

计及网损的发电权交易报价修正方法

卢志刚, 陈静思

(电力电子节能与传动控制河北省重点实验室(燕山大学电气工程学院), 河北省 秦皇岛市 066004)

A Method to Modify Quoted Price of Generation Right Tradeoff Considering Network Loss

LU Zhi-gang, CHEN Jing-si

(Key Lab of Power Electronics for Energy Conservation and Motor Drive of Hebei Province
(Institute of Electrical Engineering, Yanshan University), Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China)

ABSTRACT: During the bidding of current generation right tradeoff the influence of network loss is not taken into account, the tradeoff is carried out based on the bid of both sides, and the network loss is compensated after the tradeoff. Such a tradeoff mode neglects the action that network loss can offer correct economic signal and guide optimal allocation of resources, thus the economic order is affected. In this paper a method to modify the bid of generation right tradeoff in which the network loss is taken into account is proposed. Before the tradeoff, the proposed method takes the influence of network loss into account and the network loss-subtracted original electricity in the tradeoff is utilized, then the network loss-considered bid of generation right tradeoff is deduce, and the tradeoff order is optimized. Simulation results of IEEE 14-bus system show that the modified bid of generation right can reduce network loss and increase tradeoff benefit, and is favorable to energy conservation and increasing efficiency.

KEY WORDS: generation right; bid; network loss allocation; energy conservation and increasing efficiency

摘要: 现行的发电权交易在竞价时不考虑网损的影响, 仅依据双方报价进行交易, 事后结算时再进行网损补偿。上述交易方法忽略了网损能提供正确经济信号、引导资源优化配置的作用, 影响了交易的经济次序。提出一种计及网损的发电权交易报价修正方法。该方法在交易前考虑网损的影响, 将原交易中的电量换为减去网损的电量, 推导出计及网损的发电权交易报价, 优化了交易次序。对 IEEE14 节点系统进行仿真分析, 结果表明修正后的发电权报价可减小网损、增大交易收益, 进一步实现了节能增效。

关键词: 发电权; 报价; 网损分摊; 节能增效

0 引言

近年来, 电力工业自身的能源消耗和污染排放问题随着经济的发展而日益突出。研究和进行发电权交易已成为我国大力推进电力改革机制的主要

工作之一^[1]。发电权交易的方向一般从成本高、污染大的机组转移到成本低、污染轻的机组, 从电源集中点转移到负荷集中点, 从网损大的节点转移到网损小的节点。通过置换发电权, 使成本低、污染轻的发电厂替代成本高、污染高的发电厂发电, 从而实现节能增效。

网损是电能运输和电力交易中不可避免的损失, 但现行的发电权交易竞价时并不考虑网损的影响, 仅依据双方报价进行交易, 事后结算时再进行网损补偿^[2-3]。这样会影响交易的经济次序^[4], 有悖发电权交易节能增效的目标。《发电权交易监管暂行办法》^[5]第十二条要求考虑网损的影响, 补偿发电权交易引起的网损变化。因此, 在交易前交易双方就应综合考虑交易中报价与网损的影响, 确定交易次序, 从而更好地实现节能降耗的目标。

文献[6]在集中撮合模式下, 建立优化分配模型, 依照买卖双方“高低匹配”的原则进行撮合, 没有考虑网损的影响。文献[7]中的发电权交易模型忽略了网损的影响。文献[8-9]引入期权理论, 建立发电权期权交易模型, 没有考虑网损的影响。文献[10]在发电权交易中考虑交易成本, 提出用交易成本矩阵来表示网损和交易佣金对交易排序的影响, 并按电气距离计算成本矩阵。文献[11]使用交易矩阵, 且交易双方平分交易成本。文献[10-11]在一定程度上反映了网损对交易的影响, 但其分摊网损的方法有悖网损分摊“能真实反映各使用者利用网络的程度”的分摊原则。

网损分摊可反映用户(发电机、负荷)对网络的利用程度, 并提供正确的经济信号, 引导资源的优化配置^[12]。为真实反映报价与网损对发电权交易的影响, 本文结合网损分摊的特点, 提出分摊网损率

