

基于激励的需求侧灵活资源可调度潜力评估

杨新益¹, 袁奕文¹, 王珂珂², 郑思佳¹, 徐天天¹, 骆佳¹, 吴波¹

(1. 国网浙江省电力有限公司 物资分公司, 杭州 310000; 2. 华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要:加大力度发展可再生能源已成为世界各国缓解能源紧缺与环境问题的关键举措,调动需求侧灵活资源可以增加电力系统中可配置的灵活性容量,提高能源利用效率,减少电力系统运行成本。对需求侧灵活资源可调度潜力进行准确评估,可应对高比例可再生能源并网给电力系统带来的冲击,快速、准确地对系统进行调节和控制,从而实现能源的供需平衡。

关键词:激励;需求侧;灵活资源;综合评价

中图分类号:F206 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)01-0074-06

随着社会发展的进步和能源资源的衰减,环境问题日益严峻,发展可再生能源以解决资源紧缺与环境问题成为世界上多个国家的共识。但大规模、高比例的可再生能源并网会增加电力系统的不确定性,同时对传统发电机组的发电比例产生约束,使得电力系统中可配置的灵活资源受限^[1],对系统运行总成本影响较大^[2]。因此,随着智能电网的不断发展,针对电力系统运行问题,除了安全性、可靠性和经济性以外,还需要考虑如何充分挖掘其他资源的灵活性潜力^[3],以应对不确定性因素给电力系统带来的负面影响。需求侧响应是解决可再生能源发电随机性与间歇性的一种有效方法,随着智能电器的广泛使用,参与到需求侧响应的资源种类越来越多^[4],通过调动需求侧灵活资源可以提高能源利用效率,实现削峰填谷,减少电力系统运行成本等^[5]。

需求侧资源是指在技术可靠性与经济运行方面可以代替发电侧实现灵活性平衡^[6],提高终端用电效率和改变用电方式,给用户和电力系统带来更优的经济效益,从而实现多方受益、节约成本、合理利用资源、绿色可持续发展的目的,电动汽车、储能设备以及热泵等均为需求侧资源。传统意义上的灵活资源指能够提高能源供需系统的灵活性和弹性,有效促进能源供需系统实现一定程度上的动态平衡的资源。调节性强的灵活性资源现已逐步接入电力系统中,其中以分布式储能系统和需求侧响应最为典型^[7-8]。本文将传统灵活资源的定义适度

扩充,灵活资源的定义为多种类型、庞大基数、分布面积广泛的可控单元,其中包括分布在配电网侧的柔性负荷以及分布式电源等。在电力系统中,可通过对灵活资源的调控实现高效管理,可以快速、准确地对系统进行调节和控制,从而实现供需平衡,同时满足多样化的能源供需。

为在实现合理有序用电的同时最小化对社会经济发展的影响,需要对不同产业类型用户的错峰能力进行合理评估,综合评价的结果可为电力系统有关部门制定电力调度方案提供有效支撑,为各行业用电用户制定合理的用电策略,从而实现高效率的有序用电。当前对于需求侧灵活资源综合评价的研究较少,文献[9]对配电系统接纳电动汽车的能力进行评估,总结出 2 类配电系统灵活性指标;文献[10]对乡村清洁能源配电系统供能灵活性进行评估,并提出相应的改进措施。但现有研究对于灵活资源可调度潜力的评估尚未形成一套完善的指标体系,基于以上分析,本文从用户基本情况、错峰潜力、成本因素和激励因素四个方面构建了较为详尽的基于激励的需求侧资源潜力评价指标体系,并采取 AHP-灰色关联度这一综合评价方法对基于激励的需求侧可调度资源潜力进行评估。

1 需求侧灵活资源可调度潜力评估

1.1 指标体系构建

本文选择模糊综合评价方法对需求侧资源潜力进行综合评价,基于激励的需求侧资源潜力主要

收稿日期:2020-08-31

作者简介:杨新益(1981—),男,江苏滨海人,国网浙江省电力有限公司物资分公司,办公室(党委办公室)主任,高级经济师,硕士研究生,研究方向:电网系统物资计划申报、招标采购、合同履行、仓储配送、质量监督工作研究及行政综合管理。

