

配电网经济运行评价指标体系的建立

卢志刚, 马丽叶

(电力电子节能与传动控制河北省重点实验室(燕山大学), 河北省 秦皇岛市 066004)

Establishment of Evaluation Index System for Economic Performance of Distribution Network

LU Zhigang, MA Liye

(Key Lab of Power Electronics for Energy Conservation and Motor Drive of Hebei Province (Yanshan University),
Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China)

ABSTRACT: To establish a rational index system to evaluate economic operation of distribution network, firstly the initial subjective index system is built by expert and three indices, namely the certainty indices, the uncertainty indices and the center index, are defined. Utilizing the improved fuzzy clustering, the uncertainty indices are classified, then by use of group grey relational grade the indices to be screened are determined, and applying evidence theory the expert confidence of indices to be screened is fused; finally, according to fusion result of evidence the closed-loop adjustment of indices to be screened is performed to eliminate redundant indices. The effectiveness and practicability of the proposed index system are verified by calculation example.

KEY WORDS: economic operation of distribution system; fuzzy clustering; group grey relational grade; evidences fusion

摘要: 为建立合理的配电网经济运行评价指标体系, 首先由专家建立初始主观评价指标体系, 定义了确定指标、不确定指标和中心指标, 利用改进模糊聚类方法对不确定指标进行分类, 然后利用群灰色关联度法确定待筛选指标, 并运用证据理论融合待筛选指标的专家可信度, 最后依据可信度融合结果对待筛选指标进行闭环调整, 消除冗余指标。算例结果验证了该评价指标体系的有效性。

关键词: 配电网经济运行; 模糊聚类法; 群灰色关联度法; 证据融合

0 引言

配电网经济运行是实现电力工业节能降损的重要保证, 并对电网规划与改造起着重要的指导作用。电力体制改革使人们日益关注电网运行的经济性评价^[1-2], 而评价指标体系的好坏将直接影响评价

结果的准确性和可信度^[3]。因此有必要建立科学合理的评价指标体系进行配电网经济运行评价。

目前国内外电网评价指标体系研究^[4-6]主要集中在电网可靠性^[7]、电力市场^[8]、电网规划^[9]等方向^[10], 而对配电网经济运行指标体系的研究还较少。文献[11]在主观确定配电网经济运行评价指标体系的情况下, 建立了基于关联规则和证据理论组合权重的配电网经济运行评价模型。文献[12]建立了专家层次评价指标体系, 重点分析了配电网综合评估方法。

本文将模糊聚类法与群灰色关联分析法引入配电网经济运行评价指标体系的建立过程, 以实现专家主观评价指标体系的修正, 利用证据理论融合待筛选指标的专家可信度并进行闭环调整, 以建立合理的配电网经济运行评价指标体系。

1 评价指标体系建立步骤

1.1 初始配电网经济运行评价指标体系的建立

目前电网评价指标研究多局限于电网运行的一方面或几个方面^[13-15], 缺乏对影响电网运行因素全面、系统的分析。为此, 本文在文献[11]的基础上, 考虑母线电压合格率等影响因素后, 建立了初始递阶层次型配电网经济运行评价指标体系, 如表 1 所示。

1.2 专家对评价指标的初步分类

本文将 2 级指标分为 2 类: 确定指标和不确定指标。确定指标为专家根据经验能够做出分类判断的指标, 该类指标已在表 1 中进行了分类, 其他为不确定指标, 未在表 1 中体现。同时专家可确定具有代表性意义的 2 级指标, 本文定义该类 2 级代表

表 1 初始配电网经济运行评价指标体系
Tab. 1 Initial evaluation index system of economic operation of distribution system

1 级指标	2 级指标
电压质量 X_1	线路最大电压降落 X_{11}
	母线电压合格率 X_{12} (中心指标)
电网损耗 X_2	线路理论损耗率 X_{21} (中心指标)
	线路统计损耗率 X_{22}
	配变理论损耗合格率 X_{23}
功率因数 X_3	线路功率因数 X_{31} (中心指标)
	配变功率因数 X_{32}
负荷 X_4	线路最佳负荷区域 X_{41} (中心指标)
	线路负荷率 X_{42}
	配变负荷合格率 X_{43} (中心指标)
配电网设备 X_5	线路导线截面合格率 X_{51} (中心指标)
	线路绝缘化率 X_{52}
	配变负载合格率 X_{53}
	高耗能变压器比率 X_{54}
	高耗能变压器容量比率 X_{55} (中心指标)
电网布局 X_6	线路供电半径 X_{61} (中心指标)
	配变位于负荷中心比例 X_{62}
	电容器投切方式 X_{63}
	运行方式 X_{64}
	线路容载比 X_{65} (中心指标)