的概念,并将其应用于修正发电权交易报价,优化交易次序,减小网损,增大交易收益。

1 不考虑网损的发电权交易报价

发电厂的网损分摊量是其利用电网程度的体现,是电价的组成部分^[13]。现行的发电权交易排序不考虑网损的影响,即交易前不考虑网损,但在交易后的结算中追加网损变化的影响。调度交易中心按照发电权出让方报价 C_i 由高到低的顺序排定交易优先级,按照发电权受让方报价 C_j 由低到高的顺序排定交易优先级,并依据“高低匹配”的原则安排交易,即按照报价差 $C_i - C_j$ 的大小排序,优先让报价差大的交易对成交,交易成交价格为匹配双方的报价平均值^[14],即 $C_{ij} = (C_i + C_j) / 2$ 。

2 发电权交易报价修正方法

2.1 分摊网损率

分摊网损率为用户分摊的网损与其注入有功功率的百分比,即

$$\Delta P'_k = 100\% \Delta P_k / P_k \quad (1)$$

式中: $\Delta P'_k$ 是用户 k 的分摊网损率; ΔP_k 是用户 k 的网损分摊量; P_k 是用户 k 的注入有功功率。 $\Delta P'_k$ 反映用户利用网络的效率,其值越小,说明用户 k 传输单位有功功率的损耗越少。

2.2 发电权交易报价的修正

发电权交易中,受让方 k 购买电量(单位为 kW·h)为 Q 时发电权的报价是 C_k ,考虑网损的影响,受让方实际卖给电网的电量(单位为 kW·h)为 $Q(1 - \Delta P'_k)$,其中 $\Delta P'_k$ 是用户 k 的分摊网损率,由 $C_k Q = C'_k Q(1 - \Delta P'_k)$ 得

$$C'_k = C_k / (1 - \Delta P'_k) \quad (2)$$

式中: C_k 是用户 k 不考虑网损的报价; C'_k 是用户 k 考虑网损的报价。考虑用户网损的发电权交易有助于准确计算购电权成本,正确进行交易决策,减小网络损失。

如发电权受让方甲、乙两厂的发电权报价分别为 $C_{甲}$ 和 $C_{乙}$,其中 $C_{甲} > C_{乙}$,根据以前不考虑网损的发电权交易原则,出让方应优先与乙交易。但是当 $\Delta P'_{甲} < \Delta P'_{乙}$ 时,根据式(2)可能会出现 $C'_{甲} < C'_{乙}$ 的情况,这时出让方与甲厂交易反而更经济。

因此,为体现发电权交易节能增效的原则,在交易前应综合考虑报价和网损的影响,修正发电权交易报价。

修正报价的步骤如下:

- 1) 不考虑网损影响,根据原报价进行交易排序。
- 2) 根据步骤 1) 的交易结果进行网损分摊。
- 3) 按式(1)计算各发电厂的分摊网损率。
- 4) 按式(2)修正原交易报价。
- 5) 根据修正报价进行交易排序。如果与上一次交易次序相同,结束迭代计算,否则,执行步骤 6)。
- 6) 根据步骤 5) 的交易结果进行网损分摊。循环步骤 3) ~5)。

3 报价修正后的交易收益分析

3.1 网损率的分析

由式(2)可以看出,分摊网损率越大的用户,其修正报价越高。该修正方法可能会提高分摊网损率较大的发电权出让方的交易优先级,降低分摊网损率较大的发电权受让方的交易优先级。即分摊网损率较大的出让方与分摊网损率较小的受让方可能优先参与交易,这体现了发电权“从网损大的节点转移到网损小的节点”的交易原则。

按照式(2),发电权多由 $\Delta P'_k$ 较大的节点转向 $\Delta P'_k$ 较小的节点,即由输电效率低的节点转向输电效率高的节点,这样可提高全网的输电效率,减小全网网损率。

3.2 发电权交易收益的分析

设有 n 个出让方, m 个受让方, Q_{ij} 是发电厂 i 与 j 的交易电量,发电权交易的总交易电量为

$$Q_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij} \quad (3)$$

从发电权出让方分析:原来的合约发电量为 Q_i ,相应的合约电价为 C_i ,发电成本为 C_{i0} ,发电权交易价格为 C_{ij} ,交易后的网损分摊量为 ΔQ_i ,则发电权交易后发电厂的收益为

$$I_i = C_i(Q_i - \sum_{j=1}^m Q_{ij} - \Delta Q_i) - C_{i0}(Q_i - \sum_{j=1}^m Q_{ij}) + \sum_{j=1}^m Q_{ij}(C_i - C_{ij}) \quad (4)$$

