

兼容需求侧资源的负荷预测新方法

曾鸣,李娜,王涛,欧阳邵杰,王良

(华北电力大学 能源与电力经济研究咨询中心,北京 102206)

摘要:提出一种兼容需求侧资源的负荷预测新方法,其基本思路为“自上而下细分负荷,自下而上叠加计算”。该方法的主要步骤为确定预测范围、对用户进行分类、识别各类用户的各种需求侧资源、定量分析预测期内各类用户各种需求侧资源对负荷的影响效果,通过多层次叠加技术测算得到预测区域内考虑需求侧资源的最大负荷。基于此,构建考虑需求侧资源的负荷预测模型。以某110 kV变电站中某条线路的覆盖范围为仿真算例,结果表明,考虑需求侧资源影响后电网规划中的负荷预测结果显著降低。

关键词:需求侧资源;负荷预测;电网规划;模型

中图分类号: TM 715

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.10.010

0 引言

电力企业肩负着提供优质电能服务、确保国有资产保值增值、满足经济社会快速增长的电力需求等多方面的社会责任。但在新的形势下,电网企业在履行上述责任时将面临着更为严峻的挑战:一方面,随着经济社会快速发展,未来电力需求将进一步增长,这对电力供应侧提出了新的扩容要求;另一方面,电网扩容面临着土地、资金等多个因素的制约,导致电网规划落地难度大。因此,在供应侧资源扩容面临众多瓶颈的今天,电网公司亟需重新审视环境,发现新的资源,找到缓解上述瓶颈的新途径。

近年来,随着相关政策不断完善、技术水平不断提高,需求侧资源引起了人们的广泛重视,并在一些领域中越来越多地发挥着供应侧资源的作用。在国外,以美国为代表,包括能效 EE(Energy Efficiency)资源和需求响应 DR(Demand Response)资源在内的需求侧资源在电力系统运行和规划中得到了广泛的应用^[1-3]。通过在电力系统运行中调用不同的需求响应资源,达到了平衡系统供求、满足辅助服务需求等目标,降低了电力系统运行成本和相关市场的交易成本^[4-6]。在电力系统规划中,通过引入能效资源和需求响应资源,减少了对发电侧和电网侧进行扩容的需求,从而降低了大量的投资成本^[7-8]。在我国,需求侧资源在电力系统调度运行中的应用,主要是实施有序用电管理和负荷管理(包括电价政策和直接负荷控制)^[9-10]。近年来,我国已逐步探索将需求侧资源纳入电力系统规划的模式和方法,并已经启动了各种试点方案的研究。研究结果显示,引入需求侧资源,将大幅减少系统内供应侧资源的投资,同时可达到节约土地、减少浪费、减少温室气体排放等效果^[11-15]。在国内外,已有研究多是将需求侧作为一种资源考虑到综合资源规划和电力规划中,但

没有针对电网规划提出具体的应用方式和方法。

基于上述考虑,本文提出一种新的工作思路——将需求侧资源考虑到电网规划的电力负荷预测中,以缓解电网规划落地难、电网投资耗资大、电网设备利用率低等现存问题,促进电网规划与投资向着精益化的方向转变。

1 方法描述

1.1 总体思路

兼容需求侧资源的负荷预测新方法的目标为:通过合理统计估算某区域内各类需求侧资源的潜力,并将其潜力考虑到负荷预测过程中,使得负荷预测更为准确,以避免扩容方案粗放而造成投资浪费。其基本步骤可概括为“自上而下细分负荷,自下而上叠加计算”,具体内容如下。

a. 确定预测范围。选取某一变电站辐射范围的供电区域作为预测范围。

b. 对用户进行分类。对变电站每条馈线上接入的电力用户进行分类,一般可分为居民用户、工业用户、商业用户和其他用户等。

c. 识别各类用户的各种需求侧资源。每类用户可能同时有多类需求侧资源,各类需求侧资源会对用户的用电量或负荷特性产生不同的影响。因此,需充分识别各类用户可考虑到负荷预测过程中的需求侧资源。

