

单一卖方电力市场供电公司最优报价策略

谢俊, 陈星莺

(河海大学电气工程学院, 江苏省南京市 210098)

Optimal Bidding Strategies for Distribution Companies in Single-seller Electricity Markets

XIE Jun, CHEN Xing-ying

(School of Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu Province, China)

ABSTRACT: The bidding model of single-seller provides a new model for the deregulation of electricity markets. In single-seller electricity markets, the running profits of distribution companies, to a certain extent, depends on their bidding strategies. A methodological framework is proposed for developing optimal bidding strategies for distribution companies participating in a single-seller electricity market in which step-wise bidding functions and pay-as-bid settlement protocols are utilized. The problem of building optimal bidding strategies for distribution companies is formulated as a stochastic optimization problem, and is solved by Monte-Carlo method. Taking a single-seller electricity market with 4 distribution companies as an example, the proposed bidding strategies is demonstrated by the simulation results.

KEY WORDS: electricity market; single-seller; distribution companies; bidding strategies; stochastic optimization; Monte-Carlo method

摘要: 单一卖方的电力市场竞争模式构想为电力工业提供了一种新的可能的改革模式。在单一卖方电力市场中, 用电侧的供电公司竞价购电。供电公司作为市场竞争主体参与竞价购电时, 其运营收益在很大程度上取决于其所采用的报价策略。针对采用分段报价函数和按供电公司实际报价结算的单一卖方电力市场, 建立了供电公司报价策略的数学模型。将最优报价策略描述为随机优化问题, 并采用 Monte-Carlo 方法求解。用一个有 4 家供电公司参与的单一卖方电力市场为例来说明该报价策略模型的基本特征。

关键词: 电力市场; 单一卖方; 供电公司; 报价策略; 随机优化; 蒙特卡罗方法

0 引言

目前世界各国实际运营的电力市场, 其实现形式是丰富多彩的, 从竞价的角度可以分为 2 类^[1]: 一类是发电侧竞争模式, 另一类是发电侧与用电侧

同时竞争模式。无论采用何种模式, 世界各国的电力改革一般首先开放发电市场, 即对垄断运营的发电系统解捆。然而, 由于电力系统运行的特殊性, 多年来, 在世界范围内的电力改革实践已经不同程度的暴露出一些共性问题, 如发电公司滥用市场力、市场电价大幅波动及电力系统安全稳定问题等^[2]。

鉴于上述问题, 在电力工业改革中, 可以考虑一种单一卖方、用电侧竞争的特殊竞价模式。该竞价模式将发电系统与输电系统垄断运营, 形成电力市场中的单一卖方, 同时要求用电侧的供电公司向单一卖方竞价购电。这种竞价模式具有以下特点: ①有利于发电系统与输电系统的统一规划, 协调建设, 从而尊重电力工业发展和电力系统运行的客观规律; ②有利于高效率、大容量发电机组的建设及高电压等级、大型输电系统的建立, 从而使电力工业得到快速发展; ③发电系统的垄断运营, 使得对各发电机组的调度可以按照“优先级表”从费用最低到费用最高依次进行, 有利于发电系统的经济调度与发电计划的制定; ④用电侧的供电公司竞价购电, 有利于提高供电公司开展需求侧管理的积极性, 激励终端用户发掘用电潜力, 使有限的电力资源被配置到电能效用高的领域, 从而实现社会效益最优。

在单一卖方电力市场中, 用电侧的供电公司竞价购电, 其采用不同的报价策略获得的运营收益可能不一样。这样, 采用何种报价策略以实现运营收益最大化是单一卖方电力市场中供电公司非常关注的问题。

当前人们对发电公司报价策略问题的研究较多^[3-22], 而对用电侧供电公司、大用户及电力零售商报价策略问题的研究相对较少^[1,23-28]。文献[23]