性指标为中心指标,至此专家完成了对指标的初步分类。

1.3 利用改进模糊聚类法对不确定指标分类的过程

初始主观评价指标体系确定后,利用模糊聚类法对不确定指标进行分类,实现对专家主观评价指标体系的修正。本文引入无功优化分区中的分区数、中枢节点和待分区节点概念^[16]改进模糊聚类方法,分区数对应模糊聚类数,中枢节点对应聚类中心,待分区节点对应待分类指标。参考文献^[17],利用改进模糊聚类法对不确定指标进行分类的具体步骤如下:

1) 确定模糊聚类数、聚类中心及待分类指标。模糊聚类数即初始主观评价指标体系的 1 级指标个数,聚类中心即中心指标,待分类指标即不确定指标。 X 为 $m \times n$ 维的待分类指标原始数据矩阵, x_{jk} 为 X 中元素($j=1,2,\dots,m, k=1,2,\dots,n$), m 为待分类指标个数, n 为待分类指标的特征数量。 Y 为 $b \times n$ 维的中心指标原始数据矩阵, y_{ik} 为 Y 中元素($i=1,2,\dots,b, k=1,2,\dots,n$), b 为中心指标个数,其中中心指标的特征数量也为 n 。

2) 对指标数据进行标准化处理。

$$d_j(k) = \frac{x_{jk} - \bar{x}(k)}{\bar{s}(k)}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$d_i(k) = \frac{y_{ik} - \bar{y}(k)}{\bar{s}'(k)}, \quad i = 1, 2, \dots, b \quad (2)$$

式中: $d_j(k)$ 为将 x_{jk} 标准化处理后的数据; $\bar{x}(k) = \sum_{j=1}^m \frac{x_{jk}}{m}$; $\bar{s}(k) = \left\{ \sum_{j=1}^m \frac{[x_{jk} - \bar{x}(k)]^2}{m-1} \right\}^{1/2}$; $d_i(k)$ 为将 y_{ik}

标准化处理后的数据; $\bar{y}(k) = \sum_{i=1}^b \frac{y_{ik}}{b}$; $\bar{s}'(k) = \left\{ \sum_{i=1}^b \frac{[y_{ik} - \bar{y}(k)]^2}{b-1} \right\}^{1/2}$ 。

3) 建立指标的模糊相似度矩阵 r 。 r_{ji} 为 r 中元素,采用绝对值减数法求待分类指标 j 与中心指标 i 的相似度 r_{ji} 。

$$r_{ji} = 1 - c \sum_{k=1}^n |d_j(k) - d_i(k)| \quad (3)$$

式中 c 为常数,本文取 $c=0.1$ 。

4) 对待分类指标进行分类。本文根据无功优化分区思想,依据待分区节点与中枢节点的支持度进行分区,简化模糊聚类过程,即依据式(3)求得模糊相似度矩阵,确定与待分类指标模糊相似度最大的中心指标,并将该待分类指标归为该中心指标所属 1 级指标,完成对待分类指标的分类。

1.4 利用群灰色关联度法确定待筛选指标的过程

本文针对指标关联性问题,以 1 级指标为单元进行相关性处理,以确定待筛选指标,消除冗余指标。若中心指标个数大于 1,利用群灰色关联度法计算 2 级指标之间的关联度,确定 2 级指标中的待筛选指标;若中心指标个数为 1,则利用一般灰色关联度法确定待筛选指标。指标群灰色关联度计算步骤^[18]如下:

1) 构造参考指标群。本文将每个 1 级指标下的中心指标组成一个参考指标群。

中心指标参考矩阵为 Y , $y_i = [y_{i1}, \dots, y_{in}]$ 为中心指标 $i(1 \leq i \leq b)$ 参考向量。比较指标(每个 1 级指标下不包含中心指标的剩余指标)参考矩阵为 $X' =$

$$\begin{bmatrix} x'_{11} & \dots & x'_{1n} \\ x'_{21} & \dots & x'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_{N1} & \dots & x'_{Nn} \end{bmatrix}, \quad x'_j = [x'_{j1}, \dots, x'_{jn}] \text{ 为比较指标 } j$$

