

南京电网负荷与气温敏感性分析

许琦, 曾凌

(南京供电公司, 江苏南京 210000)

摘要:气候变化对负荷的影响在逐年增大,同时也影响着电力系统负荷预测的精度。对南京电网2011年全年的负荷水平进行了详细分析,根据日最高负荷和气温的相互关系,计算出南京夏季、冬季的空调负荷水平,得出了最高负荷与气温的敏感性系数,为提高南京电网负荷预测准确率提供了有效参考。

关键词:负荷预测;电网负荷;空调负荷;气温;敏感度

中图分类号:TM714

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)05-0055-03

南京属于亚热带季风性气候,三面环山,具有典型的“热岛效应”,夏季闷热天气较多,且湿度较大^[1]。近年来,随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,降温及取暖电器的拥有率及使用率逐年上升。降温及取暖负荷构成用电峰荷,气温已成为影响电力负荷的一个敏感因素,文中主要研究最大负荷与气温的关系,应用统计分析工具对2011年全年负荷进行了总体分析,找出了气温与最高负荷的基本影响关系,并进一步对夏冬两季降温及取暖负荷进行了详细分析。

1 全年负荷总体分析

2011年最高负荷与最高温度的关系对比曲线(如图1所示)由于工作日和节假日具有不同的变化规律^[2],图中扣除了节假日的负荷数据。根据曲线图可以看出,南京全年的负荷特点为:夏冬两季高,春秋两季低。

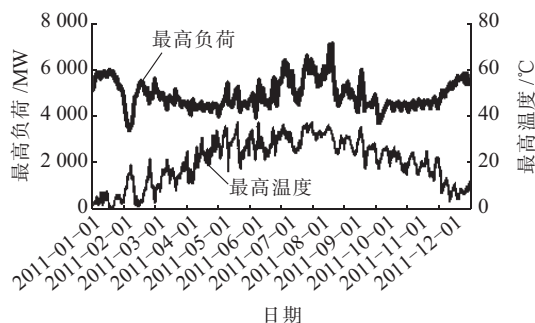


图1 2011年全年最高负荷与最高气温的关系

最大负荷与最高温度相关性散布如图2所示。从图中可以看出:最高温度在0~20℃时,最高负荷随最高温度降低而升高;最高温度在20~26℃时,最高负荷稳定在4500MW左右,波动区间不超过正负200MW;最高温度在26~38℃时,最高负荷随最高温度上升而升高。

结合图1和图2可以看出,南京4月,10月,11

收稿日期:2012-05-07;修回日期:2012-06-14

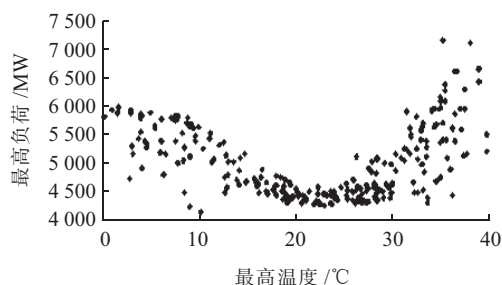


图2 2011年全年最高负荷与最高温度相关性分析散布图

月负荷较低,且数值稳定^[3],约4500MW,因此在分析夏冬两季空调负荷时,把4500MW作为基准值。

2 夏季负荷-温度敏感性分析

南京夏季为6~9月,全年最大负荷均出现在夏季,原因是空调负荷所占比重相对较大。根据气象台资料分析,空调使用一般分为以下3个阶段。

2.1 低空调负荷时段负荷-温度敏感性分析

低空调负荷时段一般出现在5月下旬至6月中旬,虽然气温会超过30℃,但不会出现连续高温,且日最低气温在25℃以下,空调负荷主要为工矿企业的精密设备降温及部分单位空调负荷。通过对该时段的气温与最大负荷进行相关性分析得出:当最高温度大于30℃时,出现部分空调负荷,最高负荷在4580~5500MW之间。根据与基准负荷进行对比,低空调负荷约为1000MW。

