

售电侧放开环境下供电服务质量动态综合评估方法

顾国华¹,曹依丹²,王 通³,金 龙¹

(1. 南京格润电气有限公司,南京 210012;2. 杭州水务集团有限公司,杭州 310000;
3. 中共河南省委党校 设备部,郑州 450000)

Dynamic comprehensive evaluation method for power supply service quality in deregulated electricity retail market

GU Guohua¹, CAO Yidan², WANG Tong³, JIN Long¹

(1. Nanjing Green Electric Co., Ltd., Nanjing 210012, China;
2. Hangzhou Water Group Co., Ltd., Hangzhou 310000, China;
3. Equipment Department, Provincial Party School of Henan, Zhengzhou 450000, China)

摘要:在售电侧放开环境下,对供电服务质量的提升已成为售电公司在新一轮电改中立足并发展的关键。构建了售电侧放开下的供电服务质量评价指标体系,提出一种基于双激励控制线的售电公司供电服务质量动态综合评估方法,能够基于传统通过赋权对供电服务质量进行静态评估的方法,考虑供电服务质量在时序上的变化,引入“奖惩机制”,对供电服务质量进行动态评价。建模分析与仿真结果显示,所构建的指标体系与评估方法能够提升售电公司的市场自我状态感知能力,帮助售电公司提升综合供电服务质量水平。

关键词:供电服务质量;动态评估;双激励控制线;售电侧放开;售电公司

Abstract: In the environment of deregulated electricity retail market, the improvement of power supply service quality has become the key means for power supply companies to stay competitive and develop in the new round of power reform. An evaluation index system of power supply service quality is constructed under the deregulation of electricity retail market. Aiming at the service quality of power supply companies, a dynamic comprehensive evaluation method based on double inspiring control lines is proposed. Based on the traditional static evaluation method enforced by weighting method, the temporal variations of power supply service quality in time sequence are also taken into consideration. With introducing the “reward and penalty mechanism”, the power supply service quality can be dynamically evaluated. Modeling and simulation results show that the index system and evaluation method can facilitate power supply companies to percept their market state, and help them to improve the level of the integrated power supply service quality.

Key words: power supply service quality; dynamic evaluation; double - incentive control lines; deregulated electricity retail market; power supply company

0 引言

2015年3月15日,国务院发布了《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》(简称电改“9号文”)^[1],提出了新一轮电力体制改革的一个重要目标就是对售电侧市场进行放开。售电侧放开将会产生售电主体多元化、售电侧交易模式多样化的局面,赋予用户更多用电选择^[2]。随着用户地位的提

升和用电需求的转变,用户拥有了市场主体选择的权利,使售电公司提升自身供电服务质量成为在新一轮电改中吸引用户的重要手段和在快速变化的电力市场中立足的根本^[3]。

当前售电公司除了将售卖电能作为最基本的供电服务外,还对电力用户提供各项电力增值服务。在供电服务质量指标体系方面,目前我国供电服务质量评价指标主要来自于《国家电网公司供电服务品质评价办法》,该办法对供电服务质量的评价在当前售电侧放开环境下适用性不足,因此需要对现行的供电服务质量指标体系进行重构。

在评价方法方面,目前对于供电服务质量评价研究已有较多成果。文献[4]基于BP神经网络实现下层评价系统自适应评价,基于优劣解距离法(technique for order preference by similarity to an ide-

收稿日期:2019-12-24;修回日期:2020-02-11

基金项目:国网浙江省电力有限公司管理咨询项目:售电侧放开后售电公司电能质量监督管理机制研究

This work is supported by Management Consulting Project of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd.: Research on Power Quality Regulation and Incentive Mechanism of Power Sale Companies in the Deregulated Electricity Market

al solution, TOPSIS)实现供电服务质量综合评价,为用户对售电公司的选择提供参考。文献[5]通过将模糊数学法、模糊层次分析法以及群组决策方法结合,对供电服务质量进行组合赋权,解决了判断矩阵中的模糊不确定性。然而当前对于供电服务质量的研究大都局限于静态评价方法^[6-7],缺乏对供电服务质量时变性的考量。

