

Method for Evaluating State of Distribution Transformer Based on Fuzzy Theory

Bo Jin, Lei Lu

State Grid Hubei Power Transmission and Distribution Engineering Co. Ltd., Wuhan Hubei
Email: 1535297936@qq.com

Received: Aug. 30th, 2019; accepted: Sep. 18th, 2019; published: Sep. 25th, 2019

Abstract

With the continuous development of the economy and society, the demand for electricity in all aspects of society is gradually expanding, which requires the power system to be more secure and reliable. In this paper, the related theoretical knowledge related to the state evaluation of distribution transformers is deeply studied. The fuzzy comprehensive evaluation method is introduced, and the general algorithm and improved algorithm for determining the weight coefficients are analyzed. The weight coefficients of the two algorithms are calculated by an example. It is concluded that the calculation of the state quantity weight coefficient in the distribution transformer state evaluation should be improved based on the rough set theory based weight coefficient determination method.

Keywords

Distribution Transformer, Condition Evaluation, Fuzzy Comprehensive Evaluation

配电变压器状态评价权重系数改进方法的研究

金博, 陆磊

国家电网湖北送变电工程有限公司, 湖北 武汉
Email: 1535297936@qq.com

收稿日期: 2019年8月30日; 录用日期: 2019年9月18日; 发布日期: 2019年9月25日

摘要

随着经济社会的不断发展, 社会各方面对于电力的需求逐渐扩大, 这就要求电力系统需要更加的安全可靠。本文对配电变压器状态评价所涉及到的相关理论知识进行了进一步的研究, 引入了模糊综合评判方法, 分析了确定权重系数的一般算法和改进算法。通过实例计算了两种算法下的权重系数, 得出在配电变压器状态评价中计算状态量权重系数应采用改进的基于粗糙集理论的权重系数确定方法。

关键词

配电变压器, 状态评价, 模糊综合评价

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

配电变压器的状态评价是及时准确的掌握配电变压器的工作状态, 对部件及整体进行健康状态的评价, 是状态检修的核心。其旨在加强对配电变压器状态的检测和监视, 提升配电变压器的运行可靠性, 从而提升电网安全运行水平[1]。

本文将对配电变压器状态评价所涉及到的相关理论知识进行研究, 主要包括模糊理论、模糊综合评判的具体评价方法及步骤, 粗糙集的基本理论、方法以及粗糙集方法的改进等。

2. 模糊综合评判方法

模糊综合评判分析方法就是把待考察的模糊对象以及反映模糊对象的模糊概念作为一定的模糊集合, 建立适当的隶属函数, 并通过模糊集合论的有关运算和变换, 对模糊对象进行定量分析。综合评判是对多种因素所影响的事物或现象做出总的评价, 模糊数学是用数学的方法研究和处理客观存在的模糊现象, 模糊综合评判就是借助模糊数学对多种因素所影响的事物或现象做出总的评价[1][2][3][4]。

2.1. 模糊集合的基本概念

模糊集合理论是为解决复杂系统的不确定性而提出的工具。模糊集合的定义是: 论域 X 上的一个模糊集合 A 是指: 对于论域 X 中的任一个元素 $x \in X$, 都指定了闭区间 $[0,1]$ 中的一个数 $\mu_A(x) \in [0,1]$ 与之对应, $\mu_A(x)$ 就是 x 对 X 的隶属度。这意味着定义了一个映射 $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, 这个映射称为模糊集合的隶属函数。隶属函数的定义是: 用于描述模糊集合, 并在闭区间 $[0,1]$ 上可以连续取值的特征函数。

隶属函数用 $\mu_A(x)$ 表示, 其中 A 表示模糊集合, 而 x 是 A 的元素。隶属函数满足: $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ 。模糊理论的基本概念就是隶属函数。在表示普通集合时, 使用特征函数来表示其边界; 而特征函数只能取离散值 0 和 1, 模糊集合则用隶属函数来表示边界, 隶属函数则可以取 0 至 1 之间的连续值。一个元素的隶属函数值为 0, 说明该元素不属于该集模糊集合; 隶属函数值为 1, 说明该元素完全属于该模糊集合; 隶属函数值介于 0 至 1 之间, 则说明元素属于该模糊集合的程度。

