

电力市场结算方法与竞价原理研究

赖菲, 丁振华, 戴宏伟, 张崇见, 张学松

(烟台东方电子信息产业股份有限公司, 山东 烟台 264001)

摘要: 比较了在目标函数为购电费用最小时,按照系统边际电价和按照机组实际申报价格进行结算的两种方法的优劣,认为目前电力市场按机组实际申报价格结算有一定的优势。讨论了两种典型的报价曲线在不同结算方法下的竞价原理。可以为电力市场中结算方法的规则设计提供理论上的依据及参考。

关键词: 电力市场; 结算方法; 竞价原理; 报价曲线

中图分类号: TM744

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2002)06-0007-03

1 引言

为了避免少走弯路,电力市场中急需澄清的问题非常多,如市场中的结构设计、交易模式、电价机制、结算方法、辅助服务以及输电网络管理等等,这些问题解决的好坏将直接影响我国电力工业的改革是否可以顺利地完成。

本文对在以购电费用最小为目标函数下两种结算方法的优劣问题进行了讨论,认为按照机组的实际申报价格进行结算有一定的优势。讨论了两种典型的报价曲线在不同结算方法下各自的竞价原理。可以为电力市场中结算方法的规则设计提供理论上的依据及参考。

2 购电费用结算方法分类

目前,电力市场主要有两种结算方法^[1]:方法1按系统边际电价进行结算;方法2按机组的实际申报价格进行结算。

为此,电力市场的目标函数也分为两种,一种是按系统边际电价进行结算的购电费用最小的目标函数:

$$\min F_m, F_m = \sum_{i=1}^I C_{om} \cdot P_i \quad (1)$$

式中 F_m 表示电网购电费用; P_i 为发电商(或发电机组) i 竞价获得的发电功率; i 表示发电商的序号, I 表示发电商总数; C_{om} 表示系统边际电价。

$$C_{om} = \max\{C_{01}(P_1), C_{02}(P_2), \dots, C_{0I}(P_I)\}_{i=1}^I \quad (2)$$

式中 $C_{0i}(P_i)$ 表示发电商 i 的报价曲线,是发电功率 P_i 的函数。

另一种是按照机组的实际申报价格进行结算的购电费用最小的目标函数:

$$\min F_b, F_b = \sum_{i=1}^I C_i(P_i) = \sum_{i=1}^I C_{0i}(P_i) \cdot P_i \quad (3)$$

式中 $C_i(P_i)$ 表示发电商 i 发电费用曲线(由报价曲线 $C_{0i}(P_i)$ 得到),是发电功率 P_i 的函数。

两种目标函数有相同的约束^[1],其中系统功率平衡约束为:

$$\sum_{i=1}^I P_i - P_D = 0 \quad (4)$$

式中 P_D 为用于竞价的电网总负荷功率。

3 结算方法与竞价原理

3.1 购电费用最小原则

约束(4)和目标函数(1)的极值问题,因为边际价格 C_{om} 对全网来说是一个值,所以可以从(1)和式中提出来:

$$\min F_m, F_m = \sum_{i=1}^I C_{om} P_i = C_{om} P_D \quad (5)$$

这样满足(4)约束条件下目标函数(1)的极值问题,实际上变成为满足(4)约束条件下使边际价格 C_{om} 最低的问题。

定理1 无论在何种交易形式下,始终有结算方法2的购电费用低于结算方法1的购电费用。

证明: 设按结算方法1得到的购电费用为 F_m^* , 最优购电价格为 $C_{om}^* = \max\{C_{0i}^*\}_{i=1}^I$, 则显然有如下不等式成立:

$$F_m^* = C_{om}^* P_D \quad \sum_{i=1}^I C_{0i}^* P_i^* \quad \min F_b, \quad (6)$$

$$F_b = \sum_{i=1}^I C_{0i}(P_i) P_i$$

其中 P_i^* 为在结算方法1下的最优发电量, $i = 1, 2, \dots, I$ 。

需要注意的是,上述定理成立的前提条件为在各个发电商的策略不因结算方法的不同而有所变化的情况下。但是,在实际的电力市场中,如果采用按照机组的实际申报价格进行结算的方法,则各个发电商可能会因此提高电价,而导致边际价格的提高,但这是否意味着市场出清价的提高呢?