通过不同产业类型用电用户的错避峰能力进行体现,通过分析不同产业类型客户错避峰限电能力的影响因素,构建出一套较为全面的、具有科学性和操作性较强的综合评价指标体系。本文需求侧资源潜力指标体系主要包括四个方面:用户基本情况、错避峰潜力、成本因素和激励因素四个方面建立指标体系。

1.1.1 用户基本情况

1)行业类型。我国行业类型分为第一产业、第二产业、第三产业和居民用户四种类型。随着我国不断进行经济结构和产业结构的优化调整,传统的产业结构及不同产业类型的用电占比也逐步发生变化,第一产业、第二产业的用电占比不断下降,第三产业成为我国经济增长贡献与电力消费的主力,居民用电比重也逐步上升。过去经济粗放式增长,第二产业对经济增长的贡献较大,但第二产业中多数为高耗能产业,大规模工业用电客户用电负荷大,具备较强的错避峰能力。但随着产业结构的优化,第三产业和居民用电占比上升,造成电力负荷率水平呈现下降趋势,负荷峰谷差增大,给电力系统带来一定的调控压力。

2)负荷重要性。负荷重要性指标是用于衡量用电用户对于供电可靠性的要求,主要以断电对于用电用户的影响来衡量。该指标基于用电用户的工作性质,从供电可靠性和断电影响两个方面,将用电用户分为三种不同的类型:第一类用户关系国计民生的重要客户,要求极高的供电可靠性,不允许停电或限电,并有意愿通过一定的经济投入或补偿保证供电可靠性;第二类客户是临时断电会对其造成较大经济损失的用户;第三类客户用电较为灵活,对供电可靠性要求相对较低,发生临时停电事件时对其造成的经济损失较小。

3)购电量比重。购电量比重为定量指标,以该用户年实际用电量占全部用户年实际用电量的比值来体现,比重越高,该类型用户的错避峰限电能力越强。

1.1.2 错避峰潜力

错避峰潜力主要通过三个客观、直接的因素来刻画:可错避峰用电设备容量、供电系统要求不高的“柔性负荷”与可用于错避峰的储存能量设备容量,以下对该指标下的三级指标进行阐述。

1)可错避峰用电设备容量。用电容量是指用户或用电设备可能用到的最大电功率,其中用户用电设备中可以错避峰的用电容量越高则错避峰潜

力越大。

2)供电系统要求不高的“柔性负荷”。柔性负荷是指可由电网公司根据不同的运行方式、供需情况以及故障情况,进行控制、削减、切除的用电弹性大的用户负荷。在目前国内,一般来说,负荷的柔性化是通过周轮休错峰用电等措施来实现的,柔性负荷越多则说明行业用户的可错避峰潜力越大。

3)可用于错避峰的储存能量设备容量。电能有多种存储方式,主要可分为机械储能、电磁储能、电化学储能和相变储能等。储能设备的最终目标是为了实现有功功率在时间上的控制,可以实现错避峰时段的电能供应。储能装置可以在用电低谷时段储蓄电能,在用电高峰时段放电,合理的充放电模式能够实现负荷的多元化利用。所以可用于错避峰的储存能量设备容量越大,则说明其可错避峰潜力越大。

4)可错避峰设备响应时间。电力系统的负荷随着白天和夜晚在变化,白天最大,晚上最小,所以称白天是峰,夜晚是谷。由于电网的发电机装机容量有限,不一定能够满足白天最高负荷“峰”的要求,所以要将一些不重要的负荷移到夜晚最低负荷“谷”去,要求这些企业在晚上工作。由于各个城市的生产组成不同,所以峰值来临的时间和持续时间都不同,将峰值时间规定下来,以避开或错开这个峰值,就是错避峰响应时间。可错避峰设备的响应时间越长则可错避峰潜力越大。

1.1.3 成本因素

1)电费占总生产成本比例。用户电费占总生产成本的比例越高,则在行业用户在生产生活中电能是不可或缺的资源,用电量较大,则用户的错避峰能力相应也较大。

2)单位缺电成本。单位缺电成本对用电用户的错避峰能力存在负影响,若缺电的单位成本较高,不但会造成用户较大的经济损失,电网公司也需要对该用户进行合理的断电补偿。

1.1.4 激励因素

激励因素是用户错避峰能力的可激励性,提高用户补偿额度能够提升用户错避峰意愿,实现错避峰的积极响应,说明该激励因素对于用户错避峰能力产生了正向影响。

1)可中断/高可靠性电价。可靠性电价包含高可靠性电价和可中断电价。可中断电价实则是在供电可靠性水平较低的情况下,根据事先供电商与用户之间签订的合同,供电商有权在高峰时对可中

