

电力市场合理价格上限之确定

康建伟,周浩

(浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027)

摘要: 基于浙江电力市场,利用系统剩余容量百分比和平均上网电价的关系曲线,分析了在不同的竞价负荷情况下平均电价与价格上限的关系。然后,基于分析结果,从资本回报率的角度出发,根据实际竞价负荷的增长率和平均发电成本,即可推算出一个比较合理的价格上限。

关键词: 价格上限; 电力市场; 系统剩余容量百分比; 资本回报率

中图分类号: TM73; F123.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)09-0006-03

0 引言

在现阶段,由于负荷增长幅度过快,电源建设不能及时跟进等原因,出现了全国大范围的拉闸限电的情况。由于电源建设的周期较长,而负荷有可能还会继续增加,电力市场如何发展已成为一个十分重要的研究课题。而在电力市场中,价格上限的设定是一个重要方面。较高的价格上限有利于吸引投资,保证电源的供给,但是设定值过高,市场风险太大;较低的价格上限可以避免过大的风险,但是设定值过低,不利于市场竞争,打击投资者的信心,从而不利于市场的良性发展,因此,对价格上限的设定方法进行分析探讨显得异常重要。

目前,关于价格上限的具体设定方面的文章比较少。文献[1]对电力产业管制中广泛应用的价格上限管制进行了介绍和分析;文献[2]探讨了价格上限管制中效率因子 x 的理论计算方法;文献[3,4]分别分析了价格的一些特性和基于生产成本回收的报价策略;文献[5]研究了最高限价出现的频率及其与系统负荷的关系;文献[6]给出了设置发电公司报价上限的一种启发式方法。同时,文献[6]也指出,到目前为止并不存在确定允许的发电公司报价上限的系统的理论与方法。

本文基于浙江电力市场的实际运行数据,利用系统剩余容量百分比与平均上网电价的关系曲线,分析了在不同的竞价负荷的情况下(如1年内)的平均电价随价格上限变化的情况。根据分析结果,从资本回报率的角度出发,再根据竞价负荷的增长率和市场平均发电成本,给出一个比较合理的价格上限。

1 系统剩余容量百分比与平均上网电价的统计学关系

根据文献[7]提出的反映供需情况的系统剩余容量百分比(SCP)的概念:

$$SCP = \frac{C_{bid} - (L_{fore} - C_{hdse} - C_{nbid})}{C_{bid}} \times 100 \quad (1)$$

式中: C_{bid} 为竞价机组可用容量; L_{fore} 为预测负荷; C_{hdse} 为华东售电; C_{nbid} 为非竞价机组固定出力。

在浙江电力市场中,市场运作按交易日进行,每个交易日为日历日,分为48个时段,每个交易时段为30分钟。统计2001年1月1日~2003年6月30日期间30分钟的SCP和平均上网电价,同时修正部分不合理的数据,结果如图1所示。

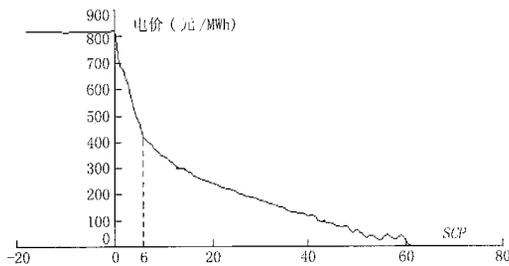


图1 SCP和平均上网电价的关系

Fig 1 Relation between SCP and average generation price

从图1可以看出,平均上网电价随着SCP的减小而呈非线性的上升。当SCP=6时,平均上网电价开始急剧上升,可近似用一条线性曲线AB表示,如图2所示。当SCP小于零时,平均上网电价接近电价上限(浙江电力市场中价格上限为820元/MWh)。

