

电力日前交易市场的运作机制及模型

黄永皓¹, 尚金成², 康重庆¹, 夏清¹, 孟远景², 何南强²

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

摘要: 日前交易市场是电力市场的重要组成部分,其运作方式有多种。文中提出了一种适合中国国情的日前交易市场运作模式,给出了相应的组织流程和运行规则。对于网络拥塞或线路、断面潮流越限的问题,提出了分区电价机制予以解决。

关键词: 电力市场; 日前交易市场; 日前竞争负荷; 买方市场; 卖方市场; 分区电价

中图分类号: TM73; F123.9

1 日前交易市场概述

日前交易市场按交易日进行。每个交易日为 1 个日历日,分为 48 个交易时段,每个交易时段为 30 min。交易日从北京时间 0:00 开始,第 1 个时段为 0:00~0:30,最后一个时段为 23:30~次日 0:00。如果没有特别说明,相关负荷曲线预测的时间间隔也均为 30 min。

在日前交易市场中,发电商参与发电电能的竞标,交易中心根据公布的竞争负荷曲线及发电公司的申报数据,在满足电网安全约束的条件下,给出最优的交易计划及结算电价。日前交易市场制定的交易计划称为预调度交易计划。

竞争负荷曲线是指电力交易中心根据负荷预测曲线,减去不参与市场竞争机组的发电处理后的剩余负荷,即:日前竞争负荷=该时段短期负荷预测负荷-该时段特殊机组(必开机组)的发电出力-该时段区外合同计划出力-该时段合约计划出力。

预调度交易计划的制定是电力市场运营的核心功能之一,是实现日前竞价上网的关键。它是利用市场成员申报的数据、短期负荷预测、电网输送容量、年交易计划、月交易计划、合同、安全约束等信息,按照市场规则构成的优化目标,制定次日发电计划、交换计划、辅助服务计划、决策上网电价,并实现电力交易的管理功能。

电力市场环境下的预调度计划与传统的发电计划存在本质区别。在计划经济时期,发电计划是基于全信息的调度决策,并且调度运行部门对下属电厂拥有完全的控制权,因此可以用行政手段进行必要的干预。而在电力市场环境下,资源优化的总体思路是“分散决策、整体协调”,调度运行部门一方面作为电力经纪人出现,另一方面与电厂之间是平等的市场成员关系,惟一的纽带是经济手段,市场的公平性

将成为首要的原则。与之相适应,预调度计划模型考虑了电力市场的“公平、公正、公开”原则,遵循电力市场环境下的竞价规则、运营规则、结算规则。

日前交易市场结构如图 1 所示。

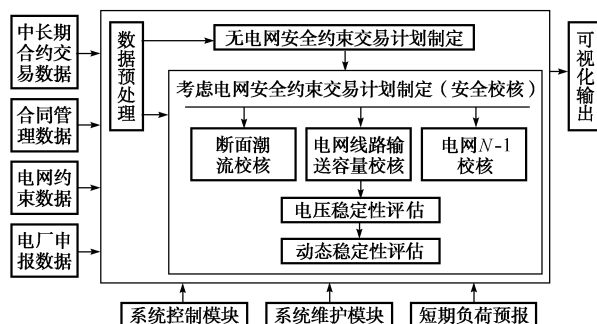


图 1 日前交易市场结构

Fig. 1 Structure of day-ahead trading market

2 日前竞争负荷预报与发布

2.1 短期负荷预报

电力交易中心负责进行短期负荷预报,并向所有市场成员公布。

短期负荷预报是根据历史数据,并考虑天气状况、节假日、社会环境等客观因素,对未来 1 个或几个交易日电网负荷做出的预先估测。

与交易时段相对应,电网的短期负荷预报以 30 min 为间隔。电力交易中心负责将各交易时段的电网负荷情况以曲线和表格形式向所有市场成员公布。

2.2 日前竞争负荷预报

在参与现货日前市场的发电公司竞价之前,电力交易中心除了公布短期负荷预报以外,还必须发布计划交易日的竞争负荷,称为日前竞争负荷。日前竞争负荷是实际负荷需求的预报值减去不参与市场竞争的发电出力以及合约计划出力后的剩余负荷。