运用回归分析法寻找当最高温度大于30℃时,最高负荷与温度的敏感关系。设最高负荷的线性回归方程为:

$$y = ax + b \quad (1)$$

式中: y 为系统最高负荷; x 为气温(可以是最高温度、平均温度或温度累积系数); a 为气温每升高1℃,最高负荷的增加值; b 为常量。

利用逐步回归法,对5月下旬至6月中旬气温大于30℃时最高负荷与最高温度、平均温度的关系

进行回归分析,结果如表 1 所示。

表 1 温度累积效应对最高负荷的影响

相关因素	线性回归方程	相关系数 R
最高温度	$y = 95.82x + 1\ 848$	0.74
平均温度	$y = 95.22x + 2\ 505$	0.90

备注:平均温度=(最高温度+最低温度)/2; R 为相关系数, $-1 \leq R \leq 1$, $R > 0$ 表示正相关, R 的绝对值越大,两个变量之间关系越密切。

从以上分析可以得出,最高负荷与平均温度相关性较大,最高温度在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,平均温度每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高负荷增加 95 MW 。图 3 为 5~6 月最高负荷与平均温度相关性散布图。

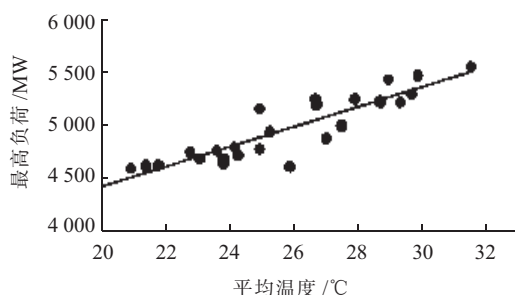


图 3 5~6 月最高负荷与平均温度相关性散布图

2.2 夏季高温负荷期间负荷-温度敏感性分析

2.2.1 夏季日峰荷与当日最高温度的相关性分析

6 月下旬至 8 月中旬时,天气持续高温,温度可达 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,即使高温短暂缓解,不久也会进入下一轮高温,空调负荷持续高位运行。此时最高负荷与最高温度的回归方程为:

$$\begin{cases} y=150x+904.1 \\ R=0.69 \end{cases} \quad (2)$$

为进一步寻找最高负荷和最高温度的敏感关系,将时间区间分为三段进行详细分析。

(1) 6 月下旬至 7 月上旬。季节变换期,最高负荷与最高温度均不敏感,在 $5\ 400 \sim 5\ 800\text{ MW}$ 之间波动。

(2) 7 月上旬至 7 月底。最高负荷显著上升期,最高负荷与最高温度敏感性提高,每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,负荷增加 150 MW 。线性回归方程如下:

$$\begin{cases} y=149.7x+897.1 \\ R=0.82 \end{cases} \quad (3)$$

(3) 8 月至 8 月中旬。最高负荷加速上升期,最高负荷每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,负荷增加 260 MW 。线性回归方程如下:

$$\begin{cases} y=258.3x-2\ 463 \\ R=0.92 \end{cases} \quad (4)$$

2.2.2 温度积累效应对最高负荷的影响

从经验来说,温度敏感负荷依赖于人们对周围

环境感到舒适的程度^[4],其中温度的热积累效应对舒适程度产生直接影响,从而影响到空调的使用。下文分析了温度的热积累效应对最大负荷的影响。

(1) 7 月上旬至 7 月底 (温度显著上升期),温度累积效应对最高负荷的影响如表 2 所示。

表 2 温度累积效应对最高负荷的影响

相关因素	线性回归方程	相关系数 R
当日最高温度	$y = 149.7x + 897.1$	0.82
2 日平均最高温度	$y = 166.9x + 366.2$	0.83
3 日平均最高温度	$y = 141.6x + 126.6$	0.75

