

智能园区需求响应项目实施效益研究

李啸宇¹, 谈金晶², 王蓓蓓²

(1.安徽省大唐淮北发电厂, 安徽 淮北 235000; 2.东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 工业园区在全社会用电量中占有很大的比重, 实现工业园区的智能用电对于智能电网建设非常重要。引导智能园区的电力用户主动开展需求响应, 可以提升园区智能用电管理水平。智能园区需求响应项目的实施给电网公司、用户和政府三方带来经济效益、管理效益和社会效益。以智能园区为研究对象, 定性分析与定量分析结合, 采用动态评价法考察园区实施需求响应的经济性。实证分析结果表明, 在智能园区实施需求响应项目具有可行性, 并对相关参数进行灵敏度分析, 寻找提高电网企业实施需求响应(DR)经济性的关键因素。

关键词: 智能用电; 需求响应; 成本效益

中图分类号: F407.61

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2013)04-0020-04

近年来随着城市建设规划格局的调整, 各类产业园区特别是工业园区的建设得到较快发展, 大量企业向园区集中。以江苏省苏州市为例, 目前已经有 75% 的工业企业集中于工业园区内, 未来 5 年这一比例还将进一步提高。工业园区在全社会用电量中占有很大的比重, 实现工业园区的智能用电对于智能电网建设非常重要。为了保障园区企业生产用电, 特别是为了满足园区负荷峰值的持续增长, 供电公司在园区的供配电网络建设上做了巨大的投入, 但是在网络实际运行中满负荷运行时间占比小, 造成了电网设备利用率低, 投入产出比不理想的状态。在智能电网背景下, 引导智能园区的电力用户主动开展需求响应(DR), 可以提升园区智能用电管理水平, 增强负荷平衡能力, 提高电网设备利用率及电网运行效率、降低电网运行成本。利用深入到用户内部的分类用电信息采集和控制手段, 细致掌握企业负荷特性, 并在此基础上引导园区内企业更为科学、经济、安全和高效的利用电能, 使得电网负荷能够以园区为单位实现“削峰填谷”, 促进节能减排。

1 智能园区需求响应项目成本效益计算方法

通过比较项目全部成本和效益, 评估 DR 项目价值。运用益本比的概念(效益成本之比), 从电网企业作为 DR 实施主体的角度, 衡量智能园区实施 DR 的经济性。

智能园区需求响应项目成本效益分析流程如图 1 所示。效益项中的投资效益由可免容量节约的投资成本而来, 运行效益由可免电量节约的运行成本而来, 合同能源管理效益由电网企业按比例分享用户节约电费而来。

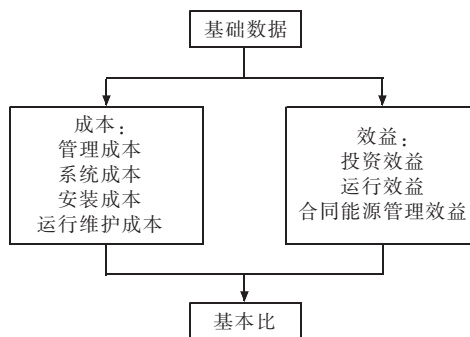


图 1 智能园区需求响应项目成本效益分析流程

智能园区 DR 项目成本效益的数据包括: 项目周期、参与需求响应项目的电力用户总数、签订合同能源管理合同的电力用户总数、可避免容量、可避免电量、管理费用、设备成本(控制设备、通信设备、控制中心硬件及软件系统)、安装成本、运行维护成本、投资效益、运行效益、合同能源管理效益、减排效益、设备残值。其中, 基础数据包括: 项目周期 T 、参与需求响应项目的电力用户总数 N 、签订合同能源管理合同的电力用户总数 K 、总电量 E_{total} 、总电费 M_{total} 和用户最高负荷 P_{total_max} 。

(1) 可避免容量 P_t 即可避免峰荷容量, 是指由于节电在电网峰荷期可避免的装机容量。可避免容量与用户降低的峰荷、用户同时率、系统备用容量系数、用户总数有关。计算公式为:

$$P_t = \frac{\sum_{i=1}^N P_{it} \sigma}{(1-\lambda)(1-\alpha)} \quad (1)$$

式(1)中: P_{it} 为第 t 年第 i 个用户降低的峰荷; N 为用户总数; σ 为用户同时系数; λ 为系统备用容量系数; α 为电网配电损失系数。

根据 2010 年江苏电力公司开展有序用电错峰限电所取得的实际效果来看, 工业企业可错峰负荷约为最高负荷的 5%。因此, 本文按照最高负荷的 5% 估算非高载

能工业园区的错峰潜力和错峰效益,而对于高载能工业园区依据其负荷特性,按照最高负荷的1.75%估算。定义用户响应度 d 为实际削减量与最大潜力的比值。若样本园区属于非高载能工业园区,并且电力公司统计的最高负荷已经考虑了同时系数,则:

$$\sum_{i=1}^N P_{it} \sigma = d \times P_{total_max} \times 5\% \quad (2)$$

式(1)变为:

$$P_i = \frac{d \times P_{total_max} \times 5\%}{(1-\lambda)(1-\alpha)} \quad (3)$$