d. 定量分析预测期内各类用户各种需求侧资源对负荷的影响效果。在定性识别潜在需求侧资源的基础上,需通过构建模型、相应的数据归集和处理技术,得到某类用户各类需求侧资源综合作用对传统负荷预测值的影响效果,从而得到该类用户考虑需求侧资源的负荷预测值。与电网规划工作相结合,一般只预测综合影响下的最大负荷值。

e. 通过多层次叠加技术测算得到预测区域内考虑需求侧资源的最大负荷。采用负荷同时率处理技

术,逐层叠加最终得到变电站范围内考虑需求侧资源的负荷预测结果。

兼容需求侧资源的负荷预测方法包括 3 个关键环节,即用户类型及相应的需求侧资源界定、需求侧资源潜力分析、需求侧资源作用下的最大负荷分析。

1.2 需求侧资源的界定

综合考虑我国相关政策导向(如《可再生能源管理办法》和《有序用电管理办法》)、行业发展、技术进步等因素,根据需求侧资源对负荷曲线的作用效果,将考虑到负荷预测中的需求侧资源分为能效类资源和负荷类资源两大类。

所谓能效类资源,指通过提高用电效率从而达到降低用电量及负荷水平的技术措施,如绿色照明、节能型家用电器、变压器节能、电动机系统节能、节能电梯、节能空调等。引入能效类资源可以在所有时间内降低用户的用电量,从而减少用户对发电容量和输电容量的需求,在负荷曲线图上表现为负荷曲线的整体下移,其效果如图 1 所示。

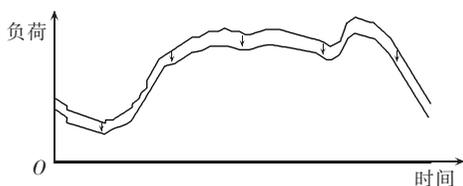


图 1 能效类资源作用效果图

Fig.1 Effect of energy efficiency resource

负荷类资源是用户自愿选择的,通过减少用电设备的用电量或者改变用电时间而达到降低负荷目的的各种经济措施或行政措施,其中,经济措施包括峰谷电价、阶梯电价、季节性电价和可中断电价等电价政策,行政措施包括有序用电管理和直接负荷控制。负荷类资源的规划和实施将达到节电的目的(效果),在负荷曲线图上表现为曲线形状的变化,如图 2 所示。

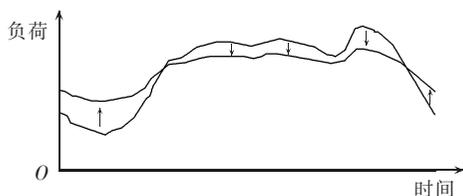


图 2 负荷类资源作用效果图

Fig.2 Effect of load resource

传统电力负荷预测中,需要对区域内不同负荷类型的用户进行分类。而不同类型的用户也对应着特有的需求侧资源,如表 1 所示。

每一类电力用户都有多个用电环节,如居民用户的主要用电环节包括照明、空调、冰箱、热水器等,工业用户的主要用电环节包括照明、电动机等,商业用户的主要用电环节包括照明、空调等。而各类用户的每个用电环节都可能存在需求侧资源。同理,

表 1 用户类型及其需求侧资源界定
Tab.1 Customer types and demand-side resource definitions

用户类型	需求侧资源		
	能效类资源	负荷类资源	
居民用户	绿色照明、节能家电	峰谷电价、季节性电价、经济激励措施、家庭显示系统	
工业用户	轻工业	绿色照明、高效变压器、高效电动机、节能电梯、节能空调	可中断电价、峰谷电价、季节性电价、有序用电管理、直接负荷控制
	重工业	同轻工业	同轻工业
商业用户	宾馆	绿色照明、高效变压器、高效电动机、节能电梯、节能空调	同轻工业
	商场	同宾馆	同轻工业
	写字楼	同宾馆	同轻工业
其他用户	高校	绿色照明、高效变压器、高效电动机、节能电梯、节能空调	同轻工业
	研究机构	同高校	同轻工业
	机关	同高校	同轻工业
	医院	同高校	同轻工业

