

空间负荷预测在城市电网规划中的应用

孙旭, 任震

(华南理工大学电力学院, 广东 广州 510641)

摘要: 为解决不确定性因素对城市电网负荷预测结果的不利影响, 该文用空间负荷预测方法对城区电网进行负荷预测, 预测得到的负荷大小和地理位置分布与实际情况偏差较小, 取得了预期的效果。

关键词: 空间负荷预测; 负荷特性; 城市电网

中图分类号: TM715 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)14-0079-03

0 引言

空间负荷预测是城市电网规划的基础, 在城市电网规划中, 不仅要预测负荷的量, 而且还要预测负荷增长的位置, 即空间负荷分布。只有在确定了负荷空间分布的基础上, 才能准确地进行电网的变电站布点和线路走廊的规划。因此, 空间负荷预测不仅要预测未来负荷的量, 而且要提供负荷增长的信息, 即未来的负荷空间分布^[1-4]。

近年来, 负荷的发展和变化的情况比较复杂, 用传统的负荷预测结果在负荷的大小和地理位置分布上都存在着较大的偏差。而空间负荷预测的特点是将大量不确定性数据进行优化处理, 得到比其它方法更好的预测结果, 是其它方法所不及的, 例如:

1) 对于新开发地区, 本来没有历史的负荷数据, 因此也就不能用趋势法来进行预测, 而用空间负荷预测的方法就能弥补趋势法的不足。

2) 由于电网中经常出现的负荷转移会对常规负荷预测方法的结果产生很大的影响, 空间负荷预测的方法就能很好地计及这种影响。

3) 常规负荷预测方法很难考虑到小区用地类型发生变化时的负荷发展情况, 而空间负荷预测方法可以较容易地做到。

4) 空间负荷预测得到的结果不但有将来的负荷值, 还有这些负荷在地理上的分布, 这对于城市电网规划有很大的好处。

本文将空间负荷预测方法应用到城市电网规划中, 着重于方法的实用性和可操作性, 并以某城区电网为例, 预测未来负荷量的变化和未来负荷在地理位置的分布情况, 从而得到与环境相适应的负荷。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (50337010)

1 空间负荷预测的数学模型

从数学的角度分析, 空间负荷预测及其计算存在如下 3 种映射:

$$F(x, y) \xrightarrow{f_1} S(x, y) \xrightarrow{f_2} L(x, y) \xrightarrow{f_3} L_i \quad (1)$$

式中: 映射 f_1 将分区 (x, y) 的特征 $F(x, y)$ 映射成土地使用面积 $S(x, y)$; 映射 f_2 将土地使用面积映射成分区负荷 $L(x, y)$ 。

$$f_2: L(x, y) = \sum_{i=1}^m S^i(x, y) \times SC_i = \sum_{i=1}^m L^i(x, y) \quad (2)$$

式中: m 为土地使用类的个数; SC_i 为第 i 类的负荷密度; $S^i(x, y)$ 和 $L^i(x, y)$ 分别表示分区的 (x, y) 的第 i 类土地使用面积和负荷。

映射 f_3 将分区负荷累加成系统负荷。

$$L = f_3(L_{xy}) = \sum_{x, y} L_{xy} \quad (3)$$

2 空间负荷预测步骤

2.1 分区及土地使用类的划分

以某城区为例, 按总体规划, 将该城区划分为 79 个分区, 考虑到变电站的供电范围, 若仅预测各分区的负荷, 由于每个分区的面积相对于变电站的供电范围显得太大 (分区的面积平均在 20 km^2 左右), 则仍然不便于变电站的布点; 因此, 分区又被细分为许多的小地块, 对于每个小地块, 城市规划均对其用地性质、负荷密度、占地面积以及容积率作了规划, 通过向政府规划部门收集各预测地块未来的土地规划方案, 并输入到 GIS 系统中, 得到每个地块各类负荷相关因素的历史资料。

各地块按规划中用地性质共分为 12 类, 分别为商业文化体育用地 C1~C4, 医疗文化用地 C5~Cn, 一类工业用地 M1, 二类工业用地 M2, 三类工业用地

