

区域电力市场竞价交易结构与模式的探讨

姚建刚

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南省长沙市 410082)

摘要: 结合我国经济发展的实际情况和电网的运营特点, 对发电侧电力市场竞价交易结构与模式、国内外研究现状进行了分析。特别是对区域电力调度交易中心与省电力调度交易中心的职能与职责划分、市场安全稳定运营等提出了建设性意见。同时提出了容量合同与效率优先相结合的竞价交易模式, 为区域电力市场的构建提供了新想法。

关键词: 区域电力市场; 发电侧电力市场; 竞价结构; 竞价模式; 优化调度; 安全稳定运营

中图分类号: TM73; F123.9

0 引言

根据国务院国发[2002]5 号文件精神 and “厂网分开、竞价上网”的实际部署, 我国电力工业将逐步实现发电、输电、配电和售电等 4 个环节的分离, 实现全国联网、西电东送, 并建立规范有序的电力市场, 在区域电网直至全国联网范围内引入市场竞争机制。目前, 我国电力体制改革已进入实质性操作阶段, “西电东送、南北互供、全国联网”步伐加快。随着电力供需形势日趋紧张, 我国电力体制改革今后的工作重点是跨省区电网连接, 打破省间壁垒, 建立竞争有序、开放规范的区域电力市场, 以有效利用能源、优化资源配置, 满足人民对用电负荷日益增长的需求。近年来, 我国区域电网在省间虽进行了一些电量合同交易, 但这些交易受到省间壁垒的障碍, 没有形成有效的竞争模式, 资源没有得到充分有效利用。随着长江三峡 2004 年两台机组的并网发电和“厂网分开”电力体制改革的深入进行, 研究合适的区域电网交易结构和竞价模式已日显紧迫。

1 国内外研究现状及分析

20 世纪 90 年代以来, 电力工业改革浪潮席卷欧美等发达国家。我国从 1998 年下半年开始在上海、浙江、山东、辽宁、吉林、黑龙江等 6 个省、市进行了发电侧改革的试点工作。但这些试点单位的竞价模式是以省为单位确定的, 且实际只有 10%~20% 左右的电量参与竞价, 与国务院国发[2002]5 号文件精神的要求和建立区域性电力市场的要求相差甚远。2002 年 12 月 18 日, 国家电力公司正式宣告改组为国家电网公司等 11 家单位, 发电与输电分开已正式启动, 发电竞价上网、并在全网内实现资源优化

配置的重担已压在了区域电网公司肩上。作为区域电网公司, 如何使三峡等水电厂的资源和大西北的丰富能源得到有效利用并产生合理的效益, 是区域电力市场竞价上网模式首要考虑的问题。

在世界各地, 学者们对竞价交易结构和模式早有研究^[1~3], 如英国、美国、澳大利亚、新西兰等国已制定了成套的电力市场运营模式和规则, 并开发了先进的并已投入实际运营的电力市场技术支持系统, 但这些工业发达国家的电力工业与我国的电力工业的差别很大, 不但人均装机和人均用电量是我国的 10 倍以上, 而且其供给能力远大于需求。而我国的供给与需求的平衡是暂时的或季节性的, 结构性的缺电将长期存在。再者, 我国的社会结构和国家政策与上述这些国家的差别也很大。因此, 国外的模式不能照搬应用。只有借鉴国外成功经验并结合我国的实际, 才能研究开发出适合我国国情和具有生命力的区域电力市场发电竞价交易模式及电力市场技术支持系统。

区域电力市场竞价交易模式既不能照搬过去的指令性计划模式, 又不能照搬国外以需求为导向的完全价格竞争模式。该模式必须以效率优先为根本, 以市场有效竞争为原则, 研究适合我国电网特点的竞价交易模型。应以水火电混合的中、西部区域电力市场为范例, 以有代表性的省级电力市场为典型进行研究。运用系统工程、电力系统有功和无功平衡原理以及大系统分解、模糊优化、人工智能等理论, 将电力经济调度的多目标、高维数、非齐次方程组转化为多个单目标函数求解, 结合经济学原理、资源环境理论和市场学原则, 创建一整套适合我国区域电力市场的电厂上网竞价、输配电费用取费、销售电价、实时电价等运营的模式、模型和计价方法, 并创立政府对电价的宏观监控和指导模式, 将环保指

