

多目标优化分段竞标电力市场的研究

马 瑞^{1,2}, 颜宏文¹, 贺仁睦², 王 鹏², 杨华春²

(1. 长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南省长沙市 410077; 2. 华北电力大学电气工程学院, 北京市 102206)

摘要: 提出了一种兼顾污染物排放量最小和购电费用最小等多目标综合优化的电力市场分段竞标新模型。采用 2 种算法求解该模型: 一是模糊算法, 即首先分别求解各单目标分段竞标模型, 接着将各目标函数模糊化, 然后采用最大满意度法将多目标问题转化为新的单目标分段竞标问题, 由此求得兼顾多目标的竞标结果; 二是目标函数转化为约束算法, 即将污染物排放量作为约束构成新的购电费用最小分段竞标模型。算例仿真结果表明了该模型的有效性, 也表明该模型不仅具有分段竞标的优点, 还可使经济、环保等多目标综合优化, 从而体现竞标机组多因素贡献的公平性。

关键词: 电力市场; 分段竞标; 多目标优化; 模糊算法; 约束算法

中图分类号: TM73; F123.9

0 引言

电力市场是当前世界各地电力工业重构的主流, 其根本目的是打破垄断, 引入竞争, 实现资源的最佳组合和利用。国内外许多学者对电力市场进行了大量研究并取得了大量成果。文献[1]提出的实时电价理论是分时竞价的理论基础; 文献[2,3]提出了序列运算理论, 并应用于电力市场中不确定性问题的研究; 文献[4]讨论了分时竞价模型与原理; 文献[5]考虑到电能供需实时平衡和连续性生产等特点, 提出了分段竞价的新机制; 文献[6]通过比较分段竞价与分时竞价, 指出分段竞价机制更符合电力运行特点, 发电成本降低, 购电费用减少, 具有较高的市场效率; 文献[7]根据分段竞价原理, 提出了一种具体的分段竞价的出清算法。

电力市场与一般市场除运行特点不同外, 它还是与环保、能源等密切相关的市场。那么, 电力市场设计中如何实现宏观利益与微观利益、整体利益与局部利益的有机统一? 对于相互冲突的多目标问题应该如何协调优化? 如何保证发电商对于不同优化目标的竞标能力? 如何在交易决策中考虑多因素公平性? 这些都应该是电力市场研究中不可忽视的关键问题。文献[8,9]在分时竞价模式下研究了市场化的多目标协调优化问题, 提出了兼顾多目标优化的分时竞标模型, 文献[10]讨论了基于历史交易情况的竞标商竞争能力特征的数据挖掘问题。总之, 电力市场的特点决定其必须是在严格监管之下的竞

争, 竞标过程中不但要考虑竞标商在经济上的贡献, 也要考虑竞标商的环保等多因素特征和多目标贡献, 只有这样才能确保竞标的多因素公平性。因此, 将多目标优化竞标理论与分段竞价机制的优点相结合更符合电力市场的特点, 目前关于这一问题的研究尚未见报道。

多于 1 个的数值目标在给定区域上的最优化问题称为多目标优化问题(MOP——multiobjective optimization problem)。MOP 的本质在于一般情况下各目标是相互冲突的, 因此, 类似于单目标优化的解在多目标优化中不存在, 只存在 pareto 最优解, 即只能在各目标函数中协调权衡和折中处理, 使各目标尽可能达到最优。传统多目标问题的处理方法有加权法、约束法、目标规划法、最大最小法等, 这些方法各有特点, 它们的共同优点是继承了单目标优化成熟的算法机理, 缺点是在大规模空间寻优情况下各次优化的相对结果独立且较耗时。近年来, 进化算法在多目标优化中得到广泛研究, 这种方法的优点是可以在大规模空间找到 pareto 解集, 但缺点在于目前没有判决准则表明所得的解的性能是否能进一步提高。

本文提出考虑污染物排放量最小和购电费用最小等多目标综合优化分段竞标的电力市场新模型, 给出了求解该模型的 2 种算法: 一是采用模糊算法, 即先对各单目标分段竞标模型求解, 接着将各单目标函数模糊化, 然后采用最大满意度法将多目标问题转化为单目标非线性问题, 从而求得兼顾多目标优化的竞标结果; 二是采用约束法, 即将污染物排放量作为约束构成新的以购电费用最小为目标函数的竞标模型, 然后求解这一新的单目标分段竞标模型,