($1 \leq j \leq N$)的参考向量, N 为某 1 级指标下比较指标的个数,其中比较指标的特征数量也为 n 。

2) 求比较指标的关联系数和关联度。

x'_{jk} 与 y_{ik} 在第 k 个特征处的关联系数为

$$\xi_j^i(k) = \min |y_{ik} - x'_{jk}| + 0.5 \max |y_{ik} - x'_{jk}| / (|y_{ik} - x'_{jk}| + 0.5 \max |y_{ik} - x'_{jk}|), \quad 1 \leq k \leq n \quad (4)$$

比较指标 j 与中心指标 i 的关联度为

$$r_j^i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_j^i(k) \quad (5)$$

3) 求比较指标的群灰色关联度。

$$\tilde{r}_j = \frac{1}{b} [\sum_{w=1}^b (r_j^i)^p]^{1/p} \quad (6)$$

式中： \tilde{r}_j 为第 j 个指标与其对应的 1 级指标内所有中心指标的群灰色关联度； p 为系数，本文取 $p=2$ 。

4) 根据群灰色关联度确定待筛选指标。待筛选指标确定原则为：若 $\tilde{r}_j > \alpha$ ， α 为指标群灰色关联度阈值，则第 j 个指标为待筛选指标，否则不是。设灰色关联度阈值为 ε ，根据式(6)可得群灰色关联度的阈值为

$$\alpha = \frac{1}{b} [\sum_{w=1}^b (\varepsilon)^2] \frac{1}{2} = \varepsilon \sqrt{b} / b \quad (7)$$

1.5 利用证据理论融合待筛选指标的专家可信度

本文邀请 4 位专家给出待筛选指标的专家可信度，并利用证据理论融合待筛选指标的专家可信度，根据可信度融合结果进行筛选，消除冗余，具体证据融合方法参见文献[19]。

待筛选指标处理原则为：当可信概率最大时，说明专家认为该事件是可信的，则删除该待筛选指标；当不可信概率最大时，说明专家认为该事件是不可信的，则不能删除待筛选指标；当不明概率最大时，需转入闭环调整。

1.6 闭环调整

闭环调整原则为：若该待筛选指标为中心指标，则该指标最初由专家确定，返回 1.2 节，由专家重新给定中心指标，并按 1.3—1.6 节对原待筛选中心指标进行处理；否则返回 1.3 节，利用改进模糊聚类方法对该指标重新分类，并根据 1.3—1.6 节重新对该待筛选指标进行处理。

在闭环调整中可能出现 2 种情况：1) 该待筛选指标属于最初专家确定的确定指标，但证据融合结果表明专家并未真正了解该指标，因此该指标应属于不确定指标，应返回到 1.3 节利用模糊聚类法对该指标进行客观分类；2) 该待筛选指标属于最初的不确定指标，专家可信度融合结果表明该待筛选指标的不明概率最大，专家无法给出主观判断，因此该待筛选指标被重新定义为不确定指标，证据融合结果证明了最初判断的正确性，由于已对该待筛选指标进行了模糊分类和关联度计算，在中心指标不变时，仅依据调整前该指标的群灰色关联度判断其删除情况即可。

图 1 为配电网经济运行评价指标体系建立流程。

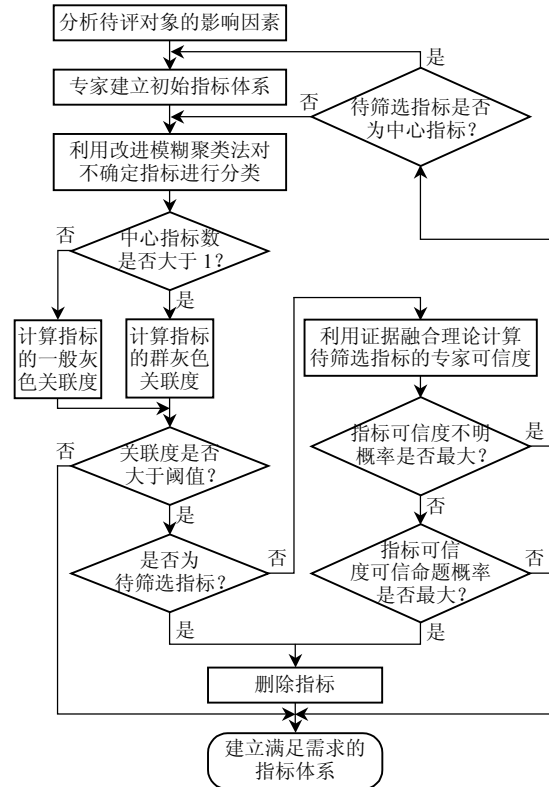


图 1 配电网经济运行评价指标体系建立流程
Fig. 1 Flow chart of establishment for evaluation index system of economic operation of distribution system