以加州电力市场为背景，构造了大用户报价策略的随机优化模型，采用 Monte-Carlo 方法求解。文献[24]利用长期市场(日前市场)与短期市场(小时前市场)购电分配结果及预测的市场电价数据来生成购电商在长期市场的分段线形报价曲线。文献[25]为参与北欧电力联营体市场的电力零售商构造分段线形报价曲线，前者采用随机优化方法，针对价格接受者(Price Taker)零售商，后者采用博弈论方法，针对非价格接受者(具有一定的市场力)零售商。文献[1,26-27]对批发竞争电力市场中供电公司的报价策略问题进行了一定的探索性研究，其中文献[1]基于分段报价函数，文献[26-27]基于线形报价函数。文献[1]研究了单一卖方电力市场中供电公司的报价策略问题，但其提出的简化求解算法难以推广到一个交易时段报价为多个容量段的情形，认为单一卖方电力市场能够抑制电力短缺时期由于发电公司的策略性报价而导致的市场电价飞升问题，这言过其实，因为当电力供不应求时，竞价购电的供电公司之间存在的抢购问题同样会导致市场电价上扬。

本文以文献[1,5]的研究工作为背景，采用暗标拍卖，基于分段报价函数，市场清除后按各供电公司实际报价结算，建立了单一卖方电力市场中供电公司报价策略的随机优化模型，采用 Monte-Carlo 方法求解。算例仿真表明了单一卖方电力市场和本文给出的供电公司报价策略的基本特征。

1 问题描述

1.1 研究条件

探讨单一卖方电力市场中供电公司的报价策略问题，基于以下研究条件：①发电系统与输电系统垄断运营；②输电与配电分开，供电公司拥有配电网及相应的供电专营区；③供电公司竞价购电；④作为初步的研究，只考虑供电公司在日前市场的全电量竞争，不考虑他们在中长期合约市场的交易。

1.2 市场调度模型

所研究的单一卖方电力市场，其市场调度模型与单一买方电力市场调度模型^[5,28]具有一定的对称性。

在单一卖方电力市场中，卖方为单一出售者，买方为参与竞价购电的各供电公司。单一出售者根据市场内各发电机组的运行检修状况，统计并发布交易日各交易时段的系统总可用发电容量，由各供

电公司竞价购买。市场运作按交易日进行，每个交易日为一个日历日，分为 24(或 48)个交易日。

报价的具体形式如下：每个供电公司各时段报价提交给电力交易中心；报价包括段价和相应的段容量；每个交易时段最多可报 I 个容量段(容量段数 I 为市场负荷的分类数)，每个段的容量值称为段容量，是供电公司在该时段某类负荷的预测值，各个段容量之和为供电公司在该时段总的负荷预测值；对每个容量段只申报一个价格，称为段价，各段段价必须依次单调递减。

令 f_i^j 和 F_i^j 分别代表供电公司 i 上报的第 j 段段价和段容量。为不失一般性，令所有供电公司各交易时段均报 I 个容量段，则单一卖方市场确定各供电公司下网功率的单时段市场调度模型为

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^I f_i^j \bar{F}_i^j \quad (1)$$

$$\text{s.t. } 0 \leq \bar{F}_i^j \leq F_i^j, \quad i=1,2,\dots,N \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^I F_i^j = Q_D \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^I \bar{F}_i^j = \begin{cases} Q_o & Q_D \geq Q_o \\ Q_D & Q_D < Q_o \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^I F_i^j = P_{Di}, \quad i=1,2,\dots,N \quad (5)$$

$$0 \leq P_{Di} \leq P_{Di,\max}, \quad i=1,2,\dots,N \quad (6)$$

式中： N 为参与竞价购电的供电公司数目； \bar{F}_i^j 为供电公司 i 报价段 j 的中标容量； P_{Di} 为供电公司 i 的总上报容量； Q_D 为市场总负荷需求； Q_o 为市场总可用发电容量； $P_{Di,\max}$ 为供电公司 i 的购买上限。

对于式(1)~(6)所示的市场调度模型，可采用线性规划法求解，亦可采用排队法求解。单一卖方市场竞价的排队法与发电竞价的排队算法^[29]流程基本相同，唯一的不同在于对各供电公司提交的各段报价从高到低排序，而不是相反。

