

DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.03.016

新电改下考虑微网和多元负荷的配网效益评价研究

叶斌¹, 王绪利¹, 马静¹, 孙乾², 邱新福³, 尹晨旭¹

(1. 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院, 安徽 合肥 230000; 2. 东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096; 3. 国网马鞍山供电公司, 安徽 马鞍山 243000)

摘要:随着新电改的不断推进以及微网、多元负荷的迅速发展,在政策与技术的综合背景下如何确保电网公司对配电网投资的综合效益成为关键。针对该问题,综合考虑微网、多元负荷对配网投资的影响,构建了一种配网投入-产出效益评价指标体系;其次,结合微网、多元负荷对购售电的影响建立了新电改后配电网的投入产出模型;最后提出了评分法和优选法2种方法进行配网投资的评价以及配网规划项目的优选,其中评分法采用层次分析法及熵权法确定综合权重,优选法采用改进灰色关联度法进行数据分析。实际算例验证了所提评价体系的可行性及有效性。

关键词:新电改;微网;多元负荷;配电网投资;评价指标体系

中图分类号:TM732

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)03-0108-07

0 引言

在新电改形势下^[1-2],输配电收入受到政府的严格监管,售电侧引入竞争,电网公司的盈利方式发生转变。当前用户侧微网^[3]、多元负荷的迅速发展改变了配电网能源的输送形式。合理评价新形势下配电网投入-产出效益是确保电网企业高效运营与良性发展的重要手段。

现有文献主要从配电网经济性和可靠性指标以及评价方法等方面开展研究。文献[4]从供电安全、服务效能、经济效益等角度出发构建了配电网投入产出的评价体系,并采用序关系分析法对各个指标进行权重计算。文献[5]利用数据包络分析进行了配电网投资效益的评价。文献[6]结合配电网的建设特点,分别从电网结构改善以及投资收益2个方面构建了指标评价体系,并提出了灰色层次分析法的配网投资模型,客观地补充了专家评判。文献[7]结合灰色关联度与逼近理想解排序法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)构建了基于改进灰色关联度与 TOPSIS 的投资评价模型,利用样本与理想解的贴近程度评价优劣,对投资效益进行评价并排序比较。文献[8]考虑了配电网投入产出的联系构建了配网投入产出效益评价模型,以提高电网企业对于配电网投资的资源优化配置能力。文献[9]针对配电自动化系统在可靠性方面的成本和效益进行计算,建立了配电自动化系统成本效益综合分析模型。文献

[10-11]基于全寿命周期的配电网进行投资效益评估,但是缺乏对新电改后电网公司盈利方式转变以及微网、多元负荷接入配网后带来影响的考虑。

为解决上述不足,文中考虑微网、多元负荷对配电网带来的影响,从配网投资效益、技术成效、社会效益三方面综合选取评价指标,构建了考虑微网、多元负荷的电量问题以及配网的配电服务收益以及售电收益的模型,提出了新电改下的配电网投入-产出效益评价体系,采用提出法和优选法进行配网投资的后评价以及配网规划项目的优选,最后结合实际地区进行案例分析。

1 评价指标体系构建

在分析微网、多元负荷对配网投资影响的基础上选取配网效益评价指标,构建配网投入-产出效益评价指标体系。

1.1 微网及多元负荷对配电网的影响分析

微网、多元负荷对配电网的影响主要体现在网络损耗、可靠性、成本投入、经济效益、节能环保5个方面,如图1所示。在网络损耗方面,微网采用“自发自用,余量上网”^[12]的运营模式,避免了长距离输电产生的较大网损,但分布式电源、各类储能装置大量接入配网将导致配网网损升高。在供电可靠性方面,微网的孤岛运行^[13-14]虽然可以保证用电可靠性,但若微网内部出现故障,将影响外部电网的稳定运行,降低其他用户的供电可靠性。在成本支出方面,微电网接入公用配电网及由此引起的公用配电网建设与改造将增大电网公司的资本支出与运营成本,但是微网、多元负荷所实现的调峰服务

收稿日期:2019-01-10;修回日期:2019-02-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51777030)