2 算例分析

本文以某电网运行数据为例得到各指标原始数据，灰色关联度阈值取 $\varepsilon=0.8$ ，中心指标个数 $b=2$ ，则按式(7)可得 $\alpha=0.5656$ 。

由表 1 可知，1 级指标个数为 6，因此模糊聚类数取 6。同时本文确定 2 个不确定指标为：带经济负荷配变占有所有配变比例(简称经济负荷配变占比)；导线与变压器匹配度。在 6 个 1 级指标下各选择 1 个具有代表性的中心指标计算模糊相似度，当存在多个中心指标时，选择标号较小的中心指标。

依据式(1)—(3)计算 2 个不确定指标与各中心指标及各中心指标间的模糊相似度，结果如表 2 所示。

由表 2 可知，经济负荷配变占比与中心指标 5

表 2 模糊相似度
Tab. 2 Fuzzy similarity

指标	与中心指标 i 的模糊相似度					
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$
中心指标 1	1.000 0	0.396 3	0.494 3	0.561 2	0.379 8	0.417 8
中心指标 2	0.396 3	1.000 0	0.243 3	0.456 9	0.343 2	0.550 3
中心指标 3	0.494 3	0.243 3	1.000 0	0.446 9	0.489 7	0.427 4
中心指标 4	0.561 2	0.456 9	0.446 9	1.000 0	0.607 3	0.503 6
中心指标 5	0.379 8	0.343 2	0.489 7	0.607 3	1.000 0	0.609 3
中心指标 6	0.417 8	0.550 3	0.427 4	0.503 6	0.609 3	1.000 0
不确定指标 1	0.408 3	0.460 9	0.397 1	0.430 8	0.594 6	0.468 4
不确定指标 2	0.443 9	0.591 1	0.436 8	0.594 7	0.546 3	0.608 2

的模糊相似度最大(0.594 6),应分属于配电网设备1级指标下,并按顺序编号为 X_{56} ;导线与变压器匹配度与中心指标6的模糊相似度最大(0.608 2),应分属于电网布局1级指标下,并按顺序编号为 X_{66} 。

采用群灰色关联度法分别计算各1级指标下2级指标的群灰色关联度,结果如表3所示。

表3 2级指标的群灰色关联度

Tab. 3 Group grey relational degree of level 2 indexes

指标序号	群灰色关联度	指标对应的关联度阈值	指标对应的中心指标
X_{11}	0.746 0	0.800 0	X_{12}
X_{22}	0.835 4	0.800 0	X_{21}
X_{23}	0.584 9	0.800 0	X_{21}
X_{32}	0.625 4	0.800 0	X_{31}
X_{42}	0.466 7	0.565 6	X_{41} 、 X_{43}
X_{52}	0.439 8	0.565 6	X_{51} 、 X_{55}
X_{53}	0.556 7	0.565 6	X_{51} 、 X_{55}
X_{54}	0.602 7	0.565 6	X_{51} 、 X_{55}
X_{56}	0.553 3	0.565 6	X_{51} 、 X_{55}
X_{62}	0.535 9	0.565 6	X_{61} 、 X_{65}
X_{63}	0.504 0	0.565 6	X_{61} 、 X_{65}
X_{64}	0.459 0	0.565 6	X_{61} 、 X_{65}
X_{66}	0.568 9	0.565 6	X_{61} 、 X_{65}

由表3可知,线路统计损耗率 X_{22} 、高耗能变压器比率 X_{54} 和导线与变压器匹配度 X_{66} 3个指标的关联度大于阈值,因此被确定为待筛选指标。

本文邀请4位专家分别给出待筛选指标 X_{22} 、 X_{54} 和 X_{66} 的可信度概率,如表4所示,利用证据理论融合4位专家的可信度,待筛选指标的专家可信度证据融合结果如表5所示。

表4 待筛选指标的专家可信度概率

Tab. 4 Expert reliability probabilities of indexes to be selected

专家	$X_{22}/X_{54}/X_{66}$ 的可信概率	$X_{22}/X_{54}/X_{66}$ 的不可信概率	$X_{22}/X_{54}/X_{66}$ 的不明概率
1	0.4/0.5/0.4	0.5/0.5/0.4	0.1/0/0.2
2	0.6/0.7/0.3	0.4/0.2/0.6	0/0.1/0.1
3	0.1/0.8/0.8	0.8/0.1/0.1	0.1/0.1/0.1
4	0.5/0.9/0.1	0.5/0/0	0/0.1/0.9

