

上网竞价策略的供给函数均衡分析

胡福年^{1,2}, 吴军基³, 邹云¹

(1. 南京理工大学自动化系, 江苏 南京 210094; 2 徐州师范大学电气工程系, 江苏 徐州 221011; 3. 南京理工大学动力工程学院, 江苏 南京 210094)

摘要: 电力市场是一个不完全竞争的寡头垄断市场, 研究竞价策略对发电商非常重要。市场中的独立发电商往往会采用合理的竞价策略来获得最大收益。该文根据联营模式下电力市场的特点, 利用供给函数模型来模拟发电商的策略行为, 给出了市场均衡解。此外, 还分析了分段报价、需求弹性等因素对发电商均衡策略的影响。仿真算例说明了该方法的合理性和可操作性。

关键词: 电力市场; 供给函数; 均衡; 竞价策略

中图分类号: TM73; F123.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2006)16-0068-06

0 引言

20世纪80年代以来, 电力工业的市场化改革进程在全世界范围内展开, 许多国家都在重构电力工业, 以打破垄断引入公平竞争机制促进电力市场形成, 来提高经济效益和综合资源利用率。我国的电力行业也正处在“厂网分开、竞价上网”这一改革进程中。电网商业化运营后, 电力调度中心根据各发电商申报的竞价曲线, 按照最优方案进行经济调度, 合理安排各发电商的发电量, 并得出市场电价, 由此可以得出各发电商的收益。在这种情况下, 作为独立经济实体的发电商都希望充分利用自己拥有的信息和能力, 合理安排自己的发电计划, 合理申报电力价格以获得最大利润。因此, 在市场环境下, 发电商如何采用合理的竞价策略就显得非常重要了。发电商可以通过改变其投标策略最终改变自身的收益, 同时还必须考虑其他厂商改变投标策略对自身利益的影响。由于电力生产自身的特点决定了电力市场属于不完全竞争的寡头垄断市场, 用传统的新古典经济学(New-classic Economics)解释是不合理的, 博弈论在这方面得到了广泛的应用^[1,2,3]。目前, 研究电力市场中发电商博弈的模型主要有Cournot, Bertrand及供给函数均衡(SFE(Supply Function Equilibrium))模型^[4,5]。文献[6]假定供电商按线性供应函数投标, 系统按用户付费最小进行调度, 提出为供电商建立投标策略的新方法, 它通过利用概率理论估计对手的投标策略进行投标, 使自身利润最大, 其均衡解通过Monte Carlo和优化法求取;

文献[7]提出了一种基于微增响应的猜测供给函数均衡模型用于构造电力市场中发电商的策略行为及其相互作用, 可以适用于需求无弹性的电力市场; 文献[8]利用供给函数来模拟发电商的策略行为, 给出了各发电厂选择改变不同投标参数报价时的反应函数和多个发电商在改变不同投标参数报价时的纳什均衡策略; 文献[9]建立了分析日前现货市场的供给函数均衡模型, 提出了线性供给函数模型和零截距线性供给函数模型之间的转化算法, 即模型的正规范化问题, 从而可以分析一般线性成本函数和供给函数条件下的市场均衡问题。现有的供给函数模型主要研究的是发电商选择报价曲线的斜率为策略变量的均衡模型, 本文根据联营模式下电力市场的特点, 假定发电商的成本函数可以整理成一般的二次函数, 利用供给函数均衡模型来模拟发电商的策略行为, 给出了市场均衡解, 分析了分段报价、需求弹性对发电商竞价策略及其市场力指标的影响。