可以避免输配电线路阻塞,延缓输配电设施建设。在经济效益方面,微网“自发自用,余量上网”的运营模式使得电网企业的售电量减少,也将减少配电网的配电服务费,但另一方面,电网公司可以通过开展综合能源服务巩固售电市场地位,创造新的利润增长点。在节能环保方面,电动汽车以及微网中的光伏、风电可以减少空气污染及温室气体排放,带来显著的环保效益^[15-17]。

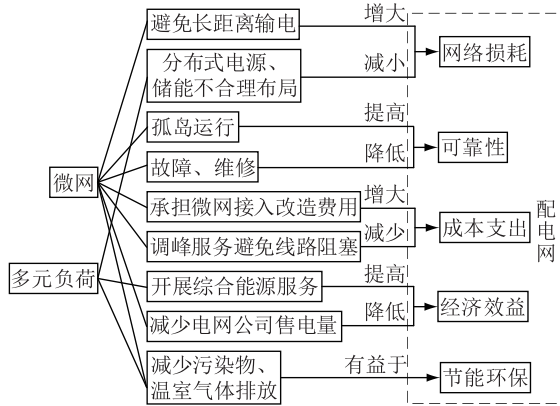


图1 微网及多元负荷影响分析

Fig.1 Microgrid and multi-load impact analysis

1.2 构建评价指标体系

基于目标层-准则层-指标层三层评价方法构建配电网投入产出评价体系,如表1所示。(1)投资效益类指标。指标的选取原则与传统评价体系相同,但是在构建成本投入和经济效益模型的过程中考虑了新电改后带来盈利方式的改变,购电费用等参数的计算中考虑了微网、多元负荷的电量,另外针对于增量配电业务,定义了电网公司售电占比指标进行评价。(2)技术成效类指标。多元负荷等大规模接入电网后,配网线路和变压器的负载情况发生改变,选取线路及配变重载率指标观察其投资后变化情况。此外,微网接入后,定义变电站结构稳定度指标反映变电站的结构稳定性。(3)社会效益类指标。指标的选取反映了微网接入后对于用户侧供电质量以及可靠性的改变,同时也反映了该地区的新技术水平的发展情况。

2 评价指标建模

投资效益类指标是反映配网投入产出效益的核心,本节首先构建了新电改后的配电网的成本支出模型以及经济效益模型,在此基础上构建投资效益类指标的模型。

2.1 成本支出模型

配电网的成本支出包括固定资产投资费用、财务费用、折旧费用、运行维护费用以及购电费用。

表1 配电网投入产出评价指标体系
Table 1 Evaluation index system of input and output of distribution network

目标层	准则层	指标层
投资效益类指标	财务类指标	内部收益率
		投资回收期
	电量类指标	投入产出比
		单位投资增供电量
技术成效类指标	运行能力	单位投资降耗量
		电网公司售电占比
	电网结构	容载比
		配变重载率
	装备水平	配变重载率
		变电站结构稳定度
社会效益类指标	用户服务	35 kV 主变“N-1”通过率
		10 kV 线路“N-1”通过率
	环境效益	配电自动化覆盖率
		用户供电可靠率(RS-3)
新技术发展水平	D类电压合格率	
	可再生能源发电比例	
		CHP、CCHP 装机比例
		电动汽车保有量占比

注:CHP为热电联产;CCHP为冷热电联产。

新电改后购电费用的购电电价由发电侧的上网标杆电价变为发电侧的上网标杆电价加上输配电侧的输配电价。同时,电网公司的购电量包括微网、分布式电源上网电量的收购费用。文中在此基础上构建配网成本支出模型。

投资效益类指标的计算需要首先确定配电网的成本支出,配网的投资成本 C_{sum} 计算公式如下:

$$C_{\text{sum}} = C_{\text{cap}} + C_{\text{inv}} + C_{\text{depr}} + C_{\text{oper}} + C_{\text{buy}} \quad (1)$$