断用户停止供电,从而达到调峰、提高整体系统稳定性的目的而制定出的低可靠性电价。两者都是考虑供电可靠性因素而制定的电价。高可靠性说明用户在发生供电中断时的损失较大,供电商需对其进行相应赔偿,这类用户对持续供电要求较高,在本文中设定为不允许停电时事件的发生;可中断负荷反映了用户的负荷级别低,其对供电持续性的要求不高,甚至允许供电中断,也就意味着较低的电价和较低的可靠性。

2)补偿/惩罚机制。通过制定相应的补偿或惩罚机制,激励用户积极响应电力系统有序用电,提升错避峰能力,从而以最小的有序用电成本实现更为可观的经济和社会效益。对各行业用户补偿/惩罚机制越完善,则用户的错避峰能力就越大。

根据对以上二级指标的分析,最终构建的用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标体系如表 1 所示。

表 1 用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标体系

目标层	一级指标 (准则层)	二级指标(指标层)
用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标体系	用户基本情况(C_1)	行业类型(C_{11})
		负荷重要性(C_{12})
		购电量比重(C_{13})
	错避峰潜力(C_2)	可错避峰用电设备容量(C_{21})
		供电系统要求不高的“柔性负荷”(C_{22})
		可用于错避峰的储存能量设备容量(C_{23})
		可错避峰设备响应时间(C_{24})
	成本因素(C_3)	电费占总生产成本比例(C_{31})
		单位缺电成本(C_{32})
	激励因素(C_4)	可中断/高可靠性电价(C_{41})
		补偿/惩罚机制(C_{42})

1.2 基于 AHP 的指标权重的确定

根据以上指标体系的建立,本文运用 AHP 法确定各级指标权重,按照层次分析法的思路和操作步骤,首先确定一级指标层的相对权重,计算结果如表 2 所示。

表 2 一级指标层规范化判断矩阵

	用户基 本情况	错避峰 潜力	成本 因素	激励 因素
用户基本情况	0.080 0	0.098 4	0.033 0	0.153 8
错避峰潜力	0.560 0	0.688 5	0.791 2	0.538 5
成本因素	0.320 0	0.114 8	0.131 9	0.230 8
激励因素	0.040 0	0.098 4	0.044 0	0.076 9

矩阵特征向量 $W = (0.083, 0.664, 0.190, 0.063)$, 最大特征根 $\lambda_{\max} = 4.246$, 一致性评价指标 $CR = 0.091 < 0.1$, 满足一致性检验。

对二级指标构造两两判断矩阵,判断矩阵均通过一致性检验。计算得到各指标权重如表 3 所示。

表 3 评价指标体系权重

一级指标	权重	二级指标	权重	综合权重
用户基本情况	0.083	行业类型	0.135	0.011 2
		负荷重要性	0.498	0.041 3
		购电量比重	0.367	0.030 5
错避峰潜力	0.664	可错避峰用电设备容量	0.538 7	0.357 7
		供电系统要求不高的“柔性负荷”	0.066 7	0.044 3
		可用于错避峰的储存能量设备容量	0.137 0	0.091 0
		可错避峰设备响应时间	0.257 5	0.171 0
成本因素	0.190	电费占总生产成本比例	0.25	0.047 5
		单位缺电成本	0.75	0.142 5
激励因素	0.063	可中断/高可靠性电价	0.333 3	0.021 0
		补偿/惩罚机制	0.666 7	0.042 0

1.3 基于 AHP-灰色关联分析法的需求侧灵活资源的可调度潜力评估模型

需求侧灵活资源的可调度潜力评估系统是一个灰色系统。首先,影响需求侧灵活资源的可调度潜力的因素较多,只能筛选出较为重要的指标对其进行综合评价;其次,需求侧灵活资源的可调度潜力评估中的一些因素为不确定因素,构建的评价指标中仅部分数据已知,因此可应用灰色关联分析理论解决用户侧灵活资源的可调度潜力评估问题。