如果电价上限变化到C点,假设参与市场竞价的发电商是理性的,那么当SCP=0时,平均上网电

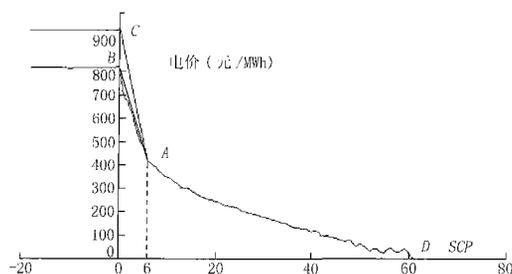


图 2 SCP和平均上网电价的模拟曲线

Fig 2 Simulation curve of SCP and average generation price

价就会接近新的电价上限;当 SCP 大于零时,电价曲线也会不同程度地升高。同时,美国加州对电价上限的分析试验表明^[8],价格上限变化时,只有当负荷大于 41 GW 时,市场电价才开始随价格上限的升高而出现明显的升高现象,并且当负荷等于 45 GW 时,市场电价就达到了新的电价上限。由于浙江电力市场和加州电力市场比较相似,因此,可以认为在浙江电力市场中,只有 SCP 小于一定值后,市场电价才会随着价格上限的升高而升高,故当价格上限升高到 C 点时,认为电价曲线从曲线 BAD 变化为曲线 CAD 是合理的。

2 电价上限模型的建立

建立电价上限模型的主要思路如下:

统计 2001 年 1 月 1 日 ~ 2003 年 6 月 30 日期间 30 分钟的 SCP 和平均上网电价曲线图,如图 1 所示。

选取一段时间(如 1 年)内竞价机组可用容量和竞价负荷 ($L_{fore} / C_{hdsc} / C_{nbid}$) 的 30 分钟数据作为基础数据。由于一定时期内参与市场竞价的机组的可用容量为一定值(也可以认为其发生变化,但是其变化率为 0),当竞价负荷变化为 L_i (L 表示竞价负荷,下同)时,由式(1)可知,其 SCP_i 值也会发生变化,由图 1 可知,其相应的平均上网电价也会发生变化。

当价格上限变化以后,根据图 1 可以得到新的 SCP 和平均上网电价曲线图(类似于图 2)。

在价格上限为 P_c 的情况下,根据该价格上限情况下的 SCP 和平均上网电价曲线图,可以得到竞价负荷变化之后的电价 P_i , 然后根据变化之后的竞价负荷 L_i 和其对应的电价 P_i , 求得该时期内的平均电价 $P_{a,i}$, 即有 $P_{a,i} = \sum L_i P_i / \sum L_i$ 。因此,在竞价负荷为 L_i 的情况下,得到一组 $(P_{c,i}, P_{a,i})$ 数据。

重复步骤 ,可以得到另外一组 $(P_{c,j}, P_{a,j})$ 数据,重复多次,可以得到在竞价负荷为 L_i 的情况下,平均电价 P_a 随价格上限 P_c 变化的关系曲线。

类似地,在不同的竞价负荷情况下,可以得到多条平均电价随价格上限变化的关系曲线。

根据实际的竞价负荷水平和实际的平均发电成本及许可的资本盈利率,市场监管部门就可以设置一个比较合适的价格上限。假如市场竞价负荷水平(预测负荷 L_{fore} 可以提前得到,而 C_{hdsc} 和 C_{nbid} 均是通过谈判提前签订的,因此认为也是可以提前得到的)平均较去年同期增长 10%,那么就可以根据步骤中的相应的曲线图得到平均电价随价格上限变化的那条关系曲线,同时,假定实际的平均发电成本为 330 元 / MWh,许可的资本盈利率为 10%,其相应的平均上网电价为 363 元 / MWh,那么就可以得到对应于平均上网电价为 363 元 / MWh 的价格上限 $P_{c,0}$ 。因此,市场监管部门就可以将价格上限设定为 $P_{c,0}$ 。

3 计算结果

统计得到 2002 年全年 30 分钟的竞价负荷和竞价机组的可用容量,假定竞价机组可用容量的增长率为 0,竞价负荷的增长率从 0 变化到 1,价格上限从 400 元 / MWh 变化到 4500 元 / MWh,同时考虑到图形的可视性,选取竞价负荷增长率为 0.1、0.25 和 0.85 共三条曲线如图 3 所示,全部曲线的斜率见图 4。

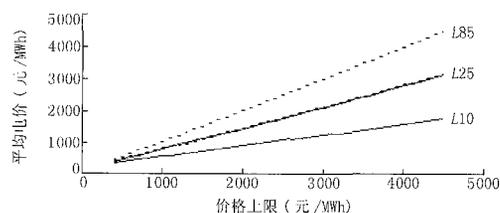


图 3 不同竞价负荷增长率下的价格上限和平均电价关系图

Fig 3 Relation between price cap and average price in the different increase rate of the bidding load

