

发电权交易及其机理分析

黎灿兵¹, 康重庆¹, 夏清¹, 黄永皓¹, 尚金成², 孟远景², 丁军威¹, 沈瑜¹

(1. 清华大学电机系, 北京市 100084; 2. 河南省电力公司, 河南省郑州市 450052)

摘要: 借鉴了常规的合约市场、日前市场交易机制, 在目前部分省区组织的“水火置换”的基础上, 提出了发电权交易的思想, 即发电企业进行双边交易, 转让或购入发电权, 从而实现一定程度上的自调度, 对系统的安全、经济运行有重要的辅助作用。经纪人模式是双边交易的主要组织模式。文中首先从数学和经济学角度剖析了经纪人模式组织普通双边交易的机理, 进而研究了由此组织发电权交易的过程和方法, 并建立了考虑交易成本的经纪人模型。最后提出了发电权交易的两种方式, 即不考虑交易成本的简易模式和考虑交易成本的全效用模式, 并举例分析了各自的交易结果。研究表明, 发电权交易是一种新颖而有效的交易, 可以在电力市场实践中发挥积极的作用。

关键词: 电力市场; 发电权; 经纪人模式; 双边交易

中图分类号: TM73; F123.9

0 引言

目前, 我国正在大力推进电力体制改革。电力体制改革的目的是在电力工业中引入市场竞争机制, 建立政企分开、规范、高效的市场体制。

当前主要发展的是发电侧电力市场, 由电力公司统一从发电厂收购电力和辅助服务, 通过输、配电网向用户供电。市场体系中一般设置有电量市场和辅助服务市场, 例如合约市场、日前市场、调频辅助服务、备用辅助服务等。这些市场中, 都是由电力公司组织单一买主形式的交易。

在上述体制中, 存在如下不足:

a. 对发电厂而言, 存在不能完全履行合同的风险。

b. 发电厂无法履行合同时, 可能出现供需不平衡, 对系统安全不利。

c. 在一些水电比重较大的系统中, 由于无法进行准确的长期天气预报和水文预报, 难以预测未来较长时期的发电能力, 使得水电厂在合约市场的报价决策有较大的市场风险; 若申报出力过小而来水充足, 则不得不弃水; 若申报出力过大而来水不足, 则存在不能完全履行合同的风险。

鉴于上述原因(特别是c), 目前我国部分省市和区域电力公司开展了“水火置换”的工作。“水火置换”工作本质上是发电权交易的一种形式。

文献[1]分析得出了湖南水电的利用率比较低的结论, 认为影响水电利用率的主要因素是水电的调节性能差、火电的调峰能力有限、地方小水电抢发严重、电网峰谷差增大等。建议引入市场机制, 通过电量置换方法合理补偿火电调峰。但并没有对如何引入市场机制、新机制如何运行进行研究。

文献[2]描述了华中电网制定“弃水电价”的思想。在水电可能弃水时, 对系统是否吸纳、吸纳多少弃水电量进行技术可行性和经济合理性分析, 然后安排“水火置换”。在该文的方法中, 水电厂的弃水电量按统一、较低的价格收购, 由调度中心安排压低其他电厂的出力, 并进行一定的补偿。这种方式的“水火置换”不是发电主体直接进行的发电权交易, 没有明确的市场组织, 没有明确规定其权利和义务, 部分发电厂也不是自愿参与交易, 而是被动参与。

目前的“水火置换”还不是完整的、成熟的市场交易。为解决以上问题, 借鉴普通商品二级市场交易, 本文提出了发电权交易的概念和交易机制。在发电权交易市场中, 发电厂可以根据其中标情况和发电能力, 在发电权交易市场中转让或者购入发电权, 以调整出力。

1 发电权交易的基本思想

发电权是电厂在合约市场、日前市场等市场竞争获得的发电许可份额。发电权交易市场是各发电厂按照一定的规则对发电权进行交易的市场。

设置发电权交易市场, 并设计合理的交易规约, 对发电公司和电力公司而言都是有利的。“水火置换”只是发电权交易的一部分, 其他情况的机组也有

收稿日期: 2002-08-21。

国家重点基础研究专项经费资助项目(G1998020311); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20010003025); 清华大学基础研究基金资助课题(JC2002018)。