得到兼顾目标优化的竞标结果。算例仿真表明,该模型除具有普通分段竞价的优点外,还具有经济和环境等多目标综合优化、充分体现竞标机组多因素的公平性等优点。该策略可确保在竞标中环保性能、价格等综合指标好的发电商有明显的竞争优势,是一种符合可持续发展战略的电力市场竞标机制。

1 多目标优化分段竞标模型

a. 目标函数

购电费用最小:

$$\min f_1 = \min \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K b_{li}(k) p_{li}(k) s_{li}(k) \quad (1)$$

式中: i 为发电商序号; I 为机组总数; l, L 分别为负荷分段序号和负荷分段总数; k, K 分别为竞标曲线段号和总段数; $b_{li}(k)$ 为机组 i 在 l 负荷分段的第 k 报价曲线,可有多种形式,不同发电商也可能采用不同报价曲线,一般为分段阶梯型报价曲线; $p_{li}(k)$ 为机组 i 在 l 负荷分段 k 报价段的竞标容量; $s_{li}(k)$ 为机组 i 在 l 负荷段 k 报价段的成交情况, $s_{li}(k)=1$ 表示成交, $s_{li}(k)=0$ 表示没有成交。

污染物(以 SO_2 为例)排放量最小:

$$\min f_2 = \min \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [\alpha_i + \beta_i p_{li}(k) + \gamma_i p_{li}^2(k)] s_{li}(k) \quad (2)$$

式中: $\gamma_i, \beta_i, \alpha_i$ 分别为发电商 i 环保排放特性的二次项系数、一次项系数和常数项。

b. 约束条件

分段负荷平衡约束:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K p_{li}(k) s_{li}(k) = p_d(l) \quad (3)$$

式中: $p_d(l)$ 为 l 分段负荷需求。

运行功率约束:

$$p_{i \min} \leq p_{li} \leq p_{i \max} \quad (4)$$

式中: p_{li} 为机组 i 在 L 负荷分段的运行功率; $p_{i \max}, p_{i \min}$ 分别为机组 i 的出力上、下限。

分段互斥约束:

$$p_{li} \geq \sum_{l=1}^{l-1} \sum_{k=1}^K p_{li}(k) s_{li}(k) \quad (5)$$

表示在分段竞价中已经采购的机组容量在其他分段中不能再采购。

剩余容量调整约束:

$$b_{li}(k) = b_{(l-1)i}(k) \quad p_{li}(k) < p_{i \max} \quad (6)$$

表示当机组在某负荷段中标,而中标容量未达到机组最大出力时,将剩余容量安排到下一负荷分段中竞价。

升功率速度约束:

$$p_i(t) - p_i(t-1) \leq \Delta p_{i \max, u} \quad (7)$$

式中: $p_i(t), p_i(t-1)$ 分别为机组 i 在 t 时刻和 $t-1$ 时刻的出力, $p_i(t)$ 为机组 i 在 t 时刻各分段中标功率之和; $\Delta p_{i \max, u}$ 为机组升功率最大速度。

式(7)表示机组 i 因负荷分段变化,在升出力时满足升功率速度约束。

降功率速度约束:

$$p_i(t-1) - p_i(t) \leq \Delta p_{i \max, d} \quad (8)$$

式中: $\Delta p_{i \max, d}$ 为机组降功率最大速度。

式(8)表示机组 i 因负荷分段变化,在某时降出力时满足降功率速度约束。

还可以进一步考虑电网备用、电网安全等约束。分段竞标机制同一负荷分段持续的时间内不存在机组组合问题。

2 多目标优化分段竞标模型求解算法

交易中心将预测的负荷曲线分段并向IPP发布,IPP根据负荷分段情况和机组初始运行情况确定适合报价的负荷段,并向交易中心提供在某段负荷的报价曲线和竞标机组的环保特性。

2.1 模糊算法

步骤1:分别求解2个单目标问题。首先,求解购电费用最小的单目标分段竞标模型,即求式(1)与式(3)~式(8)等构成的优化问题,所得目标函数值设为 C_{01} ,排放量为 C_{01}' 及相应竞标结果;其次,求解污染排放量最小模型,即求式(2)与式(3)~式(8)等构成的优化问题,所得目标函数值设为 C_{02} ,此时对应的购电费用为 C_{02}' 及相应的竞标结果。单目标问题的求解过程在许多文献中已有描述,例如排队法^[11],这里从略。