1.3 报价问题的数学模型

所研究的单一卖方电力市场中有 N 家供电公司参与竞价购电。对于供电公司 s ，它有 $N-1$ 个竞争对手。为不失一般性，研究供电公司 s 的报价策略。

假设销售电价较高的负荷其中断电价也较高，供电公司 s 将 I 类负荷按重要程度排序，有 $a_{j-1} \geq a_j$ ， $b_{j-1} \geq b_j$ ($j=2,3,\dots,I$)。

供电公司 s 的运营收益由下列因素决定：①向终端用户售电取得的售电收入；②由于中断对终端用户供电付出的赔偿费用；③从单一卖方购电支出

的购电费用；④日常运营支出，包括配电网络运营成本、人员薪资等。同时，由市场调度模型可知，供电公司 s 获得的利润与自己的报价参数构成的矢量 \mathbf{x} 和所有竞争对手报价参数构成的矢量 \mathbf{y} 有关。这样，考虑一个交易时段的情形，对于供电公司 s ，其单位时间内的运营收益可以描述为

$$\max p_s = p_s(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{j=1}^I a_j \bar{F}_s^j(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \sum_{j=1}^I b_j [F_s^j - \bar{F}_s^j(\mathbf{x}, \mathbf{y})] - \sum_{j=1}^I f_s^j \bar{F}_s^j(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - f(\bar{P}) \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^I \bar{F}_s^j(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \bar{P} \quad (8)$$

$$f_s^{j+1} < f_s^j, \quad j=1, 2, \dots, I-1 \quad (9)$$

$$f_s^j \geq P_{\min} \quad (10)$$

式中： p_s 为供电公司 s 获得的运营净收益； $f(\cdot)$ 为供电公司 s 的运营成本分项，包括配电网络运营成本、人员薪资等； \bar{P} 为供电公司 s 获得的下网功率； P_{\min} 为市场规则允许市场成员报价的下限值。

从提高运营收益的角度出发，供电公司应该对重要负荷优先供电，式(7)~(10)满足这一要求，因为供电公司对重要负荷始终报较高的价格，从而保证了重要负荷被市场优先调度。

作为一项初步的研究工作，这里假设供电公司 s 各竞争对手报价的段容量 F_i^j ($i=1, 2, \dots, N-1$ ； $j=1, 2, \dots, I$) 已知且为固定值，而相应的段价 \tilde{F}_i^j 服从正态分布，即

$$\tilde{F}_i^j \sim N(m_{\tilde{F}_i^j}, s_{\tilde{F}_i^j}^2) \quad (11)$$

供电公司 s 可以借助市场上公布的历史报价数据、历史负荷数据以及其他信息，采用文献[4]提出的方法来估计各竞争对手的各段报价，并在此基础上确定自己的最优报价策略。这样，式(7)~(10)所描述的优化问题就变成了随机优化问题，可以采用 Monte-Carlo 方法求解^[5]。

2 基于 Monte-Carlo 模拟的求解算法

在式(7)~(10)所示的优化问题中，由于已知随机变量 \tilde{F}_i^j 的概率分布，故可应用 Monte-Carlo 方法来求解该随机优化问题^[5]，详细算法流程如下：①设置随机模拟的允许次数 M ， M 要足够大；②置随机模拟次数计数器 $m=0$ ；③根据式(11)所描述的概率分布函数，随机产生 \tilde{F}_i^j ($i=1, 2, \dots, N-1$ ； $j=1, 2, \dots, I$) 的一个样本，即产生 $N-1$ 个竞争对手的各段段价

(由于随机变量 \tilde{F}_i^j 服从正态分布，本文采用“3 σ 准则”，在区间 $[m_{\tilde{F}_i^j} - 3s_{\tilde{F}_i^j}, m_{\tilde{F}_i^j} + 3s_{\tilde{F}_i^j}]$ 内随机生成 \tilde{F}_i^j)；