2.2. 模糊综合评判的步骤

模糊综合评判是在考虑多种因素的影响下, 运用模糊数学工具对事物做出综合评价。模糊综合评判的数学模型通常采用多级评判模型。一个二级评判的模型如式 1.1 所示。

$$B = W \circ R = W \circ \begin{bmatrix} W_1 \circ R_1 \\ W_2 \circ R_2 \\ \vdots \\ W_n \circ R_n \end{bmatrix} = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

式中 \circ 为广义的模糊算子。对于因素集 U 上的权重模糊向量 $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)$, 通过 R 矩阵变换为评判集 V 上的模糊集 $B=W \circ R$, 于是 (U, V, R) 构成一个综合评价模型, 它类似如图1所示的转换器, 若输入一个权重分配 $W \in F(U)$, 则输出一个综合评价 $B=W \circ R \in F(V)$ 。

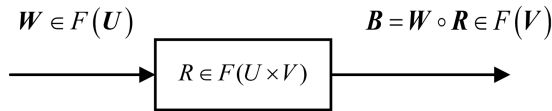


Figure 1. Fuzzy converter
图1. 模糊转换器

下面给出模糊综合评判的具体步骤。

1) 确定被评价的对象 X 。这里表示为需要评价的配电网某变压器。

2) 建立因素集 U , 也就是评价指标体系。

设被评价对象 X 有 n 个影响因素, 分别为 u_1, u_2, \dots, u_n , 则因素集 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 因素集对应的因素向量则为 $U=(u_1, u_2, \dots, u_n)$ 。配电变压器的结构较复杂, 使用多级的模糊综合评判模型, 将各状态量分成属性层和因素层。

3) 建立表示评价结果等级的评价集 V 。

设 v_i 为评价等级, 等级数为 m , 则评价集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。本文将配电变压器的运行状态和状态量的情况分为四种, 分别为“正常”、“注意”、“异常”和“严重”。状态量最严重的状态即为“严重”, 以下依次分等级。因此评价集

$$V=(v_1, v_2, v_3, v_4)=(\text{正常}, \text{注意}, \text{异常}, \text{严重}) \tag{1.2}$$

4) 确定权重系数集 W

权重集是指某因素对被评价对象的重要程度(即权重), 设 u_1, u_2, \dots, u_n 的权重分别为 w_1, w_2, \dots, w_n , 且满足如下关系式

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \tag{1.3}$$

3. 基于粗糙集理论的权重系数确定方法的研究

本节将探讨对评价指标权重系数确定方法的研究现状, 提出结合层次分析法和粗糙集理论方法作为配电变压器状态量权重系数的确定方法, 给出确定权重系数的一般算法, 再结合权重系数的现实意义对权重系数的一般算法进行改进。

3.1. 状态量权重系数的确定方法分类

根据确定权重系数时原始数据来源以及计算过程的不同, 将评价指标权重系数的确定方法分为主观赋权法和客观赋权法。

本文选择层次分析法确定评价指标体系的属性层各部分对目标层的权重系数, 虽具有一定主观性, 但符合现阶段配网设备的相关要求。选用粗糙集理论确定各因素层的状态量权重系数。粗糙集理论既考虑了评价指标的历史数据, 又可以通过工程实际和专家意见判定历史数据中的评价结果, 能将主观赋权法和客观赋权法进行结合, 反映了主客观两个方面, 因此可以实现合理准确的确定评价指标权重系数。

3.2. 基于粗糙集理论权重系数的确定方法

权重系数指的是评价指标(条件属性)在整体评价中的相对重要程度。基于粗糙集理论确定权重系数就

是将权重系数确定问题转化为粗糙集理论中属性重要性的评价问题。因此, 确定权重系数的思路[5] [6] 大体是从决策表中去掉一种属性, 观察分析在去掉该属性后决策表中分类规则的变化情况。如果去掉该属性后分类规则变化较大, 则说明该属性对分类的影响强度大, 即重要性高, 权重系数大; 反之, 则说明该属性的影响强度小, 相对于其他属性而言重要性低, 权重系数小。

3.2.1. 粗糙集理论确定权重系数的一般算法

结合粗糙集理论的基本概念和确定权重系数的基本思路, 说明确定权重系数的一般算法[7] [8] [9] [10]为

1) 决策表的建立

论域中的数据集合通过决策表来描述, 即是在对数据进行离散化后制成二维知识表达系统。其中条件属性为 $\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$, 条件属性集为 C , 决定属性为 $\{D_1, D_2, \dots, D_k\}$, 决定属性集为 D ;

