

考虑网络约束的市场力判别方法

周伟¹, 郑丹丹², 龚乐年¹

(1. 东南大学电气系, 江苏 南京 210096; 2. 上海交通大学电信学院, 上海 200030)

摘要: 市场力是阻碍电力市场正常运行的最大因素之一, 美国加州电力市场中的部分发电商行使市场力哄抬电价, 在一定程度上导致了该州电力危机的发生。国内外对市场力判别方面的研究早已进行, 但至今仍缺乏较为明确直观的方法。传统方法中, 一般根据市场集中度来分析市场力, 本文改变从发电侧根据机组所占份额来分析市场力的这一做法, 试图从负荷侧根据线路对负荷的供电情况来进行分析, 并提出一种简单可行的市场力判据。

关键词: 电力市场; 市场力; 网络约束

中图分类号: TM715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)06-0009-04

0 引言

公平公正是电力市场的基本准则。随着我国电力市场改革的深入, 区域电力市场已经进行到了正式实施阶段, 然而保证市场公平公正的监管体系还没有完全建立起来, 这将对区域电力市场的正常运行带来重大隐患。

市场力(Market Power)是破坏市场公平公正的主要因素之一, 我们所要进行的电力监管也将主要从抑制市场力的作用来展开。对市场力实行有效监管的第一步就是要方便准确地判断市场力的存在, 可惜现在还没有一个非常有效的方法来实现这项工作。传统方法中通过市场集中度来分析判断市场力, 通过本文第1节的分析可见, 这种方法并不十分有效。通过卖方价格大于其边际价格的比例来衡量市场力虽然最直观、准确, 但卖方的边际价格常常不可知, 因而实际运用比较困难。本文将分析市场力在我国形成的原因及实现方式, 分析市场集中度标准在分析市场力方面的局限性, 并给出市场力的一个实用判断标准。

1 电力市场中的市场力

通常市场力定义为市场参与者在某个时段拥有使市场价格显著高于完全竞争情况下价格的能力。

由于长期受计划经济的影响, 市场力毫无疑问地会对我国的电力市场化进程带来一定阻力:

1) 我国的电力资源和负荷分配非常不均衡, 往往存在一部分地区电力过剩, 另外部分供电不足的问题。对某个区域来说, 买卖双方都有可能实行市场力来压低或抬高市场价格;

2) 由于我国电网结构比较薄弱, 电力交易的完全市场化可能会给电网的安全运行带来不确定因素。另外, 电力市场可能增加电网阻塞的发生, 从而加大了市场力形成的可能性;

3) 发电商的规模参差不齐, 由于历史或其他原因, 在某些地方, 一个或几个发电厂现在还担负着本地区大部分的电力供应任务, 很容易形成市场力;

4) 壁垒问题严重。电力工业的初始投资非常大, 现阶段社会资金的投入比较困难, 造成市场参与者的数目有限。

通常情况下, 市场力的行使有以下两种表现形式^[3]: 一种是直接以远高出边际价格的价格竞价, 以提高最后的交易价格; 另外一种是将自己的一小部分容量以较高的价格竞价, 另一部分按正常方式竞价。按这种方式既可能提高结算价格, 获得超额利润, 又可以保证大部分容量能够进入市场, 获得正常利润。

市场力的行使将严重扰乱市场秩序, 甚至使整

Abstract: To solve the problem that the full-wave Fourier algorithm will bring errors when there is decaying DC component in the sampling signal, this paper gives a new fast algorithm based on the full-wave Fourier algorithm which can filtrate the decaying DC component by adding only one sampling point with two full-wave Fourier transforms. The precise calculation formula can be deduced theoretically, and the characteristics of its fastness and precision can be proved by simulation.