步骤2:定义目标函数的隶属函数,将目标函数模糊化,显然,购电费用和污染排放量越小越好,可选降半直线型为其隶属函数,即将 C_{01}, C_{02} 分别伸缩 δ_{01}, δ_{02} ,购电费用选取的隶属函数对应的数学表达式为:

$$\mu(f_1) = \begin{cases} 1 & f_1 \leq C_{01} \\ \frac{C_{01} + \delta_{01} - f_1}{\delta_{01}} & C_{01} < f_1 \leq C_{01} + \delta_{01} \\ 0 & f_1 > C_{01} + \delta_{01} \end{cases} \quad (9)$$

排放量隶属函数表达式与式(9)类似,限于篇幅不再列出。 δ_{01}, δ_{02} 的选取应结合专家对各单一目标的认识、判断和倾向性,该值应得到监管方确认,且应满足 $0 < \delta_{01} < C_{02}' - C_{01}, 0 < \delta_{02} < C_{01}' - C_{02}$ 。

步骤3:采用最大满意度原理,使多目标问题转化为单目标优化问题。

目标函数为满意度最大:

$$\max \lambda \quad (10)$$

约束条件为:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K b_{li}(k) p_{li}(k) s_{li}(k) + \delta_{01} \lambda \leq C_{02}' \quad (11)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [\alpha_i + \beta_i p_{li}(k) + \gamma_i p_{li}^2(k)] s_{li}(k) + \delta_{02} \lambda \leq C_{01}' \quad (12)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (13)$$

以及式(3)~式(8)。

步骤4:对各段分别给定初始 λ 和初始竞标状态,用排队法^[10]与动态规划法结合求解步骤3构造的单目标优化问题,得到兼顾多目标函数的竞标结果。

模糊算法的意义是,针对多目标优化问题的求解难点,以各个单目标问题的最优解为参考,将目标函数模糊化,引入目标函数的隶属函数,利用最大满意度法,将多目标问题转化为单目标非线性问题,从而求得兼顾多目标优化的竞标结果。

2.2 约束算法

模糊算法实际上利用最大满意度法实现了在多个目标函数之间的一种折中。受该算法的启发,可以构造另外一个更为简单的算法。以各个单目标问题的最优解为分析的着眼点,既然购电费用最小的单目标模型对应的污染排放量为 C_{01}' ,那么,为了兼顾排放量尽可能小的要求,可适当调整竞价结果,使得购电费用的目标函数值从原来的 C_{01} 略微上升,而排放量目标函数值从原来的 C_{01}' 略微下降。但是,排放量目标函数值的下降应以 C_{02} 为底限,因为 C_{02} 是单独考虑排放量最小的优化问题的最优解。由此,提出下述算法过程。

步骤1:同模糊算法中的步骤1。

步骤2:构造新的购电费用最小分段竞标模型。

目标函数为:

$$\min f_1 = \min \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K b_{li}(k) p_{li}(k) s_{li}(k) \quad (14)$$

约束条件为:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [\alpha_i + \beta_i p_{li}(k) + \gamma_i p_{li}^2(k)] s_{li}(k) \leq C_{03} \quad (15)$$

以及式(3)~式(8)。

式(15)中,参数 C_{03} 为满足 $C_{02} < C_{03} < C_{01}'$ 而人为确定的数值, C_{03} 的选取应结合专家对各个单一目标的认识、判断和倾向性,但应由监管方核准。

步骤3:用排队法结合动态规划法求解所建立的购电费用最小并考虑环保约束的新的分段竞标模型,得到兼顾多目标的竞标结果。

3 算例仿真及结果分析

算例负荷数据和部分参数来自文献[9]。表1为某日负荷曲线的分段;表2为火电竞标机组参数,环保排放均符合标准;表3为竞标机组分段报价,为简化计算,IPP在各段报价曲线相同。

表1 负荷曲线的分段

Table 1 Load blocking

| 负荷段号 <i>l</i> | 分段负荷 $p_d(l)/\text{MW}$ | 起始时刻 | 终止时刻 | 持续时间 $T(L)/\text{h}$ |
|------------------|----------------------------|-------|-------|-------------------------|
| 1 | 1 786.95 | 0:00 | 24:00 | 24 |
| 2 | 225.06 | 4:00 | 21:00 | 17 |
| 3 | 354.04 | 8:00 | 18:00 | 10 |
| 4 | 357.35 | 13:00 | 17:00 | 4 |

