

【DOI】10.12315/j.issn.1673-8160.2020.21.014

# 广东调频辅助服务市场交易策略研究与应用

吕娟,刘臣林,张珂

(广东红海湾发电有限公司,广东 汕尾 516623)

**摘要:**本文针对广东调频辅助服务市场现状,结合600MW燃煤机组,利用科学合理的定量分析方法,研究发电企业参与调频市场交易策略,并具体应用于指导调频里程报价,提升发电机组在调频辅助服务市场和电能量市场中的竞争优势,最终在调频辅助服务市场和电能量市场中获取较高收益。

**关键词:**调频辅助服务市场;利润最大化;机会成本;交易策略

## 一、研究背景

随着广东新一轮电力体制改革的推进,调频辅助服务市场交易于2018年9月正式运行。调频市场的建立,充分调动了发电企业提供辅助服务积极性,市场参与度非常高,交易活跃。市场运行一年以后,调频月度结算规模已稳定超1亿元,即使在受疫情影响的2020年2、3月,结算规模依旧达到1.1亿元,据此估算2020年广东调频市场结算总体规模将达到12-14亿元,比早前估计的5-7亿元市场扩容超120%,增长强劲。

截至2020年5月,广东大约有15家电厂储能联合调频项目投产或正在建设,同时相当数量的燃煤电厂机组已经进行了AGC性能优化改造,加之传统燃气机组和新增燃气机组,广东调频服务供应商整体质量显著提升,竞争趋于白热化。反之,K值较差排序靠后的发电机组,面临调频市场纯分摊的不利局面。

面对调频市场开放后给发电机组收益带来的新变化,一方面各电厂想尽办法提升机组K值,另一面也需要考虑参与调频与仅发电之间交易决策的取舍。

## 二、主要解决问题

市场中部分发电机组的AGC响应速度、响应时间、响应精度均处于中下水平,响应能力相对较差,并且机组之间调频性能差异较大,调频服务质量不高。同时在参与调频市场与仅安排发电之间决策缺少量化分析,报价科学性不强。<sup>[1]</sup>

通过研究结合机组自身调频特性的调频市场辅助决策算法,以利润最大化为目标,通过交易测算,对是否参与调频的量本利进行分析,为交易员提供科学合理的交易申报建议,科学决策以寻求在调频辅助服务市场和电能量市场收益最大化。

## 三、具体实施办法

### (一)算法核心

以机会成本比较为核心,通过计算调频辅助市场的收益、预留容量的电能量收益(机会成本),两者进行比较,从而选择最优的申报方案。其中:

调频辅助服务市场收益=里程补偿+容量补偿+电能量收益-发电成本-调频成本

调频辅助服务市场机会成本=电能量收入(仅发电)-发电

## 成本

### (二)测算流程

(1)运行日D日调频需求、统调负荷、Kmax等边界信息进行筛选、分类及分析,从而获取数据特征;

(2)采用统计分析相关方法,预测D日市场统一出清价、中标K值、中标里程、机组能量出力等数据;

(3)计算容量补偿、里程补偿及中标门槛价格;

(4)计算预留容量的电能量利润与调频成本;

(5)比较调频辅助市场的收益与机会成本;

(6)确定分时申报方案。

### (三)数据预测

在测算流程中,最关键的是对调频市场统一出清价、中标K值、中标里程进行预测,相对准确的预测数据将提高后续计算的精准性。具体数据预测分析方法如下:

(1)方差分析法,利用时序稳定性分析方法,分析统一出清价、中标k值和中标里程时序变化稳定性,为选择不同回归预测算法提供策略支撑。经分析,统一出清价和中标K值稳定性较强,中标里程稳定性一般。

(2)相关系数法,分析相关性,为回归预测算法构建特征训练集,为算法调优提供支撑。以日为单位,运用延迟算子,计算时序相关性。以日为单位,在各指标映射后,计算各指标间的相关性;经计算,统一出清价与中标K值间具有较强的相关性。

(3)机器学习算法,对统一出清价、中标K值和中标里程进行预测,对特征训练集的非线性特性和内部结构进行深度挖掘。

### (四)计算参与调频市场的总收益

基于D日市场信息与机组历史各类指标,经算法预测可以得到统一出清价、中标K值、中标里程以及参与调频的预留能量出力。依据:

里程补偿=中标里程\*中标K值\*调频统一出清价

容量补偿=单位中标容量补偿标准\*min{单位标准爬坡速率\*5min, 机组容量\*0.075, 调频需求\*0.2/全厂中标发电单元数}

发电收入=能量出力\*偏差2价格

则,总收入=发电收入+里程补偿+容量补偿。

里程增加成本=中标里程\*单位里程成本

发电成本=成本系数a\*能量出力<sup>2</sup>+成本系数b\*能量出力+成本系数c

则,总成本=发电成本+里程成本。

最后,参与调频市场毛利=总收入-总成本。

#### (五)计算仅能量市场总收益

短期系统负荷预测数据和机组历史能量出力,经算法预测,得到机组运行D日的能量出力,即:

发电收入=能量出力\*偏差2价格

发电成本=成本系数a\*能量出力<sup>2</sup>+成本系数b\*能量出力+成本系数c

则,仅发电的毛利=发电收入-发电成本。

#### (六)策略对比

根据上述4、5,得到两种情况下机组的毛利率。

毛利差=毛利(调频+能量市场)-毛利(仅能量市场)。

结论,当毛利差>0,建议参与调频;当毛利差<0,不建议参与调频。

### 四、应用实践

#### (一)算法预测准确性

对关键指标之一的统一出清价,进行预测结果准确性分析。统计2020年3月14日-4月22日期间有效预测的25天为研究时间区间,以预测值与实际值偏差率≤15%为合格标准,对25\*24=600个点进行统计分析。

取每D-1日算法预测出清价与D日实际出清价进行对比分析。

$$\text{偏差率} = \left| \frac{\text{预测出清价} - \text{实际出清价}}{\text{实际出清价}} \right|$$

指标	优秀率 (<5%)	良好率 (5%-15%)	不合格率 (>15%)
百分比	26.2%	43.2%	30.7%

算法预测各时段合格率差异较为明显,图中可看出6时、12时、13时的合格率低,结合实际统调负荷情况,6时为早上的升负荷阶段,燃气机组启机较频繁,对机组排序干扰较大。12点到14点间为午间负荷调整阶段,升降负荷幅度都很大,出清价格预测难度高。负荷较为稳定的时段,如夜间预测值合格率高,相反在负荷变动过程中易产生较大误差,因此可以进一步考虑针对负荷变动较大的时段设置不同的应对模块。<sup>[2]</sup>

算法预测总体合格率69.4%,平均偏差12.4%。说明算法具备科学性和研究价值,能对报价决策起到一定指导作用。

从算法运用反馈看,中标k值,统一出清价的预测准确率较高,中标里程预测准确率一般,中标里程预测准确率一般的原因是,中标里程和分区调频需求、竟对报价等成强关联性,对中标里程的预测还需要更加深入的分析 and 研究。

#### (二)应用效果

按目前各厂进行调频申报的一般策略,基本是选择全天

24个时段都报地板价6元/MW,以尽量争取调频市场中标,多赚取调频市场收益为主,方式较为粗放,没有进一步量化参与调频与仅能量市场(机会成本)间具体收益,以利益最大化统筹两个市场。

经测算与估算,以600MW机组为例,经系统推荐申报方式与传统方式比较,一年可增加收益近百万元。考虑到很多机组会有储能项目加持,或是进行优化改造,K值提升,未来增加的收益将更加显著,经济效益较为可观。

同时算法可以帮助提前获知机组中标时段分布。目前调频市场日前出清结果系统不予公布,对机组中标计划无法提前掌握,通过系统预测,可提供D日机组中标时段大概率分布,利用非中标窗口,可安排相关需要退出机组AGC操作的试验任务。<sup>[3]</sup>

### 五、结语

广东调频辅助服务市场运行已经近2年,目前绝大多数电厂仍以想尽办法提高K值为主要竞争手段,并且日前申报调频报价基本以地板价为主。本文通过对比机组参与调频市场与仅参与能量市场两个市场收益进行分析,以利润最大化为目标,对调频市场交易策略进行研究与实践,对于目前较为粗放的交易方式,研究算法取得一定成果,具备一定的指导性和应用性。

#### 参考文献

[1]陈晔,陈雨果,刘文涛,马辉,刘起兴,罗钢,赖晓文,汪洋.南方(以广东起步)电力辅助服务市场发展展望[J].南方电网技术,2018(12).

[2]刘颖利,张洪波.电力市场下确定系统AGC调节容量的一种策略[J].电力科学与技术学报,2011(03).

[3]郭华,郑文彬.电力市场下AGC辅助服务计价方法的研究[J].中国高新技术企业,2011(34).

作者简介:吕娟(1983-),女,陕西人,本科,工商管理经济师。