灰色关联分析是依据各指标变化曲线所呈现几何形状的相似程度来判断评价指标间的强弱、大小和次序等关联程度的方法,几何形状越接近,其关联度越大。关联序是反映各评价对象对理想对象的接近次序,即评价对象的优劣次序,其中灰色关联度最大的评价对象为最优。结合层次分析法和灰色关联分析法的特点,本文提出 AHP-灰色关联分析法对需求侧灵活资源的可调度潜力进行。采用层次分析法确定评价指标的权重,用灰色关联分析法确定关联度,从而对评价对象进行综合评价,该方法克服了 AHP 方法主观性较强、灰色关联分析法无法体现不同指标重要程度差异的缺点。基于激励的需求侧灵活资源可调度潜力评估模型的评价步骤如下:

1)建立指标评价体系。前文已经对用户侧灵活资源的可调度潜力评估的指标体系做出了详细

的阐述。

2) 确定分析数列。设 i 为第 i 个评价对象的序号, $i = 1, 2, \dots, m$, k 为第 k 个评价指标的序号, $k = 1, 2, \dots, n$; v_{ik} 为第 i 个评价对象的第 k 个指标的评价值, V 为 m 个评价对象的用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标值。

$$V = (V_{ik})_{m \times n} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \cdots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中, m 为评价对象的个数; n 为评价指标的个数。

参考数据列可以是各指标的最优值或最劣值, 也可根据综合评价的目的合理选择其它参考值, 记作 $V_0 = (V_{01}, V_{02}, \dots, V_{0n})$

3) 对指标数据进行无量纲化。本文采用的无量纲化方法为均值法, 计算方法如下:

$$X_{ik} = \frac{V_{ik}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n V_{ik}} \quad (2)$$

无量纲处理后, 得:

$$X = (X_{ik})_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

4) 计算关联系数。把无量纲化后的数列 $X_0 = (X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n})$ 作为参考数列, $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ ($i = 1, 2, \dots, m$) 作为比较数列, 关联系数的计算公式为

$$\xi_{ik} = \frac{\min_i \min_k |X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|}{|X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|} \quad (4)$$

其中, ρ 是分辨系数, $\rho \in [0, 1]$, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

为了计算简便, 将在计算时选用各指标的最优值构成参考数据列, 并省略第 3 步, 关联系数的计算公式为:

$$\xi_{ik} = \frac{\min_i \min_k |V_{0k} - V_{ik}| + \rho \max_i \max_k |V_{0k} - V_{ik}|}{|V_{0k} - V_{ik}| + \rho \max_i \max_k |V_{0k} - V_{ik}|} \quad (5)$$

利用公式计算关联系数 ξ_{ik} ($i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$), 得到关联系数矩阵:

$$E = (\xi_{ik})_{m \times n} = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} & \cdots & \xi_{1n} \\ \xi_{21} & \xi_{22} & \cdots & \xi_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \xi_{m1} & \xi_{m2} & \cdots & \xi_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中, ξ_{ik} 为第 i 个评价对象第 k 个指标与第 k 个参考指标的关联系数。

5) 计算单层次的关联度。利用层次分析法计算得到某层指标相对于上层目标的权重 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。则关联度的计算公式是:

$$R = (r_i)_{1 \times m} = (r_1, r_2, \dots, r_m) = WE^T \quad (7)$$

6) 计算多层评价体系的最终关联度。对一个 L 层的评价指标体系, 最终关联度的计算方法如下: 合成第 k 层各指标的关联系数, 得到其隶属的上一层, 即第 $(k-1)$ 层各指标的关联度; 而后把该层计算得到的关联度作为原始数据, 继续合成得到第 $(k-2)$ 层各指标间的关联度, 重复以上步骤, 直到求出最终关联度时停止。

若选择 AHP 法已求得层次总排序的权重, 合并步骤中的第 4 步和第 5 步, 最终关联度为 $R = (r_i)_{1 \times m} = (r_1, r_2, \dots, r_m) = WE^T$, 其中 W 为层次总排序的最终权重。