标量化为上网电价排序模型,为区域电力市场实际运营提供制定法规、法则的理论依据。

2 竞价交易结构的研究

2.1 区域电力市场成员的市场准入条件

区域电力市场的准入规则应该对市场成员的地域不做要求,凡能通过开放的传输线进入区域电力市场内某省电网进行电力交易的发电厂和供电公司都可以成为市场成员。市场监管机构根据市场准入规则向市场成员颁发准入许可证。但应根据电力市场的发展程度分别按水电、火电的装机容量大小实行逐步准入制。

2.2 区域电力调度交易中心和省电力调度交易中心的职能及职责划分

当前,电网和发电公司的产权独立及分割已经完成,发电竞价上网在近2年内必将实现。为此,我国有些专家提出了国家级、区域级和省级的三级电力市场构思,另有专家则提出了区域级、省级二级电力市场的概念。不管是三级或者是二级电力市场,区域级和省级电力市场都必将存在。因此,研究区域电力调度交易中心和省电力调度交易中心的职能及职责划分,是发电侧电力市场竞价交易模式研究的前提。而研究区域电力调度交易中心和省电力调度交易中心的职能及职责划分的关键是要考虑以下4个条件:①有利于全网发电资源的优化配置;②有利于系统的安全稳定运营;③有利于化解区域级与省级政体之间的利益矛盾,即充分调动两者的积极性;④有利于调动投资者建设电厂的积极性。不管省电网公司是区域电网公司的子公司还是分公司,全网的电量交易应以区域电力市场交易为主体,以省级电力市场为辅助。但从电网的安全稳定运营角度考虑,实时调度交易宜以省级电网平衡为主,网间联络线作为补充。因此,区域电力市场竞价交易结构模型宜采用合同交易,由区域电力调度交易中心组织;实时交易以省级电力调度交易中心为主体,区域电力调度交易中心进行联络线调度平衡;全网安全稳定运营实行分层、分区控制模式。具体要求如下。

a. 调度的权限划分

传统的经济负荷分配(ELD——economic load dispatching)执行的是等微增率准则,即每台发电机的耗量微增率应相等,即

$$\frac{dF_1(P_{G1})}{dP_{G1}} = \frac{dF_2(P_{G2})}{dP_{G2}} = \dots = \frac{dF_n(P_{Gn})}{dP_{Gn}} = \lambda \quad (1)$$

式中: $F_{G1}, F_{G2}, \dots, F_{Gn}$ 分别为机组1, 2, $\dots, n$ 的燃料总耗量; $P_{G1}, P_{G2}, \dots, P_{Gn}$ 分别为机组1, 2, $\dots, n$ 的出

力; λ 为微增率。

因此,为保证全网总耗量最小,经济调度必须直接调度到机组。而在电力市场条件下,优化调度的目标为全网总购电费用最小,电厂根据时段、需求、成本等情况进行报价。因此,除调峰、调频机组外,优化调度宜以电厂为单位进行,只有在事故或系统安全稳定运营需要的情况下才直接调度到机组。各电厂所属机组的开停机和安排出力等经济运行问题由各电厂自行优化。这样,一方面可使竞价交易模型简化,另一方面增强了电厂的市场竞争意识和力度。考虑到分层调度的必要性,建议将装机容量在600 MW以上的发电厂划归区域电力调度交易中心调度,装机容量在600 MW以下的发电厂划归省级电力调度交易中心调度。

b. 容量合同市场交易的职能划分

以独立发电公司或发电厂为单位与区域电力调度交易中心签订年容量合同,区域电力调度交易中心实行按年、季、月、日滚动安排,统一结算。

c. 日前市场的职能划分

以独立发电公司或发电厂为报价单位进行竞价上网,区域电力调度交易中心根据各省和全网日负荷预测进行省级平衡和网间平衡调度初步安排,然后下达到各省电力调度交易中心,各省电力调度交易中心进行平衡补充后报区域电力调度交易中心批准执行。

d. 实时交易市场的职能划分

所谓实时交易调度,是指在日前市场交易和调度的基础上,根据实时负荷预报和机组出力的变化而进行的实时平衡调度。其交易时段的长短应根据电力市场技术支持系统和供给的满足程度确定,可设为30 min, 15 min, 10 min或更短。其交易和调度量一般只占总交易和调度量的2%~5%。因实时交易的时间周期短,情况复杂,宜以电厂为报价单位,以省级电力市场平衡为目标进行交易调度,区域电力调度交易中心负责联络线功率平衡调度和事故支持。在紧急情况下,电力调度交易中心可直接调度到机组。