表2 竞标机组参数

Table 2 Parameters of the bidding units

| 竞标商 编号 | 出力极限/MW | | 排放特性系数/kg | | | 升、降功率速度/ (MW·h ⁻¹) | |
|-----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | $p_i \text{ min}$ | $p_i \text{ max}$ | γ_i | β_i | α_i | $\Delta p_i \text{ max,u}$ | $\Delta p_i \text{ min,d}$ |
| 1 | 310 | 530 | 0.005 1 | 0.012 | 0.025 | 90 | 90 |
| 2 | 250 | 425 | 0.004 9 | 0.030 | 0.035 | 100 | 100 |
| 3 | 350 | 700 | 0.002 5 | 0.016 | 0.021 | 120 | 120 |
| 4 | 300 | 600 | 0.026 1 | 0.025 | 0.002 | 130 | 130 |
| 5 | 300 | 660 | 0.001 9 | 0.011 | 0.012 | 160 | 160 |

表3 竞标机组的分段报价

Table 3 Block prices of the bidding units

| 报价段 序号 <i>k</i> | 机组1 | | 机组2 | | 机组3 | | 机组4 | | 机组5 | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | p_{l1} | b_{l1} | p_{l2} | b_{l2} | p_{l3} | b_{l3} | p_{l4} | b_{l4} | p_{l5} | b_{l5} |
| 1 | 310 | 160 | 250 | 150 | 350 | 200 | 300 | 210 | 300 | 220 |
| 2 | 365 | 170 | 305 | 160 | 450 | 210 | 400 | 220 | 400 | 230 |
| 3 | 420 | 190 | 360 | 170 | 600 | 220 | 500 | 230 | 500 | 240 |
| 4 | 530 | 200 | 425 | 180 | 700 | 240 | 600 | 240 | 660 | 250 |

注: p_l 为 l 负荷段的竞标容量,单位为MW; b_l 为 l 负荷段的报价,单位为元/(MW·h)。

表4为购电费用最小分段竞标结果,表5为污染排放量最小分段竞标结果。

表4 购电费用最小单目标优化分段竞标结果

Table 4 Bidding results for the minimum of the pool purchase cost

| 负荷段 号 <i>l</i> | p_{l1} | p_{l2} | p_{l3} | p_{l4} | p_{l5} | 出清机 组号 | 出清 价格 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 1 | 530 | 425 | 531.95 | 300.00 | 0.00 | 3 | 220 |
| 2 | 530 | 425 | 600.00 | 456.99 | 0.00 | 4 | 220 |
| 3 | 530 | 425 | 600.00 | 500.00 | 311.03 | 5 | 220 |
| 4 | 530 | 425 | 700.00 | 600.00 | 468.83 | 4 | 240 |

注: p_l 单位为MW;出清价格单位为元/(MW·h)。

表 5 污染排放量最小单目标优化分段竞标结果
Table 5 Bidding results for the minimum of the pollution

| 负荷段号 l | p_{l1} | p_{l2} | p_{l3} | p_{l4} | p_{l5} | 出清机组号 | 出清价格 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|------|
| 1 | 310.00 | 250.00 | 374.92 | 357.40 | 494.63 | 5 | 230 |
| 2 | 310.00 | 250.00 | 493.67 | 423.24 | 535.08 | 5 | 240 |
| 3 | 310.00 | 324.92 | 531.49 | 546.49 | 653.14 | 5 | 240 |
| 4 | 380.77 | 424.92 | 664.57 | 599.99 | 653.14 | 5 | 240 |

注: p_l 单位为 MW; 出清价格单位为元/(MW·h)。

由表 4 可知,采用购电费用单目标最小分段竞标时,单纯由报价决定竞标结果,由此导致:尽管机组 1 和机组 2 环保特性差,但其报价较低,因此交易

表 6 多目标优化分段竞标结果
Table 6 Bidding results for the multi-objective optimization

| 负荷段号 l | p_{l1}/MW | | p_{l2}/MW | | p_{l3}/MW | | p_{l4}/MW | | p_{l5}/MW | | 出清机组 | | 出清价格/ (元·(MW·h) ⁻¹) | |
|----------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------|---|------------------------------------|-----|
| | ① | ② | ① | ② | ① | ② | ① | ② | ① | ② | ① | ② | ① | ② |
| 1 | 364.3 | 394.0 | 250.0 | 302.5 | 402.5 | 414.8 | 383.9 | 317.2 | 386.3 | 358.4 | 4 | 5 | 220 | 220 |
| 2 | 403.7 | 394.0 | 250.0 | 302.5 | 441.0 | 498.1 | 440.6 | 446.9 | 476.6 | 370.5 | 5 | 5 | 230 | 230 |
| 3 | 450.9 | 464.0 | 301.4 | 395.0 | 506.0 | 579.4 | 567.1 | 514.0 | 540.7 | 413.9 | 4 | 5 | 240 | 240 |
| 4 | 375.0 | 485.2 | 388.4 | 425.0 | 600.0 | 689.4 | 600.0 | 600.0 | 660.0 | 524.1 | 5 | 4 | 250 | 240 |