(2) 可避免电量 ΔE_c 是指终端节约电量使电网侧避免的发电量。可避免电量与终端措施节电量、终端配电损失系数、电网配电损失系统有关,其计算公式为:

$$\Delta E_c = \frac{\Delta E_0}{(1-l)(1-\alpha)} \quad (4)$$

式(4)中: ΔE_c 为系统可避免电量; ΔE_0 为终端措施节约电量(通过估计每年减少用电的时间与可避免容量的乘积计算); l 为终端配电损失数; α 为电网配电的损失系数。

通过对样本园区中企业可中断生产过程的用电行为分析,发现通过优化用电管理,能够节约峰荷3%至5%。用户年参与DR的时间约为850h,推算出园区企业优化用电管理能够产生的节能潜力约为总用电量的1%,即:

$$\Delta E_0 = 850 \times (P_{total_max} \times 5\%) \quad (5)$$

(3) 管理费用 C_M 是指电力公司为管理和组织需求侧响应活动而发生的各项费用。如果根据可避免容量摊销管理费用,可设单位管理费用为 μ ,经验值约为80元/kW^[6]。计算公式为:

$$C_M = P_i \times \mu \quad (6)$$

(4) 需求响应设备成本 C_F (元)包括控制设备、通信设备、控制中心硬件及软件系统购置费用的总和,即:

$$C_F = C_1 \times N \times C_2 \times N \times C_3 \times N' \quad (7)$$

式(7)中: C_1 为单个控制设备成本; C_2 为单个通信设备(接收器、传输器)的成本; C_3 为控制中心建设总成本,包括控制中心硬件和软件系统。一般情况下, C_1 和 C_2 根据一户一设备计算,而根据地区内控制中心的单元数来确定。

(5) 安装成本 C_1 为:

$$C_1 = C_4 \times N \quad (8)$$

式(8)中: C_4 为每户设备安装成本; N 为智能园区参与试点的电力用户数量。

(6) 需求响应项目的运行维护成本 C_{OM} (元)按照设备成本的一定比例计算。样本园区这一比例取为5%,即:

$$C_{OM} = 5\% \times C_F \quad (9)$$

(7) 投资效益 B_p 是指电网企业由于可避免容量减少的投资费用,可以通过少建或者缓建的变电站、输电线路的平均造价确定。其计算公式为:

$$B_p = P_i \times \theta \quad (10)$$

式(10)中: θ 为电网侧可避免容量成本的折算因子,通过每年减少的投资费用摊销到每年的可免容量中进行计算。

(8) 运行效益 B_E 是指电网企业由于可避免电量减少的购电费用,可根据购电均价确定。其计算公式为:

$$B_E = \Delta E_c \times \omega \quad (11)$$

式(11)中: ω 为电网侧可避免电量的折算因子。

(9) 合同能源管理效益 B_C 。通过对样本园区中企业可中断生产过程的分时用电分析,发现通过调整峰谷用电,能够降低平均电价4.3%。由于用户电量上涨约2.9%,根据推算选取1.5%作为园区试点企业电费支出能够下降的比例。电力公司(或节能服务公司)与 K 家用户(用 i 表示)签订了合同能源管理合同,可分享其节电收益的比例为 x ,则电力公司的合同能源管理效益为:

$$B_C = 1.5\% \times \sum_{i=1}^K M_i \times x \quad (12)$$

式(12)中: M_i 为参与合同能源管理项目的用户 i 的年总电费。

电网企业的年总成本:

$$C = C_M + C_F + C_I + C_{OM} \quad (13)$$

电网企业的年总收益:

$$B = B_p + B_E + B_C \quad (14)$$

3 智能园区需求响应项目成本效益实例分析

我国中部、东部地区的园区多为综合性工业园或开发区,高载能企业比例较小,称之为非高载能工业园区。以江苏某技术开发区为智能园区样本,样本园区试点企业的数目为20户,签订合同能源管理合同的电力用户数目为8户,项目周期为10年,总用电量为482 280 892 kW·h,总电费为36 570.23万元,园区用户最高负荷113 663 kW。计及资金时间价值,采用动态评价方法^[6]。基础数据为第一年实施DR的数据,动态评价时基准折现率 i_0 为8%^[3],系统备用容量系数 λ 为10%,电网配电损失系数 α 为5%,终端配电损失数 l 为5%。减排效益和设备残值暂不纳入电网企业效益项。成本效益分析基础数据如表1所示。