④采用遗传算法求出使式(7)中 π_s 最大的 j_s ($j_s = (f_s^1, f_s^2, \dots, f_s^I)$ ，这里用 j_s^m 表示，以显示其为第 m 次抽样的计算结果)；⑤置 $m=m+1$ ；⑥如果 $m < M$ ，则转步骤③，否则，转步骤⑦；⑦计算 $j_s^1, j_s^2, \dots, j_s^M$ 的均值 j_s^* ，即为供电公司 s 的最优报价。

3 算例分析

3.1 市场运营参数

假设所研究的单一卖方电力市场日交易时段数为 24，有 4 家供电公司参与竞价购电，即 $N=4$ 。这样，供电公司 s 有 3 个竞争对手。

设供电公司 s 运营成本分项 $f(\cdot)$ 为下网功率 \bar{P} 的二次函数

$$f(\bar{P}) = 13.5 + 1.3 \cdot \bar{P} + 0.0115 \cdot \bar{P}^2 \quad (12)$$

市场规则允许的报价下限为 20\$/(MW·h)；假设市场规则允许每个供电公司最多可报 3 个容量段，即 $I=3$ ；供电公司 s 的各段负荷预测值均为 200MW；零售电价向量 $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_I)$ 与中断电价向量 $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_I)$ 的取值分别为 [100, 80, 50] 与 [75, 35, 15] \$/(MW·h)；供电公司 s 竞争对手各时段的段容量、估计的段价均值和方差如表 1 所示；所有供电公司的购买上限均为 600MW。

由表 1 可见，市场总负荷需求 Q_D 为 2400MW。

表 1 竞争对手报价参数
Tab. 1 Parameters of rivals' bidding

竞争 对手 (i)	容量段 1			容量段 2			容量段 3		
	F_i^j	$m_{\tilde{F}_i^j}$	$s_{\tilde{F}_i^j}$	F_i^j	$m_{\tilde{F}_i^j}$	$s_{\tilde{F}_i^j}$	F_i^j	$m_{\tilde{F}_i^j}$	$s_{\tilde{F}_i^j}$
	MW	\$(/MW·h)		MW	\$(/MW·h)		MW	\$(/MW·h)	
1	250	95	5.5	100	65	5.5	250	35	5.5
2	100	80	5.5	400	75	5.5	100	45	5.5
3	150	90	5.5	300	70	5.5	150	50	5.5

3.2 供电公司 s 不同报价策略对其运营收益的影响

用计算机进行了 8000 次随机抽样模拟，对于每一次模拟，按式(11)的 \tilde{F}_i^j 概率分布函数随机给定竞争对手的报价策略。这样，8000 次随机模拟得到 8000 个供电公司 s 的下网功率和运营收益的样本，计算各自的期望值作为该供电公司的下网功率 \bar{P} 和运营收益 p_s 。在市场总可用发电容量 Q_o 为 1850MW 情形下，供电公司 s 在报不同段价时的下

网功率 \bar{P} 和交易时段内的运营收益 p_s 如表 2 所示。

表 2 不同报价策略对运营收益的影响

Tab. 2 Running profits with different bidding strategies

$j_s/(\text{MW}\cdot\text{h})$	\bar{P}/MW	$p_s/\$$
[50,40,30]	298	6047
[55,45,35]	349	7556
[60,50,40]	398	8554
[65,55,45]	401	6641
[70,60,50]	478	4757.7

由表 2 可见，随着供电公司 s 报价的升高，其下网功率增加，该供电公司的运营收益先递增后递减。说明在电力资源有限的情形下，供电公司报一个比较高的价格以力求竞得较多电量并非一定是最优策略。供电公司在做出报价决策时，需要在终端用户负荷需求水平、零售电价水平、中断电价水平及市场需求状况等各因素间进行综合权衡与比较。

3.3 不同市场可用发电容量对最优报价策略的影响

用计算机随机抽样 8000 次，与遗传算法有关的参数取值如下：种群个数 80，交叉概率 0.8，变异概率 0.1，遗传代数 100。当市场总可用发电容量分别为 2 300、2 000 和 1 700MW 时，供电公司 s 的最优上报段价 j_s ，相应的下网功率 \bar{P} 和运营收益 p_s 如表 3 所示。