1 上网竞价投标策略的供给函数均衡模型

假设发电市场中有 N 个发电厂商。按照竞价上网的规则, 竞标是以机组为单位进行的, 不过各发电厂商可以采用自己的竞标策略协调拥有的机组以追求企业总体利润的最大化, 即按照机组竞标等价于按发电企业竞标。不失一般性, 设发电厂商的成本函数为二次函数

$$C_i(q_i) = \frac{1}{2} c_i q_i^2 + a_i q_i \quad (1)$$

则发电边际成本为

$$MC_i(q_i) = C_i'(q_i) = c_i q_i + a_i \quad (2)$$

发电商的利润为

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60474078)

$$p_i = p q_i - C_i(q_i) \quad (3)$$

设电力逆需求函数为线性函数

$$p = f(\sum_{i=1}^N q_i) = k - l(\sum_{i=1}^N q_i) \quad (4)$$

式(4)可转化为电力需求函数

$$D(p) = Q - p = \sum_{i=1}^N q_i \quad (5)$$

上述各式中, $C_i(q_i)$ 为发电商 i 的成本函数, $M C_i(q_i)$ 为发电商 i 的边际成本函数, π_i 为发电商 i 的利润函数, q_i 为发电商 i 的发电出力, c_i 为发电边际成本曲线 $C_i(q_i)$ 的斜率, a_i 为发电边际成本曲线 $C_i(q_i)$ 的截距, p 为电价, $D(p)$ 为电力需求函数, $Q = \frac{k}{l}$, k, l 为逆需求函数的截距和斜率, ϵ 为需求弹性系数 ($\epsilon = -\frac{1}{l}$), i 为发电商的数目, $i = 1, 2, \dots, N$ (以下同)。

在完全竞争的市场环境下,发电商将以各自的边际成本作为竞价函数,此时市场出清价格将等于发电边际成本。然而电力市场是不完全竞争的寡头垄断市场,发电商不可能仍将发电边际成本曲线作为竞价函数,他们将通过抬高竞价函数来提高最终的市场价格。记发电商 i 的竞价函数为

$$p_i = g_i q_i + h_i \quad (6)$$

其中: g_i 为发电商竞价曲线的斜率, h_i 为发电商竞价曲线的截距, $g_i - c_i > 0$ 。假设发电商提交的竞标曲线为发电机出力与相应电价之间的连续、单调不减函数,且各发电商同时来决定自己的供给函数,不考虑网损和发电出力的限制,式(6)可以重新写成供给函数的形式

$$q_i = s_i(p) = \frac{1}{g_i}(p - h_i) \quad (7)$$

由式(7)可以看出,市场均衡是由各发电商的一组供给函数组成,在给定发电商 i 的竞价策略 $s_j(p)$ ($j = 1, \dots, i-1, i+1, \dots, N$)时,发电厂商 i 的策略 $s_i(p)$ 选择应使其利润最大化,即

$$\begin{aligned} \max_{s_i} \pi_i(s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_N) &= \max_{s_i} \{ q_i p - C_i(q_i) \} = \\ \max_{s_i} \left\{ p \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] - C \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

发电商 i 利润最大化的一阶条件为

$$\begin{aligned} \frac{d \pi_i(s_1, s_2, \dots, s_N)}{dp} &= D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) + \\ \left\{ p - C \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \right\} \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \end{aligned} \quad (9)$$

可求得

$$s_i(p) = q_i = \left[p - C_i(q_i) \right] \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \quad (10)$$

由于

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \pi_i(s_1, s_2, \dots, s_N)}{dp^2} &= 2 \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] - \\ C \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] + \\ \left\{ p - C \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \right\} \left[D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) \right] \end{aligned} \quad (11)$$

因此,当 $D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) > 0$ 时,只要满足 p

$C_i(q_i)$,就能满足发电商利润最大化的二阶约束条件。也就是说,当均衡结果不满足 $D(p) - \sum_{j=1}^N s_j(p) = 0$ 时,只要均衡价格 p 不小于发电商 i 的边际成本,则由式(10)给出的均衡供给函数可使发电商 i 的利润最大。在一定的条件下,通过联立求解式(10)确定的 N 个方程组就可以解出该 SFE 模型的均衡解。