本文提出基于双激励控制线的售电公司供电服务质量动态综合评估方法^[8],对传统的供电服务质量指标体系进行改进,并在静态评价基础上引入动态评价方法,帮助售电公司更好地对自身供电服务质量进行全时段合理评估,感知和定位其在市场中的竞争力,以不断提升自身服务水平。

1 供电服务质量评价体系

1.1 现行供电服务质量评价体系分析

现行国家电网公司供电服务质量评价办法包括外部评价和内部评价两方面,如图1所示。外部评价由第三方机构进行,以客户满意度指数为核心,在宏观上帮助供电企业了解用户对供电服务的评价和需求,从而确定改进目标;内部评价立足于内部管理视角,为改进供电服务质量提供支撑。

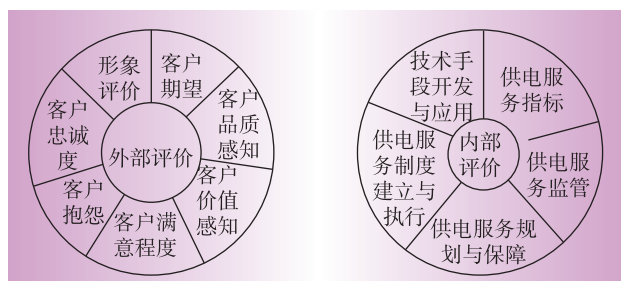


图1 现行供电服务质量评价体系

Fig. 1 Current evaluation system of power supply service quality

在售电侧放开环境下,电网独家卖电的局势被打破,用户拥有购电选择权,卖电方与买电方的市场地位发生变化。对比市场环境的变化,现行供电服务质量评价体系在适应性上有如下几点需要优化改进:

(1) 范围较广,针对性较低。现行供电服务评价办法内容除了涉及供电服务质量外,还包含了供电服务监管、供电服务制度建立与执行等方面,这些内容虽然影响供电服务效果,但不直接与用户相关,不适用于用户直接参与评价。

(2) 指标较多,部分指标相关性较高。现行指标分类较详细,普通电力用户往往无法区分同一个评价对象相关性较大的多个指标之间的差别,易造成评价结果不准确以及用户评价意愿不高的情况。

(3) 服务内容改变,指标覆盖度不足。售电侧放开后,用户拥有自主选择权,售电公司提供的电力供应服务不仅限于合格电能,还包括优质电力和其他可供选择的电力增值服务,售电公司会提供多种多样的电能质量套餐来吸引电力用户,这些增值服务内容应在指标体系中得到体现。

1.2 供电服务质量评价体系扩展

基于以上分析,扩展并优化适用于电改背景下针对用户的供电服务质量指标体系。供电服务质量评价指标体系包括基于用户满意度指标^[9]和基于服务蓝图指标两大类。基于用户满意度的指标作为宏观指标,帮助售电公司深入了解造成用户满意度变化的影响因素;基于服务蓝图的指标作为微观指标,帮助售电公司发现供电服务过程中细微的不足之处。

基于客户满意度模型的指标有7项,其中每项指标的具体含义如下。① 服务形象、品牌认可程度:客户对当前电力企业的形象及品牌的认可程度做出评价;② 实际供电品质与期望相符度:客户对比当前供电质量的实际水平与期望水平,对两者的符合程度做出评价;③ 供电质量总体感知情况:客户对供电可靠性及供电服务质量总体的感知情况;④ 客户对价格接受程度:客户对比当前供电质量水平及收费情况,对价格的接收程度做出评价;⑤ 客户满意度:对比供水、供气、交通等其余公共事业,对当前的供电水平做出满意度评价;⑥ 客户抱怨情况:反映客户对当前供电质量不足之处的不满程度;⑦ 客户忠诚度:客户在体验当前供电质量后,向周围人员推荐当前电力企业的意愿度。

基于服务蓝图模型的指标有7个,其中每项指标的具体含义如下:⑧ 营业厅、电话热线等服务专业度:客户在营业厅及通过电话等方式与供电服务人员接触时,对供电人员的专业度做出评价;⑨ 业扩、报装便捷程度:客户根据办理业扩、报装时的办理程序、时间等,对业扩报装的便捷程度做出评价;⑩ 投诉反馈及时程度:客户在对服务人员进行投诉后,服务人员的反馈及时程度;⑪ 维修服务及时程度:在出现故障后,客户对维修人员到达时间、维修速度、及时程度做出评价;⑫ 抄表、收费准确度:客户对服务人员抄表、收费过程中是否出现抄错、收错的情况做出评价;⑬ 增值服务丰富程度:客户对当前企业提供的增值服务是否足够满足自身需求的情况做出评价;⑭ 用电信息公开程度:客户对电力企业发布的用电量、用电特性等信息的详细程度做出评价。