注:①为模糊算法;②为约束算法。

表 7 多目标优化和单目标优化目标函数值比较
Table 7 Comparison of objective values by two algorithms

| 优化算法 | 购电费用/万元 | SO ₂ 排放量/kg |
|----------------------|-----------|------------------------|
| 购电费用最小 | 1 139.876 | 204 521.30 |
| SO ₂ 排放最小 | 1 197.492 | 140 744.60 |
| 多目标优化 ① | 1 152.209 | 146 655.60 |
| 多目标优化 ② | 1 150.779 | 196 366.80 |

注:①为模糊算法;②为约束算法。

从表 6 可知,当采用本文提出的多目标优化分段竞标市场机制时,综合性能好的机组有较强的竞争能力,市场出清价格较折中。从表 7 可以看出,当以购电费用为单纯竞标目标时,尽管获得了最小购电费用,但污染排放量较大,说明为获得交易中心的经济利益在环保方面付出了较大代价;当以排放量最小为单纯竞标目标时,确实达到了排放量最小的目的,但购电费用较大;当采用本文提出的多目标竞标方法时,则可以获得综合目标的优化。其中,采用模糊算法时,购电费用比以购电费用最小分段竞标时增加了 1.08%,排放量降低了 28.3%;购电费用比以排放量最小分段竞标时降低了 3.78%,排放量增加了 4.19%。显然,这种结果达到了一种更为综合优化的效果。采用约束算法时,购电费用比以购电费用最小单目标竞标时增加了 0.96%,排放量降低了 3.99%;购电费用比以排放量最小单目标竞标时降低了 4.09%,排放量增加了 33.9%。

因为多目标优化的求取中必然引入人们对于

期内满发,竞争实力强;而机组 5 尽管有最好的环保特性,但因报价高,只在负荷需求量大时中标。当然,此时市场出清价最低,交易中心购电费用最低。表 5 显示如以排放量最小为分段竞标目标函数,机组 5 因环保性能好在竞争中显出优势,相反,机组 1 和机组 2 竞标能力降低,但此时市场出清价格较高。

表 6 为多目标优化分段竞标结果,表 7 为单目标分段竞标与多目标分段竞标的目标函数值比较。这里, C_{01} 、 C_{02} 的伸缩值 δ_{01} 、 δ_{02} 分别取为 376.16、3 965,取 $C_{03}=200\ 000$ 。

各个单一目标函数的主观判断,因此模糊算法和约束算法的结果只是用来说明对于这个多目标问题的 2 种求解方案的实现,并不能从结果判断它们的优劣。另外,从算例中不难揭示这样的事实,电力市场化后利益多元化,在环保问题上,仅仅以达到排放标准为限制条件,而不进行机组间的横向比较,这对于环保特性较为优良的机组是不公平的,因为环保性能好的机组可能采用高价低污染煤或投资了环保新技术,由此使得成本增加,报价偏高,但是其对社会的环保效益贡献大。从环保角度看,电能质量较好,应该优质优价,只有这样,才能引导 IPP 在追求降低成本的同时提高环保程度,进而提高其综合性能和竞争能力。

4 结语

本文将分段竞标理论与电力市场中多目标优化竞标理论有机结合,提出了一种兼顾经济和环保等多目标优化的分段竞标电力市场新模型。这种模型除具有分段竞标的优点外,还可使经济和环保等多目标达到综合优化,可以体现竞标商的多因素公平性,利于鼓励发电商在降低成本的同时提高环保特性等优点,是一种适合电力市场特点、符合可持续发展战略的竞标策略。当然,作为一种新的竞标策略,许多问题还值得深入探讨,例如:如何判定多目标优化问题解是否能得到进一步优化;如何界定竞标商的多因素公平性;当大量的竞标商采用各种不同形