表5 待筛选指标的专家可信度证据融合结果

Tab. 5 Results of expert reliability probabilities based on evidence fusion

指标	可信概率	不可信概率	不明概率
X_{22}	0.354 7	0.644 7	0.000 6
X_{54}	0.730 0	0.250 7	0.019 4
X_{66}	0.333 8	0.103 5	0.562 7

由表5可知,线路统计损耗率 X_{22} 的不可信概率最大,因此依据待筛选指标处理原则,不能删除。同理,高耗能变压器比率 X_{54} 的可信概率最大,应删除该指标。导线与变压器匹配度 X_{66} 的不明概率最大,表明专家无法作出判断,因此需要对其进行

闭环调整。

经判断,导线与变压器匹配度 X_{66} 不属于中心指标,该指标属于最初的不确定指标,此处根据证据融合结果被重新定义为不确定指标,融合结果证明了最初判断的正确性。依据闭环调整原则,中心指标未发生改变,取调整前该指标的群灰色关联度为 $0.568 9 > \alpha = 0.565 6$,因此应删除 X_{66} 。

由以上分析可知,求得不确定指标的模糊相似度后,实现了对不确定指标的分类,在完成对主观指标体系修正的基础上,表2中各中心指标之间的模糊相似度较小,同时也验证了专家主观分类的合理性。通过表3中各指标的群灰色关联度可确定待筛选指标,同时其余各指标与中心指标的关联度较大证明了指标分层的清晰性。在闭环调整中,导线与变压器匹配度被重新定义为不确定指标,再次证明了最初判断的正确性。

3 结论

本文提出了配电网经济运行评价指标建立方法,本文方法能够合理处理配电网经济运行评价指标主观性强、存在冗余及分层不清的问题,该指标体系可为配电网经济运行评价提供参考,同时该方法也可为其他领域评价指标体系的建立提供借鉴。

参考文献

- [1] 汤亚芳,王建民,程浩忠,等.配电网经济性综合评估体系[J].电网技术,2007,31(2):127-130.
Tang Yafang, Wang Jianmin, Cheng Haozhong, et al. An integrated economic evaluation system of distribution power systems[J]. Power System Technology, 2007, 31(2): 127-130(in Chinese).
- [2] 肖峻,王成山,周敏.基于区间层次分析法的城市电网规划综合评判决策[J].中国电机工程学报,2004,24(4):50-57.
Xiao Jun, Wang Chengshan, Zhou Min. An Iahp-based MADM method in urban power system planning[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(4): 50-57(in Chinese).
- [3] 胡永宏,贺思辉.综合评价方法[M].北京:科学技术出版社,2000:1-5.
- [4] 耿俊豹,邱玮,孔祥纯,等.基于粗糙集和D-S证据理论的设备技术状态评估[J].系统工程与电子技术,2008,30(1):112-115.
Geng Junbao, Qiu Wei, Kong Xiangchun, et al. Technical condition evaluation for devices based on rough set theory and D-S evidence theory[J]. Systems Engineering and Electronic, 2008, 30(1): 112-115(in Chinese).
- [5] 沈珍瑶,杨志峰.灰关联分析方法用于指标体系的筛选[J].数学的实践与认识,2002,32(5):728-732.
Shen Zhenyao, Yang Zhifeng. Gray associate analysis method in screening of index system[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2002, 32(5): 728-732(in Chinese).
- [6] Wang J, Zhang J, Liu S Y. A new score function for fuzzy MCDM based on vague set theory[J]. International Journal of Computational