Key words: decaying DC component; full-wave Fourier algorithm; fast algorithm

个市场面临崩溃的危险。要防止行使市场力的发生,首先必须根据市场力产生的原因和实现方式来判断是否存在市场力。

在对市场支配力的传统分析中,常使用市场集中度作为判据。市场集中度通过 Herfindahl-Hirschman 系数 (HHI) 来判定,即: $HHI = \sum_{i=1}^n q_i^2$, 其中 n 表示系统中发电商的个数, q_i (%) 是每个发电商所占有的市场份额。在实际运行中,认为 HHI 值小于 1000 集中度比较小,有利于竞争;认为 HHI 大于 1800 集中度较高,市场成员就有可能行使市场力。

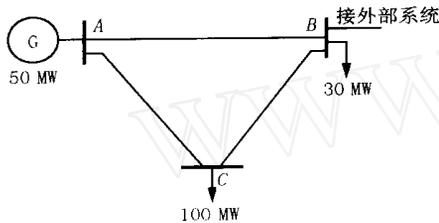


图 1 市场力产生示意图

Fig. 1 Schematic diagram of market power

图 1 所示系统是从某个大系统中取出的一部分,假如系统中的发电机组共有 20 台 ($n = 20$), 每台机组所占有的份额都为 5%, 在这种情况下, $HHI = 20 \times 5^2 = 500$, HHI 小于 1000, 集中度很小。然而,若线路 BC 的稳定限额为 60 MW, 负荷 C 将不得不从机组 G 处购买 40 MW 的电能, 因此, 机组 G 就可以使用市场力, 提高报价, 获得更大的收益。

由此可见, HHI 用作市场力的判断依据, 并不十分有效。另外, HHI 没有很好的考虑用户的市场力作用。在图 1 的系统中, 若线路 AB 由于某种原因停运, 考虑到线路 BC 的稳定限额的约束, 机组 G 将不得不向节点 C 供电, 因此, 节点 C 的用户就可能行使市场力来压低电价。

2 基于负荷的市场力实用判据

HHI 从整个系统的角度只考虑了发电机组在整个市场中占有的比例, 没有考虑系统的具体结构, 因而所得到的数据并不能从根本上判断出市场力是否存在。

对于 HHI 在判断市场力方面的缺点, 可以进行如下的改进:

1) 在一个实际系统中, 给某个负荷供电的不可能是系统中的全部机组, 因而分析市场力时也没有

必要考虑系统中的所有发电机组。针对这种情况, 可以从负荷侧出发, 仅考虑对该负荷供电的发电商的影响;

2) 对于发生阻塞的线路, 一般对负荷不具有市场力作用, 因而只分析其他没有发生阻塞的线路对负荷的影响;

3) 由于发电商的边际价格不可知, 在此直接用功率来分析市场力存在的可能性。

下面将根据如上的改进提出一种考虑线路约束情况的判断市场力的新方法, 此方法主要基于三方面的假设: 一是此方法主要针对采取双边交易模式的电力市场; 二是通过各条线路进行供电的所有机组都分别报价, 每台机组都隶属于不同的发电商或不存在联盟关系; 三是各发电商都不存在策略性报价行为。

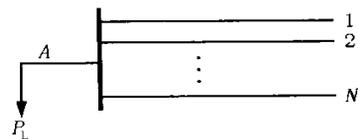


图 2 节点 A 所连接的线路

Fig. 2 Lines connected with node A

在图 2 中, 节点 A 有负荷 P_L , 与节点 A 相连的线路有 N 条 (其潮流为流入节点 A , 不考虑潮流为流出节点 A 的线路), 其稳定限额分别为 $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_N$, 这 N 条线路相连的机组 (可以等价为一个等值机组) 对节点 A 输送的功率分别为 $P_{G1}, P_{G2}, \dots, P_{GN}$, 并且各机组所能供给的上限分别为: $\bar{P}_{G1}, \bar{P}_{G2}, \dots, \bar{P}_{GN}$; 集合 M 表示所有发生阻塞的线路的集合, 共有 M 个元素, 显然 $M < N$ 。