参与发电权交易的需求。发电权交易可以在各种不同类型和运行状态的机组之间进行,这些交易能提高正常运行和出力受阻的电厂之间、水火之间、大水电和小水电之间、不同流域的水电之间的相互补偿效益。通过发电权交易,发电厂实现了一定程度上的“自调度”,维持了供需平衡。

值得注意的是,发电权交易与发电侧电力市场中其他交易有着较大的区别,其他交易都是由电力公司统一收购的单一买主模式交易,而发电权交易是建立在两个发电主体之间的双边交易。

发电权与普通商品有着本质上的不同。发电权交易的交易标的是一种权利而不是实物或者服务;发电权关系到系统的安全与稳定,不能像普通商品一样自由交易,必须满足系统的约束。

2 经纪人交易模式分析

发电权交易市场是双边交易市场,经纪人模式是组织双边交易的常见模式,这种方式已经在股票等证券交易中得到广泛应用。本节从数学与经济学相结合的角度深入剖析普通商品的经纪人交易模式,并研究该模式的合理性和适应性,为在发电权交易中成功应用该模式奠定了理论基础。

2.1 交易中的社会效用

生产者剩余和消费者剩余是经济学的两个基本概念。文献[3]指出,一种物品的效用与其市场价值之间的差额称为消费者剩余。生产者剩余则是指市场价值与生产成本的差额。在一次交易中,生产者剩余与消费者剩余之和是该交易的社会效用。

2.2 典型经纪人交易方式的交易过程

文献[4]描述了华东电力市场用经纪人模式撮合省市之间电量交易的方法,这是比较典型的经纪人交易运作模式。经纪人模式组织交易的核心思想是“高低匹配”,即买家按照报价由高到低依次排优先级,卖家按照报价由低到高依次排优先级。首先撮合优先级最高的买家和卖家的交易,交易的成交价格为卖方报价和买方报价的平均值,然后撮合优先级次高的市场成员的交易,以此类推。

2.3 经纪人交易模式的分析

下面从数学和经济学的角度分析经纪人模式交易的市场效率和公平性。

a. 符号约定和基本假设

设市场交易中有 n 个买家 $B_1, B_2, \dots, B_n$, m 个卖家 $S_1, S_2, \dots, S_m$ 。设第 i 个买家申报的购买量和报价分别为 Q_{B_i} 和 P_{B_i} ,第 j 个卖家申报的出售量和报价分别为 Q_{S_j} 和 P_{S_j} 。

b. 各量之间的基本联系

设买家 i 和卖家 j 的交易量为 Q_{ij} ,对应的交易价格为 P_{ij} ,则消费者剩余为 $(P_{B_i} - P_{ij})Q_{ij}$,生产者剩余为 $(P_{ij} - P_{S_j})Q_{ij}$,所以,该交易的社会效用为:

$$U_{ij} = (P_{B_i} - P_{ij})Q_{ij} + (P_{ij} - P_{S_j})Q_{ij} = (P_{B_i} - P_{S_j})Q_{ij} \quad (1)$$

由式(1)可知,某笔交易所产生的效用与成交价格无关,但为了保证交易的公平性,使买家和卖家的效用值相等,成交价格 P_{ij} 应为双方报价的均值:

$$P_{ij} = \frac{P_{B_i} + P_{S_j}}{2} \quad (2)$$

c. 数学模型

交易的目标是使所有市场成员的效用之和即社会总效用最大,所以,目标函数为:

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

约束条件为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n Q_{ij} \leq Q_{S_j} \\ \sum_{j=1}^m Q_{ij} \leq Q_{B_i} \\ U_{ij} = (P_{B_i} - P_{S_j})Q_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。

式(3)与式(4)组成一个线性规划问题。该问题的最优解就是前面描述的“高低匹配”的结果,该结论得到了实际计算结果的验证。原理性分析如下。

首先,观察式(4)的最后一个等式约束,买家和卖家的报价差为单位交易量的效用的权重。权重越大并大于0,单位交易量带来的效用就越大且为正,因此,报价差大的交易双方尽可能地多成交,以追求效用最大化。其次,最终成交总量是根据市场均衡时所能成交的最大成交量而定。如图1所示。

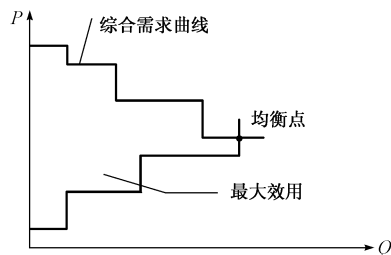


图1 经纪人交易模式的成交量

Fig. 1 Trading quantities under broker mode

如果买家和卖家的报价差小于0,则成交量对总效用的贡献是负数,对应的成交量应为0。撮合过程将在遇到下列3种情况之一时结束:①所有卖家所申报的出售量已经全部成交;②所有买家所申报的购入量已经全部成交;③未成交的买家报价比未