式中: C_{cap} 为固定资产投资费用; C_{inv} 为财务费用; C_{depr} 为折旧费用; C_{oper} 为运行维护费用; C_{buy} 为购电费用。电网企业的售电公司的购电费用应包括两部分,一是从发电企业购电并经过输配电传输的费用;二是对微网、分布式电源上网电量的收购费用,并假设微网、分布式电源的上网电量部分直接就近消纳,购电费用的计算方法如下:

$$\begin{cases} C_{\text{buy},t} = (C_{\text{buy},1,t} + C_{\text{buy},2,t}) \\ C_{\text{buy},1,t} = \sum_{i=1}^I \left(\frac{p_{\text{gen},t} k_1 Q_{\text{sale},t,i}}{1 - L_{t,\text{sum}}} + \frac{p_{\text{trd},t,i} k_1 Q_{\text{sale},t,i}}{1 - L_{t,i}} \right) & T' < t < T \\ C_{\text{buy},2,t} = \sum_{i=1}^I p_{\text{up},t} k_2 Q_{\text{up},t,i} \\ Q_{\text{sale},t,i} = Q_{\text{load},t,i} + Q_{\text{EV},t,i} - Q_{\text{DG},t,i} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $C_{\text{buy},t}$ 为第 t 年电网企业的售电公司的年总购电费用; $C_{\text{buy},1,t}$ 为向发电厂购电并经输配电传输部分的购电费用; $C_{\text{buy},2,t}$ 为对微网、分布式电源上网电量的收购费用; $p_{\text{gen},t}$ 为第 t 年发电厂的发电电价, $p_{\text{trdi},t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的输配电价; $Q_{\text{sale},t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的售电总量; k_1 为与发电厂购电量占总售电量的比例; k_2 为第 t 年微网、分布式电源所在电压等级 i 的年上网电量占比; $L_{t,i}$ 为电压等级 i 的线损率; $L_{t,\text{sum}}$ 为所有电压等级的线损率之和; $Q_{\text{up},t,i}$ 为第 t 年微网、分布式电源所在电压等级 i 的年上网电量; $p_{\text{up},t}$ 为上网电价; $Q_{\text{load},t,i}$ 第 t 年电压等级 i 的负荷用电量; $Q_{\text{EV},t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的电动汽车年用电量; $Q_{\text{DG},t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的微网、分布式电源年发电量; T' 为配网增加微网的改造年份; T 为投资结束年。

2.2 经济收益模型

配网的经济收益主要包括两部分,分别为配电服务收益和售电收益,其中配电服务收益考虑电改后电网公司收取的“过网费”。配网经济收益 R_{sum} 计算公式如下:

$$R_{\text{sum}} = R_{\text{dis}} + R_{\text{sale}} \quad (3)$$

式中: R_{dis} 为配电服务收益; R_{sale} 为售电收益。配电网配电服务收益如下:

$$R_{\text{dis},t} = \sum_{i=1}^I \left(\frac{p_{\text{trdi},t,i} Q_{\text{sale},t,i}}{1 - L_{t,i}} - \frac{p_{\text{trdi},t,J} Q_{\text{sale},t,i}}{\prod_{j=i}^J (1 - L_{t,j})} \right) \quad (4)$$

$1 < t \leq T$

式中: $R_{\text{dis},t}$ 为配电网第 t 年的输配电服务收益; J 为配电网接入的电压等级; $p_{\text{trdi},t,J}$ 为配电网接入电压等级对应的省级电网公用网络输配电价。

售电收益按照用户所在电压等级进行核定,配电网售电收益如下:

$$R_{\text{sale},t} = \begin{cases} \sum_{i=1}^I p_{\text{sale},t,i} k_{t,i} Q_{\text{sale},t,i} & 1 < t < T' \\ \sum_{i=1}^I p_{\text{sale},t,i} k_{t,i} (Q_{\text{sale},t,i} + Q_{\text{up},t,i} + x_{t,i} Q_{\text{MG},t,i}) & T' < t < T \end{cases} \quad (5)$$

式中: $R_{\text{sale},t}$ 为电网公司的售电公司第 t 年的售电收益; $p_{\text{sale},t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的平均销售电价; $k_{t,i}$ 为第 t 年电压等级 i 的售电占比; $x_{t,i}$ 为微网上网电量的单位成本; $Q_{\text{MG},t,i}$ 为微网的上网电量。

2.3 指标模型

指标评价体系中的部分指标可以从配网实际运行的历史数据中直接获取,其余指标需要通过建模计算获得,以下是相关指标的模型以及计算方法。

(1) 内部收益率。内部收益率反映项目所占资金的盈利率,考察项目盈利能力,指标计算公式为:

$$\sum_{t=1}^T (R_{\text{sum},t} - C_{\text{sum},t}) (1 + I_R)^{-t} = 0 \quad (6)$$