从上表可以看出,最大负荷与近 2 日平均最高温度相关性较高。加权最高温度对最大负荷的线性回归方程如下:

$$\begin{cases} y=181.3x-134.9 \\ R=0.88 \end{cases} \quad (5)$$

式中 x :加权平均最高温度=(最高温度+近两日平均最高温度+ $0.5 \times$ 近三日平均最高温度)/2.5。加权最高温度与最高负荷相关性如图 4 所示。

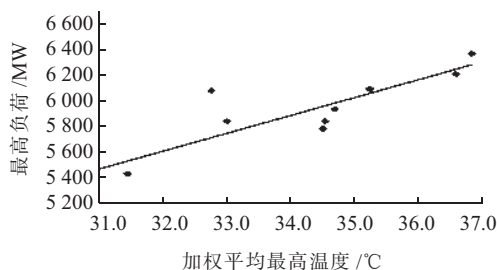


图 4 加权最高温度与最高负荷相关性散布图

计及温度积累效应之后,最高负荷的相关性显著增加。同时,去除偏差最大的点之后,加权平均最高温度与最高负荷的相关性达到了 0.97 ,加权平均最高温度每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高负荷增加 200 MW 。

(2) 8 月 1~17 日(温度加速上升期)。在 8 月初到 8 月中旬温度加速上升期,加权平均最高温度对最大负荷的影响同样比最高温度大(如图 5 所示),加权平均最高温度每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高负荷增加 300 MW 。线性回归方程如下:

$$\begin{cases} y=292.6x-3\ 606 \\ R=0.96 \end{cases} \quad (6)$$

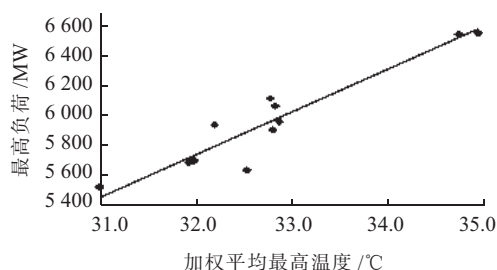


图 5 加权平均最高温度与最高负荷相关性散布图

2.2.3 限电对夏季最高负荷的影响

由于2011年夏季电力供应紧张,南京实施了限电政策。8月18日为负荷实测日,即电力供应开放日,不采取限电政策。当日实测最高负荷为7057 MW,最高气温33.2℃,此前连续1周为多云有时阴有雷阵雨天气,气温在35℃以下。除负荷实测日之外,夏季最高负荷为6585 MW,出现在7月25日,当日最高气温36.8℃,且连续4日气温超过35℃。通过对比可以看出,限电造成夏季最高负荷比实际值偏低。

2.3 负荷下降期负荷-温度敏感性分析

该时段,气温逐渐下降,负荷也随之下降。大部分时间日最高温度仍高于28℃,该时间段空调负荷约1000~2200 MW。最高负荷与平均温度相关性较高,平均温度每下降1℃,最高负荷下降150 MW,如表3所示。当最高温度下降到21℃之后,负荷稳定在4500 MW。平均温度与最高负荷相关性如图6所示。

表3 温度与最高负荷的敏感性分析

相关因素	线性回归方程	相关系数 R
日最高温度	$y = 122.4x + 1554$	0.87
日平均温度	$y = 151.8x + 1270$	0.95

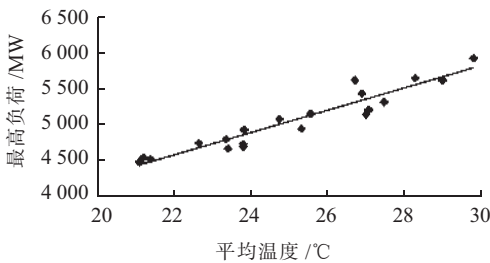


图6 平均温度与最高负荷相关性散布图

3 冬季空调负荷计算分析

南京的冬季最大负荷一般出现在1~2月。冬季最大负荷出现在1月17日,为5950 MW,当日最高温度1℃,最低温度零下6℃,平均温度零下2.5℃。通过与基准负荷进行计算,得出冬季最大空调负荷为1450 MW。