成交的卖家报价低。

经纪人交易的撮合过程使得交易量达到市场均衡时所能成交的最大量,且每单位量都尽可能分配给效用最大的交易双方。如果减少某一对交易对象间的交易量,这部分交易量不能转移给报价差比其大的交易对,因为撮合过程保证了报价差大的交易对已经获得了尽可能大的交易量;如果这部分交易量转移给报价差比其小的交易对,不可能使总交易量增加,而减少报价差大的交易量来增加报价差小的交易量将使得总效用减少。因此,撮合结果一定是式(3)和式(4)组成的线性规划问题的最优解。

上述分析表明:

a. 经纪人交易模式是高效用的,该模式的交易结果使社会总效用最大。

b. 经纪人交易模式的交易结果是公平的,公平体现在任意一对买家和卖家、买家和买家、卖家和卖家之间。买家和卖家之间,通过取双方报价的平均值作为成交价格,以保证双方获益相等,从而保证公平;买家和买家之间(或卖家和卖家之间),通过选择交易对象来保证公平,报价高的买家匹配的卖家的报价不高于报价低的买家匹配的卖家,保证了报价高的买家成交单位交易量所获得的效用不小于报价低的买家;同样,对于卖家,低报价的卖家的效用也不低于高报价的卖家。

2.4 考虑交易成本的经纪人交易模式

在上述经纪人交易模式中,隐含一个基本假设,即没有交易成本或者任何两个市场成员之间的交易成本是相同的。由于电力工业的特殊性,发电权交易是不能忽略成本的,甚至某些交易由于不能通过安全校核而使交易成本无限大。因此,应考虑各个市场成员相互之间的交易成本。如何考虑交易成本的影响?本文提出如下解决方法。

设买家 i 和卖家 j 之间的交易成本为 C_{ij} ,由此构成 $n \times m$ 的交易成本矩阵 C 。考虑交易成本后的数学模型如下:

目标函数:

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij} \quad (5)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n Q_{ij} \leq Q_{S_j} \\ \sum_{j=1}^m Q_{ij} \leq Q_{B_i} \\ U_{ij} = (P_{B_i} - P_{S_j} - C_{ij})Q_{ij} \end{cases} \quad (6)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。

由式(5)和式(6)可知,考虑交易成本的经纪人

交易也是线性规划问题,只是通过交易成本矩阵对效用进行了修正。

受不考虑交易成本的撮合过程的启发,考虑交易成本时仍然按照“高低匹配”的原则进行,但优先级是按照交易对来排的,共 $n \times m$ 个交易对,以报价差减交易成本为依据排定优先级。

下面以一个2买家和3卖家的系统为例,简要说明考虑交易成本的经纪人交易过程。

考虑交易成本的撮合过程如下式所示:

$$\begin{array}{ccccc} & \text{卖家} & & & \\ \text{买} & P_{B_1} - P_{S_1} - C_{11} & P_{B_1} - P_{S_2} - C_{12} & P_{B_1} - P_{S_3} - C_{13} & \\ \text{家} & P_{B_2} - P_{S_1} - C_{21} & P_{B_2} - P_{S_2} - C_{22} & P_{B_2} - P_{S_3} - C_{23} & \end{array} \quad (7)$$

假设式(7)中第1行第3列 $P_{B_1} - P_{S_3} - C_{13}$ 为最大的元素,并且 $P_{B_1} - P_{S_3} - C_{13} > 0$,则撮合第1个买家和第3个卖家的交易,使这一对交易双方尽可能多成交。撮合这对交易后,若第1个买家的购买量已经全部满足,则删除第1行;若第3个卖家申报出售量已经全部出售,则删除第3列,在剩下的降阶矩阵上继续同样的操作。

3 发电权交易的经纪人模式

发电权是一种特殊商品。在普通商品市场中,卖方申报价格是卖方从买方收取的价格,而发电权交易支付方向与普通商品相反,卖方所申报的卖出价格是它愿意向为它发电的买方支付的价格。因此,发电权交易撮合次序与普通商品正好相反:卖方按照报价从高到低的顺序排定交易优先级,买方按照报价从低到高确定优先级。