2 供电服务质量的组合赋权法静态评价

为了全面、准确、客观地评价供电服务质量,既需要考虑一线工作专家的经验和建议,更需要尊重各指标的客观数据信息,采用主观赋权法与客观赋权法相组合的组合赋权法对各指标权重进行量化。

2.1 主观赋权法—改进层次分析法

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是一种主观赋权法,意在帮助决策者理清思路,按照一定条理、层次分析问题。决策者在该方法的指导下首先将评价对象分为若干个等级,然后对评价对象的优劣进行排序,最后根据经验和判断对每个层次的各个对象进行赋值。采用改进层次分析法,即AHP标度扩展法,利用该方法构造的判断矩阵本身就具有一致性的,无需再进行一致性检验。具体步骤如下:

- (1) 建立综合评估的指标层次体系。
- (2) 构造权重判断矩阵 A

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: a_{ij} 为第 i 个指标同第 j 个指标相比较的相对重要性标度值,所以有 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。当两个因素相比具有同等重要性时,标度为 1;当一个因素比另一个因素稍微重要时,标度为 1.2;当一个因素比另一个因素强烈重要时,标度为 1.4;当一个因素比另一个因素明显重要时,标度为 1.6;当一个因素比另一个因素绝对重要时,标度为 1.8。

(3) 求取权重向量。直接通过判断矩阵 A 计算各指标的主观权重系数 ω_{si}

$$\omega_{si} = \frac{n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}} \quad (2)$$

2.2 客观赋权法—变异系数法

变异系数法是一种客观赋权法,决策者根据不同对象对同一指标的观测值来确定权重。该方法的特点是某一个指标,不同对象的观测值差异越大,那么决策者更应该着重关注,所以该指标的权重就会较大。变异系数法的具体步骤如下:

- (1) 建立 m 个对象 n 个指标的评价矩阵 F

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: f_{ij} 为第 j 个对象的第 i 个指标值。

(2) 根据评判矩阵 F 计算第 i 个指标的平均值 f_i 和标准差 σ_i

$$f_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{ij} \quad (4)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (f_{ij} - f_i)^2} \quad (5)$$

(3) 计算第 i 个指标的变异系数 v_i

$$v_i = \sigma_i / f_i \quad (6)$$

(4) 进行归一化处理得第 i 个指标的客观权重系数 ω_{oi}

$$\omega_{oi} = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (7)$$

2.3 主客观组合赋权

准则权重求取中,根据指标值变化,主观权重 ω_{si} 与客观权重 ω_{oi} 的相对重要程度也会发生变化。假设 ω_{si} 与 ω_{oi} 的相对重要度分别由 α_i 和 β_i 表示,计算如下

$$\alpha_i = \frac{\omega_{si}}{\omega_{si} + \omega_{oi}}, \beta_i = \frac{\omega_{oi}}{\omega_{si} + \omega_{oi}} \quad (8)$$

则改进层次分析法-变异系数法的组合指标权重 ω_i 计算如下

$$\omega_i = \frac{\alpha_i \omega_{si} + \beta_i \omega_{oi}}{\sum_{i=1}^m (\alpha_i \omega_{si} + \beta_i \omega_{oi})} \quad (9)$$

3 供电服务质量的双激励控制线动态评价

对于售电公司的供电服务而言,通过衡量一个时间断面的供电服务质量好坏来进行评价往往会产生偏差,不能准确地刻画完整服务时间内的供电服务整体质量。故应在静态评价的基础上,考虑售电公司供电服务质量在时序上的变化,引入动态评价方法。基于双激励控制线的评价方法不仅可以考虑当前时间段内评估对象的指标水平,还能综合考虑指标水平长期的动态变化。通过引入双激励控制线制定“奖惩机制”,对于高出“奖励”激励线、表现水平高的时段进行“奖励”,对于低于“惩罚”激励线、水平差的时段进行“惩罚”,通过动态考核长时段下售电公司供电服务质量来准确评估其综合水平。

