

城市电网规划中负荷同时率的选择技术研究

田怀源, 周步祥, 冯燕禧, 梁建宾

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

摘要: 负荷同时率是电力系统规划中的一个重要参数。首先介绍了电力系统现状负荷同时率的影响因素以及现状负荷同时率计算分析方法, 并且计算出了各级负荷同时率, 由此分析了在缺少部分低压数据时综合负荷同时率的准确性; 其次结合空间负荷预测以及负荷特性, 提出了在城市电网规划中规划负荷同时率的计算分析方法。

关键词: 同时率; 空间负荷预测; 负荷特性

Abstract: Load simultaneity factor is an important parameter in power system planning. Firstly, the factors influencing the load simultaneity factor in power system are introduced as well as the calculation and analysis methods of load simultaneity factor, and then the load simultaneity factor at all levels are calculated, which analyzes the accuracy of comprehensive load simultaneity factor when lacking part of low voltage data. Secondly, combined with spatial load forecasting and load characteristics, the calculation and analysis methods of the load simultaneity factor are proposed in urban power grid planning.

Key words: simultaneity factor; spatial load forecasting; load characteristics

中图分类号: TM714 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2011)01-0038-04

0 引言

在电力系统中, 负荷的最大值之和总是大于和的最大值, 这是由于整个电力系统的用户, 每个用户不大可能同时在一个时刻达到用电量的最大值, 反映这一个不等关系的一个系数就被称为同时率。即: 同时率就是电力系统综合最高负荷与电力系统各组成单位的绝对最高负荷之和的比率。

$$\text{同时率}(\%) = \frac{\text{电力系统综合负荷}(\text{kW})}{\text{电力系统各组成单位的绝对最高负荷之和}(\text{kW})} \times 100\%$$

在电力系统规划设计中, 同时率是一个非常重要的指标, 它可以帮助规划人员对分区进行更准确的负荷预测。城市电网规划中采用空间负荷预测时, 各个分地块负荷值最后要合并叠加起来得到分区总的终期负荷值, 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它们简单相加, 因此需要将不同类型的负荷按负荷特性曲线相加, 从而得到分区负荷值, 进而通过灰色预测法得到最大负荷。

1 影响同时率变化因素的定性分析

负荷同时率是电力负荷的特征之一, 也是电力系统负荷规划过程中的一个重要参数。负荷同时率是

小于等于 1 的正数, 其大小受经济社会发展、负荷构成、季节温度变化等因素的影响, 不同系统有不同的负荷同时率值。分析的主要目的是要对这些影响因素对负荷同时率变化的影响有一个综合定性的评估。

1.1 经济社会发展对同时率变化的影响

经济发展对同时率变化的影响主要体现在国民经济总量以及各产业结构, 而产业结构则通过其用电结构影响负荷同时率的变化; 社会发展则主要体现在城镇化率、人均可支配收入等。

1.2 负荷构成对同时率变化的影响

一个电力系统总是具有不同的负荷, 由于每种负荷使用范围和目的的不同, 各自的变化规律也不相同, 对负荷同时率有着不同的影响。负荷可以分为城市居民负荷、工业负荷、农村负荷以及其他负荷。

城市居民负荷具有经常的年增长以及明显的季节性波动和日变化的特点, 直接影响系统峰值负荷的变化, 但其影响程度取决于城市居民负荷在系统中所占的比重。在中国, 随着人民生活水平的提高, 电热器、空调、电冰箱等敏感于气候的家用电器日益广泛的应用, 使居民负荷变化对系统峰值负荷变化的影响越来越大。

相对来说, 工业负荷占总负荷比重较大, 且一般可视为受气候影响较小的负荷。一方面由于工业负荷本身基础很大, 另一方面由于三班连续生产, 因此

这类负荷变动较小,属于较稳定的负荷。

农村负荷主要体现在农业用电对系统负荷的影响,仅需要注意的是农忙期间,特别是夏季生产排灌用电,其时间不长,但负荷集中,容易造成用电紧张。

其他负荷所占比重较小,虽然也都有各自的不同特点,但对整个系统负荷影响不大。

1.3 季节温度变化对同时率变化的影响

季节温度变化等因素对负荷同时率的影响,主要体现在气象因素变化时对气象敏感负荷的影响,当温度升高时,气象敏感负荷随之上升;湿度、气压增大时,气象负荷下降;辐射强度和风速增大时,气象负荷增大。