2) 依赖度的计算

计算决策属性 D 对条件属性 C 的依赖度为

$$\gamma_C(D) = \frac{|pos_C(D)|}{|U|} \quad (2.1)$$

对每个条件属性 C_i , 计算决策属性 D 对条件属性 $C - C_i$ 的依赖度为

$$\gamma_{C-C_i}(D) = \frac{|pos_{C-C_i}(D)|}{|U|} \quad (2.2)$$

3) 重要度的计算

根据依赖度得出第 i 个条件属性关于 D 的重要度

$$sig(C_i) = \gamma_C(D) - \gamma_{C-C_i}(D) \quad (2.3)$$

若条件属性 C_i 的重要度越大, 则说明去掉条件属性 C_i 后相应的分类变化较大, 该属性的强度较大, 否则, 该属性的强度较小。

4) 权重系数的计算

通过对重要度的计算, 可得出每个条件属性的权重系数

$$W(C_i) = \frac{sig(C_i)}{\sum_{i=1}^m sig(C_i)} \quad (2.4)$$

权重系数的实质是将重要度进行归一化, 因此将每个条件属性的权重系数相加, 其结果应为 1。权重系数的大小即是反映条件属性的相对重要程度, 某个条件属性的权重系数越大, 则该条件属性重要程度越大, 对论域整体的影响也越大。

3.2.2. 改进后的权重系数的确定算法

用以上确定权重系数的一般算法计算得到的权重系数容易为 0。而条件属性的权重系数应该是客观存在的, 即使影响的程度很小其权重系数也应该为较小的数值。特别是对实际情况中存在具体意义的条件属性, 其重要性必定存在。因此对以上方法进行一定的改进[11] [12] [13] [14], 引入了条件熵的概念, 使每个条件属性的权重系数数值都不为 0。改进后的权重系数确定算法如下。

1) 条件熵的计算

在决策表 $DT = (U, A, V, f)$ 中, $A = C \cup D$, $C \cap D = \emptyset$, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ 为条件属性集,

$D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ 为决策属性集, 则 D 相对于 C 的条件熵

$$I(D|C) = \sum_{i=1}^m \frac{|C_i|^2}{|U|^2} \sum_{j=1}^m \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \left(1 - \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \right) \quad (2.5)$$

条件熵 $I(D|C_i)$ 说明了系统中条件属性 C_i 自身的重要程度。

2) 改进后重要度的计算

在决策表 $DT = (U, A, V, f)$ 中, $\forall C_i \in C, a \in C$, 则条件属性 C_i 的重要度

$$sig(C_i) = I(D|(C - C_i)) - I(D|C) + \frac{\sum_{a \in C} |a(x)| - \sum_{a \in (C - C_i)} |a(x)|}{\sum_{a \in C} |a(x)|} \quad (2.6)$$

其中, $a(x) = U \setminus \{a\}$ 。

重要度 $sig(C_i)$ 说明了条件属性 C_i 在整个条件属性中的重要程度。

3) 改进后的权重系数的计算

在决策表 $DT = (U, A, V, f)$ 中, $\forall C_i \in C$, 则条件属性 C_i 的权重系数

$$W(C_i) = \frac{sig(C_i) + I(D|\{C_i\})}{\sum_{a \in C} \{sig(a) + I(D|\{a\})\}} \quad (2.7)$$

根据文献[15]的证明, 上述条件属性重要度具有单调上升的性质, 条件属性 C_i 的权重系数 $W(C_i)$ 始终是大于 0 的, 因此保证了权重系数能真实反映条件属性的现实意义。

4. 实例分析

表 1 是一个判断是否发生变压器油绝缘故障的决策表。通过对受潮、油温、渗漏油及故障情况的 6 组记录, 利用确定权重系数的一般算法和改进算法分别确定受潮、油温、渗漏油的权重系数, 并分析三者对发烧情况的影响作用。

Table 1. Oil insulation fault diagnosis decision table
表 1. 油绝缘故障诊断决策表

论域 U	条件属性 C			决策属性 d
	受潮(C_1)	油温(C_2)	渗漏油(C_3)	
1	是	正常	正常	否
2	是	正常	少量	是
3	是	正常	大量	是
4	否	正常	正常	否
5	否	高	少量	否
6	否	正常	大量	是