3.1 双激励控制线的设计

基于双激励控制线的动态评估方法的基本原理为:将评估对象在多个时间点下的离散数据相连成为一条折线进行信息连接,引入正负两条线性激励线对评价对象进行奖惩。评价对象相邻时间点对应的折线与时间轴围成的面积记为评价价值;折线超过正激励曲线和时间轴围成的面积记为正激励

面积,乘以奖励系数;折线低于负激励曲线和时间轴围成的面积记为负激励面积,乘以惩罚系数。评估对象在整个评价周期的综合评估值是计算各个时间段在正负激励影响下计算值的加权结果。

双激励控制线一般可以表示为

$$y = y_0^* + k^*(t - t_0^*) \quad (10)$$

式中: y_0^* 为正负激励控制线的起始纵轴坐标, y_0^* 可以是所有样本起始值的加权平均、几何平均等代表对象特征的值,但是必须介于所有样本的最小、最大起始值之间,且 $y_0^+ \geq y_0^-$; t_0^* 为正负激励控制线的时间轴起始坐标; k^* 为正负激励控制线的斜率。

激励控制线分为两种:双态激励控制线和全态激励控制线,双态激励控制线是仅根据样本初始时段和最后时段的状态进行确定的,全态激励控制线则是考虑样本所有时段的状态进行计算的。后者更能体现最终的评价结果是基于所有时间段的动态变化,本文采用全态激励控制线方法。

分别定义 $r_{\max}$ 、 $r_{\min}$ 和 r_a 为全态最大增长率、全态最小增长率以及全态平均增长率^[8],则正负激励控制线的斜率可取为

$$\begin{aligned} k^+ &= r_a + v^+(r_{\max} - r_a) \\ k^- &= r_a - v^-(r_a - r_{\min}) \end{aligned} \quad (11)$$

式中: v^+ 、 v^- 分别为正、负激励的斜率偏移度,其值为小于1的正数。

3.2 信息集结

进行信息集结时,可以假设相邻两点间变化是线性的,可以直接用1条直线连接2点表征评价值的变化。对于1个评价对象的相邻点进行连接后得到1条折线图,体现了该对象在统计期间的发展轨迹,如图2所示。

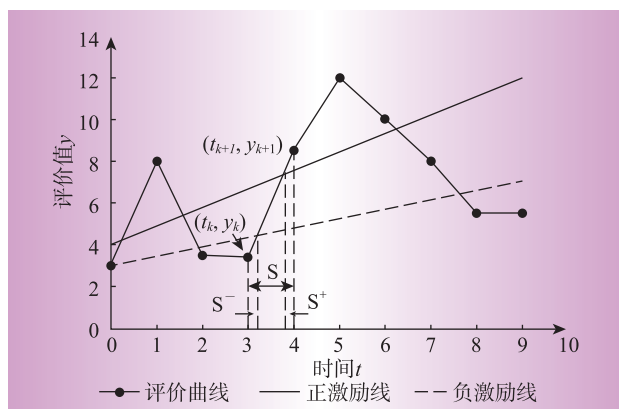


图2 基于双激励控制线的“奖惩机制”

Fig. 2 “Reward and penalty mechanism” based on double inspiring control lines

由点 (t_k, y_k) 与 (t_{k+1}, y_{k+1}) 连成的直线与横坐标轴围成的面积(图2中的 S)反映了评估指标 i 在时间段 $[t_k, t_{k+1}]$ 中的总体状况,其动态评价价值可以表示为

如下积分形式

$$S_{ik} = \int_{t_k}^{t_{k+1}} [y_{ik} + (t - t_k) \frac{y_{i,k+1} - y_{ik}}{t_{k+1} - t_k}] dt \quad (12)$$