式中: T 为项目的寿命周期; $R_{\text{sum},t}$ 为 t 年度的经济收益, $C_{\text{sum},t}$ 为 t 年度的成本投入; I_R 为内部收益率。

(2) 投资回收期。动态投资回收期,指在基准收益率或一定折现率下,投资项目用其投产后的净收益现值回收全部投资现值所需的时间,其表达式为:

$$\sum_{t=1}^{P_t} (R_{\text{sum},t} - C_{\text{sum},t}) (1 + i_e)^{-t} = 0 \quad (7)$$

式中: P_t 为投资回收期; i_e 为基准收益率。

(3) 投入产出比。投入产出比反映项目或者单位周期内配网投资的收益与投资的关系,投入产出比的计算如下:

$$B_{\text{CR}} = \frac{\sum_{t=1}^T R_{\text{sum},t}}{\sum_{t=1}^T C_{\text{sum},t}} \quad (8)$$

式中: B_{CR} 为投入产出比。

(4) 单位投资增供电量、单位投资降损电量。单位投资增供电量是用供电量来表征企业投资的收益,单位降损电量是表征电网投资的降损收益,计算方法如下:

$$Q_{\text{DG}} = (Q_{\text{Gst}} - Q_{\text{Gen}}) / \sum_{t=1}^T C_{\text{sum},t} \quad (9)$$

$$Q_{\text{DS}} = (Q_{\text{Sst}} - Q_{\text{Sen}}) / \sum_{t=1}^T C_{\text{sum},t} \quad (10)$$

式中: Q_{DG} 为单位投资增供电量; Q_{DS} 为单位投资降损电量; Q_{Gst} 为投资起始年供电量; Q_{Gen} 为投资结束年供电量; Q_{Sst} 为投资起始年线损电量; Q_{Sen} 为投资结束年线损电量。

(5) 电网公司售电占比。在竞争的环境下,电网公司的售电收益控制在合理水平也是电网公司确保盈利的重要因素,定义电网公司售电占比指标衡量电网公司在该地区的市场占有率,计算方法如下:

$$Q_r = \left(Q_D + \sum_{i=1}^N \sigma_i Q_{Z,i} \right) / Q_{\text{sum}} \quad (11)$$

式中: Q_r 为电网公司售电占比; Q_D 为电网公司售电量; $Q_{Z,i}$ 为第 i 个增量配电地区的售电量; σ_i 为电网公司在该地区的市场占有率; Q_{sum} 为该地区总的售电量之和。

(6) 变电站结构稳定度。考虑微网的电网结构的稳定度体现在配电网中各个变电站的接入形式是否可靠。该指标分析 110 kV 的所有变电站的结

构,求取所有变电站评分值的平均值作为该项指标的得分,变电站结构所有情况及打分情况如表 2 所示。

表 2 变电站结构稳定度评分表

Table 2 Substation structural stability scoring table

类型	结构形式	分值
A	仅有一回进线	20
B	同杆双回、同 220 kV 变电站接入	40
C	非同杆双回、同 220 kV 变电站接入	60
D	220 kV 站不同,500 kV 站相同	80
E	220 kV 站不同,500 kV 站不同	100

(7) 电动汽车保有量占比。评价体系选取电动汽车保有量占比作为衡量该地区新能源电动汽车发展水平的指标^[17-18],计算方法如下:

$$E_r = E_{os} / E_{os, \text{sum}} \quad (12)$$

式中: E_r 为电动汽车保有量占比; E_{os} 为电动汽车保有量; $E_{os, \text{sum}}$ 为地区电动汽车总保有量。

3 配电网投入产出综合评价方法

3.1 评分法

评价对象为单体项目或配网年投入产出效益评价时,可采用评分法确定配网投入产出效益的水平。指标评分采用百分制,准则层和目标层指标值由下层指标经加权求和获得,具体评分模型为:

$$S^{(k+1)} = \sum_{j=1}^n x_{0,1} \omega_j S_j^{(k)} \quad (13)$$

式中: $S_j^{(k)}$ 为各指标评分值; ω_j 为第 j 项指标的综合权重; $x_{0,1}$ 为 0,1 因子,评价时若选取该指标则取 1,反之取 0,指标权重在 $x_{0,1}$ 确定后求解。其中财务类指标的选取需要判断评价对象是否为单体项目,内部收益率及投资回收期适用于单体项目的评价,若非单体项目可将两项指标的 $x_{0,1}$ 置 0。