每类用户也可能参加多项负荷类需求侧管理项目。

2 模型构建

本部分研究兼容需求侧资源的负荷预测模型,主要包括以下 3 个方面的研究内容。

2.1 某一类电力用户最大负荷的求解

对于某一类电力用户,考虑各类需求侧资源的负荷预测总体分 2 步计算:第一步,考虑能效类资源对用电量进而平均用电负荷的影响;第二步,在第一步的基础上,考虑不同负荷类资源对负荷率进而用户最大负荷的影响。

(1) 考虑单一需求侧资源的最大负荷预测。

考虑单一需求侧资源的最大负荷预测为本研究的基础情形。该情形下,对于某类用户只考虑单一需求侧资源(即用户只有一个用电环节,且同时存在一项能效类资源和一项负荷类资源)对其最大负荷的影响,最大负荷预测模型如式(1)所示。

$$P_{\max} = Q_0(1 - \alpha_{EE}) \frac{1}{t} \frac{1}{\beta_{LD}} \quad (1)$$

其中, P_{\max} 为需求侧资源作用下最大负荷的预测结果(万 kW); Q_0 为初始用电量,即不考虑需求侧管理资源、通过常规预测方法所得用电量预测值(万 kW·h); α_{EE} 为该类用户在能效类资源作用下的降耗率,等于自然节电率与用户渗透率的乘积; β_{LD} 为该类用户在负荷类资源作用下的负荷率; t 为预测时间段(h)。

(2) 考虑多种需求侧资源的最大负荷预测。

在考虑单一需求侧资源影响的基础上,进一步研究考虑多种需求侧资源的最大负荷预测模型。

a. 多种能效类资源分析。

首先,考虑多种能效类资源作用下总用电量的

变化。假设 ΔQ 为节电量, ΔQ_i 为第 i 个用电环节的节电量, $Q_{i,0}$ 为第 i 个用电环节的初始用电量; $\alpha_{EE,i}$ 为该类用户第 i 个用电环节在能效类资源作用下的降耗率; λ_i 为表示能效类资源是否存在的状态系数, λ_i 值为 0 时表示用户没有此种资源, λ_i 为 1 时表示拥有此种资源。

该类用户第 i 个用电环节在能效类资源作用下的节电量为:

$$\Delta Q_i = Q_{i,0} \lambda_i \alpha_{EE,i} \quad (2)$$

多种能效类资源作用下,总的节电量为各用电环节节电量之和:

$$\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \dots + \Delta Q_i + \dots + \Delta Q_k \quad (3)$$

其中, k 为该电力用户用电环节的个数。

因此,能效类资源作用下的用电量 Q_{EE} 为:

$$Q_{EE} = Q_0 - \Delta Q \quad (4)$$

b. 多种负荷类资源分析。

考虑了多种能效类资源后,进一步考虑多种负荷类资源的作用。在单一负荷类资源作用下减少的最大负荷的计算公式为:

$$\Delta P_{\max,i} = \begin{cases} P_{\max,0} - Q_{EE} \lambda_i \frac{1}{\beta_{LD,i}} \frac{1}{t} & \lambda_i = 1 \\ 0 & \lambda_i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

其中, $\Delta P_{\max,i}$ 为第 i 种负荷类资源作用下减少的最大负荷(万 kW); $P_{\max,0}$ 为在能效类资源作用下的最大负荷(万 kW); $\beta_{LD,i}$ 为该电力用户第 i 种负荷类资源作用下的负荷率。

多种负荷类资源作用下减少的最大负荷为:

$$\Delta P_{\max} = (\Delta P_{\max,1} + \Delta P_{\max,2} + \dots + \Delta P_{\max,i} + \dots + \Delta P_{\max,w}) \zeta_1 \quad (6)$$

其中, w 为该用户拥有的负荷类资源的数目; ζ_1 为多种不同负荷类资源的负荷同时率。

因此,需求侧资源作用下最大负荷的预测结果为:

$$P_{\max} = P_{\max,0} - \Delta P_{\max} \quad (7)$$

2.2 同一馈线多类电力用户最大负荷的求解

假设 $P_{\max,ij}$ 为第 i 条送电线路第 j 类电力用户在需求侧资源作用下的最大负荷,那么第 i 条送电线路所有用户的效益叠加结果为:

$$P_{\max,i} = \left(\sum_{j=1}^m P_{\max,ij} \right) \zeta_2 \quad (8)$$

其中, m 为此馈线上电力用户分类个数; $P_{\max,i}$ 为第 i 条送电线路覆盖区域的最大负荷(万 kW); ζ_2 为同一馈线上多种电力用户的负荷同时率。