3.1 发电权交易的简易模式

简易模式是指按不考虑交易成本的经纪人交易模式撮合发电权交易。过程如下:

a. 确定电力公司在组织发电权交易中收取佣金的比率。

b. 电力公司按照不考虑交易成本的方式依次撮合买家和卖家的发电权交易,并进行安全校核,取消不能通过安全校核的交易。

c. 通知交易双方成交结果。

3.2 发电权交易的全效用模式

全效用模式是指按考虑交易成本的经纪人交易模式组织发电权交易。交易成本包括两部分:

a. 交易的固定成本 C_C ,实质是组织发电权交易的佣金。

b. 经发电权交易导致的潮流变化带来的成本矩阵 C_R ,本文称之为地域成本,可依据交易双方与电源中心和负荷中心的电气距离(不是简单的地理

距离)确定。

以一个简单的电力系统模型说明成本矩阵的确定过程,如图2所示。

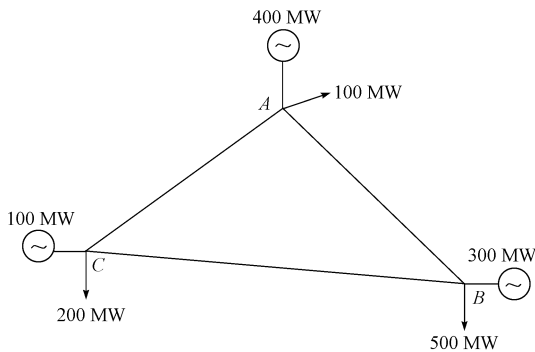


图2 交易地域成本的确定
Fig.2 Calculation of regional cost

图2中数字分别表示该节点的出力和预测负荷。根据上述数据,虚拟出电源中心和负荷中心,根据发电权交易双方距电源中心和负荷中心的电气距离确定交易的地域成本。从图2可知,如果发电权从A转移到B,B节点将有更多的负荷就地平衡,这对系统潮流是有利的,应该鼓励,所以地域成本 C_{Rab} 将较小,甚至可能为负;而如果发电权从B转移到A,将加大网损,对系统安全不利,因此收取的地域成本 C_{Rba} 应该较高;同一个节点的发电厂之间交易发电权时,地域成本为0。

地域成本矩阵具有如下特点:①不对称,比如上述例子中, C_{Rab} 很小,但 C_{Rba} 较大,发电权转移方向不同,成本则不同;②对角线为0。

为确定地域成本,应在某初始潮流的基础上计算交易引起的潮流变化带来的成本,但是潮流是根据成交结果动态变化的,如果按照系统真实的原始潮流并根据成交情况动态地确定交易成本,将带来如下问题:①透明度低,因为在交易之前,交易双方并不知道相互之间的交易成本,组织者将很难向市场成员解释清楚交易是公正的;②计算量大;③公平性差,因为某笔交易的交易成本受之前成交的交易结果影响,并继续影响之后成交交易的成本,交易次序对交易成本影响很大,影响公平。

在充分研究输电定价方法和电力系统特性的基础上,本文提出两种确定地域成本的方法。其核心思想都是在交易之前、在负荷预测的基础上假想一个潮流,计算每对交易方在该潮流的基础上进行交易带来的网损变化,以此确定各个节点之间进行发电权交易的地域成本,尽可能反映真实成本。

3.2.1 极端潮流确定地域成本的方法

极端潮流确定地域成本的方法是指在负荷预测

的基础上(如图2中节点A,B,C的负荷已经确定),并且机组组合已经确定的条件下,假想潮流是各个机组出力使系统网损最大的情况,或者是输电线路潮流最重的情况,将发电厂之间进行单位发电权转让时引起的网损变化作为地域成本。需要特别注意的是,每对交易方都是在该潮流基础上计算地域成本,初始潮流是固定的极端潮流,不是动态变化的。

在这种确定地域成本的方法中,电源中心向负荷中心转让发电权时,计算出的地域成本比实际情况偏小;负荷中心向电源中心转让发电权时,计算出的地域成本偏大。本文认为这种扩大是合理的,因为对系统网损变化不利的发电权交易,同时也影响系统的安全,降低安全裕度。

该方法可以在开市前公布成本,能比较好地引导发电权的转移方向。另外,由于不利于系统潮流的发电权交易成本被适当扩大,因此,在交易排队过程中,这些交易撮合的可能性降低,使交易结果基本是可行的。