其中 L10 表示竞价负荷增长 0.1, L25 表示竞价负荷增长 0.25, L85 表示竞价负荷增长 0.85。

从图 3 可以看出,在一定的竞价负荷增长水平下,平均电价随着价格上限的增加而升高;平均电价随着竞价负荷增长率的升高,在价格上限增加幅度相同的情况下,其增加幅度也在升高,即其曲线斜率随着竞价负荷增长率的升高而升高。从曲线 L10 可以得到,第 2 节步骤 中的价格上限 $P_{c,0}$ 取 505 元 / MWh。

从图 4 可以看出,曲线斜率随着竞价负荷增长

率的增加而升高;当竞价负荷增长率增加到一定程度时,曲线斜率随着竞价负荷增长率的升高,其增加幅度变缓,并且曲线斜率趋向于 1,最终会等于 1。这表明,随着竞价负荷的增加,如果市场中的可用容量不能相应增加,市场中的平均电价就会不断升高,直至达到价格上限,并且当竞价负荷增加到一定程度后,平均电价随着价格上限的变化而同等幅度的变化,此时曲线斜率为 1。在此种情况下,如果升高价格上限不能有效地增加市场中的可用容量,那么就要考虑降低价格上限或者关闭市场,否则购电方的风险就会急剧增加。

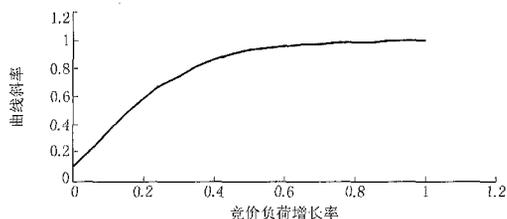


图 4 曲线斜率与竞价负荷增长率的关系

Fig 4 Relation between the slope coefficient of curve and the increase rate of bidding load

4 结论

在我国电力市场的现阶段,由于负荷需求侧还不能有效地参与市场竞价,本文基于浙江电力市场,利用系统剩余容量百分比和平均上网电价的关系曲线,在竞价机组可用容量不变(变化率为零)和竞价负荷不断增加的情况下,初步分析了平均电价和价格上限之间的关系。结果表明,在竞价负荷增长率一定的情况下,平均电价随着价格上限的增加而呈线性增加;曲线斜率随着竞价负荷增长率的升高而变大,当竞价负荷增长率达到一定程度后,曲线斜率趋向于 1,其最大值为 1。并且从资本回报率的角度出发,根据竞价负荷的增长率和市场平均发电成本,可以得到一个比较合理的价格上限。

参考文献:

- [1] 张宗益,杨世兴,李豫湘. 电力产业激励性管制机制[J]. 重庆大学学报, 2002, 25(11): 1-4
ZHANG Zong-yi, YANG Shi-xing, LI Yu-xiang Incentive Regulation of Power Industry[J]. Journal of Chongqing University, 2002, 25(11): 1-4
- [2] 沈毅. 价格上限管制中效率因子 X 的计算方法[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2003, 5(2): 5-8
SHEN Yi Determination of X-factors in Price Cap Regulation Plans[J]. Journal of BUPT, Social Sciences Edition, 2003, 5(2): 5-8
- [3] 倪波,黄民翔,孙志明. 考虑了负荷和天然气价格影响的电价模型[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(5): 39-42
NI Bo, HUANG Min-xiang, SUN Zhiming The Electricity Prices Model with Consideration of Load and Gas Prices Effects[J]. Proceeding of the EPSA, 2003, 15(5): 39-42
- [4] 刘继春,刘俊勇. 发电公司回收成本型报价决策[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(4): 79-82
LIU Ji-chun, LIU Jun-yong Bidding Strategy Model for Cost Callback[J]. Proceeding of the EPSA, 2003, 15(4): 79-82
- [5] 李灿,龚乐年,宋燕敏,等. 电力市场中现货电价的分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2001, 13(6): 67-70
LI Can, GONG Le-nian, SONG Yan-min, et al The Analysis of Spot Prices in Electricity Market[J]. Proceeding of the EPSA, 2001, 13(6): 67-70
- [6] 许诺,文福栓,颜汉荣,等. 设置发电公司报价上限的一种启发式方法[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(13): 19-23
XU Nuo, WEN Fu-shuan, YAN Han-rong, et al A Heuristic Approach to Price Cap Setting for Generation Companies in Electricity Markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(13): 19-23
- [7] 周浩,陈建华,孙维真. 电力市场中的电价分析与调控[J]. 电网技术, 2004, 28(6): 37-40
ZHOU Hao, CHEN Jian-hua, SUN Wei-zhen Analysis and Adjustment of Electricity Price in the Electricity Market[J]. Power System Technology, 2004, 28(6): 37-40
- [8] California ISO. Price Cap Policy for Summer 2000[R]. 2000.