根据实际运行系统的情况, 可以算出除去发生阻塞的线路后, 各条线路对于节点 A 的供电份额, 即:

$$P_{Gj} / (P_L - \sum_k \bar{P}_k) \quad j = 1, 2, \dots, N; \quad j \notin M$$

分析到此, 可以同样采用系统的 HHI 系数的分析方法, 对各条未发生阻塞的线路的市场份额进行平方和得到节点 A 的 HHI 系数。这相对于用整个系统的 HHI 系数来分析的准确性和针对性都更强。下面分两种情况直接从这 N 条线路的功率情况来分析:

当 $N - M = 1$ 时

此时说明只有一条线路未发生阻塞, 负荷的所缺功率将全部通过此线路来供给, 因而与此线路所

连发电机组肯定能实行市场力作用。

当 $N - M > 1$ 时

对第 i 条线路,用 P_i 表示 \bar{P}_i 和 \bar{P}_{Gi} 的最小值,即: $P_i = \min(\bar{P}_i, \bar{P}_{Gi})$,也就是通过线路 i 所能提供给负荷的最大功率。对节点 A , P_i 就表示在线路发生阻塞的情况下,各机组所能送达节点 A 的最大功率。

显然,如果某条线路 k 所连机组退出市场 ($P_k = 0$),其他线路也可以完全提供节点 A 的功率,则该线路将对节点 A 不存在市场力的作用。用公式表示为:

$$P_i - P_k \quad (P_L - \bar{P}_i) \quad (1)$$

$k = 1, 2, \dots, N; k \in \{i\}$

下面从两方面对式(1)进行说明:

1) P_i 和 P_k 的差值越大,说明节点 A 的备用容量也就越大,发电商对节点 A 实施市场力的可能性也就越小;当两者相等时,线路 k 所连机组一定对节点 A 具有市场力作用;

2) 式(1)可以进一步改写成:进行判断将更加快速、直接。并且在实际运用中,可以按下式判别:

$$P_i - \max_{i \in \{1\}} P_k \quad (P_L - \bar{P}_i) \quad (2)$$

若式(2)成立,则说明所有机组都不存在市场力作用;若式(2)不成立,则说明 P_i 最大的那个发电商对负荷有市场力作用,并进而用剩下的 $(N - 1)$ 条线路继续按式(2)进行判断,直到式(2)成立为止。

以上的分析是根据负荷节点处各机组通过线路对该节点的供电情况,分析各机组对该节点的市场力作用。同样的道理,可以根据发电机节点处,该机组通过线路对外送电的情况来分析负荷对发电机组的市场力作用。

3 算例

图3所示为 IEEE30 节点系统。在此,用本文第2节所介绍的方法分析节点10的市场力,设节点10的负荷 $P_L = 200$ MW,共有6($N = 6$)条线路与节点10相连,其稳定限额和供给的最大功率见表1。

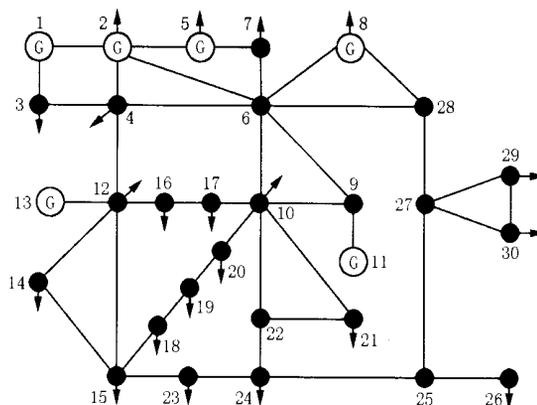


图3 IEEE30 节点系统

Fig. 3 IEEE30 node system

表1 10 节点所连线路参数

Tab. 1 Parameters of lines connected with node 10

线路 i	\bar{P}_i	\bar{P}_{Gi}	$P_i = \min(\bar{P}_i, \bar{P}_{Gi})$
6 - 10	60	90	60
9 - 10	50	40	40
21 - 10	35	50	35
22 - 10	60	60	60
20 - 10	40	50	40
17 - 10	60	35	35