2.3 电网的安全和稳定运营

电网必须安全和稳定地运营,在电力市场条件下尤其如此。由于我国电网是从小电网逐步发展起来的,各省、市电网已形成相当稳固的网架结构,具有应付突变的能力。因此,在电力市场条件下的安全稳定运营还宜采用“分层、分区控制”模式。即在各省、市电网稳定运营的基础上,区域电网只取各省的下网和上网广义节点对主网架进行稳定分析计算。这样,既可减少稳定计算量和降低复杂程度,又可加强各级电网稳定运营的职责。

3 发电侧电力市场竞价交易模式的研究

根据国发[2002]5号文件精神,我国发电侧电力市场将实行“容量电价+电量电价”的竞价上网模式。但容量电价的定价有2种可能,一种是按原计划经济体制下的“成本加”的方法所制定的容量电价,它包含了电源的建设成本(即固定成本)和发电量的变动成本;另一种是只计及电源的建设成本(固定成本),而将发电量的变动成本列入电量电价。

由于历史原因和建设年限的不同,各发电公司在一次能源种类、规模、单机容量、折旧年限、还贷周期、还贷利率等方面存在较大差别。因此,在发电竞价上网初期(1年~10年)必须面对这一事实,在确定“发电竞价”上网模式时,既要遵循市场公平竞争原则,又要兼顾考虑这些历史遗留问题。目前,国内外已对发电竞价交易模式进行了较深入的研究^[4~6],概括起来,主要有两部制定价、发电超基数竞价、差价合同加现货市场、容量合同与效率优先相结合等4种。

3.1 两部制电价

两部制电价又称霍普金森电价,是由约翰·霍普金森博士最早提出的一种电价制度。两部制电价是将电价分解为容量电价和电量电价两部分,其中容量电价是按照设备容量的固定成本确定的,电量电价是按照变动成本(如燃料费、维修费等)确定的。

容量电费可保证发电企业回收容量成本,与上网协议中规定的保证年发电量有关,与实际发电量无关,即多发与少发(非电厂原因)均付给发电企业同样的容量电费,多发的电量只按电量费率计算付费,而少发的电量仍付给容量电费,不付电量电费。

3.2 发电超基数竞价

电网公司与各发电公司签订购/售电合同,明确合同电量与合同电价,并将机组的合同电量分解到日。合同电量仅作为结算的依据。交易中心对机组的报价实行最高和最低限价。

根据机组竞价的上网电量,按日计算,机组上网电量在合同电量之内的部分按合同电价结算,超出合同电量的部分按竞争电价的平均值结算;上网电量小于合同电量时,其差额电量按合同电价减去机组变动成本予以补偿。

3.3 差价合同加现货市场

“差价合同加现货市场”模式通过差价合同解决现有各发电公司存量资产的不同、投资主体因历史沿革不同而反映在利益上的差异,从而使不同利益主体、不同历史时期、不同建设成本、不同负担的发电机组处于同一竞争起点。差价合同中记载着合同电量和合同电价,由电网公司依此包销。竞价时按

全电价报价,并根据报价由低到高组织电量上网。上网电量按差价合同进行正、负补差,电费结算由差价合同付费和现货市场电量付费两部分组成。

a. 差价合同付费 C_c

$$C_c = \begin{cases} Q_f(\rho_c - \rho_m) + (Q_c - Q_f)(\rho_c - \rho_v) & Q_c \geq Q_f \\ Q_c(\rho_c - \rho_m) & Q_c < Q_f \end{cases} \quad (2)$$

式中: Q_c 为合同电量; ρ_c 为合同电价; Q_f 为实际上网电量; ρ_m 为全网统一出清电价; ρ_v 为尚未完成合同电量机组的最低变动成本。

b. 现货市场电量付费 C_s

$$C_s = \begin{cases} Q_f \rho_m & Q_c \geq Q_f \\ Q_c \rho_m + (Q_f - Q_c) \rho_v & Q_c < Q_f \end{cases} \quad (3)$$