3.2.2 典型潮流确定地域成本的方法

典型潮流确定地域成本的方法与极端潮流确定地域成本的方法基本思想是一致的,区别在于假想潮流是典型潮流。

用典型潮流确定地域成本,可以使地域成本在一段时期内保持稳定,可以提高市场的透明度,便于监管。但是,交易结果不可行的概率相对较大,应进行安全校核,放弃不能通过安全校核的交易。

3.2.3 全效用模式的交易过程

a. 确定固定的交易成本 C_c ,即电力公司组织发电权交易的佣金。

b. 用极端潮流方法(或典型潮流方法)确定各个节点之间交换发电权的地域成本 C_R 。地域成本加固定成本,得到总成本矩阵,在开市前公布各个节点之间交易的总成本矩阵 C 。

c. 用考虑交易成本的经纪人模式撮合交易,并进行安全校核,放弃不能通过安全校核的交易。

d. 发布交易结果。

4 两种发电权交易模式的比较

4.1 简易模式的分析

简易交易模式的优点是:

a. 规则简单。在规则中,各个市场成员和电力公司的权利、义务明确。

b. 透明性较好。

但存在如下缺点:

a. 操作复杂。对每笔交易都需检查是否可行。

b. 监管难度大。在监管中,难以确定每笔被放弃的交易是否为正常放弃,因为其他交易影响该笔交易是否可行。一笔交易是否成交,是一个动态的过程,具有不确定性。

c. 公平性差。报价差大但成本也大的交易成交后,可能阻碍其他真正高效的市场成员的成交。

d. 效用低。一笔交易的效用不能简单地由报价差体现,真正的效用是报价差减去交易成本后的值。简易模式优先撮合了表面上高效用的交易,但真正的效用可能很小,甚至可能为负。负的效用通过电力公司收取的费用转移到其他市场成员,也是导致公平性差的一个原因。

4.2 全效用模式的分析

全效用模式与简易交易模式基本上是相对的,它的优点是:

- a. 操作简单。不需要在每笔交易后进行校核。
- b. 监管难度小。各个交易成本是事先在监管机构的监管下确定的,交易过程透明。
- c. 公平。各个交易的市场成员真实地负担了交易成本,不存在成本转移的问题。
- d. 效用高。按照真正的效用高低撮合了交易,这也正是“全效用模式”名称的由来。

与简易模式相比,全效用模式的缺点是规则相对复杂,但本文认为,这个复杂程度是可以接受的。

5 算例分析

以图 2 所示简单系统为例,假设 A 节点有发电厂 A1 和 A2,B 节点有发电厂 B1 和 B2,C 节点只有一个发电厂 C。在某次发电权交易中,A1,B1 申报出售发电权,A2,B2,C 申报购入发电权。

表 1 为各市场成员申报购入(或出售)发电权的范围和报价。

表 1 各市场成员申报数据			
Table 1 Bidding data of each participants			
电厂	买卖关系	数量/MW	报价/ (元·(MW·h) ⁻¹)
A1	出售	0~80	326
A2	购入	0~80	318
B1	出售	0~100	330
B2	购入	0~100	328
C	购入	0~40	320

如果用简易模式撮合交易,则撮合结果如表 2 所示。由于 A1 出售发电权的价格低于 B2 购入的价格,用简易模式时,不能撮合。交易后,3 个节点的出力和负荷情况如表 3 所示。

表 2 简易模式的交易结果				
Table 2 Trading result of simple mode				
交易撮合 次序	出售方	购入方	成交量/ MW	成交价/ (元·(MW·h) ⁻¹)
1	B1	A2	80	324
2	B1	C	20	325
3	A1	C	20	323

表 3 简易模式交易后的功率分布			
Table 3 Power distribution after simple mode trading			
节点	出力/MW	负荷/MW	节点注入功率/MW
A	460	100	360
B	200	500	- 300
C	140	200	- 60

可以看出,交易结果将加重 A,B 之间联络线的潮流,因为有一部分发电权从 B 转向了 A。

若采用全效用模式,设固定成本 C_C 为 0.5,A,B,C 这 3 个节点之间进行发电权交易的地域成本为:

$$C_R = \begin{bmatrix} 0 & -5 & -3 \\ 8 & 0 & 2 \\ 5 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

