 基于小波网模型的供热负荷预测法。使用小波变换对对时间序列数据进行分析,提取供热系统热负荷供求模型^[5]。

(3) 逐步回归分析法。通过回归分析,寻找预测对象与影响因素之间的因果关系,建立回归模型后进行分析。

3种方法都需要对供热系统进行详细分析,各主要测量数据不能缺失,尤其是热用户相关供热参数^[6]。但是目前很多热电厂只在电厂供热母管处装有流量计,虽各热用户处有流量计进行计量,但由于距离较远,一般无法将数据送入电厂信息系统,仅有部分电厂通过电台载波方式将数据送入DCS系统。另外目前电厂供热改造类型很多,诸如冷再抽汽、热再抽汽、中排抽汽、主汽抽汽等,部分电厂为了满足热用户需要,对电厂供

热系统进行改造,增加了压力匹配器等装置,供热系统结构相当复杂。因此对于大规模、多类型的供热负荷预测,上述3种方法均很难应用。

3 工业用汽为主的超短期供热负荷预测技术

江苏省内热负荷基本以工业用汽为主,居民生活用汽偏小,因此热负荷相对稳定、规律性强,随经济周期波动较大。虽然周期性很强,但由于供热负荷随机波动的本质属性的干扰,预测供热负荷时并不能简单地用前一天或一周前的同一天来简单代替。

以某电厂为例,2012-07-03、2012-07-04 相邻2天的供热负荷对比曲线如图1所示。从图上可以看出,2天的供热负荷数据总体趋势基本一致,但部分时刻两者数据相差较大,最大数据偏差绝对值达到25.5 t/h左右、相对偏差最大达到34.2%左右。

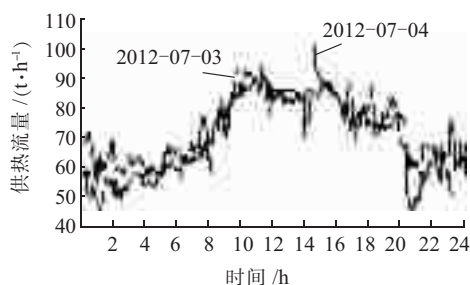


图1 某电厂相邻2天供热负荷数据对比曲线

该厂2012-07-03与一周后的2012-07-10的数据对比如图2所示。从图上可以看出,2天的供热负荷数据总体趋势也基本一致,但部分时刻两者数据相差较大,最大数据偏差绝对值达到25.03 t/h左右、相对偏差最大达到35.7%左右。

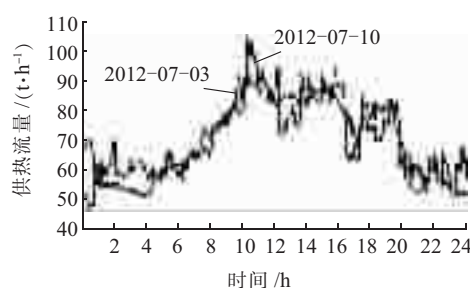


图2 某电厂相隔1周供热负荷数据对比曲线

鉴于上述调研结果及供热负荷的规律性,可设计一套通过供热负荷历史数据进行预测分析的方法。考虑到短期内一般工业用汽热用户需求不会变动过大,特选取短期供热负荷数据进行分析。

短期负荷预测往往利用待预测日之前若干天的历史负荷数据来预测,这些日子的负荷数据与预测日有一定的紧密联系,称这些日子为预测日的相似日,简称相似日。基于相似日的短期负荷预测常采用加权平均法进行计算。预测日第*t*时刻的预测负荷值为:

$$y(t) = \sum_{i=1}^n \theta_i y(i, t) \quad (1)$$

式中: $t=1, 2, \dots$; θ_i 为第*i*天的历史负荷值的权重; $y(i, t)$ 为第*i*日第*t*时刻的历史负荷值。在预测模型中历史数据相似度满足如下条件:

$$\sum_{i=1}^n \theta_i = 1 \quad (2)$$

短期供热负荷越靠近预测日的历史数据与预测日的相似度越大,可对上述计算模型进行调整,有:

$$y(t) = a_1 y(t - \psi_1) + a_2 [b_1 y(t - \psi_2) + b_2 y(t - 2\psi_2) + \dots] \quad (3)$$

$$\begin{cases} a_1 + a_2 = 1 \\ b_1 + b_2 + \dots = 1 \\ a_1 \geq a_2 \\ b_1 \geq b_2 \geq b_3 \dots \\ \psi_1 < \psi_2 \end{cases} \quad (3a)$$

式中: a_1 为 $t - \psi_1$ 时刻历史数据权重; a_2 为其他历史数据综合权重; b_1 为 $t - \psi_2$ 时刻历史数据权重; b_2 为 $t - 2\psi_2$ 时刻历史数据权重; ψ_1, ψ_2 为时间跨度间隔,其中 ψ_1 一般设置为数据采集最小间隔频率,主要针对供热负荷的随机性设计, ψ_2 一般设置为供热负荷的最小重复周期,主要针对供热负荷的周期性设计。即通过预测时间往前倒推 $\psi_1, \psi_2, 2\psi_2, \dots$ 的供热负荷数据进行预测计算,其中离当前时刻越近的数据,则代表越接近于预测值,故赋予的权值系数就越大。

对于供热负荷的随机性,上述计算模型主要通过靠近预测点的 $t - \psi_1$ 时刻历史数据传递至预测值,同时由于 $t - \psi_1$ 时刻历史数据赋予的权重为 $a_1 \leq 1$,上述计算模型对供热负荷的随机性起到了一定降噪作用。

