

# 主动配电网规划方案经济性综合评估方法探析

朱明成 张景瑞

(厦门大学航空航天学院, 福建 厦门 361005)

**摘要** 在同一配电网的网络结构下, 利用风光储容量不同和接入的节点不同形成多个主动配电网规划方案, 这些方案之间的经济性差异明显, 然而低分布式能源占比的传统配电网经济性评估方法难以对高分布式能源占比的主动配电网的经济性进行评估。现从主动配电网的特性出发, 建立了包括总净值、分布式电源、综合资源利用率、线损率、电网资产利用率等经济性的综合评价指标体系, 给出了各个指标的数学模型和综合得分值的获取方法, 以此来判断不同方案的经济性优劣。

**关键词** 主动配电网 综合评价指标体系 综合得分

DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2018.03.011

## 0 引言

主动配电网能够组合控制各种分布式能源(DG、可控负荷、储能、需求侧管理等), 其目的是加大配电网对可再生能源的接纳能力、提升配电网资产的利用率、延缓配电网的升级改造投资, 以及提高电网的电能质量和供电可靠性<sup>[1]</sup>。在同一配电网网络结构下, 对具有不同风光储容量和接入节点的主动配电网经济性进行评估时, 根据其自身的特点, 从自然、社会、功能和客体属性等角度出发, 建立包括综合资源利用效率指标、电网资产利用效率指标、经济效益指标和分布式电源特性指标的三层指标体系。

## 1 经济性评估指标体系

评估指标体系是由多个相互联系、相互作用的评价指标, 按照一定层次结构组成的有机整体<sup>[2]</sup>。针对主动配电网的特性, 经济性指标的选取必须兼顾到分布式电源的占有, 以及不同规划方案之间存在着巨大的投资与收益差异。综合各方面因素建立如图1所示的主动配电网经济性三层评估指标体系。

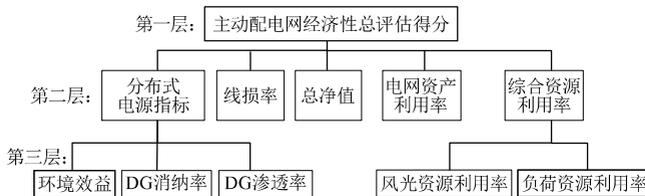


图1 主动配电网经济性三层指标评估体系

## 2 评估指标与评估模型

### 2.1 总净值

$$ONV=SR-(IC+OC+PC+OU) \quad (1)$$

式中,  $ONV$ 为总净值指标;  $SR$ 为售电收益;  $IC$ 为投资成本;  $OC$ 为运行成本;  $PC$ 为购电成本;  $OU$ 为停电成本。

(1) 售电收益:

$$SR=\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n ES_{ij} \times C_p \quad (2)$$

式中,  $ES_{ij}$ 为时间 $T$ 内, 第 $i$ 个负荷节点的第 $j$ 个小时供给的发电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $C_p$ 为电量的平均售电价( $\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $n$ 为负荷节点数;  $T$ 为仿真时长( $\text{h}$ )。

(2) 投资成本:

$$IC=\sum_{i=1}^n \frac{SP_i}{m_i} \times T \quad (3)$$

式中,  $SP_i$ 为第 $i$ 类设备的总成本(元);  $m_i$ 为第 $i$ 类设备的寿命时长( $\text{h}$ );  $n$ 为设备种类数。

(3) 运行成本:

$$OC=PLOS \times C_p + \sum_{i=1}^n (ST_i \times R_i) \quad (4)$$

式中,  $PLOS$ 为线路损耗电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $ST_i$ 为第 $i$ 类设备的总故障时间( $\text{h}$ );  $R_i$ 为第 $i$ 类设备的维修费用( $\text{元}/\text{h}$ )。

(4) 购电成本:

$$PC=\sum_{i=1}^T E_{0i}^* \times C_{br} \quad (5)$$

式中,  $E_{0i}^*$ 为时长 $T$ 内, 第 $t$ 个小时系统实际购电电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $C_{br}$ 为平均购电电价( $\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ )。