2.3 综合最大负荷的求解

由于整个变电站涵盖多条用电线路,因此在求解综合最大负荷时,需要考虑每条线路的用电状况,继而进行用电叠加,叠加效果为:

$$P_{U\max} = \sum_{i=1}^n P_{\max,i} = \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m P_{\max,ij} \right) \zeta_2 \right] \zeta_3 \quad (9)$$

其中, $P_{U\max}$ 为综合最大负荷(万 kW); ζ_3 为不同馈线的

负荷同时率; n 为该变电站线路条数。

3 算例分析

以北京市某一 110 kV 变电站中某条线路的覆盖范围为考虑对象,并假设初始负荷率和同时率都为 0.6,在明确用户类型,分析各用户的主要用电环节,测算其在能效类资源和负荷类资源作用下的节电降荷效果的基础上,得到考虑需求侧资源的变电站电力负荷预测结果。

3.1 基础数据

通过调查分析可知,该线路包含第 1 节中涉及的所有电力用户,各用户的基本情况如下:居民用户的用电环节分为照明、热水器、空调、电冰箱和其他;轻工业分为照明、空调、生产设备和其他;重工业分为照明、变压器、动力系统和其他;商业用户和其他用户统一划分为照明、电梯、空调与其他。在把需求侧资源引入日常生产与生活中时,不考虑各用电环节的其他部分。相关基础数据如表 2 所示。

表 2 兼容需求侧资源负荷预测的基础数据
Tab.2 Basic data for load forecasting compatible with demand-side resources

用户类型	能效类资源下的平均降耗率	负荷类资源下的平均负荷率
居民用户	0.115	0.633
工业用户	轻工业	0.168
	重工业	0.091
商业用户	宾馆	0.144
	商场	0.153
	写字楼	0.142
其他用户	研究机构	0.144
	机关	0.142
	医院	0.161

3.2 预测结果

基于模型构建理论以及相关基础数据,计算可以得到需求侧资源带来的节电效果。将需求侧资源引入前后各类用户用电量和最大负荷的数据进行对比分析,如表 3 和表 4 所示。分析结果可知,在需求侧资源(能效类资源和负荷类资源)的作用下,各电

表 3 兼容需求侧资源前后负荷预测的电量对比结果

Tab.3 Comparison between energies forecasted with and without consideration of demand-side resources

用户类型	初始电量/(MW·h)	需求侧资源下的用电量/(MW·h)	电量减少比例/%
居民用户	16000	14223.93	11.10
工业用户	轻工业	990	864.50
	重工业	3640	3369.79
商业用户	宾馆	2160	1902.81
	商场	2280	1933.23
	写字楼	1750	1583.28
其他用户	研究机构	1010	887.16
	机关	1490	1304.88
	医院	2830	2434.20

表 4 兼容需求侧资源前后负荷预测的
负荷对比结果

Tab.4 Comparison between loads forecasted with and
without consideration of demand-side resources

用户类型	初始最大 负荷/MW	需求侧资源下的 最大负荷/MW	最大负荷 减少比例/%	
居民用户	37.04	28.91	21.95	
工业 用户	轻工业	2.30	1.69	26.52
	重工业	8.42	6.71	20.31
商业 用户	宾馆	5.00	3.83	23.40
	商场	5.28	3.89	26.33
	写字楼	4.05	3.18	21.48
其他 用户	研究机构	2.33	1.82	21.89
	机关	3.44	2.52	26.74
	医院	6.55	4.89	25.34

力用户的用电量和最大负荷都呈明显的下降趋势,其中,用电量的减少比例基本维持在 10% 以上,而最大负荷的减少比例都已超过 20%。由此可知,考虑需求侧资源影响后,电网规划中的负荷预测结果将显著降低,从而能够降低变电站和线路的扩容需求,带来可观的投资节约效益。