7) 需求侧灵活资源的可调度潜力排序。根据最终关联度值进行排序, 关联度值是反映需求侧灵活资源的可调度潜力的直观依据。

1.4 需求侧灵活资源的可调度潜力评估

本节以 Z 省为例, 对不同类用户的灵活资源可调度潜力进行评估, 将用户分为四类, 分别为第一产业、第二产业、第三产业和居民用户。

依据用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标体系, 设立了用户侧灵活资源的可调度潜力评估评议表, 邀请高校专家及相关领域专家对 Z 省各产业情况进行打分 (0~100 分), 将各项评分算术平均后得分析数列。

$$V = \begin{bmatrix} 90.23 & 95.17 & 89.36 & 80.75 \\ 85.38 & 78.74 & 82.48 & 89.6 \\ 90.14 & 96.02 & 92.08 & 70.29 \\ 91.08 & 93.27 & 89.13 & 81.62 \\ 93.54 & 92.13 & 86.81 & 77.31 \\ 88.08 & 94.36 & 91.18 & 84.73 \\ 80.39 & 90.04 & 82.46 & 85.34 \\ 89.18 & 88.13 & 90.54 & 84.19 \\ 88.46 & 85.32 & 87.39 & 91.35 \\ 87.24 & 90.53 & 86.29 & 78.61 \\ 86.29 & 94.88 & 91.42 & 80.09 \end{bmatrix}$$

选取各行业指标最优值构成最优参考数列如下:

$$V_0 = [95.17, 89.6, 96.02, 93.27, 93.54, 94.36, 90.04, 90.54, 91.35, 90.53, 94.88]^T$$

$$\Delta V_i = \begin{pmatrix} 4.94 & 0 & 5.81 & 14.42 \\ 4.22 & 10.86 & 7.12 & 0 \\ 5.88 & 0 & 3.94 & 25.73 \\ 2.19 & 0 & 4.14 & 11.65 \\ 0 & 1.41 & 6.73 & 16.23 \\ 6.28 & 0 & 3.18 & 9.63 \\ 9.65 & 0 & 7.58 & 4.7 \\ 1.36 & 2.41 & 0 & 6.35 \\ 2.89 & 6.03 & 3.96 & 0 \\ 3.29 & 0 & 4.24 & 11.92 \\ 8.59 & 0 & 3.46 & 14.79 \end{pmatrix}$$

确定 $\Delta_{\max} = 25.73$, $\Delta_{\min} = 0$ 。根据公式 (5)得到关联系数为

$$E=(\xi_{ik})_{m \times n} = \begin{pmatrix} 0.7226 & 1.0000 & 0.6889 & 0.4715 \\ 0.7530 & 0.5423 & 0.6437 & 1.0000 \\ 0.6863 & 1.0000 & 0.7655 & 0.3333 \\ 0.8545 & 1.0000 & 0.7565 & 0.5248 \\ 1.0000 & 0.9012 & 0.6565 & 0.4422 \\ 0.6720 & 1.0000 & 0.8018 & 0.5719 \\ 0.5713 & 1.0000 & 0.6292 & 0.7324 \\ 0.9044 & 0.8422 & 1.0000 & 0.6695 \\ 0.8166 & 0.6809 & 0.7646 & 1.0000 \\ 0.7963 & 1.0000 & 0.7521 & 0.5191 \\ 0.5996 & 1.0000 & 0.7881 & 0.4652 \end{pmatrix}$$

用户侧灵活资源的可调度潜力评估指标体系的最终权重是：

$$W = (0.0112, 0.0413, 0.0305, 0.3577, 0.0443, 0.0910, 0.1710, 0.0475, 0.1425, 0.0210, 0.0420)$$

由 $R = W \cdot E$ 得第一产业、第二产业、第三产业和居民用户的灰色关联度分别为:0.770 2,0.923 7, 0.743 2,0.646 1,所以得到的各行业可调度潜力比较最终结果为:第二产业>第一产业>第三产业>居民。

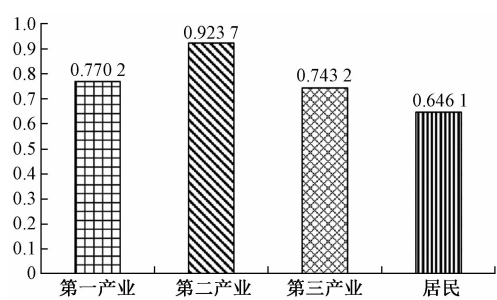


图 1 各类用户的灰色关联度

根据关联度公式得出的评价结果,关联度越大可调度潜力越大。根据排序,第二产业用户侧灵活资源的可调度潜力最大,第一产业较大,第三产业较小,居民用户侧灵活资源的可调度潜力最小。