事实上,竞价曲线是针对交易日各个时段的,在各交易时段需求具有随机的因素,但对于市场而言,日前现货市场的需求量由电力调度机构的需求预测给出,可以认为是确定的,需求的不确定因素留给实时市场处理。在 t 时段,市场在供给 $s = \sum_{i=1}^N s_i$ 和需求 $D(p)$ 下被出清,即在 t 时段的市场价格则由式(5)决定。将式(2)、(5)、(7)代入式(10)中可得

$$\begin{aligned} \frac{1}{g_i}(p - h_i) &= \left(p - c_i \frac{1}{g_i}(p - h_i) - \right. \\ &\left. a_i \right) \left(+ \sum_{j=1}^N s_j \right) \end{aligned} \quad (12)$$

式(12)对任意的 p 都成立,由式(12)两边 p 的系数相等可得

$$\forall i \quad \frac{1}{g_i} = (1 - c_i \frac{1}{g_i}) \left(+ \sum_{j=1}^N s_j \right) \quad (13)$$

式(13)两边对应常数项相等,可得

$$\forall i \quad -h_i = - (a_i - c_i \frac{1}{g_i} h_i) \left(+ \sum_{j=1}^N s_j \right) \quad (14)$$

将式 (13) 代入式 (14) 可得

$$-i(1 - c_i) \left(Q + \sum_{j=1}^N j \right) = - (a_i - c_i i) \cdot \left(Q + \sum_{j=1}^N j \right) \quad (15)$$

因为供给函数要求是非降的, 则有 $c_i \geq 0$, 且

$a_i > 0$, 于是有 $Q + \sum_{j=1}^N j > 0$, 式 (15) 左右两端可消

去 $Q + \sum_{j=1}^N j$, 即可得到 $i = a_i$ 。反过来说, 如果对于

任一发电商 i 有 $i = a_i$, 且 i 是非负的, 并满足式 (13), 则式 (12) 也满足。此时 i, j 构造了最优线性供给函数均衡解。即 N 个发电商最优线性供给函数斜率的均衡解应满足下式

$$\begin{cases} 1(1 + c_1 (Q + \sum_{j=1}^N j)) = Q + \sum_{j=1}^N j \\ 2(1 + c_2 (Q + \sum_{j=2}^N j)) = Q + \sum_{j=2}^N j \\ \dots \\ N(1 + c_N (Q + \sum_{j=N}^N j)) = Q + \sum_{j=N}^N j \end{cases} \quad (16)$$

在求出每个发电商的均衡供给函数之后, 可以通过式 (5) 求出市场出清电价

$$p = \frac{Q + \sum_{i=1}^N i^*}{\sum_{i=1}^N i^*} \quad (17)$$

将上式代入式 (7), 可得发电商 i 在市場中的均衡发电量为

$$q_i = \frac{i^*}{Q + \sum_{j=1}^N j^*} \left[Q + \sum_{j=1}^N ((j^* - i^*) j^*) - i^* \right] \quad (18)$$

由上述分析可以看出, 市场中参与竞争的发电商愿意生产的最小价格 $p_{\min} = \min\{a_i\}$, 因为由式 (7) 可知, 当 $p < p_{\min}$ 时, 所有发电商的产量都是负的。因而在所有发电商的边际成本截距不全为零时, 就出现分段报价的情形。

下面进一步分析均衡问题。假设 N 个发电商边际成本函数的截距分别为 a_1, a_2, \dots, a_N , 并且满足 $a_N < a_{N-1} < \dots < a_1$, 根据上述分析可知, 此时每个发电商的最优供给函数分别为

$$s_i(p) = \begin{cases} 0, & p < a_N \\ i^{(1)}(p - a_i), & a_N \leq p < a_{N-1} \\ i^{(2)}(p - a_i), & a_{N-1} \leq p < a_{N-2} \\ \dots \\ i^{(N)}(p - a_i), & p \geq a_1 \end{cases} \quad (19)$$

由式 (19) 可以得到如下结果:

1) 当 $p < a_N$ 时, 市场中没有发电商愿意发电。

2) 当 p 处于 a_{N-1} 和 a_N 之间时, 仅有发电商 N 提供电量, 即在供给函数均衡模型中只有一个发电商,

此时 $s_N^{(1)} = \frac{1}{1 + c_N}$, $s_1^{(1)} = 0, \dots, s_{N-1}^{(1)} = 0$ 。

3) 当 $a_N \leq p < a_{N-1}$ 时, 发电商 $N-1$ 也开始投入生产, 此时市场上就有两个发电商, 由式 (16) 可以得出 $s_N^{(2)}, s_{N-1}^{(2)}$ 应满足 $s_N^{(2)} = \frac{1 + s_{N-1}^{(2)}}{1 + c_N (1 + s_{N-1}^{(2)})}$ 和

$s_{N-1}^{(2)} = \frac{1 + s_N^{(2)}}{1 + c_{N-1} (1 + s_N^{(2)})}$, 其他发电商的供给函数斜率仍为 0。

依次类推可知当 $p > a_1$ 时, 所有发电商都进入市场, 此时的 $s_1^{(N)}, s_2^{(N)}, \dots, s_N^{(N)}$ 就为满足方程组 (16) 的均衡解。

2 算例分析

设某一电力市场中共有四个发电商 ($N=4$) 参与竞标, 不考虑网损和发电出力的限制, 发电商以利润最大化为目标, 利用上述供给函数均衡模型对发电商的策略行为进行仿真分析。其中每个发电商的成本参数分别为

$a_1 = 36$ \$/MWh, $a_2 = 24$ \$/MWh, $a_3 = 12$ \$/MWh, $a_4 = 6$ \$/MWh

$c_1 = 1$ \$/[MWh]², $c_2 = 2$ \$/[MWh]², $c_3 = 2.5$ \$/[MWh]², $c_4 = 4$ \$/[MWh]²

发电商的市场力采用莱纳 (Lerner) 指标 ($L = \frac{p - MC}{p}$) 来衡量。

2.1 市场均衡解分析

根据电力需求函数式 (5) 取 $Q = 60$ MWh, 需求弹性系数 $\epsilon = 0.1$ MWh/\$/MWh, 表 1 给出了不考虑分段报价情况下市场的均衡结果, 包括发电商的均衡供应函数、均衡发电量、市场均衡电价等, 表 2 给出了考虑分段报价情况下的发电商的最优供给函数。

表 1 四个发电商的市场均衡结果表 (=0.1)

Tab 1 Equilibrium result of 4 suppliers in electricity market (=0.1)

	供给函数	均衡系数	均衡	边际成本	利润	市场总	市场均衡	市场力指标	
			发电量 q_i	MC_i	π_i	发电量 Q	电价 p	L_i	\bar{L}
发电商 1	0.486 2	36	13.223 5	49.223 5	272.218 6			0.221 1	
发电商 2	0.342 7	24	13.433 1	50.866 1	346.098	53.680 2	63.197 7	0.195 1	0.196 8
发电商 3	0.295 9	12	15.149 4	49.873 5	488.734 2			0.210 8	
发电商 4	0.207 6	6	11.874 2	53.497	397.184 2			0.153 5	

注:各参数的单位: q_i MWh/ \$ /MWh; π_i \$ /MWh; 利润 \$; 功率 MW; 电量 MWh; 电价 \$ /MWh(下同)