假设按照系统边际电价进行结算时市场的出清价为 C_{om}^* , 此时各个发电商的实际申报价格分别为 $C_{01}^m, C_{02}^m, \dots, C_{0I}^m$, 得到的竞标发电量分别为 $P_1^m, P_2^m, \dots, C_I^m$ 。由定理 1 知:

$$(C_{01}^m P_1^m + C_{02}^m P_2^m + \dots + C_{0I}^m P_I^m) / P_D = C_{om}^* \quad (7)$$

但是如果市场变为按照机组的实际申报价格进行结算,相同的条件下,满足系统功率平衡约束下各个发电商的实际申报价格为 $C_{01}^b, C_{02}^b, \dots, C_{0I}^b, i = 1, 2, \dots, I$, 但根据交易管理中心无利益原则,市场出清价应为:

$$C_{0b}^* = F_b^* / P_D = (C_{01}^b P_1^b + C_{02}^b P_2^b + \dots + C_{0I}^b P_I^b) / P_D \quad (8)$$

从(7-8)式中的可以看出,由于可能有 $C_{0i}^b < C_{0i}^m$, 所以从理论上很难分析 C_{0b}^* 和 C_{om}^* 之间的大小关系,所以从购电费用的大小很难决定那种结算方法更好,即那种结算方法对降低电价的作用更大一些。

3.2 经济原则

系统边际价格的主要作用是^[2]: 只有当商品的价格等于其边际成本价格时,该经济才能从各种稀缺资源的利用中获得最大的满足。即只有当每一个企业使得它自己的边际成本(MC)等于其他企业的MC——正如每一个MC都等于共同的价格的情况——该行业才能以最低成本来实现它的总产量。也只有当价格等于所有企业的边际成本时,社会才处于它的生产可能性边界之上。就电力市场而言,最终应该发展成一个完全市场,即对任何一个发电商来说,不应存在超额利润的现象,应有

$$C_{01}^m = C_{02}^m = \dots = C_{0I}^m = C_{om}^* = C_{01}^b = C_{02}^b = \dots = C_{0I}^b = C_{0b}^* \quad (9)$$

所以两种结算方式在这方面应是一致的,但是电力市场是否可以以及如何发展成一个完全市场,并不是一个乐观的问题。所以不应该用经济原则作为选择那种结算方法的决定原则。

3.3 公平竞争原则

从公平竞争的原则出发,商品应该享受“同质同价”的原则^[3],电力也是商品,所以不应该例外。显然从这一点上讲按系统边际电价进行结算的方法更

合理一些。但是,目前也有人对此提出了疑问,认为既然峰谷电价有差别已被大家所公认,且峰荷时所有发电商的发电质量是否一定一样尚无定论,所以简单地将“同质同价”原则作为电力市场结算方法的选择原则同样不合适。

3.4 市场行为原则

由于基于系统边际电价的购电费用最小的结算方式,具有优化算法简单、便于市场运行的优点,所以最初被各国所采纳,如英国电力市场,美国加州的电力市场实际上也是这种结算方式。但是,随着电力市场的不断发展,英国电力市场发现这种结算方式存在的缺点,即很难控制电力公司的投机行为:对于市场份额较大的发电商,可能在这种结算方式下,降低发电量,尤其降低峰时发电量,这样就导致边际成本更高的电厂被调度,尽管这个发电商的发电量小了,但由于结算价提高了,仍能获得超额利润^[4]。为此,英国已修改了这种结算方式。但这并不是说,按第二种结算方式就不存在类似的投机行为,而是对发电商来说,风险可能大一些,则对电力市场而言,投机行为就少一些。

由以上可以看到,很难明确区分两种结算方法的优劣,具体采用哪种结算方法,要根据各个国家各个地区具体电力系统的实际情况以及相应的法规制度而定,从减少市场投机行为角度上讲,按机组的实际报价进行结算的方法要好一些。

4 竞价原理

定理 2 当竞标曲线要求为过原点的单调增加连续曲线(见图 1,可以是线性,也可以是非线性的)时,结算方法 1 中等报价^[1]是边际成本达到最低的充分非必要条件。

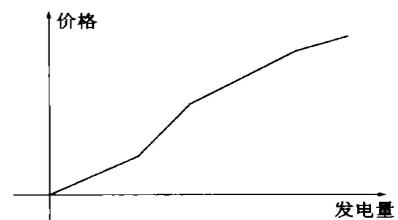


图 1 过原点单调增加连续报价曲线

证明: 将所有的报价曲线进行累加,得到一条总的系统供应量-价格报价曲线,和系统总的需求电量曲线进行撮合,由于所要求的报价曲线为过原点的单调增加的连续曲线,所以必有交点(见图 2),将得到交点中最小(交点是一个或无穷)的作为电力竞标市场实时价格,这里记为 C_{cal} ,将第 i 台机