M3,仓储用地 W,铁路用地 T1,港口用地 T4,机场用地 T5,市政公用设施用地 U,居民用地 R,其它用地 Y。

2.2 地块的负荷计算

按用地性质把每个分区划分成若干个地块,并且规划中已提供了各个地块的用地性质、用地面积、建筑容积率等详细的资料,根据这些数据我们就能得出每个地块与规划相适应的远期负荷预测值:

$$L_i = S_i \times R_i \times P_i \quad (4)$$

式中: L_i 为第 i 个地块的远期负荷预测值; S_i 为第 i 个地块的用地面积; R_i 为第 i 个地块的建筑容积率; P_i 为第 i 个地块的远期负荷密度。

S_i 和 R_i 都可以直接在分区规划资料中取得,而 P_i 是根据这个地块的用地性质取值,不同的用地对应于不同的远期负荷密度值,如表 1 所示(此表是根据现有典型用电户的数据进行统计分析后确定)。对于每一种类型的负荷,根据“城中心区取高值,城郊结合区取中值,郊区取低值”的原则对它取定一个预测负荷密度值,代入到上式中就能得到这个地块的远期负荷预测结果。

表 1 各类用地负荷密度取值

Tab 1 Measure value of load density of each place

负荷类型	现状负荷密度	预测负荷密度
C1 ~ C4	60	90 ~ 100
C5 ~ Cn	30 ~ 40	40 ~ 50
M1	35 ~ 45	50 ~ 70
M2		60 ~ 80
M3	40 ~ 130	100 ~ 120
R	30	40 ~ 50
T1	60	70
T4		70
T5	20	30
U		10
Y		5
W	10	15

注:城中心区取高值,城郊结合区取中值,郊区取低值。密度单位: (W/m^2) 。现状负荷密度及预测负荷密度参见文献[5]。

2.3 地块负荷合并

按照上面的方法,就能得出各个地块的远期负荷预测结果,现在的问题就是如何把各个地块的负荷值合并成每一个分区的总的负荷值,由于存在一个负荷同时率的问题,对于不同类型的负荷不能直接把他们简单相加,因此需要将不同类型的负荷按负荷特性曲线相加。

a) 负荷特性的获得

如 2.1 节所述,各地块按用地性质共分为 12 类,负荷数据的筛选可按下面步骤进行:

1) 剔除各类用户星期六及星期日的数据。

2) 尽可能用星期三及星期四的数据。

3) 在星期三及星期四的数据量不够大时,再利用星期五的数据。

4) 考虑到华南地区季节差异较小的影响,以夏季时段为代表。

这样就可保证获得较为典型的负荷特性。由于所提供的资料数据量很大,因此所求得的负荷特性具有统计规律。

每个用户每隔半个小时就有一个负荷记录数据,每个用户每天有 48 个负荷点,即 $P = (P_0, P_{0.5}, P_1, \dots, P_{23}, P_{23.5})$,这 48 个负荷点事实上就是一个离散的负荷特性,本文称之为负荷特性向量,简称负荷特性,下文所提到的负荷特性均是指这种含有 48 个负荷点的负荷特性向量。

将属于同一类的用户各天的负荷特性相加求和(即将对应的负荷点相加),再将所得结果进行归一化处理(即将相加后所得的 48 个负荷点同时除以最高负荷点),可得到这一类用户的单位负荷特性,将此单位负荷特性的 48 个负荷点用直角坐标描述出来,并用折线连起来就得到这类用户的单位负荷特性曲线。

b) 按负荷特性相加

设第 i 类负荷为 L_i , 负荷特性为 P_i (是一向量), 第 j 类负荷为 L_j , 负荷特性为 P_j 。将这两类负荷按负荷特性相加即为:令 $L_{\text{sum}} = L_i \cdot P_i + L_j \cdot P_j$, 再在向量 L_{sum} 的 48 个分量中的最大分量作为第 i 类负荷 L_i 与第 j 类负荷 L_j 按负荷特性相加的和,这实际上也就是考虑了同时率的问题。

利用上述的不同类负荷的典型负荷特性曲线(见图 1),把每一个地块的负荷按其相应的负荷特性曲线分成 48 个时段,然后在每一个时段上对各个地块的负荷进行相加,这样就能得出一条新的合并后的分区日负荷曲线。以 T5 分区为例,合并后的负荷曲线如图 2 所示。那么这条新曲线的最大值就是我们要求的分区远期负荷预测值。

2.4 预测结果

通过上述方法,可以得到某市 79 个分区的远期负荷预测结果。根据该市建设总体发展战略,在现有分区规划的基础上,对部分分区规划进行了一些调整,并最终得到各个分区的远期负荷预测结果,详见表 2。