根据式(3—5)求得归算到电网侧的可避免容量为6 646.78 kW、可避免电量为5 343 830 kW·h。用户响应度 d 为100%、节电收益分享比例 x 为50%时,成本

表 1 成本效益分析基础数据

| 类别 | 数值 |
|---------------------------|-------------|
| 项目年限 / 年 | 10 |
| 参与电力用户数目 / 户 | 20 |
| 签订合同能源管理合 同的电力用户数目 / 户 | 8 |
| 总电量 / kW·h | 482 280 892 |
| 总电费 / 万元 | 36 570.23 |
| 用户最高负荷 / kW | 113 663 |

项、效益项具体结果如表 2 所示,指标项如表 3 所示。最终以回收周期和益本比为指标,体现智能园区实施 DR 项目的可行性。

表 2 需求响应项目成本效益定量计算结果 万元

| 成本项 | | 效益项 | |
|--------|----------|--------------|----------|
| 管理费用 | 356.803 | 投资效益 | 1 181.91 |
| 设备成本 | 2 000 | 运行效益 | 2 223.17 |
| 安装成本 | 6 | 合同能源 管理效益 | 736.167 |
| 运行维护成本 | 671.007 | 总效益 | 4 141.25 |
| 总成本 | 3 033.81 | | |

表 3 指标项

| 回收周期 / 月 | 益本比 / 万元 |
|----------|----------|
| 66 | 1.365 03 |

从上述分析可知,在满足基本条件情况下,样本园区实施 DR 项目的益本比 BCR 大于 1,表明该智能园区实施 DR 项目具有可行性。当用户响应度 d 和节电效益分享比例 x 变化,回收周期和益本比的变化如图 2、图 3 所示,参与 DR 用户总数 N 和签订合同能源管理合同的用户数 K (比例 k) 变化时,回收周期和益本比的变化如图 4、图 5 所示。

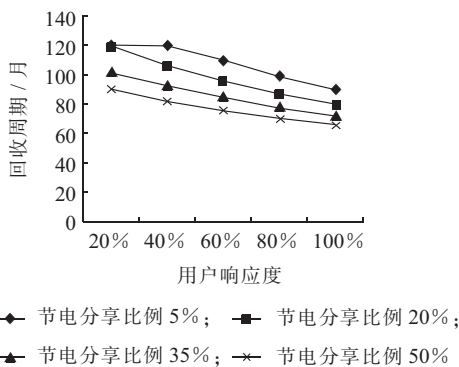


图 2 回收周期的变化趋势一

如果至项目实施周期结束仍未回收成本,回收周期超过 120 个月按 120 个月示意。节电分享比例相同时,随着用户响应度增大,回收期变短,益本比变大;用户响应度不变时,随着节电分享比例增长,回收期变短,益本比变大。充分发挥用户转移峰荷的能力和提