为实现指标数据的真实性与主观经验的结合,评分法中的综合权重由层次分析法及熵权法计算得出,其中,目标层及准则层的权重由采用层次分析法^[19]计算,指标层的权重由熵权法^[20]计算。

3.2 优选法

由于同一地区可以根据不同的目标进行配网规划,所以可以采用优选法确定最优规划方案。规划方案给出资金安排以及规划目标,采用改进灰色关联度分析法^[21]所计算的关联度进行最佳方案选择。改进灰色关联度分析法中的综合权重确定方法与评分法相同,改进灰色关联度分析法通过分析方案数据与理想样本数据的空间拟合程度,确定关联度的大小,关联度越大,则方案整体投入产出效

益水平越高,以此为依据可以排列出各个规划方案的优劣顺序。优选法和评分法的使用流程如图 2 所示。

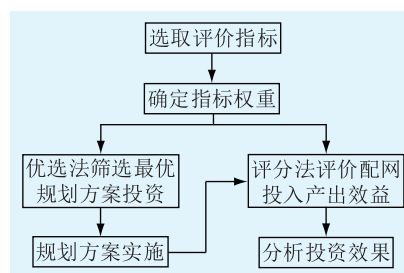


图 2 评价方法使用流程

Fig.2 Flow chart for evaluation method

4 算例分析

为验证配网投入产出指标评价体系的准确性与有效性,文中算例结合实际地区的配网投资进行分析,算例的分析流程与图 2 一致。算例首先采用优选法对某市的两套历史配网规划方案进行优选,并与实际选择的规划方案进行对比,其次针对该地区规划方案投资后的配电网实际投入产出效益进行评价。

4.1 规划方案优选

现将该市的两套历史规划方案称为方案 A 与方案 B,两套方案分别更侧重于经济性和安全性。算例根据两套规划方案的规划目标以及资金安排进行优选。

由于规划方案属于单体项目的评价,所以财务指标中选了内部收益率以及投资回收期两项指标。

电网公司售电占比指标在该地区较高,在此未纳入分析。优选法中的指标综合权重的计算结果以及理想样本取值情况如表 3 所示。通过优选法中改进灰色关联度分析法的计算,方案 A、B 关联度的大小分别为 0.773 7,0.863 0。

结果表明,方案 B 的关联度大于方案 A。关联度的大小反映规划方案的总体投资效果,方案 B 的关联度更高,投资效果更优,与该地区在实际投资选择的方案一致,更为注重安全性。

4.2 配网投入产出效益评价

算例采用评分法对该市的实际配网投入产出情况进行评价,由于规划方案于 2016 年进行投资,所以评分方案选取该市 2016、2017 年配网实际投资情况,数据显示该市 2016 年、2017 年配网的实际总投资额分别为 5 988.52 万元,8 611.3 万元,同时该地区 2017 年电动汽车的数量显著增加,配网进行了相应的改造。

表3 优选法数据

Table 3 Preferred method data

指标层	综合权重	理想样本取值
内部收益率/%	0.176 3	30
投资回收期/a	0.102 9	5
单位投资增供电量/[$(\text{kW}\cdot\text{h})\cdot\text{元}^{-1}$]	0.137 1	6
单位投资降损电量/[$(\text{kW}\cdot\text{h})\cdot\text{元}^{-1}$]	0.164 8	1
容载比	0.067 5	2.0
配变重载率/%	0.042 2	0
线路重载率/%	0.062 7	0
变电站结构稳定度	0.019 2	80
35 kV 线路“N-1”通过率/%	0.040 8	100
10 kV 线路“N-1”通过率/%	0.034 9	100
配电自动化覆盖率/%	0.052 2	100
用户供电可靠率(RS-3)/%	0.024 2	100
D类电压合格率/%	0.028 1	100
可再生能源发电比例/%	0.052 2	30
CHP、CCHP 装机比例/%	0.004 9	1
电动汽车保有量占比/%	0.012 5	1