收稿日期: 2004-08-25; 修回日期: 2004-10-12

作者简介:

康建伟(1979-),男,硕士研究生,从事电力市场和电力系统方面的研究; E-mail: kangjianwei79@etang.com

周浩(1963-),男,副教授,从事电力市场和电力系统方面的研究。

Setting reasonable price cap in electricity market

KANG Jian-wei, ZHOU Hao

(下转第 49 页 continued on page 49)

- Power System, Doctoral Dissertation [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2001.
- [3] 卓放,杨君,胡军飞,等. 三相四线制系统并联型有源电力滤波器实验研究 [J]. 电力电子技术, 1999, (12): 16-18
ZHUO Fang, YANG Jun, HU Jun-fei, et al Study on Shunt Active Power Filter Device Used for Three-phase Fourwire[J]. Power Electronics, 1999, (12): 16-18
- [4] WONG Man-chung, ZHAO Zheng-yi, HAN Ying-duo, et al Three-dimensional Pulse-width Modulation Technique in Three-level Power Inverters for Three-phase Fourwired System [J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2001, 16(3): 418-427.

收稿日期: 2004-08-11; 修回日期: 2004-09-27

作者简介:

常鹏飞 (1980 -),男,硕士研究生,研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; Email: pfcchang@nari-china.com

王彤 (1971 -),男,硕士,工程师,主要研究方向为大功率电力电子变流器;

曾继伦 (1942 -),男,硕士,教授级高级工程师,主要研究方向为电力系统运行与控制、水轮机调速以及电力电子在电力系统中的应用等。

Simulation research on control method of three-phase four-wire active power filters

CHANG Peng-fei, WANG Tong, ZENG Ji-lun

(Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: This paper studies on control method of three-phase four-wire active power filters, and introduces the i_p and i_q detecting method based on the theory of instantaneous reactive power. It introduces the space vectors' distribution and the realization of 3D-SVPWM in detail. At the current detecting part, because of the exist of the neutral line, it separates the null current at first, and then detects the three-phase current based on the theory of instantaneous reactive power which can realize the current detecting in three-phase four-wire system. It adopts the 3D-SVPWM technique at the compensation current control part. In the 3D-SVPWM technique, the null vectors which change into the positive vector and the negative vector influence the outputs of the converters. The 3D-SVPWM technique solves the problem of the neutral line current by this influence and realizes the compensation for the imbalance, harmonic and neutral currents. The simulation results show that the 3D-SVPWM technique is valid. It obtains better compensation effect and improves power quality.

Key words: three-phase four-wire; active power filter; instantaneous reactive power; three-dimensional space vector pulse width modulation (3D-SVPWM); power quality

(上接第 8 页 continued from page 8)

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Based on Zhejiang electricity market, the relation between average price and price cap in the different increase rates of bidding bid is analyzed with the relation curve of SCP and average generation price. From the view of the return rate of capital, the adequate price cap could be estimated in accordance with the increase rate of bidding bid and the average cost of electricity-generating.

Key words: price cap; electricity market; system surplus capacity percent (SCP); return rate of capital

(上接第 20 页 continued from page 20)

Short-term load fast forecasting based on support vector regression

WANG Li-dong, LI Zhi-yu, WEN Jin-yu

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Liuzhou Hydropower Exploration and Design Institute, Liuzhou 545000, China)

Abstract: An online training algorithm for short-term load fast forecasting based on SVR (Support Vector Regression) method is presented. In order to provide the accurate forecasted load, the regression function is updated by inputting new load data in the proposed algorithm. The online training algorithm not only results in a smaller number of support vectors with the same accuracy preserved but also has a much faster convergence and a better generalization performance compared with the conventional SVR algorithms. The results obtained from experiments show that the algorithm can achieve great forecasting accuracy and high computing speed.

This project is supported by XJ Bounty of China Electricity Fund

Key words: short-term load forecasting; support vector machine; support vector regression