交易日某时段日前竞争负荷=该时段短期负荷

预测负荷—该时段特殊机组(必开机组)发电出力—该时段区外合同计划出力—该时段合约计划出力。

2.3 信息发布与查询

电力交易中心应在计划交易日的前一天 10:00 前公布计划交易日的电网短期负荷预报曲线、日前竞争负荷曲线;同时向各发电公司各机组公布合约出力计划,其中包括各机组所有时段的年度合约出力和月度合约出力。

发电公司通过规定的通信系统查询日前市场公布信息。每天 10:30,若发电公司仍未查询到日前市场公布信息,应主动与电力交易中心联系。

3 日前市场数据申报规范

3.1 对发电公司申报的要求

发电公司在计划交易日的前一天 11:00 以前必须按照规定的格式,向电力交易中心申报计划交易日每台发电机组的经济和技术数据。

发电公司必须对所申报数据的真实性和准确性负责,电力交易中心有权对发电公司所申报的数据进行审查。

3.2 发电公司各机组申报的技术数据

发电公司各机组申报的技术数据至少应包括:机组的编号、额定发电容量、额定上网容量,机组降出力容量、起止时间及降出力原因,机组在正常状态下升、降负荷速率(MW/min),机组在紧急状态下增减负荷速率(MW/min),每个交易时段发电机组的最高、最低出力,最小停机持续时间,最小开机持续时间,机组启、停特性曲线,检修停机的开始时间和结束时间以及检修状态下的启、停特性曲线。

3.3 各发电机组申报的经济数据

3.3.1 报价曲线

在每个交易时段,对应于机组不同有功出力,其申报的电价可以不同。申报内容为机组申报的各分段点顺次连接而成的折线。这条折线就是该机组申报的功率-电价曲线,称为报价曲线。报价曲线上的功率分段点必须不小于 3 个且不大于 10 个,且功率跨度范围必须包括申报的最高、最低出力点。

各时段所申报曲线的同一功率点的最高报价与最低价格的比值不得超过 1.5。相邻两个时段同一功率点的最高报价与最低价格的比值不得超过 1.1(包括两日的衔接时段)。

在买方市场的条件下,不同时段允许申报不同的报价曲线。在卖方市场的条件下,每天各时段只允许申报同一条报价曲线。

在申报提交 3 min 后,如果发电公司未能得到电力交易中心对该次申报的有效性认定,必须向电力交易中心询问,直至得到确认为止。

如果发电公司在日前市场交易日期间,电力交

易中心没有收到有效申报数据,电力交易中心必须与发电公司查询原因,并做出相应处理。

3.3.2 报价的最低、最高限制

为确保电网安全可靠运行,防止恶性竞争,对机组报价设置最低限价。为防止过度投机,对机组报价设置最高限价。最低、最高限价由市场监管机构根据市场供求关系确定。如果申报的电价超过最高限价或小于最低限价,则认定这类报价为无效申报。

3.4 数据申报的审核

电力交易中心接收到发电公司申报的数据后,应按照如下几条规定进行审核,并在收到发电公司数据申报的 3 min 内及时对该发电公司报价数据的有效性进行确认;发电公司对计划交易日的数据申报必须在前一天 11:00 之前提交;报价数据一旦报出,其中的经济数据不得修改。