- Cognition, 2006, 4(6): 44-48.
- [7] 吴素农, 吴文传, 张伯明. 考虑传输容量约束的配电网可靠性快速评估[J]. 电网技术, 2009, 33(14): 21-25.
Wu Sunong, Wu Wenchuan, Zhang Boming. An efficient reliability evaluation method for distribution system with transmission capacity constraints[J]. Power System Technology, 2009, 33(14): 21-25(in Chinese).
- [8] 刘文茂, 吴建军, 杨昆. 电力市场中的市场力指标及表现形式[J]. 电网技术, 2007, 31(2): 211-214.
Liu Wenmao, Wu Jianjun, Yang Kun. Index system for evaluating the market power and its representation in electricity market[J]. Power System Technology, 2007, 31(2): 211-214(in Chinese).
- [9] 李欣然, 刘杨华, 朱湘有, 等. 高压配电网建设规模的评估指标体系及其应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(17): 18-24.
Li Xinran, LiuYanghua, Zhu Xiangyou, et al. Indices system and its application for evaluating planning scale of HV distribution network [J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(17): 18-24(in Chinese).
- [10] 唐会智, 彭建春. 基于模糊综合理论的电能质量综合量化指标研究[J]. 电网技术, 2003, 27(12): 85-88.
Tang Huizhi, Peng Jianchun. Research on synthetic and quantified appraisal index of power quality based on fuzzy theory[J]. Power System Technology, 2003, 27(12): 85-88(in Chinese).
- [11] 卢志刚, 韩艳玲, 常磊. 基于组合权重的配电网运行经济性评价[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(18): 1-5.
Lu Zhigang, Han Yanling, Chang Lei. The economic evaluation of the distribution system operation based on the combination weighing [J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(18): 1-5(in Chinese).
- [12] 曹阳, 孟晗辉, 赵力, 等. 基于层次分析法的新农村低压配电网综合评估方法[J]. 电网技术, 2007, 31(8): 68-72.
Cao Yang, Meng Hanhui, Zhao Li, et al. A comprehensive evaluation method of new rural low-voltage distribution networks based on analytic hierarchy process[J]. Power System Technology, 2007, 31(8): 68-72(in Chinese).
- [13] 李惠玲, 盛万兴, 孟晓丽. 基于改进小生境遗传算法的配电网全网无功优化[J]. 电网技术, 2009, 33(4): 34-37.
Li Huiling, Sheng Wanxing, Meng Xiaoli. General reactive power optimization of whole distribution network based on improved niche genetic algorithm[J]. Power System Technology, 2009, 33(4): 34-37(in Chinese).
- [14] 卢志刚, 李爽, 韩艳玲, 等. 配电网技术经济运行区域的研究及应用[J]. 高电压技术, 2007, 33(6): 156-159.
Lu Zhigang, Li Shuang, Han Yanling, et al. Study on technical economic operation area of the distribution network[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(6): 156-159(in Chinese).
- [15] 陈根军, 唐国庆. 基于禁忌搜索与蚁群最优结合算法的配电网规划[J]. 电网技术, 2005, 29(2): 23-27.
Chen Genjun, Tang Guoging. Tabu search-ant colony optimization hybrid algorithm based distribution network planning[J]. Power System Technology, 2005, 29(2): 23-27(in Chinese).
- [16] 王耀瑜, 张伯明, 孙宏斌, 等. 一种基于专家知识的电力系统电压/无功分级分布式优化控制分区方法[J]. 中国电机工程学报, 1998, 18(3): 221-224.
Wang Yaoyu, Zhang Boming, Sun Hongbin, et al. An expert knowledge based subarea division method for hierarchical and distributed electric power system voltage/VAR optimization and control[J]. Proceedings of the CSEE, 1998, 18(3): 221-224(in Chinese).
- [17] 刘杨华, 李欣然, 朱湘有, 等. 灰色模糊聚类法用于配电网建设规模评估中的地区分类[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(13): 79-84.
Liu Yanghua, Li Xinran, Zhu Xiangyou, et al. Gra-fuzzy clustering applied to district classification in size evaluation of the distribution network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(13): 79-84(in Chinese).
- [18] 董立新, 顾幸生. 基于群灰色关联分析的化工设备故障诊断[J]. 控制与决策, 2009, 24(6): 953-956.
Dong Lixin, Gu Xingsheng. Fault diagnosis based on group grey relational analysis method for chemical equipment[J]. Control and Decision, 2009, 24(6): 953-956(in Chinese).
- [19] 张多林, 潘泉, 张洪才, 等. 一种基于信息源可信度的证据组合新方法[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(7): 1210-1213.
Zhang Duolin, Pan Quan, Zhang Hongcai, et al. Combination rule of evidence theory based on credibility of sensor[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(7): 1210-1213(in Chinese).



卢志刚

收稿日期: 2010-10-27.

作者简介:

卢志刚(1963), 男, 博士, 博士生导师, 主要从事电力系统经济运行与分析的研究, E-mail: luzhigang311@126.com;

马丽叶(1980), 女, 博士研究生, 研究方向为电网经济运行和评价。

(编辑 徐梅)