评分法对方案的总评分情况以及方案的目标层即投资效益类、技术成效类、社会效益类的评分对比情况如图3所示,投资效益类、技术成效类、社会效益类指标准则层的评分对比情况如图4—图6所示。

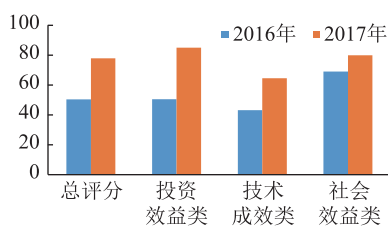


图3 方案评分

Fig.3 Score chart of scheme

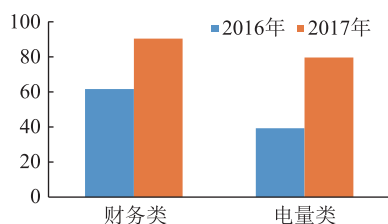


图4 投资效益类指标评分

Fig.4 Scoring chart of investment benefit indicators

由图3的评价结果可知2017年的总体投资效益优于2016年。2017年该地区进行配网的改造,加大了配网的投资力度,2017年在实施后对于配网的各方面指标都有所改善。而2016年整体效益不足的主要原因体现在投资效益方面,各准则层的评分对比情况如下。

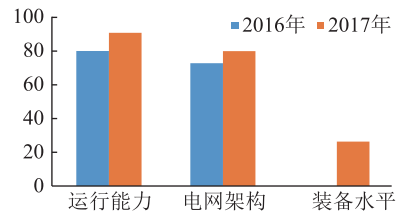


图5 技术成效类指标评分

Fig.5 Scoring chart of technical effectiveness indicators

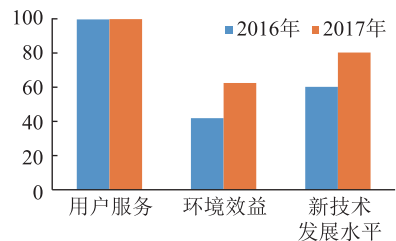


图6 社会效益类指标评分

Fig.6 Scoring chart of social benefit indicators

(1) 投资效益方面。由图4的评价结果可知2016年与2017年的评分分别为50.48,80.05,造成较大差异的原因是2016年配网的网损未得到有效地改善,单位投资降损电量指标为负值。财务类指标方面,虽然2017年在投资规模上增幅很大,但是由于2017年投资后带来的电量收益较为明显,使得2017年与2016年的投入产出比水平差异不大。

(2) 技术成效方面。由图5的评价结果可以看出2016年与2017年在电网架构方面评分差距较小,而2017年在投资后对于运行能力类指标改善效果较好,电动汽车接入电网规模增加,变压器以及线路的负载率指标相对稳定。该地区的配电自动化水平不高,国家规定2020年全面实现配电自动化覆盖90%的目标,建议该地区后续的配网投资加强该方面的建设。

(3) 社会效益方面。结合图6的对比情况可知由于该地区对于用户服务层面的指标均已达到较高的水平,所以两个方案在用户服务的指标评分结果差异很小,2017年投资后对于可再生能源的使用率带来提高,该地区电动汽车的数量规模增加,但CHP、CCHP的总体装机水平不高。

5 结语

为确保新电改形势下电网公司的综合效益,构建了考虑微网和多元负荷的配电网投入-产出效益评价体系,并综合考虑过网费、输配电价以及微网和多元负荷的电量构建了配电网投入-产出效益计算模型。评分法结合了层次分析法及熵权法确定权重,可以实现配网实际投资的评价,而优选法则

通过改进灰色关联度分析法进行规划方案的选择,确保配电网投资的综合效益。文中结合实际地区进行算例分析验证了所提配电网投入-产出效益评价体系的有效性,可为配电网后续的投资和改善提供科学有效的指导。

本文得到国网安徽省电力有限公司科技项目(521209170007)资助,谨此致谢!

