

光纤保护通道的可靠性综合评价研究

石征, 侯思祖

(华北电力大学电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 可靠性综合评价对研究光纤保护通道有着重要作用。阐述了可靠性综合评价方法, 简要描述了其基本步骤。介绍了层次分析法和模糊层次分析法的基本原理。并以某省电力光纤保护通道的2006到2007年度数据为实例, 引用模糊层次分析法, 建立指标模型, 用Matlab软件编写仿真程序, 计算指标权重, 按层次进行排序, 得到可靠性的综合评价结果。由综合评价结果可以看出可靠性指数的综合增长情况, 并可具体看出各个指标的变动情况, 从而为采取相应措施加以改善提供依据。

关键词: 光纤保护通道; 可靠性综合评价; 模糊层次分析法; 指标模型; 权重

Reliability comprehensive evaluation for optical fiber protection channel

SHI Zheng, HOU Si-zu

(Department of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Reliability comprehensive evaluation is very important for optical fiber protection channel. This paper describes the method of reliability comprehensive evaluation and the basic steps of evaluation method in brief. It also introduces the basic principle of analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy analytic hierarchy process. Then taking annual data from 2006 to 2007 in one province on electric power optical fiber protection channel as an example, the paper uses fuzzy analytic hierarchy process to make index model, design MATLAB program simulation and calculate the index weight, then sort them according to the level of model to obtain the result of reliability comprehensive evaluation. On the basis of the reliability comprehensive evaluation, the comprehensive growing situation of reliability index and the variation condition of each index can be seen clearly. So it could provide some useful evidence for some improving measures.

Key words: optical fiber protection channel; reliability comprehensive evaluation; fuzzy analytic hierarchy process; index model; weight

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)11-0091-04

0 引言

光纤保护通道由于具有不怕超高压与雷电电磁干扰、绝缘性能好、损耗低、传输容量大等优点, 已成为继电保护信号传输的首选方式, 且具有良好的发展前景。因此, 对光纤保护通道可靠性的研究, 不仅是进行光纤保护通道评估与建设的基础, 而且对整个电力系统的安全运行有非常重要的现实意义^[1,2]。

1 可靠性综合评价

在确定了指标和模型的基础上, 通信网可靠性综合评价的基本步骤如下:

1) 基础数据的收集和整理

事先根据综合指标的各个指标记录指标数值, 拿到数值之后根据各个层次进行分类, 整理后的数据就可以进入下一个步骤。

2) 指标的指数化

指数化就是对其进行无量纲化处理, 取其相对值。这里采用固定基年的方法对各指标进行指数化(统计上称为定基指数)。采用这种方法的优越之处在于, 各个指标在基年的指数都为1, 从而在基年的可靠性综合指数也为1, 不同年份的计算结果将直接展现各网络的可靠性增长趋势。考虑到各指标的属性不同, 有的为正, 有的为负。对于正指标而言, 其指标值越大越好; 对于负指标而言, 其指标值越小越好, 这就要求对正指标和负指标分别进行不同的指数化运算。设 b_0 是某一指标比较基年的指标值, b_1 是与 b_0 相应的任一年份的指标值, A_1 表示 b_1 的指数, 则其指数化计算方法如下: 对于正指数: $A_1 = b_1 / b_0$; 对于负指数: $A_1 = b_0 / b_1$ 。

3) 指标权重的确定

指标权重的确定是评价过程中的核心工作。各

指标的权重表明了该指标对于可靠性综合指数的相对重要程度。权重的确定有各种不同的方法，如直接给出法、层次分析法、比较矩阵法等。

经过以上步骤就可以计算出可靠性的综合指标，然后对可靠性指数进行综合分析。可靠性综合指数的变动分析，包括指数的趋势变动分析和构成指数的各单一指标的变动分析，可以帮助了解可靠性的增长情况及其变动规律，对影响可靠性的因素加以改进。

2 算法在可靠性指标评价中的应用

2.1 层次分析法的基本原理

层次分析法本质上是一种决策思维方式，它把复杂的问题分解为各组成因素，将这些因素按支配关系分组以形成有序的递阶层次结构。通过对客观现实的主观判断，就每一层次的相对重要性给予定量表示；最后用数学方法确定每一层次中全部因素相对重要性层次，从而为科学决策提供依据。在各层次的排序计算中，每一层次的因素相对上一层次某因素的单排序又可简化成一序列成对因素的主观判断比较，为将这种比较定量化，引入“1-9 比率标度”的方法，见表 1。

表 1 1-9 比率标度法

Tab.1 1-9 ratio scale method

标度	含义(两因素相比的判断)
1	两因素同等重要
3	一个因素比另一因素稍微重要
5	一个因素比另一因素重要
7	一个因素比另一因素明显重要
9	一个因素比另一因素极其重要
2 4 6 8	介于上述相邻两种情况之间
以上各数的倒数	两元素反过来比较

用“1-9 比率标度”方法得到的结果，写成矩阵形式，构成所谓的判断矩阵。通过计算判断矩阵的最大特征值及其对应的特征向量，计算出某层次因素相对于上一层次中某一因素的相对重要性权值，称为层次单排序；再用上一层次各因素分别作为下一层次各因素间相互比较的判断准则，得到下一层次对上一层次各因素相对重要性权值；然后用上一层次因素的组合权值加权，即得到下一层次因素相对整个上一层次的因素组合权值，称为层次总排序。按此方法由结构底层逐层向上计算，即可得出最低层因素相对于最高层次的重要性权值和按优劣次序的排序值^[4]。