3.4 容量合同与效率优先相结合

在我国发电侧电力市场的改革过程中,由于我国的电力系统具有不同于国外的情况,如发电公司产权和利益主体多元化、电价与效率背离、网厂交叉补贴、受地方保护而使互联电网的经济功率交换难以进行等。因此,我们必须寻求适合我国现阶段特点的竞价模式。为此,本文提出“容量合同与效率优先相结合”的模式。该模式采用与“差价合同加现货市场”模式相似的方法,解决各不同投资主体、发电主体的权益、责任的分割;采用与发、供、用一体化时期相似的经济调度手段,实现电网整体的资源配置。此种竞价方法也可理解为“差价合同加现货市场”模式的改进模式,采用与“差价合同加现货市场”模式相似的电费结算方法。不同点是将差价合同变换为容量合同,可减少购电机构的购电风险。再者,在按合同电量计费的基础上,调度中心在进行电网经济调度时按照各发电机组的效率,即按变动成本由低到高组织电量上网,从而使电网运营机构能够以全网整体效益最优为目标函数,实现全网范围内的资源配置。

“容量合同与效率优先相结合”模式能够让变动成本低的机组充分多发电,符合国家的能源政策,并且能使总的购电成本最低。该模式兼顾各新老发电公司的历史,考虑现实情况,不会造成各方面利益的较大冲突,有利于电力市场化的平稳过渡。并且以“效率优先”排序上网,可避免如美国加州电力市场恶劣报价情况的出现。既实现了资源的优化配置,又有力地保护了广大消费者的利益。

3.5 几种模式的比较和分析

对以上4种模式进行比较后可以看出:第1种模式(两部制电价)的关键问题是要解决机组容量电价的确定问题,如果机组容量电价确定得公平、科学、合理,则该方法具有较强的适应性;第2种模式

(下转第55页 continued on page 55)

(发电超基数竞价)较易实行,适用于从垄断体制过渡到发电竞价的前期阶段,但随着发电竞价的扩展,该方法就暴露出它对市场竞争的束缚;第 3 种模式(差价合同加现货市场)已在浙江省电力市场实际应用,已被证明是一种容易与日后全面开放的电力市场接轨的较为成功的发电侧电力市场模式,但如果市场波动率大,则购电机构承担的风险也大;第 4 种模式(容量合同与效率优先相结合)具有第 3 种方法的全部优点,又具有实施成本低、适应过渡、能最大限度地实现资源优化配置的独特优点,但其是以机组为报价单位,在市场结构上增加了一定的复杂性。

必须注意的是:上述 4 种模式只能用于发电竞价市场初期,在发电竞价实行一定时期(如 6 年~10 年)后,各发电公司已处于同一竞争起点,即不必再考虑发电公司还本付息和职工退养问题,从而可实行优胜劣汰,采用单一电量电价制,以最大限度地实现资源的有效配置。

参 考 文 献

1 Wen Fushuan, David A K. Optimal Bidding Strategies and

Modeling of Imperfect Information Among Competitive Generators. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 16(1): 15~21

2 Zhang Daoyuan, Wang Yajun. Optimization Based Bidding Strategies in the Deregulated Market. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(3): 981~986

3 Hao Shangyou. A Study of Basic Bidding Strategy in Clearing Pricing Auctions. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(3): 975~980

4 姚建刚,章 健,银车来(Yao Jiangang, Zhang Jian, Yin Chelai). 电力市场运营及其软件开发(The Operation and Software Development of Power Market). 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 2002

5 沈 瑜,夏 清(Shen Yu, Xia Qing). 中国电力市场模式的探讨(Discussion About Mode of China Power Market). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(4): 6~9

6 王锡凡(Wang Xifan). 我国电力市场竞价模型框架探讨(Discussion About Bidding Model and Frame of China Power Market). 中国电力(Electric Power), 2000, 33(11): 37~40

姚建刚(1952—),男,教授,博士生导师,主要从事电力市场、新型输电方式和配电系统自动化方面的教学与研究工作。E-mail: yaojiangang@hdhlong.com

DISCUSSION ON BIDDING FRAME AND MODE OF REGIONAL ELECTRICITY MARKET

Yao Jiangang (Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: In accordance with the actual situation of national economy and the operation characteristics of power grid in China, the bidding frame and mode of generation-side electricity market are analyzed, and the present situation of domestic and foreign researches in this area are surveyed. Particularly the constructive advice are proposed about the function and responsibility divisions between Regional Power Dispatch & Telecommunication Center and Provincial Power Dispatch & Telecommunication Center, as well as the safe and stable operation mode of the electricity market. In addition, a novel-bidding mode, called combined capacity contract with efficiency priority, is proposed, which will provide the new idea to the construction of regional electricity market.

Key words: regional electricity market; generation-side electricity market; bidding frame; bidding mode; optimal dispatch; safe and stable operation