气象敏感负荷随相对湿度变化的规律(其他气象条件不变):当相对湿度处于 40%~95%敏感区间时,气象敏感负荷随相对湿度的变化显著,随相对湿度的增大而减小。

气象敏感负荷随气压变化的规律(其他气象条件不变):当气压处于 99 500~101 500 Pa 敏感区间时,气象敏感负荷随气压的变化显著,随气压的增大而减小。

气象敏感负荷随风速变化的规律(其他气象条件不变):当风速处于 2~6 m/s 敏感区间时,气象敏感负荷随风速的变化显著,随风速的增大而增大。

气象敏感负荷随辐射强度变化的规律(其他气象条件不变):当辐射强度处于 1~4 J/m²敏感区间时,气象敏感负荷随辐射强度的变化显著,随辐射强度的增大而增大。

综合以上分析可以看出,经济社会发展、负荷构成、季节温度变化等因素主要通过影响负荷峰值和负荷稳定性来影响负荷同时率的变化。

2 现状负荷同时率的分析

2.1 各级负荷同时率的计算

由于城区配电电压等级为 220 kV、110 kV、10 kV 和 0.38/0.22 kV,逐步取消 35 kV 电压等级,并且无 0.38/0.22 kV 电压等级的负荷实测数据,此次针对 110 kV 变电站 10 kV 负荷的同时率、220 kV 变电站 110 kV 负荷的同时率、各分区中 220 kV 负荷的同时率和整个系统中各分区间负荷同时率进行分析。

某电力系统最大负荷同时率计算示意图如图 1 所示。

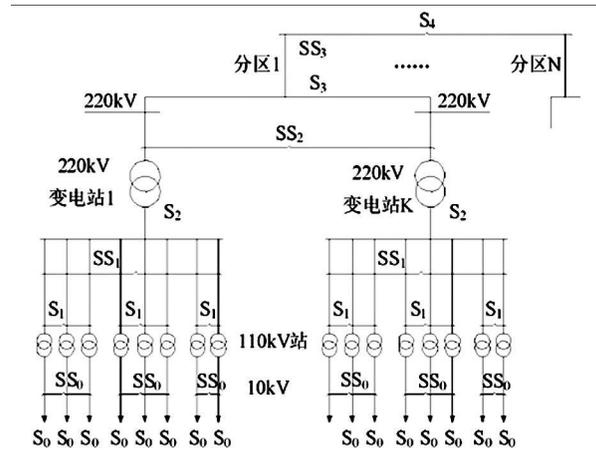


图 1 某电力系统最大负荷同时率计算示意图

图 1 中, S_0 为 110 kV 变电站 10 kV 侧一台变压器的最大负荷;

$\sum S_0$ 为一座 110 kV 变电站 10 kV 侧的最大负荷之和;

S_1 为一座 110 kV 变电站的综合最大负荷;

$\sum S_1$ 为一座 220 kV 变电站所供 110 kV 变电站的最大负荷之和;

S_2 为一座 220 kV 变电站所供 110 kV 变电站的最大综合负荷;

$\sum S_2$ 为分区中各 220 kV 变电站的最大负荷之和;

S_3 为分区中各 220 kV 变电站的最大综合负荷;

$\sum S_3$ 为各分区的最大负荷之和;