4 结论

本文在传统负荷预测方法的基础上引入了需求侧资源,构建了兼容需求侧资源的多馈线负荷预测模型,采用多重叠加技术进行求解。算例分析结果表明,考虑需求侧资源的电力负荷预测新方法,能够更为准确地测算特定供电范围的负荷情况。新的负荷预测方法旨在为相关工作主体提供新的思路,有利于克服当前电力规划与投资过程中面临的瓶颈。所提模型和计算方法具备一定的可操作性、可复制性、可扩展性,可结合实际预测地区的情况进一步研究大规模计算工具,并转化为相应的应用软件系统。

参考文献:

- [1] KEANE A, TUOHY A, MEIBOM P, et al. Demand side resource operation on the Irish Power System with high wind power penetration[J]. Energy Policy, 2011, 39(5): 2925-2934.
- [2] JIA Wenzhao, KANG Chongqing, CHEN Qixin. Analysis on demand-side interactive response capability for power system dispatch in a smart grid framework[J]. Electric Power Systems Research, 2012, 90: 11-17.
- [3] JAMSHID A, MOHAMMAD-IMAN A. Demand response in smart electricity grids equipped with renewable energy sources: a review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 18(2): 64-72.
- [4] MARMAN M, KAMEL F. Demand side response to mitigate electrical peak demand in Eastern and Southern Australia[J]. Energy Procedia, 2011, 12: 133-142.
- [5] KARANGELOS E, BOUFFARD F. Towards full integration of demand-side resources in joint forward energy/reserve electricity markets[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2012, 27(1): 280-289.
- [6] PEDRASA M, SPOONER T D, MACGILL I F. Scheduling of demand side resources using binary particle swarm optimization[J].

IEEE Transactions on Power Systems, 2009, 24(3): 1173-1181.

- [7] RAMANATHAN B, VITTAL V. A framework for evaluation of advanced direct load control with minimum disruption [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2008, 23(4): 1681-1688.
- [8] PALENSKY P, DIETRICH D. Demand side management, demand response, intelligent energy systems, and smart loads [J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2011, 7(3): 381-388.
- [9] 龙虹毓, 马建伟, 吴镔, 等. 含热电联产和风电机组的电网节能调度[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(11): 18-22.
LONG Hongyu, MA Jianwei, WU Kai, et al. Energy conservation dispatch of power grid with mass cogeneration and wind turbines [J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(11): 18-22.
- [10] 梁甜甜, 高赐威, 王蓓蓓. 智能电网下电力需求侧管理应用[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(5): 81-85.
LIANG Tiantian, GAO Ciwei, WANG Beibei. Applications of demand side management in smart grid [J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(5): 81-85.
- [11] 徐敏杰, 吴俊勇, 胡兆光, 等. 电力市场环境基于多智能体的多目标电网规划方法[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(1): 33-37.
XU Minjie, WU Junyong, HU Zhaoguang, et al. Multi-agent based multi-objective network planning in power market environment [J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(1): 33-37.
- [12] 丁伟, 胡兆光. 智能工程理论扩展及其在电网规划中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(16): 15-21.
DING Wei, HU Zhaoguang. Intelligent engineering theory expanding and its application in transmission planning [J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(16): 15-21.
- [13] 周景宏, 胡兆光, 田建伟, 等. 电力综合资源战略规划模型与应用[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11): 19-22.
ZHOU Jinghong, HU Zhaoguang, TIAN Jianwei, et al. A power integrated resource strategic planning model and its application [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(11): 19-22.
- [14] 田建伟, 胡兆光, 周景宏, 等. 考虑需求方响应资源的智能输电网扩展规划[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(10): 45-50.
TIAN Jianwei, HU Zhaoguang, ZHOU Jinghong, et al. Smart transmission grid expansion planning considering demand response resource [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(10): 45-50.
- [15] 王蓓蓓, 李扬. 面向智能电网的电力需求侧管理规划及实施机制 [J]. 电力自动化设备, 2010, 30(12): 19-24.
WANG Beibei, LI Yang. Demand side management planning and implementation mechanism for smart grid [J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(12): 19-24.