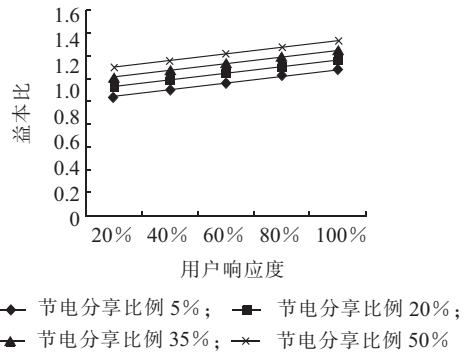


图 3 益本比的变化趋势一

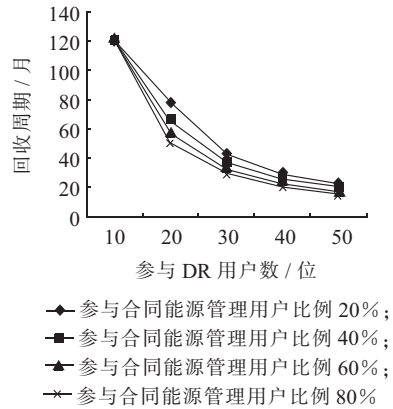


图 4 回收周期的变化趋势二

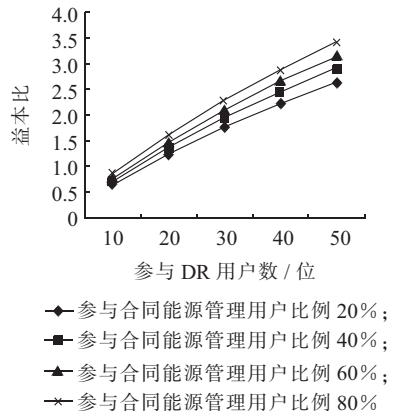


图 5 益本比的变化趋势二

节电分享比例,都有利于提高电网实施 DR 的经济性,用户响应度或分享比例过低,电网经济性较差,但是需要考虑用户的接受程度,设定合理的分享比例,不可过高。参与合同能源管理用户比例不变时,随着参与 DR 用户数增加,回收期变短,益本比变大;参与 DR 用户数一定时,随着参与合同能源管理用户比例提高,回收期变短,益本比变大。提高参与 DR 用户数和签订合同能源管理合同用户比例,都有助于提高电网实施 DR 的经济性,参与 DR 用户数或签订合同能源管理合同用户比例过低,不利于吸引电网公司参与 DR。

4 结束语

为完成智能园区 DR 项目的建设,必须采取多种措施。这些措施以先进的技术设备为基础,以经济效益

为中心,以法制为保障,以政策为先导,采用市场经济运作方式,讲究贡献和效益,最大化智能园区效益。对于智能园区 DR 项目的实施效益分析建议如下:

(1) 智能园区 DR 项目的效益分为经济效益、管理效益和社会效益三类,参与方有电网公司、用户和政府三方。在成本效益分析时,首先要坚持宏观性和客观性原则,对三方的效益进行综合分析,但是可以根据情况给予某方重点关注(例如电网企业),明确成本效益分析的成本项和效益项。还可结合园区用户特点,对计算方法进行修正。

(2) 智能园区 DR 项目的成本效益分析中各成本项和效益项的基础数据主要通过调研、统计和结合历史数据的经验分析获取。基础数据是智能园区效益分析的基石,直接关系到效益分析的结果是否可信。我国需求响应项目工作已经积累了许多经验,但如污染气体排放量等方面的定量数据尚未形成标准的统计方法,因此部分基础数据的计算建立在一定的假设条件上,可以借鉴国外经验数据进行估算。

(3) 智能园区 DR 项目实施效益分析可以采用定性分析和定量分析相结合的方式。定性分析,具体叙述参与方的效益;定量分析,用数据给予定性分析有力的支撑。

参考文献:

- [1] 曾鸣,李洪东,范艳霞. 风电社会效益评价模型及实证研究[J]. 电力需求侧管理,2009,11(5):17-19.
- [2] 曾鸣,田廓,李娜,等. 分布式发电经济效益分析及其评估模型[J]. 电网技术,2010,34(8):129-133.
- [3] 卢键明. 我国电力需求侧响应的模式方法及实施模式研究[D]. 北京:华北电力大学,2009.

作者简介:

李啸宇(1988),男,安徽蒙城人,助理工程师,从事电气工程自动化工作;

谈金晶(1989),女,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为电力市场和需求侧管理;

王蓓蓓(1979),女,安徽蒙城人,副教授,研究方向为电力市场和需求侧管理。

Research on Implementation Benefits of Demand Response Projects in Smart Park

LI Xiao-yu¹, TAN Jin-jing², WANG Bei-bei²

(1. Datang Huaibei Power Plant, Anhui 235000, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Power consumption of industrial park has made up a large proportion of the whole society, so it is very important to realize intelligent power consumption of industrial park for smart grid. It can promote intelligent power consumption management level by guiding consumers in smart park to actively implement demand response. Demand response projects in smart park will produce economic benefit, management benefit and social benefit for the power grid company, consumers and the government. Taking smart parks as research object, qualitative analysis is combined with quantitative analysis, and dynamic evaluation method is used to investigate economy of its implementation. The practical result shows that it is feasible to implement demand response projects in smart park. Sensitivity analysis of related parameters is also conducted to search for key factors of improving economy of implementing demand response.

Key words: intelligent power consumption; demand response; cost benefit

(上接第 19 页)

作者简介:

徐青龙(1978),男,江苏盐城人,高级技师,从事电气试验工作;

吴炜(1973),男,江苏常熟人,工程师,从事电力设计管理工作。

Analysis of Two Fault Cases Happened in the Arc-Suppression Coil System

XU Qing-long, WU Wei

(Changshu Power Supply Company, Changshu 215500, China)

Abstract: In this paper two faults happened in the arc-suppression coil (ASC) system are first analyzed. For the abnormal fault phenomenon of high short-circuit impedance type post-setting ASC at field operation, according to the fault information criterion given by the manufacturer, through some electrical tests, the reason that inter-turn short-circuit fault was happened in ASC was eventually found. In another case, the false triggering and unreasonable relay configuration lead to the grounding transformer relay protection device action. Relevant data is calculated to prove the correctness of the switch action, pointing out protection configuration should be adjusted accordingly.

Key words: arc-suppression coil; abnormal filtering; false triggering