4.1. 决策表的知识分类

决策表的论域 $U = \{1, 2, \dots, 6\}$, 条件属性集为 $C = \{C_1, C_2, C_3\}$, 决策属性集为 $D = \{d\}$, 其中, 决策属性 d 为油绝缘故障。

论域 U 对受潮 C_1 、油温 C_2 、渗漏油 C_3 进行分类

$$U / IND(C_1) = \{\{1, 2, 3\}, \{4, 5, 6\}\}$$

$$U / IND(C_2) = \{\{1, 2, 3, 4, 6\}, \{5\}\}$$

$$U / IND(C_3) = \{\{1, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 6\}\}$$

则论域 U 对所有条件属性 C 的分类为

$$U / IND(C) = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}, \{6\}\}$$

论域 U 对决策属性 D 的分类为

$$U / IND(D) = \{\{1, 4, 5\}, \{2, 3, 6\}\}$$

由此可以得出决策属性 D 的条件属性 C -正域为

$$pos_C(D) = \{1\} \cup \{2\} \cup \dots \cup \{6\} = \{1, 2, \dots, 6\} = U$$

4.2. 基于一般算法确定权重系数

决策属性 D 的条件属性 C 正域为 $pos_C(D) = \{1\} \cup \{2\} \cup \dots \cup \{6\} = \{1, 2, \dots, 6\} = U$, 依次去除条件属性, 论域对条件属性 $C-C_i$ 的分类分别为

$$U / IND(C - C_1) = \{\{1, 4\}, \{2\}, \{3, 6\}, \{5\}\}$$

$$U / IND(C - C_2) = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}, \{6\}\}$$

$$U / IND(C - C_3) = \{\{1, 2, 3\}, \{4, 6\}, \{5\}\}$$

由式(2.1)计算决策属性 D 和条件属性 C 之间的依赖度为

$$\gamma_C(D) = \frac{|pos_C(D)|}{|U|} = \frac{|U|}{|U|} = \frac{6}{6} = 1$$

决策属性 D 对条件属性 $C-C_i$ 的正域

$$pos_{C-C_1}(D) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} = U$$

$$pos_{C-C_2}(D) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} = U$$

$$pos_{C-C_3}(D) = \{5\}$$

由式(2.2), 计算决策属性 D 对条件属性 $C-C_i$ 的依赖度为

$$\gamma_{C-C_1}(D) = \frac{|pos_{C-C_1}(D)|}{|U|} = \frac{|U|}{|U|} = 1$$

$$\gamma_{C-C_2}(D) = \frac{|pos_{C-C_2}(D)|}{|U|} = \frac{|U|}{|U|} = 1$$

$$\gamma_{C-C_3}(\mathbf{D}) = \frac{|pos_{C-C_3}(\mathbf{D})|}{|\mathbf{U}|} = \frac{1}{6}$$

则由式(2.3), 分别计算出每个条件属性 C_i 关于 \mathbf{D} 的重要度为

$$sig(C_1) = \gamma_C(\mathbf{D}) - \gamma_{C-C_1}(\mathbf{D}) = 0$$

$$sig(C_2) = \gamma_C(\mathbf{D}) - \gamma_{C-C_2}(\mathbf{D}) = 0$$

$$sig(C_3) = \gamma_C(\mathbf{D}) - \gamma_{C-C_3}(\mathbf{D}) = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$$

则由式(2.4), 得到各条件属性 C_i 的权重系数

$$W(C_1) = \frac{sig(C_1)}{sig(C_1) + sig(C_2) + sig(C_3)} = 0$$

$$W(C_2) = \frac{sig(C_2)}{sig(C_1) + sig(C_2) + sig(C_3)} = 0$$

$$W(C_3) = \frac{sig(C_3)}{sig(C_1) + sig(C_2) + sig(C_3)} = 1$$

即受潮的权重系数为 0, 油温的权重系数为 0, 渗漏油的权重系数为 1。

4.3. 基于改进算法确定权重系数

由式(2.5)可得到 \mathbf{D} 相对于 \mathbf{C} 的条件熵为

$$\begin{aligned} I(\mathbf{D}|\mathbf{C}) &= \sum_{i=1}^m \frac{|C_i|^2}{|\mathbf{U}|^2} \sum_{j=1}^m \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \left(1 - \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \right) \\ &= \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) + \frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) \right] + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) + \frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) \right] \\ &\quad + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) + \frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) \right] + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) + \frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) \right] \\ &\quad + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) + \frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) \right] + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{0}{1} \left(1 - \frac{0}{1}\right) + \frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{1}\right) \right] \\ &= 0 \end{aligned}$$