表 3 不同市场总可用发电容量情形下的最优报价

Tab. 3 Optimal bidding strategies with different Q_o

$Q_o/(\text{MW}\cdot\text{h})$	$j_s/(\text{MW}\cdot\text{h})$	\bar{P}/MW	$p_s/\$$
2 300	[28.27,26.00,24.88]	504	22 627
2 000	[37.74,36.33,34.45]	447	16 553
1 700	[51.66,50.80,38.55]	401	10 171

由表 3 可见，随着市场总可用发电容量的减少，供电公司 s 的最优上报段价持续递增，同时该供电公司的下网功率 \bar{P} 和运营收益 p_s 持续的递减。说明随着系统可用发电容量的减少，供电公司的下网功率和运营收益都将减少，供电公司在竞价市场上要付出较高的购电电价。

3.4 不同中断电价对最优报价策略的影响

随机模拟与遗传算法的参数取值同 3.3 节。不同的中断电价，表征了不同类型终端用户对电能的不同依赖程度。中断电价越高，则终端用户对电能的依赖程度越高。在市场总可用发电容量 Q_o 为 1750MW 情形下，当供电公司 s 对终端用户的中断电价向量取不同值时的最优上报段价 j_s ，相应的下网功率 \bar{P} 和运营收益 p_s 如表 4 所示。

表 4 不同中断电价情形下的最优报价

Tab. 4 Optimal bidding strategies with different b

$b/(\text{MW}\cdot\text{h})$	$j_s/(\text{MW}\cdot\text{h})$	\bar{P}/MW	$p_s/\$$
[75,35,15]	[51.89,50.97,48.04]	393	11 649
[85,55,40]	[52.46,51.19,50.55]	398	7 942
[95,65,55]	[52.85,51.42,50.73]	403	6 612

由表 4 可见，随着中断电价的上升，供电公司 s 最优的上报段价递增，该供电公司获得的下网功率增加，而运营收益却下降。说明当供电公司终端用户拥有较高中断电价时，该供电公司倾向于报高价以获得较多的下网电量，从而减少由于下网电量不足导致的中断供电赔偿费用。

零售电价反映了终端用户使用单位电能获得的效用，零售电价越高，则使用单位电能的效用越大。零售电价升高时，该供电公司报较高的段价以竞得较多的下网电量，从而增加对终端用户的供电量，提高运营收益。对该情形的仿真计算验证了这一点。

4 结论

单一卖方的电力市场竞争模式新构想，为电力工业改革提供了一种新的可能的模式。探讨了单一卖方电力市场中供电公司的报价策略问题，建立了供电公司最优报价策略的随机优化模型，并采用 Monte-Carlo 方法求解。

(1) 供电公司报较高的价格以力求竞得较多电量并非一定是最优策略。供电公司在做出报价决策时，需要在终端用户负荷需求水平、零售电价水平、中断电价水平以及市场供需状况等因素间进行综合权衡与比较。

(2) 供电公司在采取最优策略时，随着系统可用发电容量的减少，其下网功率和运营收益都将减少，且供电公司在竞价市场上的购电电价升高，验证了微观经济学中市场供给与市场需求的基本原理。

(3) 为减少中断供电赔偿损失或增加售电收入，较高的终端用户中断电价或零售电价均使得供电公司报高价。

参考文献

- [1] 黄志伟. 批发竞争电力市场及供电公司交易策略初探[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
Huang Zhiwei. Discussion of wholesale competition electricity market and transaction strategies of power supply company [D]. Wuhan: Wu-han University, 2004(in Chinese).
- [2] Woo C K, Lloyd D, Tishler A. Electricity market reform failures:

- UK, Norway, Alberta and California[J]. Energy Policy, 2003, 31(11): 1103-1115.
- [3] David A K. Competitive bidding in electricity supply[J]. IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, 1993, 140(5): 421-426.
- [4] Wen Fushuan, 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.
- [5] 马莉, 文福拴, DAVID A K. 采用分段报价规则的竞价策略初探[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(9): 16-19.
Ma Li, Wen Fushuan, David A K. A preliminary investigation on bidding strategies employing step-wise bidding strategies[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(9): 16-19(in Chinese).
- [6] 马莉, 文福拴, 徐楠. 基于模糊集理论的发电公司分段报价策略研究[J]. 电网技术, 2003, 27(12): 10-14.
Ma Li, Wen Fushuan, Xu Nan. Fuzzy set theory based bidding strategies for generation companies in electricity market environment[J]. Power System Technology, 2003, 27(12): 10-14(in Chinese).
- [7] 葛朝强, 李扬, 唐国庆, 等. 基于风险的火电厂报价策略评估[J]. 电网技术, 2003, 27(11): 48-51.
Ge Zhaoqiang, Li Yang, Tang Guoqing, et al. Risk based assessment for strategies in thermal power plant bidding[J]. Power System Technology, 2003, 27(11): 48-51(in Chinese).
- [8] 马新顺, 文福拴, 刘建新. 构造发电公司最优报价策略的机会约束规划方法[J]. 电网技术, 2005, 29(10): 35-39.
Ma Xinshun, Wen Fushuan, Liu Jianxin. A chance constrained programming based approach for building optimal bidding strategies for generation companies with risk management[J]. Power System Technology, 2005, 29(10): 35-39(in Chinese).
- [9] 宋依群, 候志俭, 文福拴, 等. 电力市场中三种寡头竞争模型的市场力分析比较[J]. 电网技术, 2003, 27(8): 11-16.
Song Yiqun, Hou Zhijian, Wen Fushuan, et al. Comparison of market power in three oligopoly models of electricity market[J]. Power System Technology, 2003, 27(8): 11-16(in Chinese).
- [10] 宋依群, 倪以信, 文福拴, 等. 构造发电公司投标策略的一种新方法——微增响应猜测法初探[J]. 电网技术, 2003, 27(11): 33-36.
Song Yiqun, Ni Yixin, Wen Fushuan, et al. A conjectural variation based method to develop bidding strategies for generation companies in electricity market[J]. Power System Technology, 2003, 27(11): 33-36(in Chinese).
- [11] 宋依群, 焦连伟, 倪以信, 等. 应用动态学习改进对竞争对手微增响应猜测的发电公司投标策略[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(12): 23-27.
Song Yiqun, Jiao Lianwei, Ni Yixin, et al. An improvement of generation firms' bidding strategies based on conjectural variation regulation via dynamic learning[J]. Proceedings of the CSEE, 23(12): 23-27(in Chinese).
- [12] 袁智强, 候志俭, 宋依群, 等. 考虑输电约束古诺模型的均衡分析[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(6): 73-79.
Yuan Zhiqiang, Hou Zhijian, Song Yiqun, et al. Analysis of equilibrium of cournot model with considering transmission constraints[J]. Proceeding of the CSEE, 2004, 24(6): 73-79(in Chinese).
- [13] 宋依群, 倪以信, 候志俭, 等. 基于均衡分析的总统调合同电量比例研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(7): 64-67.
Song Yiqun, Ni Yixin, Hou Zhijian, et al. Studies on centralized contract generation amount based on equilibrium theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(7): 64-67(in Chinese).
- [14] 宋依群. 电力市场的多代理模型[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(8): 80-83.
Song Yiqun. Multi-agent model of electricity market[J]. Proceedings of CSEE, 2005, 25(8): 80-83(in Chinese).
- [15] 张宇波, 罗先觉, 薛均义. 非完全信息下电力市场中电厂机组出力优化的改进古诺模型[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(6): 7-12.
Zhang Yubo, Luo Xianjue, Xue Junyi. Improved cournot model of generation unit output of generation companies under incomplete information in electricity market[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(6): 7-12(in Chinese).
- [16] 张宇波, 罗先觉, 薛均义. 非线性市场需求下机组优化出力的自适应动态古诺模型[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(11): 80-84.
Zhang Yubo, Luo Xianjue, Xue Junyi. Adaptive dynamic Cournot model of optimizing generating units' power output under nonlinear market demand[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(11): 80-84(in Chinese).
- [17] 翟桥柱, 周佃民, 管晓宏. 发电竞价曲线的特征研究[J]. 电网技术, 2002, 26(12): 9-13.
Zhai Qiaozhu, Zhou Dianmin, Guan Xiaohong. Study of characteristics of generation bidding curves[J]. Power System Technology, 2002, 26(12): 9-13(in Chinese).
- [18] 高鑫, 王秀丽, 雷兵, 等. 独立发电商的策略报价研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(7): 40-46.
Gao Xin, Wang Xiuli, Lei Bing, et al. Research on bidding strategy for an independent power plant[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(7): 40-46(in Chinese).
- [19] 曾次玲, 张步涵. 浅析发电公司的竞价策略[J]. 电网技术, 2002, 26(5): 49-54.
Zeng Ciling, Zhang Buhuan. A preliminary analysis on bidding strategy of power generation companies[J]. Power System Technology, 2002, 26(5): 49-54(in Chinese).
- [20] 张晓东, 高波, 宋之平. 发电企业竞标策略的研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(9): 153-157.
Zhang Xiaodong, Gao Bo, Song Zhiping. The study of bidding strategies for a power supplier[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(9): 153-157(in Chinese).
- [21] 吴政球, 潘立强, 陈辉华, 等. 基于灵敏度分析的机组电价决策及其算法[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(1): 60-64.
Wu Zhengqiu, Pan Liqiang, Chen Huihua, et al. Sensitivity based analysis method and algorithm for generation bidding[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(1): 60-64(in Chinese).
- [22] 任震, 吴国钥, 黄雯莹. 考虑旋转备用的发电商竞标策略的研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(12): 48-51.
Ren Zhen, Wu Guoyue, Huang Wenying. The research of the bidding strategy of generation considering the spinning reserve[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(12): 48-51(in Chinese).
- [23] Wen F S, David A K. Optimal bidding strategies for competitive generators and large consumers[J]. International Journal of Electric Power & Energy Systems, 2001, 23(1): 37-43.
- [24] Liu Y A, Guan X H. Purchase allocation and demand bidding in electric power markets[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18(1): 106-112.
- [25] Fleten S E, Pettersen E. Constructing bidding curves for a price-taking