假如线路6-10发生阻塞,将表1中的数据带入到式(2)中,可得:

$$P_i - \max_{i \in \{1\}} P_k = 210 - 60 = 150$$

$$(P_L - \bar{P}_i) = 200 - 60 = 140$$

即式(2)成立,因而可得出结论:对节点10供电的发电商不存在市场力。

若线路9-10的参数变为: $\bar{P}_i = 50$ MW, $\bar{P}_{Gi} = 25$ MW,则 $P_i = 25$ MW。带入到式(2)中可得:

$$P_i - \max_{i \in \{1\}} P_k = 195 - 60 = 135$$

$$(P_L - \bar{P}_i) = 200 - 60 = 140$$

此时式(2)不成立,即通过线路22-10供电的发电商将有机会实行市场力。

去掉线路22-10,再利用式(2)计算得:

$$P_i - \max_{i \in \{1\}} P_k = 195 - 40 = 155$$

此时式(2)成立,说明其他发电商将不再存在市场力作用。

4 结论

本文所介绍的判断市场力的方法着眼于对负荷节点供电的机组及线路约束的分析,在实际系统中可行性较强,对比传统方法,有如下优点:

1) 此方法分析时从负荷侧出发,只分析与该负荷相关的线路和发电商,减少了工作量,增强针对性和分析的准确性;

2) 同时考虑了线路的限额和发电商所能提供的功率限额,使分析更加接近实际情况;

3) 分析所需的数据获得比较方便和客观(仅需要线路限额和等值机组的最大发电功率),人为因素影响较小;

4) 该方法分析市场力简单快速,能较好地运用到实际系统中。

本方法主要是从电网的结构和约束出发来判断机组实行市场力的可能性,提供了一个判断的充分而非必要条件。

参考文献:

- [1] 林济铿,祁德才,倪以信(LIN Ji-keng, QI Da-cai, NI Yi-xin). 电力市场监管辅助系统之研究(Study for Power Market Surveillance System)[J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2001,25(14):7-10.
- [2] Kumar D A, WEN Fu-shuan. Market Power in Electricity

Supply[J]. IEEE Trans on Energy Conversion, 2001,16(4):352-359.

- [3] Rahimi A F, Sheffrin A Y. Effective Market Monitoring in Deregulated Electricity Markets[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003,18(2):486-493.
- [4] Thomas J O, Jamie D W, Kollin J P. Analysis and Visualization of Market Power in Electric Power Systems[A]. Proceedings of 32nd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii:1999.
- [5] YANG Jian. A Market Monitoring System for the Open Electricity Markets[J]. IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2001,(1):235-240.
- [6] 幸洁晴,言茂松(XING Jie-qing, YAN Mao-song). 电力相关市场及其集中度指标评定(Relevant Market and Concentration Measures in Electricity Wholesale Markets)[J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002,26(23):7-11.

收稿日期: 2003-07-02; 修回日期: 2003-07-20

作者简介:

周伟(1979-),男,硕士研究生,主要从事安全经济调度及电力市场方面的研究;

郑丹丹(1979-),女,硕士研究生,主要从事电力市场及其辅助服务方面的研究;

龚乐年(1941-),男,教授、博士生导师,主要从事电力系统运行与控制、电力系统扰动与大型发电机组轴系扭振、自控理论与应用以及电力市场等方面的研究。

Market power detection based on network constraints

ZHOU Wei¹, ZHENG Dan-dan², GONGLe-nian¹

(1. Electrical Department, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. School of Electrical and Information Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Market power is one of the main contributors that impede the sound operation of the power markets. Some generators exercised the market power in California market by increasing the electricity prices and, in a point, caused the energy crisis in 2001. Research on market power is not newborn at home or abroad, but a certain and easy way to judge the existence of market power is yet unavailable. Traditionally, market concentration is used to make analysis on this issue. Rather than based on the generation side but from the load side, this paper presents an easy but feasible way to analyze the market power. Also, an analysis on the formulation of the market power in China deregulation and the application of market monitoring into preventing the exercise of market power is made.

Key words: power market; market power; network constraints