对条件属性 C_1 , 由 $\mathbf{U} / IND(C_1) = \{\{1, 2, 3\}, \{4, 5, 6\}\}$ 得到 \mathbf{D} 对 C_1 的条件熵为

$$\begin{aligned} I(\mathbf{D}|\{C_1\}) &= \sum_{i=1}^m \frac{|C_i|^2}{|\mathbf{U}|^2} \sum_{j=1}^m \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \left(1 - \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \right) \\ &= \left(\frac{3}{6}\right)^2 \left[\frac{1}{3} \left(1 - \frac{1}{3}\right) + \frac{2}{3} \left(1 - \frac{2}{3}\right) \right] + \left(\frac{3}{6}\right)^2 \left[\frac{2}{3} \left(1 - \frac{2}{3}\right) + \frac{1}{3} \left(1 - \frac{1}{3}\right) \right] \\ &= \frac{2}{9} \end{aligned}$$

去掉条件属性 C_1 后, 由于 $\mathbf{U} / IND(\mathbf{C} - C_1) = \{\{1, 4\}, \{2\}, \{3, 6\}, \{5\}\}$ 得到

$$\begin{aligned}
I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_1\}\}) &= \sum_{i=1}^m \frac{|C_i|^2}{|\mathbf{U}|^2} \sum_{j=1}^m \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|} \left(1 - \frac{|D_j \cap C_i|}{|C_i|}\right) \\
&= \left(\frac{2}{6}\right)^2 \left[\frac{2}{2}\left(1-\frac{2}{2}\right) + \frac{0}{2}\left(1-\frac{0}{2}\right)\right] + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{0}{1}\left(1-\frac{0}{1}\right) + \frac{1}{1}\left(1-\frac{1}{1}\right)\right] \\
&\quad + \left(\frac{2}{6}\right)^2 \left[\frac{0}{2}\left(1-\frac{0}{2}\right) + \frac{2}{2}\left(1-\frac{2}{2}\right)\right] + \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left[\frac{1}{1}\left(1-\frac{1}{1}\right) + \frac{0}{1}\left(1-\frac{0}{1}\right)\right] \\
&= 0
\end{aligned}$$

同理, 可计算得到 \mathbf{D} 对条件属性 C_2 和 C_3 的条件熵分别为

$$I(\mathbf{D}|\{C_2\}) = \frac{1}{3}$$

$$I(\mathbf{D}|\{C_3\}) = \frac{1}{18}$$

去掉条件属性 C_2 和 C_3 时, 有

$$I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_2\}\}) = 0$$

$$I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_3\}\}) = \frac{1}{6}$$

同时, $\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)| = 18$, $\sum_{a \in (\mathbf{C}-\{C_i\})} |a(x)| = 12$, 可得到

$$\frac{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)| - \sum_{a \in (\mathbf{C}-\{C_i\})} |a(x)|}{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)|} = \frac{1}{3}$$

因此由式(2.6)计算, 可得到条件属性 C_1 、 C_2 、 C_3 的重要度分别为

$$sig(C_1) = I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_1\}\}) - I(\mathbf{D}|\mathbf{C}) + \frac{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)| - \sum_{a \in (\mathbf{C}-\{C_1\})} |a(x)|}{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)|} = \frac{1}{3}$$

$$sig(C_2) = I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_2\}\}) - I(\mathbf{D}|\mathbf{C}) + \frac{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)| - \sum_{a \in (\mathbf{C}-\{C_2\})} |a(x)|}{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)|} = \frac{1}{3}$$

$$sig(C_3) = I(\mathbf{D}|\{\mathbf{C}-\{C_3\}\}) - I(\mathbf{D}|\mathbf{C}) + \frac{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)| - \sum_{a \in (\mathbf{C}-\{C_3\})} |a(x)|}{\sum_{a \in \mathbf{C}} |a(x)|} = \frac{1}{2}$$