正负激励线以外的部分(图2中的 S^+ 和 S^-)要受到奖惩,超过正激励线上方的那部分与时间轴围成的面积记为正激励面积 S^+ ,需要乘上奖励系数 μ^+ 进行奖励;低于负激励线下方的部分与时间轴围成的记为负激励面积 S^- ,需要乘上惩罚系数 μ^- 进行惩罚。则评估指标 i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 内带激励的动态综合评估值为

$$S_{ik}^* = S_{ik} + \mu^+ S_{ik}^+ - \mu^- S_{ik}^- \quad (13)$$

式中: μ^+ 和 μ^- 为大于零的奖惩系数,满足以下规则。

(1) 激励适度规则:正负激励系数之和为1,即

$$\mu^+ + \mu^- = 1 \quad (14)$$

(2) 奖惩守恒规则:对于所有的评估对象而言,正激励总量等于负激励总量,即

$$\mu^+ \sum_{i=1}^n \sum_k S_{ik}^+ = \mu^- \sum_{i=1}^n \sum_k S_{ik}^- \quad (15)$$

在整个评价周期中,第 i 个评价指标的正负激励的总动态综合值为

$$S_i^* = \sum_k S_{ik}^* \quad (16)$$

3.3 计算流程

在对供电服务质量进行基于双激励控制线的动态评价时,需要先采用提出的组合赋权静态评价法计算出售电公司在不同时间节点下的静态评价结果,再采用双激励控制线动态评价办法进行动态评价。动态评价计算流程如图3所示。



图3 基于双激励控制线的动态评价流程

Fig. 3 Dynamic evaluation flowchart based on double inspiring control lines

4 算例分析

将本文设计的供电服务质量评价体系以及静

态动态评价方法应用到浙江省5家售电公司,分别标记为A、B、C、D、E,采集该5家售电公司2018年1—12月的供电服务质量数据。表1为2018年12月5家售电公司供电服务质量评价的具体数据。

表1 2018年12月5家售电公司供电服务质量评价情况

Table 1 Evaluations on power supply service quality of five power supply companies in December 2018

准则层	指标层	A	B	C	D	E
基于客户满意度指标	指标1	87	86	80	85	94
	指标2	91	56	57	86	65
	指标3	55	69	82	58	76
	指标4	92	92	51	72	60
	指标5	79	86	62	70	84
	指标6	54	94	52	79	61
	指标7	62	80	54	82	73
基于服务蓝图指标	指标8	75	51	87	84	82
	指标9	94	89	81	62	90
	指标10	94	92	64	81	94
	指标11	57	81	93	80	75
	指标12	94	84	51	57	56
	指标13	94	84	70	55	56
	指标14	72	68	67	72	61

4.1 静态评估计算

以基于客户满意度指标为例,采用本文提出的主客观权重法进行静态评估。

首先采用AHP标度扩展法,通过5位专家共同打分,对7个基于客户满意度指标的相关重要性进行排序,进一步构建判断矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 1.200 & 0 & 1.680 & 0 & 1.680 & 0 & 2.688 & 0 & 3.225 & 6 \\ 0.833 & 3 & 1.000 & 0 & 1.400 & 0 & 1.400 & 0 & 2.240 & 0 & 2.688 & 0 \\ 0.595 & 2 & 0.714 & 3 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.600 & 0 & 1.600 & 0 \\ 0.595 & 2 & 0.714 & 3 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.600 & 0 & 1.600 & 0 \\ 0.372 & 0 & 0.446 & 4 & 0.625 & 0 & 0.625 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 \\ 0.372 & 0 & 0.446 & 4 & 0.625 & 0 & 0.625 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 \\ 0.310 & 0 & 0.372 & 0 & 0.520 & 8 & 0.520 & 8 & 0.833 & 3 & 0.833 & 3 \\ 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 & 1.000 & 0 \end{bmatrix}$$

根据式(2)计算基于客户满意度指标主观权重系数 $\omega_s^1=(0.14, 0.09, 0.15, 0.09, 0.25, 0.20, 0.08)$ 。

其次,采用变异系数法计算基于用户满意度的各指标层客观权重系数。构建评价矩阵为

$$F = \begin{bmatrix} 87 & 86 & 80 & 85 & 94 \\ 91 & 56 & 57 & 86 & 65 \\ 55 & 69 & 82 & 58 & 76 \\ 92 & 92 & 51 & 72 & 60 \\ 79 & 86 & 62 & 70 & 84 \\ 54 & 94 & 52 & 79 & 61 \\ 62 & 80 & 54 & 82 & 73 \end{bmatrix}$$