(5) 停电成本<sup>[3]</sup>:

$$OU=(1+a) \times EENS \times C_p \times T/8\ 760 \quad (6)$$

式中,  $EENS$ 为年期期望缺供电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $a$ 为单位停电电量的电价与平均电价之比, 一般取25。

### 2.2 分布式电源

(1) 环境效益:

$$EB=P_L^{*PV}(\delta+\alpha)+P_L^{*WG}(\varepsilon+\beta) \quad (7)$$

式中,  $P_L^{*PV}$ 和 $P_L^{*WG}$ 分别为时长 $T$ 内, 光伏和风机的实际发电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $\delta$ 和 $\varepsilon$ 分别为光伏和风机的单位发电环境价值;  $\alpha$ 和 $\beta$ 分别为光伏和风机的单位发电政策补贴价格( $\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ )。

(2) DG消纳率:

$$\gamma=\frac{P_L^*}{P_L^{\max}} \times 100\% \quad (8)$$

式中,  $P_L^*$ 为DG的实际发电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ ), 包括 $P_L^{*PV}$ 、 $P_L^{*WG}$ ;  $P_L^{\max}$ 为DG的最大允许发电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )。

(3) DG渗透率<sup>[4]</sup>:

$$\lambda=\omega_\lambda \lambda_{it}+(1-\omega_\lambda) \lambda_{vx}=\omega_\lambda \frac{P_L^*}{S_{\text{load}}}+(1-\omega_\lambda) \frac{P_L^*}{S_{\text{load}}} \quad (9)$$

式中,  $\lambda_{it}$ 和 $\lambda_{vx}$ 分别为DG的静态渗透率和有效渗透率;  $\omega_\lambda$ 为权重, 取为0.5;  $P_L^*$ 为DG以额定功率运行的发电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );  $S_{\text{load}}$ 和 $S_{\text{load}}^*$ 分别为负荷用电量总需求和负荷实际用电之和( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )。

### 2.3 综合资源利用率

(1) 风光利用率:

$$\gamma=\frac{P_{L1}^*}{P_L^{\max}} \times 100\% \quad (10)$$

式中,  $P_{L1}^*$ 为DG扣除逆变整流损耗后的实际上网电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )。

(2) 负荷利用率:

$$\eta=\frac{S_{\text{load}}^*}{S_{\text{load}}} \times 100\% \quad (11)$$

## 2.4 线损率<sup>[5]</sup>

$$LLR = \frac{PLOS}{PLOS + S_{load}} \times 100\% \quad (12)$$

## 2.5 电网资产利用率

$$\delta_1 = \frac{In_{all}}{C_{all}} = \frac{\sum_{m=1}^T (SR_m + EB_m)}{\sum_{i=1}^n [SP_i \times (1 - T \times D_i / 8760)]} \times 100\% \quad (13)$$

式中  $In_{all}$  和  $C_{all}$  分别为截止到  $T$  小时的总收益和剩余总资产(元);  $SR_m$  和  $EB_m$  分别为第  $m$  小时的售电收益和环境效益(元);  $n$  为设备种类数;  $D_i$  为第  $i$  类设备的年折旧率。

## 3 评估步骤

在进行综合资源方案的评估时,首先利用层次分析法(AHP)得到符合一致性要求的指标体系各层权重,然后利用专家打分法确定第三层的各个指标的百分制得分  $S_i$ ,再根据式(14)计算上一层某属性的综合得分<sup>[6]</sup>,逐级向上,最终得到综合评估得分值。综合评分越高,说明该方案的经济性越好,对不同规划方案的评价结果进行对比,以衡量规划方案的经济性优劣。

$$S = \sum_{i=1}^n \lambda_i S_i \quad (14)$$

式中  $S$  为上一层某属性的得分;  $\lambda_i$  为本层中的第  $i$  个指标的权重。

## 4 结语

本文建立了主动配电网不同的规划方案经济性评价指标体系、评估模型和评估步骤。该指标体系具有对不同层级电网

普遍的适用性和针对性,该评估模型适合高分布式能源占比的主动配电网规划方案的经济性评估,该评估流程能较为准确、直观地评估不同方案的经济性。总之,在本文所提出的同一网络下,针对不同规划方案的主动配电网的经济性评估方法简便、实用,综合评价结果为规划管理者提供了客观的评价依据,对规划工作具有一定的指导意义。