从发电权受让方分析,原来的合约发电量为 Q_j ,相应的合约电价为 C_j ,发电成本为 C_{j0} ,交易后的网损分摊量为 ΔQ_j ,则发电权交易后发电厂的收益为

$$I_j = C_j(Q_j - \Delta Q_j) - C_{j0}Q_j + \sum_{i=1}^n Q_{ij}(C_{ij} - C_{j0}) \quad (5)$$

从式(4)(5)可以看出,发电权交易的收益是包括网损的,2.2节中的修正报价方法在交易前考虑网

损的影响,符合式(4)(5)收益的组成,这有利于增加交易收益。

4 算例结果与分析

采用文献[11]中 IEEE14 节点系统算例的初始数据,假设节点每个机组代表一个发电厂商,并以节点号标记。在某次发电权交易中,电厂 G_1 、 G_3 申报出让发电权, G_2 、 G_6 、 G_8 申报受让发电权。各市场成员申报出让或受让发电权的范围和报价数据如表 1、2 所示。

用文献[15]中的分摊方法,按 2.2 节的修正步骤进行迭代计算,修正后的报价及交易次序分别如表 3、4 所示。

按照式(4)(5)计算修正报价前后电厂的收益,结果分别如表 5、6 所示。

由表 5、6 可看出,交易前考虑网损的影响,用修正后的报价进行交易,使总网损率由 1.50% 降到 0.92%。对该算例中 60 MW·h 的交易电量而言,

表 1 各市场成员的数据

Tab. 1 Bidding data of each participants

电厂	买卖方向	电量/MW·h	报价/(元/MW·h)	成本
G_1	卖	40	326	350
G_2	买	40	318	300
G_3	卖	50	330	360
G_6	买	50	328	310
G_8	买	20	320	302

表 2 修正报价前的发电权交易结果

Tab. 2 Trading results before amending the bid

交易次序	交易电厂	交易量/MW·h	交易价格/(元/MW·h)
1	G_3 和 G_2	40	324
2	G_3 和 G_8	10	325
3	G_1 和 G_2	0	—
4	G_1 和 G_8	10	323
5	G_3 和 G_6	0	—

表 3 修正后的报价

Tab. 3 The amended bid

电厂	原报价/(元/MW·h)	分摊网损率/%	修正报价/(元/MW·h)
G_1	326	1.29	330.26
G_2	318	0.57	319.82
G_3	330	-1.44	325.52
G_6	328	0.23	328.76
G_8	320	-0.82	317.40

表 4 修正报价后的发电权交易次序

Tab. 4 Trading order of generation right after amending the bid

交易次序	交易电厂	交易量/MW·h	交易价格/(元/MW·h)
1	G_1 和 G_8	20	323
2	G_1 和 G_2	20	322
3	G_3 和 G_8	0	—
4	G_3 和 G_2	20	324
5	G_1 和 G_6	0	—

表 5 修正报价前的电厂收益

Tab. 5 Profits of each participants before amending the bid

电厂	发电量/MW·h	分摊网损/MW·h	收益/元	网损率/%
G_1	52.95	0.68	-1 462.48	—
G_2	90	0.59	1 672.38	—
G_3	10	-0.23	65.90	—
G_6	60	0.15	1 030.80	—
G_8	50	-0.43	1 117.60	—
合计	—	—	2 424.20	1.50

表 6 修正报价后的电厂收益

Tab. 6 Profits of each participants after amending the bid

电厂	发电量/MW·h	分摊网损/MW·h	收益/元	网损率/%
G_1	21.4	0.28	-464.90	—
G_2	90	0.51	1 657.80	—
G_3	40	-0.58	-888.60	—
G_6	60	0.14	1 034.08	—
G_8	50	-0.41	1 091.20	—
合计	—	—	2 429.60	0.92

电厂总收益增加了 5.4 元,而 2008 年上半年我国电力市场交易电量达 1093.16 亿 kW·h^[16],若先用分摊网损率修正报价再进行交易,同比计算,约可增加收益 983.844 万元,减少网损 6.34 亿 kW·h。

由以上分析可以看出,交易前综合考虑报价和网损的影响,用分摊网损率修正后的报价进行发电权交易,优化交易次序,可以减小网损率,增加发电厂的总收益,进一步实现节能增效的目的。

5 结论

本文提出了分摊网损率的概念,用分摊网损率来量化用户对网络的利用效率,并将分摊网损率的概念应用于修正发电权交易报价,综合考虑发电厂报价和网损的影响,完善了交易机制,优化了交易次序,从而减小了全网网损率,增加了发电厂总收益,进一步实现了发电权交易节能增效的目的。