2 结论

本文主要是对用户侧灵活资源的可调度潜力进行评估,首先对用户侧灵活资源进行概述,包括对灵活资源的定义及特点、分类等进行介绍。然后通过用户基本情况、错峰潜力、成本因素和激励因素四个方面建立了基于激励的用户侧资源潜力评估指标体系,并对各指标进行了解释说明。运用了 AHP 法确定指标权重,建立了基于 AHP-灰色关联分析的用户侧灵活资源的可调度潜力评估模型,将用户分为四类,分别为第一产业、第二产业、第三产业和居民用户,基于 Z 省的实际情况对不同类用户的灵活资源可调度潜力运用模型进行算例分析,根据关联度排序得到的各行业可调度潜力比较最终结果为:第二产业>第一产业>第三产业>居民。

参考文献

[1] 鲁宗相,李海波,乔颖. 高比例可再生能源并网的电力系统灵活性评价与平衡机理[J]. 中国电机工程学报,2017,37(1):13-24.

[2] 王蓓蓓,仇知,丛小涵,郑亚先,冯树海. 基于两阶段随机优化建模的新能源电网灵活性资源边际成本构成的机理分析[J/OL]. 中国电机工程学报:1-14. (2020-06-05)[2020-07-26]. <https://doi-org-s.webvpn2.ncepu.edu.cn/10.13334/j.0258-8013.pcsee.191885>.

[3] 吴界辰,艾欣,胡俊杰. 需求侧资源灵活性刻画及其在目前优化调度中的应用[J]. 电工技术学报,2020,35(9):1973-1984.

[4] GILS H G. Economic potential for future demand response in Germany-modeling approach and case study[J]. Applied Energy,2016,126(11):401-415.

[5] 李新聪,王骏,汤婵娟. 基于灰色和马尔科夫系统理论的需求侧响应能力预测[J]. 电力需求侧管理,2020(4):71-76

[6] HANIF S,MASSIER T,GOOI H B,et al. Cost optimal integration of flexible buildings in congested distribution grids[J]. IEEE Transactions on Power Systems,2017,32(3):2254-2266.

[7] 董朝阳,赵俊华,文福拴,薛禹胜. 从智能电网到能源互联网:基本概念与研究框架[J]. 电力系统自动化,2014,38(15):1-11.

[8] 胡嘉骅,文福拴,马莉,彭生江,范孟华,徐昊亮. 电力系统运行灵活性与灵活调节产品[J]. 电力建设,2019,40(4):70-80.

[9] 李强,邓卿,林鸿基,文福拴,姚方. 计及灵活性的配电系统接纳电动汽车能力评估与提升策略[J]. 电力科学与技术学

报,2019,34(3):37—46.

[10] 熊宁,张敏,朱文广,葛少云,钟士元,舒娇,徐正阳. 乡村清

洁能源配电系统供能灵活性评估方法及提升措施[J]. 电

力建设,2019,40(8):12—18.

Evaluation of Schedulable Potential of Demand Side Flexible Resources Based on Incentives

YANG Xin-yi¹, YUAN Yi-wen¹, WANG Ke-ke², ZHENG Si-jia¹, XU Tian-tian¹, LUO Jia¹, WU Bo¹

(1. Materials Branch of State Grid Zhejiang Electric Power Co. , Ltd. ,Hangzhou 310000,China;
2. School of Economics and Management,North China Electric Power University,Beijing 102206,China)

Abstract: Increasing efforts to develop renewable energy has become a key measure for countries around the world to alleviate energy shortages and environmental problems. Mobilizing demand side flexible resources can increase the configurable flexibility capacity in the power system, improve energy utilization efficiency and reduce the operating costs of power system. Accurate assessment of the schedulable potential of flexible resources on the demand side can cope with the impact of high proportion of renewable energy grid connection on the power system, adjust and control the system quickly and accurately, so as to realize a balance of energy supply and demand.

Key words: incentive;demand side;flexible resources;comprehensive evaluation