### [参考文献]

- [1] 尤毅,刘东,于文鹏,等.主动配电网技术及其进展[J].电力系统自动化,2012,36(18):10-16.
- [2] 孟庆华.基于Delphi法的师德评价指标体系研究[J].读书文摘,2014(20):100.
- [3] 刘立,黄民翔.配电网经济性和可靠性的综合评估[J].能源工程,2007(3):16-19.
- [4] 钟清,余南华,尤毅,等.主动配电网技术特性及评估指标体系[J].电力建设,2015,36(1):122-127.
- [5] 陈哲,陈土方,张晓林.电网线损率评价方法[J].中国电力,2014,47(11):75-78.
- [6] 方欢欢,程浩忠,辛洁晴,等.配电网规划评估指标体系[J].电力系统及其自动化学报,2013,25(6):106-111.

收稿日期:2017-12-12

作者简介:朱明成(1991—),男,福建厦门人,硕士,研究方向:风光新能源并网、粒子群算法、模型参数优化辨识。

(上接第21页)

$$\frac{S}{S_N} = \sqrt{\frac{n(n+1)P_0}{P_{KN}}} = \sqrt{\frac{2 \times 1 \ 215}{6 \ 550}} = 0.61$$

当  $n=2$  时,

$$\frac{S}{S_N} = \sqrt{\frac{n(n+1)P_0}{P_{KN}}} = \sqrt{\frac{2 \times 3 \times 1 \ 215}{6 \ 550}} = 1.05$$

当  $n=3$  时,

$$\frac{S}{S_N} = \sqrt{\frac{n(n+1)P_0}{P_{KN}}} = \sqrt{\frac{3 \times 4 \times 1 \ 215}{6 \ 550}} = 1.49$$

由上述计算可知:

- (1)当  $S < 488$  kVA 时,单台变压器运行最佳,此时  $\beta < 0.61$ 。
- (2)当  $488$  kVA  $< S < 840$  kVA 时,两台变压器运行最佳,此时  $0.31 < \beta < 0.53$ 。
- (3)当  $840$  kVA  $< S < 1 \ 192$  kVA 时,三台变压器运行最佳,此时  $0.35 < \beta < 0.50$ 。
- (4)当  $S > 1 \ 192$  kVA 时,四台变压器运行最佳,此时  $\beta > 0.37$ 。

## 3 结语

以上关于配电变压器理论最佳负载率及最佳运行方式的计算与分析虽然不完全符合实际情况,是一种较为理想的状态,但理论最佳负载率作为变压器容量配置的参考依据,配电

变压器最佳运行方式作为配电间变压器运行方式调整的重要参考依据,对于指导配电变压器的节能降耗仍然具有十分重要的意义。

### [参考文献]

- [1] 李伯方.关于10 kV以下配电变压器降损节能运行的研究[J].科技风,2011(8):32-33.
- [2] 张鹰,章晓明,张海标,等.适用于住宅小区降损节能的配变组技术[J].浙江电力,2006,25(3):31-34.
- [3] 胡虔生,胡敏强.电机学[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [4] 曾以雄.变压器运行效率与最佳运行效率的计算[J].建筑电气,2014,33(1):14-18.
- [5] 三相配电变压器能效限定值及能效等级:GB 20052—2013[S].

收稿日期:2017-11-27

作者简介:陈胜(1986—),男,湖南湘乡人,工程师,从事高压业扩工作。