以某300 MW级供热改造电厂为例,展示该方法的具体应用效果。该厂2台机组设计为纯凝机组,汽机型号为C330-16.67/110/538/538,于2009年对2台机组同时进行供热改造,选择了从冷再、中排同时进行供热的方案。该厂热用户众多,全部为工业用汽,且距离较远,无法将热用户端详细数据传输至电厂,因此选择了用历史数据进行预测分析的方法。

由于数据采集频率为5 min,故 $\psi_1 = 5$ min。同时 ψ_2 设置为1 d,选取最近3 d数据进行预测,按照离预测时刻越近,权重越大原则,将各权重系数设计如下: $a_1 = 0.5, a_2 = 0.5, b_1 = 0.6, b_2 = 0.3, b_3 = 0.1$ 。则得到该厂2012-07-04日预测供热量曲线,如图3所示。从图上可以看出,预测供热量与实际运行供热量非常吻合,预测供热量与实际值趋势几乎完全一致。

若采用逐步回归分析法,以2012-07-04数据为训练样本,置信度设置成95%,以时间序列、供热回水温

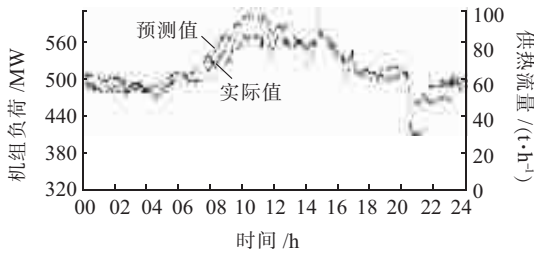


图3 某电厂供热量预测效果曲线

度、环境温度为影响因子,预测数据与实际数据趋势分析如图4所示。可见,采用回归分析法预测的供热流量与实际供热流量趋势相差较大,且计算过程中涉及参数较多,计算过程相对复杂。

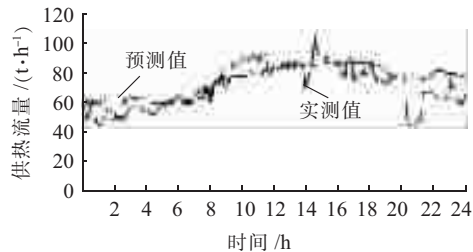


图4 采用回归分析法预测效果

可见,上述通过历史数据对供热负荷进行预测的方法对于以工业用汽为主的热用户需求的预测非常适合。当然,如果提取供热负荷随环境温度、经济景气程度的变化率,将环境温度、经济景气程度等指标引入到式(3)中,就可以更加准确地预测供热量。

4 在调度运行方面的应用

供热负荷预测技术在调度运行方面具有显著指导作用。对外供热的情况下,机组出力会明显受到一定的限制,包括蒸汽流量等运行参数方面以及汽机安全参数方面的限制,如排汽温度、排汽压力等。但机组带供热运行时,其最大进汽流量下的电负荷由于供热蒸汽被抽出无法做功,电负荷会减少;另一方面,为了满足热用户的需求,汽机最小进汽流量必须比纯凝状态下最小进汽流量要大,即最小电负荷比纯凝状态下最小

电负荷要大。因此,对调度来说,及时预测机组的供热负荷,并计算出机组的可调负荷区间来说至关重要。通过热力试验,可绘制出供热机组的工况图,查询工况图即可获得某一供热量下机组的可调出力区间,有利于电力调度部门合理排机组的运行方式和机组负荷。

5 结束语

超短期供热负荷预测技术根据供热负荷的随机性、周期性特点设计,是一种基于历史数据进行研判的方法。该方法相对于神经网络法、回归分析法等常见预测方法,涉及参数较少、计算过程较为简单,对于以工业用汽为主的供热负荷,预测的准确性较高。该方法可以广泛应用于供热发电机组的供热负荷预测中,并结合机组的供热-发电关系,预测出机组的可调整出力区间,有利于电力调度部门及时掌握机组发电能力变化情况,更加合理地安排机组的运行方式和机组负荷。

参考文献:

- [1] 胡文斌,杨昌智,孙一坚.短期供热负荷的灰色拓扑预测[J].煤气与热力,1999,15(3):41-44.
- [2] 张翠芝,智明.泰州电网负荷特性分析及负荷预测[J].江苏电机工程,2011,30(4):45-47.
- [3] 王东亚,张琳,赵国材.神经网络遗传算法在供热负荷预测中应用[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(S1):161-163.
- [4] 古丽扎提·海拉提,加玛力汗·库马什,李俊,等.热负荷的预测分析[J].动力工程,2009,29(1):49-52.
- [5] 马涛,徐向东.基于小波网模型的区域供热系统负荷预测[J].清华大学学报(自然版),2005,45(5):708-710.
- [6] 康胜文.两种热负荷预测方法的比较[J].区域供热,2004,12(2):22-24.

作者简介:

代家元(1985),男,河南信阳人,助理工程师,从事火力发电在线监测方向研究工作;

王林(1982),男,江苏盐城人,助理工程师,从事火力发电在线监测方向研究工作;

张友卫(1986),男,云南文山山人,助理工程师,从事火力发电在线监测方向研究工作。

Application and Research of Prediction Technology for Extremely Short Term Heat Supply

DAI Jia-yuan, Wang Lin, ZHANG You-wei

(Jiangsu Frontier Electric Technology Co. Ltd., Nanjing 211102)

Abstract: Retrofit for heat supply is now widely accepted in large-scale power plants. In this paper, the characteristics of heat supply load and three types of prediction methods are introduced in detail. A prediction technology for extremely short term heat supply is presented with practical engineering cases. Comparison between the currently proposed method with the traditional methods is performed. This paper also briefly introduces the application of this prediction technology in power grid dispatching management. It is believed that this technology can provide powerful support for the prediction of adjustable output of the whole grid.

Key words: extremely short term; heat supply; prediction; adjustable output