- retailer in the Norwegian electricity market[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2005, 20(2): 701-708(in Chinese).
- [26] 陈星莺. 输电网开放电力市场交易及供电公司运营策略理论的研究[D]. 南京: 东南大学, 2002.
- Chen Xingying. Research on the trading of the transmission opening-based market and the running strategy of the district power company [D]. Nanjing: Southeast University, 2002(in Chinese).
- [27] 陈星莺, 谢俊. 计及风险的输配分离电力市场供电公司最优竞价策略[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(1): 13-17.
- Chen Xingying, Xie Jun. Risk-constrained optimal bidding strategies for distribution companies in transmission and distribution separated electricity market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(1): 13-17(in Chinese).
- [28] 于尔铿, 周京阳, 张学松. 电力市场竞价模型与原理[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(1): 24-27.
- Yu Erkeng, Zhou Jingyang, Zhang Xuesong. Bidding model and bidding principle for power markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(1): 24-27(in Chinese).
- [29] 于而铿, 周京阳, 吴玉生, 等. 发电竞价算法(一)——排队法[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(4): 16-19.
- Yu Erkeng, Zhou Jingyang, Wu Yusheng, et al. Generation bidding algorithm tutorials: Part One. The merit-order method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(4): 16-19(in Chinese).
-
- 收稿日期: 2006-03-09。
- 作者简介:
- 谢俊(1979—), 男, 博士研究生, 研究方向为电力市场, xjhhu@soho.com;
- 陈星莺(1964—), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统经济运行分析与控制、输配电自动化及电力市场等方面的研究。
- (编辑 王剑乔)