S_4 为各分区的综合负荷,全系统负荷。

负荷同时率可分为以下 4 级。

(1) 110 kV 变电站 110 kV 侧对 10 kV 的负荷同时率 T_1 为 $S_1 / \sum S_0$ 。

(2) 220 kV 变电站对 110 kV 变电站的负荷同时率 T_2 为 $S_2 / \sum S_1$ 。

(3) 分区内各 220 kV 变电站的负荷同时率 T_3 为 $S_3 / \sum S_2$ 。

(4) 各分区间的负荷同时率 T_4 为 $S_4 / \sum S_3$ 。

从 10 kV 起,层层分析,进行同级 24 h 负荷值相加,求出电力系统各组成单位的绝对最高负荷和综合负荷得到各级负荷同时率。

2.2 计算结果分析

可计算得到某电力系统最大综合负荷同时率 $T = T_1 T_2 T_3 T_4$ 。

由于缺少 380 V 电压等级的负荷资料,未能分析该电压等级的同时率 T_0 ,使综合负荷同时率 T 的值

偏高。

3 电力系统规划中负荷同时率的计算分析

3.1 空间负荷预测

3.1.1 分区及土地使用类的划分

以某城区为例,按城市总体规划,将该城区划分为 N 个分区,根据城市控制性详细规划每个分区又被细分为许多的小地块,对于每个小地块,其用地性质、占地面积以及容积率规划中已经做了详细选定。

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 $C_1 \sim C_4$, 医疗文化用地 $C_5 \sim C_n$, 一类工业用地 M_1 , 二类工业用地 M_2 , 三类工业用地 M_3 , 仓储用地 W , 铁路用地 T_r , 港口用地 T_1 , 机场用地 T_2 , 市政公用设施用地 U , 居民用地 R , 其他用地 Y 。

3.1.2 地块的负荷计算

根据规划中的地块数据就能得出每个地块与规划相适应的终期负荷预测值。

$$L_i = S_i \times R_i \times P_i$$

式中, L_i 为第 i 个地块的终期负荷预测值; 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 个地块的终期负荷密度。 S_i 和 R_i 都可以直接在分区控制性详细规划资料中取得,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终期负荷密度值。

3.2 负荷特性分析

如 3.1 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, 2]。

(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)考虑到某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 $P = (P_0, P_{0.5}, P_1 \sim P_{2.5}, P_{2.5})$, 这 48 个负荷点事实上就是一个离散的负荷特性,这里称之为负荷特性向量,简称负荷特性,下面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。

3.3 负荷预测结果

3.3.1 分区负荷预测结果

设第 i 类负荷为 L_i , 负荷特性为 K_i (是一向量), 第 j 类负荷为 L_j , 负荷特性为 K_j 。将这两类负荷按负荷特性相加即为 $L_{sum} = L_i \times K_i + L_j \times K_j$, 再将向量 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,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。那么这条新曲线的最大值就是所要求的分区终期负荷预测值。

3.3.2 最大负荷预测结果

根据负荷特性预测了 N 个分区的负荷,由于分区负荷同时率变化不大,参考 2.1 节中的分区负荷同时率 T_i , 利用灰色预测法预测出未来的分区负荷同时率 T 从而得到城市最大负荷: $L = T \times (L_{sum 1} + L_{sum 2} + \dots + L_{sum n})$ 。

4 结 语

负荷同时率受诸多因素的影响,不同系统有不同的负荷同时率值。以往,受运行数据采集方式的限制,分析计算得到的负荷同时率值,与实际值相比误差较大,在做负荷规划时,数据的误差直接影响到变电容量的计算进而影响变电站布点。

前面对负荷同时率的现状和预测进行了详尽的描述,通过现状计算和分析,说明负荷同时率可以得到较准确数值。提出了负荷同时率在城市电网规划中的应用步骤,把负荷同时率的重点放在与空间负荷预测及负荷特性相结合的方法计算上,同时采用灰色预测法预测分区负荷同时率,进而得出最大负荷,使得负荷同时率的计算更加准确合理。

参考文献

- [1] 孙旭,任震.空间负荷预测在城市电网规划中的应用[J].继电器,2005,33(14):79-81.
- [2] 程浩忠,张焰.电力网络规划的方法与应用[M].上海:上海科学技术出版社,2002,27-53.
- [3] 何善瑾.上海电力系统最大负荷同时率分析[J].供用电,2008,25(1):13-15.
- [4] 朱振伟,方鸽飞,王国福,等.电网夏季气象敏感负荷特性分析[J].华东电力,2008,36(9):53-58.
- [5] 杜栋,庞庆华.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [6] 杨志欣.基于模糊-神经网络的电力系统短期负荷预测.[D].广东:广东工业大学,2005.
- [7] Willis H L. Power Distribution Planning Reference Book [M]. Marcel Dekker Inc 1997.
- [8] 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.
- [9] Chiclana F Herrera F Herrera V Viedma E. Integrating Three Representation models in Fuzzy Multipurpose Decision Making Based on Fuzzy Preference Relations [J]. Fuzzy Sets and System, 1998, 33-48.