作者简介:

曾 鸣(1957-), 男, 山西太原人, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为电力技术经济、电力需求侧管理;

李 娜(1985-), 女, 天津人, 博士研究生, 研究方向为电力市场、电力技术经济;

王 涛(1984-), 女, 土家族, 湖南湘西人, 硕士研究生, 研究方向为电力市场理论及应用 (E-mail: chenshizhuren@126.com);

欧阳邵杰(1989-), 男, 浙江杭州人, 硕士研究生, 研究方向为电力市场理论及应用;

王 良(1990-), 男, 河北衡水人, 硕士研究生, 研究方向为电力市场理论及应用。

(下转第 73 页 continued on page 73)

- [10] TAN S C, LAI Y M, TSE C K, et al. Indirect sliding mode control of power converters via double integral sliding surface [J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2008, 23(2): 600-611.
- [11] REVATHY R, SENTHIL K N. Design and evaluation of robust controller for AC to DC Boost converter [C] // International Conference on Computer, Communication and Electrical Technology. Tamilnadu, India: IEEE, 2011: 405-410.
- [12] PAN Pinglung, CHERN Tzuenli, KUANG Jaohwa. Sliding mode control for PWM single phase Boost power factor correction [C] // 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. Taichung, China: IEEE, 2010: 1247-1252.
- [13] SHTESSEL Y, BAEV S, BIGLARI H. Unity power control in three-phase AC/DC Boost converter using sliding modes [J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2008, 55(11): 3874-3882.
- [14] CHU G, TAN S C, TSE C K, et al. General control for Boost PFC converter from a sliding mode viewpoint [C] // 39th IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC 08). Rhodes, Greece: IEEE, 2008: 4452-4456.
- [15] HARIRCHI F, RAHMATI A, ABRISHAMIFAR A. Boost PFC converters with integral and double integral sliding mode control [C] // 19th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE). Tehran, Iran: IEEE, 2011: 1-6.
- [16] LI N, LINSHI X, JAAFAR A, et al. Integral sliding mode controllers for SEPIC converters [C] // Proceedings of the 29th Chinese Control Conference. Beijing, China: IEEE, 2010: 564-569.

作者简介:

郑连清(1964-),男,浙江金华人,教授,博士,研究方向为电力电子技术与应用(E-mail: lqzheng64@cqu.edu.cn);

鲁思男(1987-),男,重庆人,硕士研究生,研究方向为PFC变换器的混沌现象分析及控制。

Control of fast-scale bifurcation in Boost PFC converter

ZHENG Lianqing¹, LU Sinan²

(1. State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Chongqing Municipal Power Corporation, Chongqing 400039, China)

Abstract: A discrete model of Boost PFC converter is built, the stroboscopic map of its inductor current is obtained and its phase-plane trajectory is applied to reveal the relationship between input voltage and inductor current stability. The small parametric perturbation method and the double integral sliding mode method are respectively adopted to avoid bifurcations. Simulative results show that, the later, with better robustness and higher power factor, does not need to exert external disturbance, effectively avoids the bifurcations caused by input voltage variation and has better fast-scale bifurcation control effect.

Key words: electric converters; power factor correction; fast-scale; bifurcation; small parametric perturbation; double integral sliding mode

(上接第 62 页 continued from page 62)

Load forecasting compatible with demand-side resources

ZENG Ming, LI Na, WANG Tao, OUYANG Shaojie, WANG Liang

(Research Advisory Center of Energy and Electricity Economics, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: A method of load forecasting is proposed, which is compatible with the demand-side resources. Its basic idea is "top-down load subdividing and reverse calculating" and its main steps are as follows: determine the forecasting area; classify power consumers; identify the demand-side resources of different consumers; quantitatively analyze the impact of demand-side resources of different consumers on the load; with the consideration of demand-side resources, calculate the maximum load of forecasting area through multi-level stacking technique. The load forecasting model considering the demand-side resources is built. Simulation is carried out for a 110 kV substation feeder and results show that, with the consideration of demand-side resources, the load forecasted for grid planning is much lower.

Key words: demand-side resource; electric load forecasting; grid planning; models