3.5 申报技术数据的再修改

在计划交易日的前一天 14:00,允许发电公司对计划交易日发电机组的技术数据进行修改,称为修改申报。

修改申报只能修改申报的技术数据,不能修改申报的经济数据。

电力交易中心一旦收到发电公司修改申报的技术数据,则认为发电公司上次申报的相应技术数据无效。

发电公司必须向电力交易中心提交修改申报的理由。

电力交易中心对修改申报的时间和内容必须做好记录。

各发电公司的修改申报应通过电力通信系统传递给电力交易中心,电力交易中心收到发电公司的修改申报后应立即通过该系统对发电公司的修改申报进行确认。

3.6 数据保密

电力交易中心对发电公司历史上申报的数据负有保密义务,在 3 年内不得以任何方式透露给竞争对手或潜在的竞争对手。

在传输过程中,电力交易中心和发电公司必须采取加密措施。

4 预调度计划编制及发布

预调度计划的制定是整个日前市场交易的核心。预调度计划的编制分为两个阶段:首先,不考虑电网安全约束,制定出无约束交易计划;其次,在考虑电网安全约束的条件下,进行安全校核。如果无约束交易计划是安全的,则该计划被确定为预调度计划;否则,考虑分区电价机制,进行安全校正,得到满足电网安全约束的预调度计划和相应的分区购电价格。

4.1 编制原则

在满足机组及电网约束的前提下,预调度计划模型以该计划交易日的全网全天现货购电费用最小为优化目标。

在任何交易时段,预调度计划必须满足如下约束条件:

- a. 保证电网安全、优质、可靠地运行。
- b. 体现公平、公正、公开的原则,在技术条件一致的前提下,严格按照上网电价的高低次序上网,并为发电企业提供正确的市场激励信号。
- c. 保证电网的供需平衡,不但能在供大于求的情况下选择最经济的上网计划,而且能够在供不应求的情况下确定合理的削减负荷方案。
- d. 允许报价曲线为上升、下降和 V 形曲线。
- e. 购电计划的结果首先必须可行,满足机组和发电厂的技术参数限制,使发电厂在正常情况下能够严格按照购电计划发电。
- f. 满足机组的动态特性限制,在机组的启停态及正常运行情况下出力变化速率都能够满足机组负荷调整速率的限制。
- g. 除处于启停态的机组外,所有机组出力升降的趋势与全网负荷升降的趋势一致,以减轻调频机组的负担,提高全网的频率合格率。
- h. 任何时段,电网的正、反向调频容量都能够满足电网正常调频的需要。
- i. 任何时段电网的正、反向旋转备用都能够满足电网备用容量和速度的要求。为了满足旋转备用容量和速度的要求,进行调整时,以尽量不开停机组为原则。如某一计划方案不能满足要求,首先在不改变机组状态的条件下调整,不行时再考虑停机或增开新机组。
- j. 任何时段电网的非旋转备用容量都能够满足电网备用容量的要求。

4.2 编制方法

4.2.1 无约束发电出力计划的制定

不考虑系统安全约束下,电力交易中心根据全网预计负荷和各发电公司申报的每台机组的经济、技术数据,安排计划交易日各交易时段的发电出力计划(简称无约束发电出力计划)。

无约束发电出力计划必须满足机组的最高最低出力、负荷速率变化、电厂及机组的最小运行方式、停机到开机需要的最短间隔时间等电厂或机组自身的约束条件。

电力交易中心对每个交易时段发电机组的报价由低到高进行排序。如果机组报价相同,按电力交易中心收到报价的时间顺序排列,先收到的优先。

安排每个交易时段无约束发电出力计划时,按排序结果,在满足规定的约束条件前提下,从报价最

低的机组起依次调用,直至电网预计负荷得到满足。

按照上述的规定,在任何交易时段,被调用的最后一台机组的出力点对应的报价,称为该时段无约束边际电价。

无约束发电出力计划必须满足公平性准则:在统一的边际电价下,当机组的最高报价低于系统边际电价的机组时,该机组将发最大出力;当机组的最低报价高于系统边际电价的机组时,该机组的出力为 0;当系统的边际电价介于机组的最低报价和最高报价之间时,该机组将安排在系统边际电价对应的出力点上。

4.2.2 安全性校核与分区电价

4.2.2.1 安全性校核出力计划

电力交易中心应在考虑输电线路或断面的输送容量的前提下,对每一交易时段的无约束发电出力计划进行安全校核。

4.2.2.2 安全校核后的上网电价

如果无约束出力计划通过了安全校核,则将其作为预调度计划,此时无约束边际价格作为市场结算电价。当该电价过高时,则应改变电价结算机制。将各机组报价的综合报价定义为收购电价。当机组的报价高于收购电价时,机组按其报价进行结算;当机组的报价低于收购电价时,统一按收购电价结算。