则交易成本矩阵如表 4 所示。

表 4 交易成本矩阵			
Table 4 The cost matrix			
交易方	A2	B2	C
A1	0.5	-4.5	-3.5
B1	8.5	0.5	2.5

总成本为撮合交易时收取的费用,如果为负,表示该交易对于系统潮流有利,给予一定奖励。

采用考虑交易成本的经纪人交易方式计算,得到计算结果如表 5 所示。

表 5 全效用模式交易结果			
Table 5 Trading results of full utility mode			
撮合次序	出售方	购入方	成交量/MW
1	A1	C	40
2	A1	A2	40
3	B1	A2	40
4	B1	B2	60

全效用模式交易后的功率分布如表 6 所示。

表 6 全效用模式交易后的功率分布			
Table 6 Power distribution after full utility mode trading			
节点	出力/MW	负荷/MW	节点注入功率/MW
A	400	100	300
B	260	500	- 240
C	140	200	- 60

对比上述两种情况下的交易结果,可以发现,与简易模式相比,全效用模式不但撮合了更大的交易

量(总成交量为 180 MW),而且减轻了系统潮流,交易结果更公平、有效。

6 结语

在常规的合约市场、日前市场等模式的基础上,本文提出了发电权交易的概念及其交易机制。在分析常规经纪人交易模式的数学和经济学背景后,建立了发电权这种特殊商品的双边交易模式,并提出了考虑交易成本的经纪人交易模式。通过对不考虑交易成本的简易模式和考虑成本的全效用模式进行深入的分析及全面的对比,本文推荐全效用模式,认为这种模式更能反映发电权交易的特点,并体现经纪人交易模式的高效用和高公平性。研究表明,发电权交易是一种新颖而有效的交易模式,可以在电力市场实践中发挥积极的作用。

参考文献

1 肖金华(Xiao Jinhua). 利用市场机制,优化调度,充分发挥水电效

益(Make Use of Market Mechanism to Optimize Distribution and Take Full Advantage of Hydropower). 湖南电力(Hunan Electric Power), 2001, 21(6): 54, 58~60

2 温 权, 薛年华(Wen Quan, Xue Nianhua). 华中电网弃水电价研究(Study on the Spill Electricity Price of Central China Power Net). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(7): 48~51

3 Samuelson P A, Nordhaus W D. Microeconomics. 16th ed. New York: McGraw-Hill Co Inc, 1998

4 冯贵明(Feng Guiming). 华东电力市场经纪人运作方式设想(A Concept on Operation Mode of East China Power Market Agent). 华东电力(East China Electric Power), 2000, 28(4): 4~7

黎灿兵(1979—),男,博士研究生,从事电力市场的研究。E-mail: lcb01@mails. tsinghua. edu. cn

康重庆(1969—),男,博士,副教授,研究方向为电力市场、电力系统规划、电力经济与信息技术、负荷预测等。

夏 清(1957—),男,教授,博士生导师,研究方向为电力市场、电力系统规划、电力经济与信息技术、负荷预测等。

GENERATION RIGHTS TRADE AND ITS MECHANISM

Li Canbin¹, Kang Chongqing¹, Xia Qing¹, Huang Yonghao¹, Shang Jincheng²,
Meng Yuanjing², Ding Junwei¹, Shen Yu¹

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

(2. Henan Province Electric Power Company, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Based on the trading modes of conventional contract market and day-ahead market, the concept of generation right (GR) is presented which is the extended form of "hydro and steam power replacement" adopted in some provinces. Under generation right market (GRM), power plants perform bilateral trade (BT) to sale or buy GRs so that their output power can be changed which is valuable to maintain the stability of power system operation. Since broker trade mode (BTM) is the main form of BT, the model and mechanism of BTM is thoroughly analyzed from the viewpoint of mathematics and economics. Then the model of GRM organization is proposed. Moreover, a new broker trade model is established to take trade cost into account. Finally, two modes of GR trade, viz the simple mode without considering trade cost and the full utility mode considering trade cost, are proposed and evaluated by case study. It is showed that GR trade is a novel and effective transaction form and may bring positive effect to electricity market.

This project is jointly supported by National Key Basic Research Special Fund of China (No. G1998020311), Special Research Foundation from Ministry of Education for Ph. D. Student Training Program (No. 20010003025) and Fundamental Research Funds of Tsinghua University (No. JC2002018).

Key words: electricity market; generation right; broker trade mode; bilateral trade