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[Z]. 中发[2015]9号配套文件, 2015-3.
The CPC Central Committee and the State Council. Some suggestions on further deepening the reform of the power system [Z]. Zhong Fa [2015] No. 9 supporting document, 2015-3.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局.关于推进输配电价改革的实施意见[Z].中发[2015]9号配套文件,2015-12.
National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Implementation opinions on promoting reform of transmission and distribution Price [Z]. Zhong Fa [2015] No. 9 supporting documents, 2015-12.
- [3] 刘洪旗. 用户侧多微网协调控制策略研究[D].华北电力大学,2017.
LIU Hongqi. Research on coordinated control strategy of multi-micro network on user side [D]. North China Electric Power University, 2017.
- [4] 康毅滨,杨小蕾,罗奕. 配电网资产投入产出评价模型与体系研究[J]. 国外电子测量技术,2018,37(2):34-39.
KANG Yibin, YANG Xiaolei, LUO yi. Research on the asset input-output evaluation model and system of distribution network [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2018, 37 (2): 34-39.
- [5] 施婧,李玮玮,王晓辉,等. 基于数据包络法对配电网投入产出效益的评价[J]. 浙江电力,2017,36(12):63-69.
SHI Jing, LI Weiwei, WANG Xiaohui, et al. Evaluation of input-output benefit of distribution network based on data envelopment analysis [J]. Zhejiang Electric Power, 2017, 36 (12): 63-69.
- [6] 李晓军,马慧卓,刘翔宇,等. 基于灰色层次模型的配电网项目投资效益评价[J]. 供用电,2017,34(1),46-50.
LI Xiaojun, MA Huizhuo, LIU Xiangyu, et al. Investment benefit evaluation of distribution network project based on grey hierarchy model [J]. Electricity supply, 2017, 34 (1), 46-50.
- [7] 李晓军,梁纪峰,刘翔宇,等. 基于改进灰色关联度与TOPSIS方法的配电网投资评价[J]. 东北电力技术,2017,38(8):56-59.
LI Xiaojun, LIANG Jifeng, LIU Xiangyu, et al. Distribution network investment evaluation based on improved grey correlation degree and TOPSIS method [J]. Northeast Electric Power Technology, 2017, 38 (8): 56-59.
- [8] 周鹏程,吴南南,曾鸣. 考虑投入产出关联关系的配网效益评价研究[J]. 山东电力技术,2017,44(12):1-5,11.
ZHOU Pengcheng, WU Nannan, ZENG Ming. Study on the benefit evaluation of distribution network considering the relationship between input and output [J]. Shandong Electric Power Technology, 2017, 44 (12): 1-5, 11.
- [9] 王宗耀,苏浩益. 配网自动化系统可靠性成本效益分析[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(6):98-103.
WANG Zongyao, SU Haoyi. Cost-benefit analysis of distribution automation system reliability [J]. Power system protection and control, 2014, 42 (6): 98-103.
- [10] MAURICIO E S, ALBERTO V. Investment decisions in distribution networks under uncertainty with distributed generation-parti: model formulation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2013, 3(28): 2331-2340.
- [11] CHIN K G, DANNY P, PREDRAG D, et al. Strategic assessment of alternative design options for multivoltage-level distribution networks [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2014, 3(29): 1261-1269.
- [12] 江戈,苟锐锋,张万荣,等. 微网技术发展分析与探讨[J]. 电力电子技术,2015,49(03):61-65.
JIANG Ge, QI Ruifeng, ZHANG Wanrong, et al. Analysis and discussion on the development of microgrid technology [J]. Power Electronics, 2015, 49(03): 61-65.
- [13] 陈建斌,付超,陈柔伊,等. 含多种分布式电源的微网系统孤岛运行安全稳定性[J]. 南方电网技术,2013,7(04):71-74.
CHEN Jianbin, FU Chao, CHEN Ruoyi, et al. Isolated island operation security and stability of microgrid system with multiple distributed generations [J]. Southern Power Grid Technology, 2013, 7 (04): 71-74.
- [14] 蒋贤强,徐青山,柳丹,等. 含分布式电源的交直流配网双层规划研究[J]. 电力工程技术,2018,37(4):27-32.
JIANG Xianqiang XU Qingshan, LIU Dan, et al. Two-layer model of AC/DC distribution network containing DGs [J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37 (4): 27-32.
- [15] 郑倩倩. 含微网配电网规划方案的综合评价指标体系及评价方法[D]. 武汉:华中科技大学,2015.
ZHENG Qianqian. Comprehensive evaluation index system and evaluation method of distribution network planning scheme with micro-grid [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2015.
- [16] 冯恽彬,汪科,葛晓慧,等. 交直流混合微电网系统设计与控制架构分析[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(23):143-150.
FENG Yibin, WANG Ke, GE Xiaohui, et al. Design and control architecture analysis of AC/DC hybrid microgrid system [J]. Power System Protection and Control, 2018, 46 (23): 143-150.
- [17] 屈志坚,范明明,周锐霖,等. 海量配电网调度监测信息的非主行键倒排索引查询技术[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(23):162-168.
QU Zhijian, FAN Mingming, ZHOU Ruilin, et al. Non-primary key inverted index query technology for massive distribution