根据式(4)一式(7)计算基于客户满意度指标的客观权重系数 $\omega_o^1=(0.05, 0.18, 0.13, 0.20, 0.10, 0.21, 0.13)$ 。

进一步根据式(8)一式(9)计算采用改进层次分析法-变异系数法的静态评估主客观组合指标权重系数 $\omega^1=(0.11, 0.14, 0.13, 0.15, 0.18, 0.19, 0.10)$ 。

重复上述过程可计算出基于服务蓝图指标权

重系数 $\omega^2=(0.12, 0.11, 0.11, 0.12, 0.19, 0.19, 0.16)$ 。

接着针对准则层重复上述过程,计算出的客观权重、主观权重和组合权重分别为 $\omega_s^0=(0.45, 0.55)$, $\omega_o^0=(0.53, 0.47)$ 和 $\omega^0=(0.49, 0.51)$ 。12月份各售电公司准则层静态评估结果和综合静态评估结果如表3所示。由表2可见,2018年12月份各售电公司供电服务质量水平从高到低的排序为B>A>D>E>C。

表2 2018年12月5家售电公司指标评分结果

Table 2 Evaluation results of five power supply companies in December 2018

准则层指标	售电公司				
	A	B	C	D	E
基于客户满意度指标	73.94	81.41	61.53	75.54	72.33
基于服务蓝图指标	83.76	78.55	71.26	68.21	70.12
综合得分	78.95	79.95	66.49	71.80	71.20

4.2 动态评估计算

在获得上述各公司的各月份下的静态评价结果的基础上,引入双激励控制线法,对售电公司的供电服务质量进行动态评估。分别取值正、负激励线的斜率偏移度为 $v^+=v^-=0.5$,正负激励奖惩系数为 $\mu^+=0.5638$ 、 $\mu^-=0.4362$,可以计算出正负激励线的斜率分别为 $k^+=0.7391$ 、 $k^-=0.1777$ 。

引入双激励线后各售电公司供电服务质量静态评价如图4所示。可以看出,售电公司B的供电服务质量静态评价曲线在12个月中一直处于正激励线之上,即一直处于“奖励”状态,说明其供电服务质量水平在横向比较中较高;售电公司C的供电服务质量前6个月一直较低,但其静态评价值在12个月中呈现不断上升趋势,可见其供电服务质量水平在不断提高中。

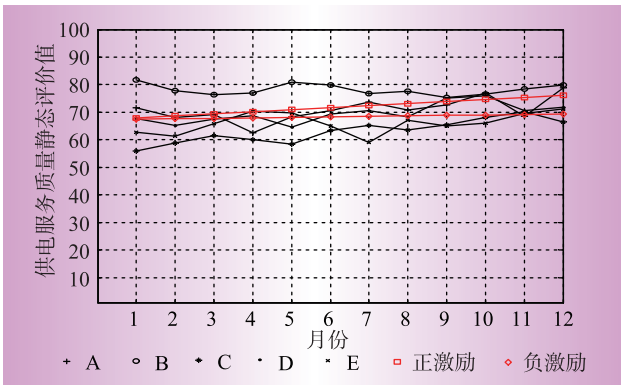


图4 引入双激励线的售电企业供电服务质量静态评价曲线

Fig. 4 Static evaluation curves of power supply service quality with double inspiring lines

各售电公司动态评价值如表3所示。由表3可以看出,带激励后的售电公司B动态评估值超过100,表示其供电服务质量较高,受到较多“奖励”。

对比表2和表3,静态评估结果接近的A与B、D与E在动态评估中有了更好的区分,这说明基于双激励控制线的方法可以拉开评价对象之间的差距。

表3 各售电公司2018年供电服务质量动态评估值
Table 3 Dynamic evaluation results of power supply service quality of electric power companies in 2018

售电公司	A	B	C	D	E
动态综合评估	76.830 2	121.945 5	37.872 4	64.544 4	46.368 8

5 结束语

本文针对售电侧开放环境下售电公司提供的供电服务质量评估展开研究。构建了售电侧放开下的供电服务质量评价指标体系,引入基于双激励控制线的动态评估方法,可以更加客观地反映评价对象的当前水平和历史水平,并得到如下结论:

(1) 供电服务质量评价指标体系应结合电力市场背景进行改变,涵盖售电公司的服务范围及服务内容才能帮助获得用户对售电公司更准确的供电服务质量水平评价。

(2) 在对供电服务质量水平进行评价时,应在传统静态评价的基础上引入动态评价,能够获得更为客观准确的供电服务质量水平评价结果。▶

参考文献:

- [1] 中共中央国务院. 关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发[2015]9号文)[EB/OL]. (2015-03-15)[2019-12-24]. <https://news.ncepu.edu.cn/xyyd/llxx/52826.htm>. State Council of the CPC Central Committee. Some opinions on further deepening the reform of power system(ZF[2015]No. 9)[EB/OL]. (2015-03-15)[2019-12-24]. <https://news.ncepu.edu.cn/xyyd/llxx/52826.htm>.
- [2] 白杨,谢乐,夏清,等. 中国推进售电侧市场化的制度设计与建议[J]. 电力系统自动化,2015,9(14):1-7. BAI Yang, XIE Le, XIA Qing, et al. Institutional design of Chinese retail electricity market reform and related suggestions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(14):1-7.
- [3] 胡晨,杜松怀,苏娟,等. 新电改背景下我国售电公司的购售电途径与经营模式探讨[J]. 电网技术,2016,40(11):3 293-3 299. HU Chen, DU Songhuai, SU Juan, et al. Preliminary research of trading approach and management modes of Chinese electricity retail companies under new electricity market reform[J]. Power System Technology, 2016, 40(11):3 293-3 299.

- [4] 曹阳,徐尔丰,何英静,等. 基于TOPSIS和BPNN的售电公司供电服务质量评价[J]. 电力系统及其自动化学报,2019,31(6):113-120. CAO Yang, XU Erfeng, HE Yingjing, et al. Quality evaluation on electricity supply service by electricity retail companies based on TOPSIS and BPNN[J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 2019, 31(6):113-120.
- [5] 王鹤,曾鸣,陈珊,等. 基于模糊层次分析法的供电服务质量综合评价模型[J]. 电网技术,2006,30(17):92-96. WANG He, ZENG Ming, CHEN Shan, et al. Comprehensive evaluation model for power supply service quality based on fuzzy analytic hierarchy process[J]. Power System Technology, 2006, 30(17):92-96.
- [6] 迟远英,牛东晓,李向阳,等. 基于物元分析理论的供电服务质量评价方法[J]. 电力系统自动化,2010,34(13):33-37. CHI Yuanying, NIU Dongxiao, LI Xiangyang, et al. Research on evaluation of power supply service quality based on the matter-element analysis theory[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(13):33-37.
- [7] 何维民,程雅梦,李悦,等. 供电企业供电服务质量评价体系研究[J]. 电力需求侧管理,2017,19(5):41-44, 51. HE Weimin, CHENG Yameng, LI Yue, et al. The research of index system of power supply service quality evaluation[J]. Power Demand Side Management, 2017, 19(5):41-44, 51.
- [8] 欧阳森,石怡理,刘洋. 基于双激励控制线的区域电网电能质量动态综合评价方法[J]. 电网技术,2012,36(12):205-210. OUYANG Sen, SHI Yili, LIU Yang. Dynamic comprehensive evaluation of power quality for regional grid based on double inspiring control lines[J]. Power System Technology, 2012, 36(12):205-210.
- [9] 周黎莎,于新华. 基于网络层次分析法的电力客户满意度模糊综合评价[J]. 电网技术,2009,33(17):191-197. ZHOU Lisha, YU Xinhua. Fuzzy comprehensive evaluation of power customer satisfaction based on analytic network process[J]. Power System Technology, 2009, 33(17):191-197.

作者简介:

顾国华(1981),男,浙江杭州人,工程师,硕士,主要从事新能源发电建设、运营、并网及风力发电设备电气控制的研究;

曹依丹(1995),女,浙江湖州人,硕士,主要从事电力市场环境下的售电策略研究;

王通(1982),男,江苏盱眙人,工程师,硕士,主要从事电力设备管理和运维工作。

(责任编辑 徐文红 赵雨昕)