(收稿日期 2010-09-15)

(上接第 37 页)

参考文献

- [1] 杨洪耕,王磊.基于拉盖尔多项式的非线性负荷谐波发射水平估计[J].中国电机工程学报,2005,25(7):81-85.
- [2] A. McEachern W. M. Grady W. A. Moncrief et al Revenue and Harmonics: An Evolution of Some Proposed Rate Structures [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1995, 10(1): 474-482.
- [3] 龚华麟,肖先勇.非线性度法在配电网谐波源探测中的应用[J].电力系统保护与控制,2010,38(8):30-34.
- [4] 周林,张凤,栗秋华,等.配电网中谐波源定位方法综述[J].高电压技术,2007,33(5):103-108.
- [5] Wilsun Xu Yilu Liu. A method for Determining Customer and Utility Harmonic Contribution at the Point of Common Coupling [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2000, 15(2): 804-811.
- [6] 刘秀玲,王洪瑞,王永青,等.临界阻抗法在配电网谐波源探测中的应用[J].电力系统自动化,2007,31(14):76-80.
- [7] H Yang P Pirotte A Robert Harmonic Emission Levels of Industrial Loads Statistical Assessment [C]. CIGRE Conference on Large High Voltage Electric Systems Paris France 1996, 36-306.
- [8] 张安安,杨洪耕.基于畸变波形同步分层估计谐波阻抗的探讨[J].电力系统自动化,2003,27(9):41-44.
- [9] 龚华麟,肖先勇,刘亚梅,等.基于主导波分量筛选原理的用户谐波发射水平估计方法[J].中国电机工程学报,2010,30(4):22-27.
- [10] 车权,杨洪耕.基于稳健回归的谐波发射水平估计方法[J].中国电机工程学报,2004,24(4):39-42.
- [11] 张巍,杨洪耕.基于二元线性回归的谐波发射水平估计方法[J].中国电机工程学报,2004,24(6):50-53.
- [12] 黄舜,徐永海.基于偏最小二乘回归的系统谐波阻抗与谐波发射水平的估计方法[J].中国电机工程学报,2007,27(1):93-97.
- [13] 刘凡,司马文霞,车权,等.基于改进 Madaline 网络的谐波发射水平估计[J].高电压技术,2006,32(10):91-93.
- [14] 惠锦,杨洪耕,林顺富,等.基于独立随机矢量协方差特性的谐波发射水平评估方法[J].电力系统自动化,2009,33(7):27-31.
- [15] T. Pfajfar B. Blazic I. Papic. Harmonic Contributions Evaluation with the Harmonic Current Vector Method [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2008, 23(1): 425-433.
- [16] 刘秀玲,王洪瑞.电网谐波阻抗的测量及其修正[J].电力系统及其自动化学报,2007,19(2):55-59.
- [17] International Electrotechnical Commission (IEC) Subcommittee 77A. Electromagnetic Compatibility (EMC) - part 3-6: Limits - assessment of Emission Limits for the Connection of Distorting Installations to MV, HV and EHV Power Systems [R]. United Kingdom: British Standards Institution, 2008.
- [18] E. Thunberg L. Soder A Norton Approach to Distribution Network Modeling for Harmonic Studies [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1999, 14(1): 272-277.
- [19] 何晓群,刘文卿.应用回归分析[M].北京:北京中国人民大学出版社,2001,18-28.
- [20] 程浩忠,艾芊,张志刚,等.电能质量[M].北京:清华大学出版社,2006,229-230.

(收稿日期:2010-10-19)