表 2 考虑分段报价情况下的四个发电商的最优供给函数

Tab 2 Optimal supply function of block bidding of 4 suppliers

价格段	发电商 1 的最优供给函数	发电商 2 的最优供给函数	发电商 3 的最优供给函数	发电商 4 的最优供给函数
$0 < p < 6$	$s_1^{(0)} = 0$	$s_2^{(0)} = 0$	$s_3^{(0)} = 0$	$s_4^{(0)} = 0$
$6 < p < 12$	$s_1^{(1)} = 0$	$s_2^{(1)} = 0$	$s_3^{(1)} = 0$	$s_4^{(1)} = 0.0714(p - 6)$
$12 < p < 24$	$s_1^{(2)} = 0$	$s_2^{(2)} = 0$	$s_3^{(2)} = 0.1433(p - 12)$	$s_4^{(2)} = 0.1233(p - 6)$
$24 < p < 36$	$s_1^{(3)} = 0$	$s_2^{(3)} = 0.2504(p - 24)$	$s_3^{(3)} = 0.227(p - 12)$	$s_4^{(3)} = 0.1745(p - 6)$
$p > 36$	$s_1^{(4)} = 0.4862(p - 36)$	$s_2^{(4)} = 0.3427(p - 24)$	$s_3^{(4)} = 0.2959(p - 12)$	$s_4^{(4)} = 0.2076(p - 6)$

表 3 需求弹性系数对发电商策略及其市场力的影响

Tab 3 Influence of demand elasticity on bidding strategy and market power of suppliers

需求弹性	发电商编号	均衡供应	均衡系数	均衡发电量 q_i	边际成本 MC_i	利润 π_i	市场总发电量 Q	市场均衡电价 p	市场力指标	
		i	i						L_i	\bar{L}
=0	1	0.448	36	15.372 5	51.372 5	409.329 2			0.269 4	
	2	0.325 6	24	15.079 7	54.159 4	470.998 3			0.229 7	
	3	0.283 7	12	16.543 6	53.358 9	622.603 3	60	70.313 6	0.241 1	0.231 1
	4	0.202 2	6	13.004 2	58.016 9	498.128 9			0.174 9	
=0.1	1	0.486 2	36	13.223 5	49.223 5	272.218 6			0.221 1	
	2	0.342 7	24	13.433 1	50.866 1	346.098			0.195 1	
	3	0.295 9	12	15.149 4	49.873 5	488.734 2	53.680 2	63.197 7	0.210 8	0.196 8
	4	0.207 6	6	11.874 2	53.497	397.184 2			0.153 5	
=0.25	1	0.531 3	36	10.483 2	46.483 2	151.898 4			0.165 9	
	2	0.361 4	24	11.467 7	46.935 4	232.376 4			0.157 8	
	3	0.308 9	12	13.508 6	45.771 5	362.645 4	46.067 2	55.731 3	0.178 7	0.159 6
	4	0.213 3	6	10.607 7	48.430 7	302.487 7			0.1310	
=0.5	1	0.587 7	36	6.732 9	42.732 9	54.468 8			0.099 5	
	2	0.382 7	24	8.976 8	41.953 5	129.980 1			0.116 0	
	3	0.323 4	12	11.466 6	40.666 5	242.210 5	36.271 8	47.456 4	0.143 1	0.119 2
	4	0.219 4	6	9.095 5	42.382 1	211.610 5			0.106 9	

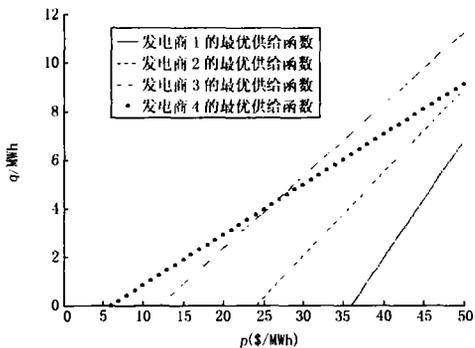


图 1 不考虑分段报价下发电商的最优供给函数

Fig 1 Optimal supply function without considering block bidding

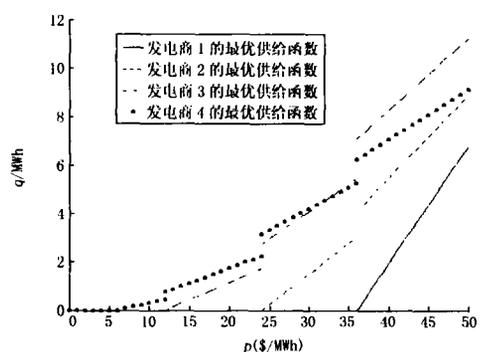


图 2 考虑分段报价下发电商的最优供给函数

Fig 2 Optimal supply function considering block bidding

从表 1 中可以看出,市场均衡电价是大于每个发电商的边际成本的,从另一方面来说,就是每个发电商均行使了其市场力。图 1、图 2 分别给出了不考虑分段报价和考虑分段报价情况下的四个发电商的最优供给函数。