1~2月最大负荷与最高温度曲线(包括节假日)如图7所示。整个1月份气温都比较低,在1月20日之前,最大负荷长期处于高位。1月20~31日最大负荷显著下降,且与最高温度相关性较弱;2月1~5日最大负荷加速下降。说明最大负荷受到春节的影响较大(春节在2月2日);2月5~18日最大负荷显著上升,说明2月5日之后大量企业开始逐渐开工,到2月18日基本恢复开工。

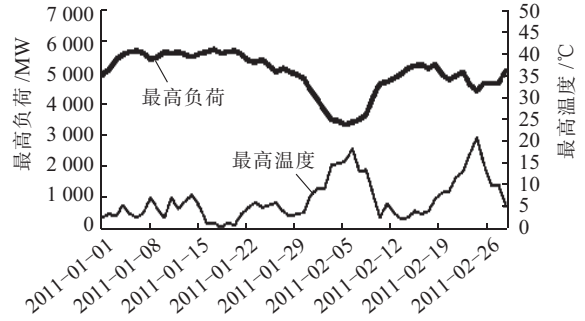


图7 1~2月最高负荷和最高温度曲线

最高温度与平均温度对最大负荷的影响如表4和图8所示,1~2月最大负荷与平均温度相关性较高,相关系数为0.96。平均温度每下降1℃,最大负荷增加100 MW。

表4 温度与最高负荷的敏感性分析

相关因素	线性回归方程	相关系数 R
日最高温度	$y = -78.8x + 6025$	0.93
日平均温度	$y = -97.1x + 5783$	0.96

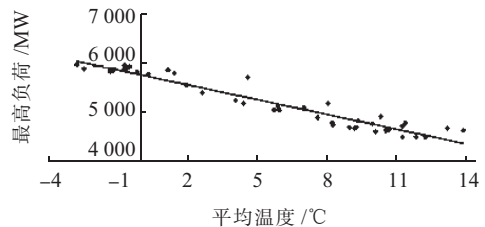


图8 最高负荷与平均温度相关性散布图

4 结束语

综合南京地区全年负荷特点,可以得到以下几点结论:南京地区基础负荷在4500 MW左右,出现在4月,10月,11月;5~6月,当最高温度大于30℃时,出现部分空调负荷,最高负荷与平均温度相关性较大;6月下旬至8月中旬南京开始入夏,夏季最大空调负荷可达2900 MW,占最高负荷的39%,夏季负荷上升期负荷受持续高温影响较大,最高负荷与加权平均温度相关性较高;入秋负荷下降期,最高负荷与平均温度相关性较高,敏感度为160 MW/℃左右;冬季最高负荷与日平均温度敏感性较高,日平均温度每上升1℃,最高负荷减少100 MW,冬季最大空调负荷约为1450 MW。

参考文献:

[1] 李扬,王治华,卢毅,等.南京市夏季气温——日峰荷特性分析[J].电网技术,2001,25(7):63-66.
 [2] 姜勇.南京地区春节负荷特性分析及其预测方法[J].电网技术,2003,27(5):72-74.
 [3] 卢毅,汪焱春,黄永高,等.月敏感负荷预测方法研究[J].电