由式(2.7)可得到条件属性 C_1 、 C_2 、 C_3 的权重系数分别为

$$W(C_1) = \frac{sig(C_1) + I(\mathbf{D}|\{C_1\})}{\sum_{a \in \mathbf{C}} \{sig(a) + I(\mathbf{D}|\{a\})\}} = \frac{5}{16} = 0.3125$$

$$W(C_2) = \frac{\text{sig}(C_2) + I(D|\{C_2\})}{\sum_{a \in C} \{\text{sig}(a) + I(D|\{a\})\}} = \frac{3}{8} = 0.375$$

$$W(C_3) = \frac{\text{sig}(C_3) + I(D|\{C_3\})}{\sum_{a \in C} \{\text{sig}(a) + I(D|\{a\})\}} = \frac{5}{16} = 0.3125$$

即受潮的权重系数为 0.3125, 油温的权重系数为 0.375, 渗漏油的权重系数为 0.3125。

4.4. 对比分析

采用一般算法确定权重系数时, 受潮和油温的权重系数为 0, 渗漏油的权重系数为 1。表明去掉受潮和油温对整个决策表不会产生影响, 可以进行约简, 而渗漏油对是否的发生油绝缘故障起决定性作用。观察决策表可看出, 当渗漏油为“少量”时, 决策属性中既有“是”, 也有“否”, 因此单凭渗漏油这一条件属性并不能准确决策出是否发生油绝缘故障, 受潮和油温也会对是否发生油绝缘故障产生影响。因此使用一般算法确定权重系数会产生较大的误差, 与实际不符。

采用改进算法确定权重系数得到三个条件属性受潮、油温和渗漏油的权重系数均不为 0, 说明三者都是必要不可去除的, 对判定是否发生油绝缘故障都有影响, 这与实际情况相符。因此用改进后的权重系数确定方法可以避免权重系数为 0 的情况, 避免重要属性被去掉, 保证了每个条件属性在决策中都有意义。

综合以上分析, 可以得到采用改进后的权重系数的确定算法更能说明实际问题, 更具有客观现实意义。

5. 总结

本文通过研究分析配电变压器状态评价所涉及到的相关理论知识, 引入了模糊综合评判方法, 并对评价方法的过程进行了详细的介绍, 通过比较评价指标权重系数确定方法的优缺点, 提出了确定权重系数的一般方法和改进方法, 通过实例的分析和计算, 得出在配电变压器状态评价中计算状态量权重系数应采用改进的基于粗糙集理论的权重系数确定方法。

参考文献

- [1] 叶珍. 基于 AHP 的模糊综合评价方法研究及应用[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [2] 冯谦. 基于 AHP-模糊综合评定模型在商业房地产评估中的运用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆理工大学, 2019.
- [3] 曹杨敏. 用于药企环境管理绩效评价的 AHP-模糊综合评价法模型构建与应用研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学, 2019.
- [4] 张娟. 基于 AHP-模糊综合评价法的儿童安全座椅舒适性评价研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学, 2018.
- [5] 胡娱欧. 基于改进的模糊层次分析法的输电网规划综合评价研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2016.
- [6] 刘杨. 基于 SG-MA-ISPA 模型的区域可持续发展评价研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [7] 卢文达. 基于模糊层次分析法的状态评估系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2016.
- [8] Zhang, Y., Wang, S. and Han, X. (2013) Research on Decision-Making Process of Condition-Based Maintenance. *International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, Chengdu, 15-18 July 2013, 1437-1440. <https://doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625840>
- [9] 程瑞. 一种基于粗糙集和 VPRS 的第四方物流多因素评价方法[J]. 中国物流与采购, 2019(6): 43-44.

-
- [10] 王长忠, 陈德刚. 基于粗糙集的知识获取理论与方法[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版, 2010: 18.
- [11] 魏玲, 张琬林, 李阳. 基于模糊包含度的贝叶斯粗糙集模型[J]. 统计与决策, 2019, 35(2): 34-38.
- [12] 鲍新中, 刘澄. 一种基于粗糙集的权重确定方法[J]. 管理学报, 2009, 6(6): 729-732.
- [13] Maity, A., Zaremy, D., McMullen, D., *et al.* (2011) Automated Scheduling Using Condition Based Maintenance. *IEEE Conference on Prognostics and Health Management*, Montreal, 20-23 June 2011, 7-11.
<https://doi.org/10.1109/ICPHM.2011.6024331>
- [14] 黄肖为, 吴健儿, 赵明姿, 等. 基于改进模糊层次分析法的电缆绝缘寿命评估模型[J]. 电气自动化, 2019, 41(4): 107-110.
- [15] 苗夺谦, 李道国. 粗糙集理论、算法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 25-30.