- network dispatch monitoring information [J]. Power System Protection and Control, 2018, 46 (23): 162-168.
- [18] 王闪闪,赵晋斌,毛玲,等. 基于电动汽车移动储能特性的直流微网控制策略[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(20):31-38.
WANG Shenglian, ZHAO Jinbin, MAO Ling, et al. DC microgrid control strategy based on mobile energy storage characteristics of electric vehicles [J]. Power System Protection and Control, 2018, 46 (20): 31-38.
- [19] 闫志杰,张蕊萍,董海鹰,等. 基于需求响应的电动汽车充放电电价与时段研究[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(15):16-22.
YAN Zhijie, ZHANG Ruiping, DONG Haiying, et al. Research on charging and discharging price and time of electric vehicle based on demand response [J]. Power System Protection and Control, 2018, 46 (15): 16-22.
- [20] 董君. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 科技资讯,2015,13(29):218,220.
DONG Jun. Analytical hierarchy process weight calculating method and its application [J]. Science and Technology Information, 2015, 13 (29): 218, 220.
- [21] 张东,张宁. 物理学中的熵理论及其应用研究[J]. 北京联合大学学报(自然科学版),2007(1):4-8.
ZHANG Dong, ZHANG Ning. Entropy theory and its application in physics [J]. Journal of Beijing United University (Natural Science Edition), 2007 (1): 4-8.
- [22] 罗毅,李昱龙. 基于熵权法和灰色关联分析法的输电网规划方案综合决策[J]. 电网技术,2013,37(1):77-81.
LUO Yi, LI Yulong. Comprehensive decision-making of transmission network planning scheme based on entropy weight method and grey relational analysis method [J]. Power grid technology, 2013, 37 (1): 77-81.

作者简介:



叶斌

叶斌(1977),男,硕士,高级工程师,从事电网规划工作(E-mail:yeb4557@ah.sgcc.com.cn);

王绪利(1984),男,学士,高级工程师,从事电网规划工作;

马静(1984),男,硕士,高级工程师,从事电网规划工作。

Benefit evaluation of distribution network considering microgrid and multiple loads under new electricity reform

YE Bin¹, WANG Xuli¹, MA Jing¹, SUN Qian², QIU Xinfu³, YIN Chenxu¹

(1. State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd. Economic and Technological Research Institute, Hefei 230000, China; 2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China; 3. State Grid Maanshan Power Supply Company, Maanshan 243000, China)

Abstract: With the continuous advancement of new power reforms and the rapid development of microgrids and multiple loads, how to ensure the comprehensive benefits of grid companies' investment in distribution networks is the key to the comprehensive background of policies and technologies. Aiming at this problem, this paper comprehensively considers the impact of micro-grid and multi-load on the investment of distribution network, and constructs a distribution network-input benefit evaluation index system. Secondly, it combines the influence of micro-grid and multi-load on the purchase and sale of electricity. The input-output model of the distribution network after the new power reform. Finally, the evaluation of the distribution network investment and the optimization of the distribution network planning project are proposed by the scoring method and the preferred method. The scoring method uses the analytic hierarchy process and the entropy weight method to determine the synthesis. The weighting and optimization method uses the improved gray correlation method for data analysis. The practical examples verify the feasibility and effectiveness of the proposed evaluation system.

Keywords: new electricity reform; microgrid; multiple loads; distribution network investment; evaluation index system

(编辑 钱悦)