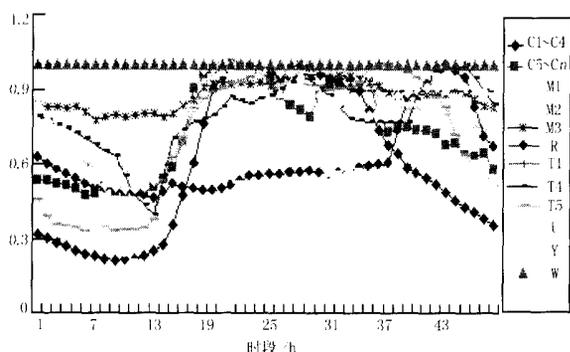


图 1 归一化后的各类典型负荷特性曲线

Fig 1 Sorted characteristic shape of each kind of load curve

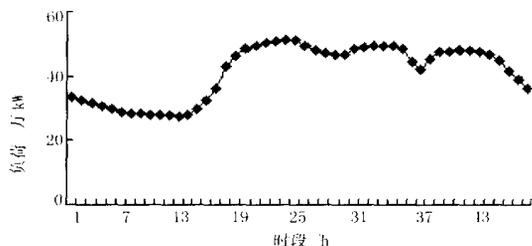


图 2 T5区远景年负荷预测特性曲线

Fig 2 Forecasted load curve of area T5

表 2 负荷预测结果

Tab 2 Result of load forecast

分区	最大负荷	220 kV 变电站数	110 kV 变电站数
S1	659.1	20	101
S2	383.3	10	43
S3	143.4	4	14
S4	247.7	6	24
S5	401.3	9	40
S6	54.3	2	6
S7	92.0	3	10
S8	102.6	3	11

其中:该城区总负荷为 1 900 万 kW; 110 kV 变电站总数为 249; 220 kV 变电站总数为 57; 负荷单位为万 kW。

3 结论

本文对空间负荷预测的理论和模型进行了详尽

的描述,提出了在城市电网规划中的应用步骤,把空间负荷预测的重点放在各个地块的预测及负荷特性的获得,使整个预测过程从每一个小地块做起,按照不同的要求组合出各种大小区域的总的负荷预测值,这样,不仅能对负荷总量进行预测,还可以知道分区负荷的空间分布,减少了以往负荷预测中对数据的依赖性,极大地提高了预测方法的鲁棒性和预测结果的准确性,这对于今后的变电站布点、规模及容量的确定、投入的时间、线路的走向都有较大帮助。

参考文献:

[1] Willis H L. Power Distribution Planning Reference Book [M]. Marcel Dekker Inc, 1997.

[2] Willis H L, Northcote-Green J E D. Spatial Electric Load Forecasting [J]. A Tutorial Review Proceeding of the IEEE, 1983, 71 (2): 1215-1220.

[3] Palayanon, et al. Computerized Distribution Load Forecast for the City of Bangkok [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1987, 2 (1): 1250-1257.

[4] 王天华, 范明天, 王平洋, 等. 基于地理信息系统平台的配电网空间负荷预测 [J]. 电网技术, 1999, 23 (5): 42-47.

WANG Tian-hua, FAN Ming-tian, WANG Ping-yang, et al. Spatial Load Forecasting for Distribution Planning Based on GIS Platform [J]. Power System Technology, 1999, 23 (5): 42-47.

[5] 广州城市高压电网规划 [Z]. 广州电力设计院. 2004. Layout Strategy of High Voltage Power Network in Guangzhou City. Guangzhou Electric Design Institute [Z]. 2004.

收稿日期: 2004-10-14; 修回日期: 2004-12-07

作者简介:

孙旭 (1959 -), 男, 高级工程师, 博士研究生, 从事电力系统规划及可靠性研究; E-mail: sun103000@163.com

任震 (1938 -), 男, 教授, 博士生导师, IEEE 高级会员, 研究方向为直流输电、电力系统可靠性、电力市场、小波分析及其在电力系统中的应用。

Application of spatial load forecasting in urban power network planning

SUN Xu, REN Zhen

(South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: In order to overcome the bad effects of uncertainty factors on load forecasting result of urban power network. This paper takes the advantage of spatial load forecasting methodology to forecast the load of some city. The results using this method show that the load amount and geography position are very similar to the actual situation. The results are satisfactory.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50337010).

Key words: spatial load forecasting; load characteristic; urban power network