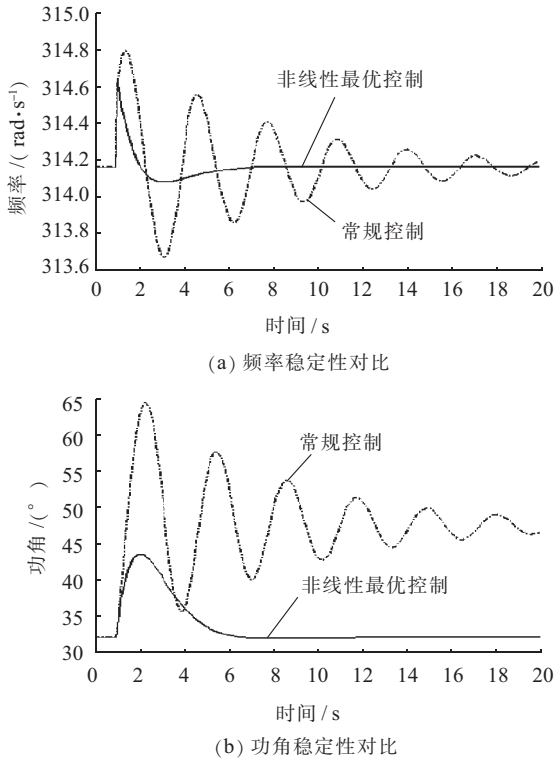


图6 2种控制方式的频率和功角比较

程与单机系统类似,通过联立发电机转子状态方程与网络方程,获得包含SVS等效电纳的状态方程,将SVS等效电纳作为控制变量,运用精确反馈线性

化和最优控制理论设计控制律,即可得到多机电力系统静止无功补偿装置非线性最优控制器。

3 结束语

综上所述,SVS的非线性最优控制器在频率和功角稳定性方面均优于常规控制方式。随着静止无功补偿装置在电力系统中的大量应用,对SVS的控制策略也需要进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 张敏,刘孙贤,李新君,等.包含静止无功补偿器的电力系统非线性控制研究[J].电气应用,2007,26(4):30-34.
- [2] 卢强,孙元章.电力系统非线性控制[M].北京:科学出版社,1993.
- [3] 阎彩萍,孙元章,卢强.用精确线性化方法设计的SVC非线性控制器[J].清华大学学报,1993,33(1):18-24.
- [4] 马幼捷,周雪松.静止无功补偿器非线性控制对系统功角稳定的影响[J].中国电机工程学报,2003,23(12):84-88.
- [5] 卢强,梅生伟,孙元章.电力系统非线性控制[M].2版.北京:清华大学出版社,2008.
- [6] 何仰赞,温增银.电力系统分析[M].3版.武汉:华中科技大学出版社,2002.

作者简介:

黄峰(1976),男,江苏南通人,工程师,从事电网运行管理工作。

Design of Nonlinear Optimal Controller for Static Reactive Power Compensation System

HUANG Feng

(Nantong Power Supply Company, Nantong 226006, China)

Abstract: Static var compensator plays an important role in improving the security and stability of power system. On the base of the control theory, nonlinear optimal controller for static reactive power compensation system is designed through exact feedback linearization and nonlinear optimization theory. The designed controller is simulated in an example and then compared with conventional control method. The result shows the designed nonlinear optimal controller is superior to the conventional controller.

Key words: static var compensator; exact feedback linearization; nonlinear optimization theory

(上接第57页)

力需求侧管理,2009,11(1):17-19.

- [4] 袁飞,肖晶,卢毅.基于人体舒适度指数的夏季负荷特性分析[J].江苏电机工程,2005,24(6):5-7.

作者简介:

许琦(1980),女,江苏南京人,工程师,从事电力调度工作;
曾凌(1981),女,江苏南京人,工程师,从事自动化运维工作。

Analysis on Load and Temperature Sensitivity of Nanjing Grid

XU Qi, ZENG Ling

(Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210000, China)

Abstract: The climate change has more impacts on load year by year, as well as on accuracy of power system load forecasting. 2011 full-year load level of Nanjing grid is analyzed in detail. The air conditioning load of Nanjing in summer and winter is calculated based on relationship between daily maximum load and temperature. The sensitivity coefficient of highest load and temperature is obtained which provides an effective reference to improve Nanjing load forecasting accuracy.

Key words: load forecasting; grid load; air conditioning load; temperature; sensitivity