式的非解析式报价曲线和模型考虑更多约束时,如何获得数学意义清晰的最优解等。此外,相应的市场规则和监管规则的制定等都值得进一步研究。

参考文献

- Schweppe F C, Caramanis M C, Tabors R D, et al. Spot Pricing of Electricity. New York: Kluwer Academic Publishers, 1988
- 康重庆,夏清,相年德,等(Kang Chongqing, Xia Qing, Xiang Niande, et al). 序列运算理论及其应用(Sequence Operation Theory and Its Application). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002, 26(17): 6~12
- 康重庆,白利超,夏清,等(Kang Chongqing, Bai Lichao, Xia Qing, et al). 序列运算的扩展及其数字特征(Extension of Sequence Operations and Its Numerical Characteristics). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(13): 5~9
- 于尔铿,周京阳,张学松(Yu Erkeng, Zhou Jingyang, Zhang Xuesong). 电力市场竞价模型与原理(Bidding Model and Bidding Principle for Power Markets). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(1): 24~27
- 王锡凡(Wang Xifan). 分段竞价的电力市场(Block Bidding Model Based Power Market). 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 2001, 21(12): 1~6
- 王锡凡,耿建(Wang Xifan, Geng Jian). 分段竞价与分时竞价的比较(Comparison Between Hourly Bidding and Block Bidding Rules). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(7): 22~25
- 肖鸣,李林川,孙伟,等(Xiao Ming, Li Linchuan, Sun Wei, et al). 分段竞价电力市场出清算法的实现(Realization of Clearing Price Calculation Algorithm in Block Bidding Power Markets). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(23): 12~16
- 马瑞(Ma Rui). 电力市场中兼顾环境保护和经济效益的双目标模糊优化短期交易计划新模型(A Novel Bi-objective Fuzzy Optimal Short-term Trade Planning Model Considering Environment Protection and Economy Profit in Deregulated Power System). 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 2002, 22(4): 104~108
- 马瑞,谭晓天,李欣然(Ma Rui, Tan Xiaotian, Li Xinran). 日有功负荷多目标模糊优化分配模型(Multi-objective Fuzzy Optimization Model for Active Power Dispatch). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(18): 30~34
- 马瑞,颜宏文(Ma Rui, Yan Hongwen). 基于判定树的电力市场中发电商竞标能力数据挖掘的新思路(A New Data-mining Frame Work Based on Decision Tree for Competitive Bidding Assessment in Power Market). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002, 26(15): 22~25
- 于尔铿,周京阳,吴玉生(Yu Erkeng, Zhou Jingyang, Wu Yusheng). 发电竞价算法——排队法(Generation Bidding Algorithm Tutorials——part one The Merit-order Method). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(3): 16~19

马瑞(1971—),男,博士研究生,副教授,研究方向为电力系统分析与控制、电力市场、人工智能在电力系统中的应用。E-mail: maruiok@Tom.com

颜宏文(1970—),女,硕士,副教授,主要从事计算机、数据挖掘及人工智能在电力系统中的应用等方面的研究和教学工作。

贺仁睦(1944—),女,教授,博士生导师,主要从事电力系统运行、分析与控制、电力系统负荷建模、电力系统仿真、电力市场等方向的研究工作。

RESEARCH ON MULTI-OBJECTIVE OPTIMAL BLOCK BIDDING MODEL FOR ELECTRICITY MARKET

Ma Rui^{1,2}, Yan Hongwen¹, He Renmu², Wang Peng², Yang Huanchun²

(1. Changsha University of Science and Technology, Changsha 410077, China)

(2. North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: This paper presents a novel multi-objective optimization block-bidding model for electricity markets, which take the minimum of the pool purchase cost and the minimum of the pollution into consideration. It also proposes two algorithms to solve the novel multi-objective block-bidding model. One of them is fuzzy algorithm. Firstly, solving two single-objective blocks bidding model by normal algorithm and gaining the value of objective function and the bidding results. Then fuzzifying the multi-objective by using fuzzy sets theory and reformulating it into a new single-objective problem by means of max-min operator. Finally, acquiring the new bidding results for multi-objective optimal by solving the problem. Another algorithm is constraint algorithm. Regarding the minimum of pollution air as a constraint of the minimum pool purchase cost single-objective optimal problem, and solving the problem and gaining the new bidding results of multi-objective optimization. The numerical results show the validity of the model and two algorithms. Besides all benefits of the block bidding model, the model has the benefits of multi-objective optimization, therefore, it can ensure the fairness of multi-factor on generation bidder in electricity market.

This work is supported by Science Foundation of Hunan Province Education Department (No. 02C064).

Key words: electricity market; block bidding; multi-objective optimization; fuzzy algorithm; constrained algorithm