参考文献

- [1] 尚金成, 张立庆. 电力节能减排与资源优化配置技术的研究与应用[J]. 电网技术, 2008, 32(1): 58-63.
Shang Jincheng, Zhang Liqing. Research and application of technologies in energy-saving, emission-reducing and optimal resource allocation of electric power system[J]. Power System Technology, 2008, 32(1): 58-63(in Chinese).
- [2] 国家电力监管委员会华东监管局办公室. 华东电力市场运营规划(试行)[M]. 上海: 国家电力监管委员会华东监管局办公室, 2006.
- [3] 内蒙古电力集团有限责任公司. 内蒙古电网电力多边交易市场运营规划[M]. 内蒙古: 内蒙古电力集团有限责任公司, 2008.
- [4] 夏清, 孙正运. 考虑交易成本的区域市场撮合交易模型[J]. 电网技术, 2005, 29(17): 1-4.
Xia Qing, Sun Zhengyun. Application of high-low match methods to regional electricity market considering transaction costs[J]. Power System Technology, 2005, 29(17): 1-4(in Chinese).
- [5] 国家电力监管委员会. 发电权交易监管暂行办法[M]. 北京: 国家

- 电力监管委员会, 2008.
- [6] 王雁凌, 张粒子, 杨以涵. 基于水火电置换的发电权调节市场[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(5): 131-136.
Wang Yanling, Zhang Lizi, Yang Yihan. Adjusting market of generation rights based on hydro-thermal exchange[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(5): 131-136(in Chinese).
- [7] 聂江洪, 曾伟民. 考虑节能降耗的湖北省电力市场模式设计[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(18): 91-95.
Nie Jianghong, Zeng Weimin. Design for Hubei province power market considering energy consumption and corresponding emissions saving[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(18): 91-95(in Chinese).
- [8] 张少华, 李渝曾. 结合期权理论的双边可选择电力远期合同模型[J]. 电力系统自动化, 2001, 11(10): 28-32.
Zhang Shaohua, Li Yuzeng. Combining option theory with for bilateral optional electricity forward contracts[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 11(10): 28-32(in Chinese).
- [9] 姚建刚, 周启亮. 基于期权理论的发电权交易模型[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(21): 76-81.
Yao Jiangang, Zhou Qiliang. Generation rights trade mode based on option theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(21): 76-81(in Chinese).
- [10] 李灿兵, 康重庆. 发电权交易及其机理分析[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(6): 13-18.
Li Canbing, Kang Chongqing. Generation rights trade and its mechanism[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(6): 13-18(in Chinese).
- [11] 许荣, 赵岩. 基于节能降耗的发电权交易效益分析[J]. 水电能源科学, 2007, 25(6): 150-153.
Xu Rong, Zhao Yan. Profits analysis of generation right transaction based on energy consumption saving[J]. Water Resources and Power, 2007, 25(6): 150-153(in Chinese).
- [12] 杨子林. 电力市场下各种网损分摊方法的应用与比较[J]. 华北电力技术, 2005(3): 37-40.
Yang Zilin. Application and comparison of various transmission losses allocation method in electricity market[J]. North China Electric Power, 2005(3): 37-40(in Chinese).
- [13] 鲁广明, 鲍海. 基于功率分布的节点电价修正方法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 26-28.
Lu Guangming, Bao Hai. An improved nodal price method based on power distributions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(1): 26-28(in Chinese).
- [14] 国家电力监管委员会西北监管局办公室. 西北区域发电交易监管实施细则(暂行)[M]. 兰州: 国家电力监管委员会西北监管办公室, 2008.
- [15] 彭建春, 江辉. 基于两步联盟博弈的输电网损耗分配方法[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(4): 57-63.
Peng Jianchun, Jiang Hui. A two-step coalitional game based transmission losses allocation[J]. Proceedings of CSEE, 2005, 25(4): 57-63(in Chinese).
- [16] 国家电力市场交易电量大幅增长[J]. 东北电力技术, 2008(8): 23.
The trading electricity of national electricity market growth a lot[J]. Northeast China Electric Power Technology, 2008(8): 23(in Chinese).



卢志刚

收稿日期: 2009-03-27。

作者简介:

卢志刚(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统经济运行及分析等方面的研究,
E-mail: xiansun@ysu.edu.cn;

陈静思(1983—), 女, 硕士研究生, 从事电力系统经济运行及电力市场方面的研究。

(责任编辑 杜宁)