2.2 需求弹性系数对发电商竞价策略及其市场力的影响分析

下面进一步分析需求弹性系数对发电商竞价策略及其市场力的影响情况。根据上述算例,分别取 $\epsilon = 0 \text{ MWh} / \$ / \text{MWh}$, $\epsilon = 0.1 \text{ MWh} / \$ / \text{MWh}$, $\epsilon = 0.25 \text{ MWh} / \$ / \text{MWh}$ 和 $\epsilon = 0.5 \text{ MWh} / \$ / \text{MWh}$ 四种情况进行对比分析,计算出的均衡结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出,随着需求价格弹性系数 ϵ 的增加(即市场中的需求量对价格变化反应程度的增加),发电商将不得不提高自己的供给函数,即降低其报价,从而导致市场出清价降低,且每个发电商的利润也相应减少。另外,增加需求弹性系数也可以减少发电商操纵市场电价的能力,即市场力(体现在 L_i 的减少)以及整个市场平均 Lerner 指标 \bar{L} 的减少。

3 结语

电力市场的竞争主要是发电市场的竞争,发电商采用不同的供给函数时,将同时影响自己分配的发电出力 and 市场价格。发电商可以通过改变自己的竞价策略来获取最大利润。本文采用供给函数均衡方法,建立了发电商的竞价策略模型,并给出了分段报价情况下市场均衡解的具体解法。

通过仿真分析可以看出,供给函数均衡模型中发电商的待选决策是各自的供给函数,它反映了发电商的出力与价格之间的对应关系。在市场竞争中,这种对应关系是各参与者的竞争策略。与 Cournot 模型相比,供给函数均衡模型在电力市场的研究中更具有优势,原因在于通常在决策时需求是不确定的,而供给函数均衡模型可描述生产者针对不同需求水平的决策行为,并且在电力市场条件下,各发电厂均向市场调度机构申报自己的发电量和价格的函数关系,即供给函数曲线,市场调度机构根据各发电厂商的供给函数,按照最优方案进行经济调度,这种电力市场运营模式与供给函数均衡模型是一致的。

仿真算例还分析了分段报价和需求弹性对发电商竞价策略及其市场力的影响。结果表明,较高的需求弹性有利于市场的竞争。

本文介绍的模型还没有充分考虑市场需求侧的行为特性,也没有计及输电阻塞约束对发电商市场力指标的影响,这些工作还有待于进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 文福拴, David A K. 电力市场中的投标策略 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (14): 1-6
WEN Fu-shuan, David A K. Bidding Strategy in Power Market [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (14): 1-6
- [2] 刁勤华, 林济铿, 倪以信, 等. 博弈论及其在电力市场中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (1): 19-23.
DIAO Qin-hua, LIN Ji-keng, NI Yi-xin, et al. Game Theory and Its Applications in Power Markets [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (1): 19-23.
- [3] 刁勤华, 林济铿, 倪以信, 等. 博弈论及其在电力市场中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (2): 13-18.
DIAO Qin-hua, LIN Ji-keng, NI Yi-xin, et al. Game Theory and Its Applications in Power Markets [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (2): 13-18.
- [4] Younes Z, Ilic M. Generation Strategies for Gaming Transmission Constraints Will the Deregulated Electric Power Market be an Oligopoly [A]. Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences Hawaii: 1998 112-121.
- [5] Baldick R, Hogan W. Capacity Constrained Supply Function Equilibrium Models of Electricity Markets: Stability, Non-decreasing Constraints, and Function Space Iteration [R]. University of California Energy Institute Power Paper PWP-089, 2002
- [6] Wen F S, David A K. Optimal Bidding Strategies and Modeling of Imperfect Information Among Competitive Generators [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 16 (1): 15-21.
- [7] 宋依群, 倪以信, 侯志俭, 等. 基于猜测供给函数均衡的发电公司策略行为 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (13): 15-18.
SONG Yi-qun, NI Yi-xin, HOU Zhi-jian, et al. A Novel Model of Gencos' Strategic Behaviors Based on Conjectured Supply Function Equilibrium [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (13): 15-18.
- [8] 袁智强, 侯志俭, 宋依群, 张俊敏. 发电商不同策略的供应函数均衡分析 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2004, 16 (5): 32-35.
YUAN Zhi-qiang, HOU Zhi-jian, SONG Yi-qun, et al. Analysis of Supply Function Equilibrium with Different Bidding Strategy of Suppliers [J]. Proceedings of the