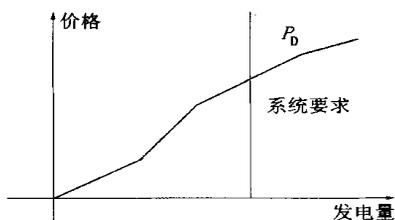


图2 市场价格的确定

组此时相应的竞标发电量记为 $P_{cal}^i, i=1, 2, \dots, I$ 。由交点的得到可以看出,如果所有机组的价格均小于 C_{cal} , 则有 $\sum_{i=1}^I P_{cal}^i < P_D$, 而不满足约束条件(4), 所以应该至少有 $C_{om} < C_{cal}$, 即 P_{cal}^i 是目标函数1的一个最优解, $i=1, 2, \dots, I$ 。

下面给出一个反例(见图3)说明使边际成本达到最低时未必一定满足等报价准则。发电商1发电量为 P_1 时, 价格为 C_{o1} , 发电商2发电量为 P_2 时, 价格为 C_{o2} , 此时满足 $P_1 + P_2 = P_D$, 而 $C_{o1} < C_{o2}$ 。

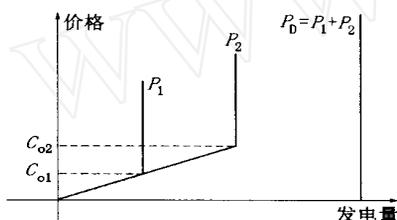


图3 反例

对于结算方法2, 当给出的报价曲线为可微凸函数(如有些电力市场要求报价曲线为二次凸函数)时, 等发电微增率原理是目标函数最优的充分必要条件。当给出的报价曲线可微时, 等发电微增率原理^[1]是目标函数最优的必要条件。但是当报价曲线不可微时(如分段线性曲线), 等发电微增率原理是目标函数最优的不是充分也不是必要条件。

定理3 在分段水平线报价曲线(见图4)的条

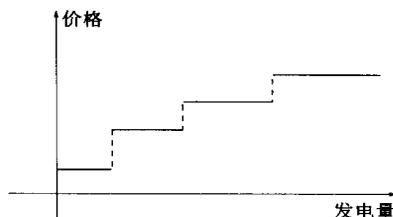


图4 分段水平报价曲线

件下, 报价排队原则可以使得在两种结算方法下的购电费用均最低。

定理3的证明较简单, 不在这里赘述。

5 总结

本文通过对在购电费用最小目标函数下两种结算方法优劣的比较, 认为目前按实际申报价格进行结算的方法稍好一些, 并对两种典型报价曲线在不同结算方法下的竞价原理进行讨论, 为电力市场竞争模型的研究提供了有益的参考。

参考文献:

- [1] 于尔铿, 周京阳, 张学松. 电力市场竞争模型与原理[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(1): 24~27.
- [2] 保罗·萨缪尔森, 威廉·诺德豪斯. 经济学(第16版)[M]. 1999.
- [3] 王锡凡. 有关当前我国电力市场若干问题讨论[J]. 中国电力, 2001, 34(10): 66~69.
- [4] 曾鸣, 周巍, 周霞, 等. 中国电力工业市场化改革的3个问题研究[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(19): 11~14.

收稿日期: 2001-11-12

作者简介: 赖菲(1971-), 男, 博士, 主要从事电力市场及其技术支持系统的研究与开发工作; 丁振华(1965-), 男, 硕士, 主要从事EMS、电力市场技术支持系统以及厂站自动化的研究与开发工作; 戴宏伟(1969-), 男, 博士, 目前从事电力市场及其技术支持系统的研究与开发工作。

The research on settlement method and bidding principle for power market

LAI Fei, DING Zhen-hua, DAI Hong-wei, ZHANG Chong-jian, ZHANG Xue-song
(YanTai DongFang Electronic Information Industry Co., Ltd, YanTai 264001, China)

Abstract: Comparing the two settlement methods at the same object of minimum cost in the power market, discuss bidding principles for two typical types of bidding curves at different settlement methods.

Keywords: power market; settlement method; bidding principle; bidding curve

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告