如果没有通过安全校核时,则电力交易中心根据线路或断面输送潮流的越限程度,对系统进行区域的划分,并宣布采用分区电价机制。

4.2.2.3 分区电价

根据线路、断面输送潮流,电力交易中心可以将整个电网划分出若干区域,在各区域内按分区边际电价进行结算。

在各分区内,预调度计划必须仍然满足无约束发电出力计划的公平性准则。

分区电价公布的信息至少包括以下内容:①公布实行分区电价的时段;②将该时段对应各区域的范围以及所包括的发电节点和输电线路公布出来;③公布该时段各区域的边际电价,并以分区电价作为该区内机组日前市场结算的依据。当该电价过高时,则应改变电价结算机制。将各机组报价的综合报价定义为收购电价。当机组的报价高于收购电价时,机组按其报价进行结算;当机组的报价低于收购电价时,统一按收购电价结算。

a. 分区电价机制

在现货市场中,当出现网络拥塞或线路、断面潮流越限时,某一区域将只能通过该区域的机组升高出力来平衡负荷。如果采用全网统一的边际电价,将导致部分具有市场力的机组的哄抬电价行为使系统总购电成本上升过多,增加电力用户的负担。

所以,根据潮流越限的线路和断面对市场进行

分区,在区域内按该区域的边际电价作为该分区市场的现货结算价格。采用分区电价之后,系统的总购电成本能够得到降低。

b. 关于分区电价的进一步说明

分区只是用于计算电价和出力,但并不重新报价,也不是实行区域电力市场。

当某些时段网络拥塞或线路、断面潮流越限时,或某一区域机组报价过高时,或线路、设备停运时,才实行分区电价。

对于各个分区,必须保证不出现区内的网络拥塞或线路、断面潮流越限,否则继续分区。

各分区的预调度计划在该分区内仍然满足无约束发电出力计划规定的公平性准则。

不存在拥塞、停运或越限等问题,或此类问题解决后的时段,依旧采用全系统统一的边际电价结算。

4.3 发电机组开停

由合约市场电量决定的机组开机计划不得随意更改。

未定状态机组的开停机由预调度计划计算程序确定。

4.4 预调度计划的发布与查询

计划交易日的前一天 17:00 前,电力交易中心应公布计划交易日的预调度计划。发电公司通过规定的通信系统查询计划交易日的预调度计划。发电公司查询到预调度计划后,于 17:30 前通过该通信系统向电力交易中心返回确认信息。

如果每天 17:30 各发电公司仍未查询到计划交易日的预调度计划,应及时与电力交易中心联系。

5 日前交易市场竞价原则与结算规则

5.1 竞价原则

在日前市场上,根据市场供求情况的不同,采用不同的竞价模式。

5.1.1 买方市场和卖方市场

买方市场是相对于卖方市场的一种供求态势,它是指对买方(主)有利的市场,亦即供过于求的市场。在这种态势下,卖方(生产者和经营者)纷纷以比较低的价格出售商品,商品的价格更能体现成本,体现“优胜劣汰”的竞争原则,优化社会资源配置。在买方市场的情况下,适合发展电力市场。

卖方市场是相对于买方市场的一种供求态势,它是指对卖方(主)有利的市场,亦即求大于供的市场。在这种态势下,即使卖方(生产者和经营者)提高价格出售商品,仍不能满足需求,卖方可以通过哄抬物价得到超额利润。在卖方市场的情况下,不利于发展电力市场。

5.1.2 买方市场和卖方市场的界定

系统备用率和全网利用小时数两个指标分别能

代表系统峰荷和资源利用程度,以这两个指标作为评定市场供求状况的指标体系。买方市场和卖方市场技术指标的边界值由电力交易中心进行分析、评定,并上报电力监管委员会审核,由该委员会宣布。

5.1.3 买方市场中的电价机制

在买方市场情况下,由于发电资源不稀缺,购电者将根据所有发电公司在某一时段的报价进行由低到高的排队,按照这一经济次序逐步满足该时段需求电量。该时段的发电边际价格为最后满足该时段电量需求机组的报价。