CSU-EPSA, 2004, 16 (5): 32-35.

[9] 张晓东,高波. 基于供给函数均衡模型的区域电力现货市场模拟分析[J]. 电网技术, 2005, 29 (13): 80-84.

ZHANG Xiao-dong, GAO Bo. Simulation of a Real Spot Market Based on Supply Function Equilibrium Model[J]. Power System Technology, 2005, 29 (13): 80-84.

收稿日期: 2006-02-20

作者简介:

胡福年(1967-),男,博士研究生,副教授,主要从事电力系统及其自动化,电力市场方面的教学和研究工作;
E-Mail: faunian@sina.com

吴军基(1955-),男,教授,博士生导师,主要从事检测及电力系统自动化方面的研究工作;

邹云(1962-),男,博士,教授,博士生导师,美国国家数学学会会员,美国数学评论评论员,主要从事控制理论及其应用,电力系统分析控制,电力市场领域的研究工作。

Analysis of bidding strategies of suppliers based on supply function equilibrium

HU Fu-nian^{1, 2}, WU Jun-ji³, ZOU Yun¹

(1. Department of Automation, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. Department of Electrical Engineering, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221116, China;

3. College of Power Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: The electricity market is an oligopolistic competition market. Consequently, the bidding strategy is very important to the suppliers. Usually, the suppliers try to gain maximal profit by developing their best bidding strategy in the electricity market. In this paper, supply function model is employed to simulate bidding strategy of suppliers in power pool. The equilibrium equations are proposed when different bidding parameters are selected to maximize profits of suppliers, and the block bidding and power demand elasticity are also considered. The simulation results show that the method is feasible and efficient.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 60474078).

Key words: electricity market; supply function; equilibrium; bidding strategies

(上接第 38 页 continued from page 38)

作者简介:

刘怀东(1963-),男,副教授,硕士生导师,研究方向为电力系统安全性和稳定性、电力市场; E-mail: hdliu@tju.edu.cn

袁保庆(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力市场及电力系统安全性分析;

章贤方(1970-),男,硕士研究生,研究方向为电力市场及电力系统安全性分析。

A method for estimating power customer interruption cost function

LU Huai-dong¹, YUAN Bao-qing¹, ZHANG Xian-fang^{1, 2}

(1. Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Tianjin Binhai Mass Transit Development Corporation Ltd, Tianjin 300457, China)

Abstract: Power customer interruption cost functions (PCICF) are important for power system planning, operation, and security pricing under deregulation. But needed to distinguish the nature of Power customer Large and needed to work out amounts of statistical data of PCICFs. So it is a difficulty for the research of power market. A PCICF estimating method is presented, which refers to PCICFs of other areas and the average revenue from each kWh power consumption of power users in the studied area, and the need for large amounts of data is avoided and analyze PCICF of power customers of each nature is simply and quickly. A group of Canadian PCICFs is used to estimate Tianjin's PCICFs. The example shows that the presented method is practical.

Key words: customer interruption cost; customer interruption cost function; reliability; power system; security pricing