为防止高峰时段或负荷陡增时段机组的投机行为,出现边际电价的大幅波动,在申报电价时对涨跌幅度加以限制。

应尽可能使购电价格接近发电的社会平均成本,否则可能使发电公司获得暴利。当采用边际价格作为购电价格时,如果边际价格过高,则应改变电价结算机制。将各机组报价的综合报价定义为收购电价。当机组的报价高于收购电价时,机组按其报价进行结算;当机组的报价低于收购电价时,统一按收购电价结算。

5.1.4 卖方市场中的电价机制

在卖方市场情况下,机组每天只允许报一条曲线,增加低负荷时段和高负荷时段报价的联动性,避免在负荷高峰时电价飙升。发电公司由于需要在低负荷时段失去电量的风险,所以在报价时不会贸然采用投机的高报价策略。

类似于买方市场中的电价机制,为防止高峰时段或负荷陡增时段机组的投机行为,出现边际电价的大幅波动,在申报电价时对涨跌幅度加以限制。应尽可能使购电价格接近发电的社会平均成本,否则可能使发电公司获得暴利。当采用边际价格作为购电价格时,如果边际价格过高,则应改变电价结算机制。将各机组报价的综合报价定义为收购电价。当机组的报价高于收购电价时,机组按其报价进行结算;当机组的报价低于收购电价时,统一按收购电价结算。

5.2 结算规则

在日前市场中,每天都要对前一天各机组的实际发电量进行清算。

在日前市场中,发电机组获得的收益是其各时段现货出力与系统各时段结算价格的乘积。当电网出现阻塞时,按各分区的日前市场进行电价结算。

在机组开停机过程中,其出力按其申报的机组启、停特性曲线分配负荷,所发电量按该月的月度合约价格进行结算。

6 结语

日前交易市场是电力市场的重要组成部分,其

运作方式有多种。本文提出了一种适合中国国情的日前交易市场运作模式,给出了相应的组织流程和运行规则。对于网络拥塞或线路、断面潮流越限的问题,本文提出了分区电价机制予以解决。有关日前交易市场详细的运作机制,可参考文献[1~3]。

参 考 文 献

- 1 黄永皓,尚金成 (Huang Yonghao, Shang Jincheng). 电力市场运营模式研究及其技术支持系统设计 (Power Market Operation Mode Research and Technical Support System Design). 北京:科学出版社 (Beijing: Science Press), 1999
- 2 尚金成,黄永皓,夏 清,等 (Shang Jincheng, Huang Yonghao, Xia Qing, et al). 电力市场理论研究与应用 (Research on Electricity Market Theory and Its Applications). 北京:中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 2002

- 3 尚金成,黄永皓,康重庆,等 (Shang Jincheng, Huang Yonghao, Kang Chongqing, et al). 电力市场技术支持系统设计与关键技术研究 (Design and Key Technology of Electricity Market Operation System). 北京:中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 2002

黄永皓(1962—),男,博士研究生,主要从事电力系统规划、电力系统生产及管理、电力市场及其技术支持系统等方面的研究工作。

尚金成(1966—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统及其自动化、电力市场及其技术支持系统、电厂竞价上网辅助决策与风险评估等方面的研究与管理工。E-mail: shangjincheng@vip.sina.com

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

AN OPERATION MECHANISM AND MODEL OF THE DAY-AHEAD ELECTRICITY MARKET

Huang Yonghao¹, Shang Jincheng², Kang Chongqing¹, Xia Qing¹, Meng Yuanjing², He Nanqiang²

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

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

Abstract: The day-ahead trading market is an important component of the power market. There are many choices for the operation mechanism. This paper presents a detailed operation mode of the day-ahead trading power market suitable for China's actual conditions. The corresponding organization flow and operation rules are also given. As for the congestion of line or section, this paper suggests the adoption of area prices as a solution.

Key words: electricity market; day-ahead trading market; load for competition; buyer's market; seller's market; area price