2.2 模糊层次分析法的基本原理

在对网络可靠性评价时，由于要对众多的可靠性指标的重要性进行 1-9 的标度，多个专家的结果往往不能统一，这样就出现了层次分析法的非一致性。为了更好地进行正确评价，引用模糊判断矩阵法，使得到的指标权重能较真实的反映各指标相对重要程度。

定义 1

目标集中的目标 p_i 与 p_j 作二元对比，若

- (1) p_i 比 p_j 重要，令排序标度 $e_{ij}=1, e_{ji}=0$;
- (2) p_i 比 p_j 同样重要，令 $e_{ij}=0.5, e_{ji}=0.5$;
- (3) p_j 比 p_i 重要，令 $e_{ij}=0, e_{ji}=1$ 。

其中： $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, m$ 。

定义 2

设系统有目标集关于重要性的二元对比矩阵

$$\underline{E} = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mn} \end{pmatrix} = (e_{ij})$$

满足

- (1) e_{ij} 仅在 0, 0.5, 1 三个数中取值;
- (2) $e_{ij} + e_{ji} = 1$;
- (3) $e_{ii} = e_{jj} = 0.5, i = j$ 。

\underline{E} 称为目标集二元对比重要性模糊排序标度矩阵。如果 $e_{ij} > e_{ji}$ ，则称 p_i 比 p_j 重要，记为 $p_i > p_j$ 。

定义 3

若模糊排序标度矩阵满足：当 $p_i > p_j, p_j > p_k$ 时，有 $p_i > p_k$ ，则称 (e_{ij}) 具有一致性。

根据模糊排序标度矩阵可以计算 p_i 的重要性排序指数 $f_i = \sum_j e_{ij}$ 。这样，根据 f_i 的大小排列，

就得到了目标集关于上层目标的重要性排序。如果 $f_i = f_j$ ，则 p_i 和 p_j 的重要度相同，排序也相同。

利用模糊排序标度矩阵可以计算出模糊判断矩阵。对于任何 f_i 都有 $f_j \in [0.5, m-0.5]$ 。然后可以计算出两两指标间相对重要模糊隶属度：

$$d_{ij} = \frac{f_i - f_j}{2(m-1)} + 0.5 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m)$$

通过这个变换，利用指标的排序指数变换到能

反映各指标相对重要度的模糊间接标度 (在[0, 1] 区间内)。构造模糊判断矩阵 $(d_{ij})_{m \times m}$, 其具有如下性质:

(1) $d_{ii} = 0.5$;

(2) $d_{ij} + d_{ji} = 1$;

(3) 如果模糊排序矩阵满足一致性, 则模糊判断矩阵也满足一致性。

在得到判断矩阵后, 计算判断矩阵的特征根和特征向量, 即对判断矩阵 C , 计算满足: $CW = \lambda_{\max} W$ 的特征根和特征向量。式中 λ_{\max} 为矩阵 C 的最大特征根。这样可以计算出本层次各指标

与上层指标间重要性的权值^[3]。

3 实例

表 2 是某省 2006、2007 年光纤保护通道的数据报告。

指标模型如图 1:

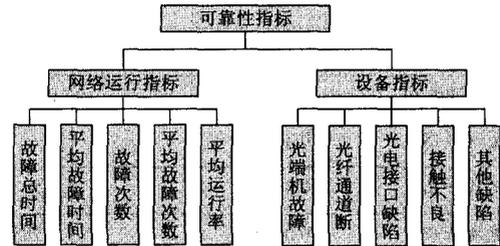


图 1 指标模型

Fig.1 Index model

表 2 光纤保护通道的数据报告

Tab.2 The data of optical fiber protection channel

项目	考核数	故障总时间	平均故障时间 (分/Δ)	故障次数	平均故障次数 (次/路)	平均运行率	光端机故障	光电接口缺陷	接触不良	光纤通道断	其他缺陷
光纤	1420 路	18 274	12.850	15	0.010 6	99.997 5	6	9	9	8	15
光纤	1420 路	37 857	26.660	55	0.038 7	99.995	4	7	7	7	19

模型从上到下共有 A、B、I 三层。给出各个层次的判断矩阵或排序矩阵如下:

A	B1	B2
B1	1	3
B2	1/3	1

B1	I1	I2	I3	I4	I5	f
I1	0.5	0.5	0	0	0	1
I2	0.5	0.5	0	0	0	1
I3	1	1	0.5	0.5	0	3
I4	1	1	0.5	0.5	0	3
I5	1	1	1	1	0.5	4.5

B2	I6	I7	I8	I9	I10	f
I6	0.5	1	1	1	1	4.5
I7	0	0.5	1	1	1	3.5
I8	0	0	0.5	0.5	1	2
I9	0	0	0.5	0.5	1	2
I10	0	0	0	0	0.5	0.5

通过 Matlab 进行程序仿真, 得出各层次权重。最后进行总排序, 如表 3 所示。

表 3 层次 I 总排序结果

Tab.3 The sorting result of level I

	B1	B2	层次 I 总排序结果
	0.75	0.25	
I1	0.106 3		0.079 7
I2	0.106 3		0.079 7
I3	0.231 3		0.173 5
I4	0.231 3		0.173 5
I5	0.325 0		0.243 8
I6		0.325 0	0.081 3
I7		0.262 5	0.065 6
I8		0.168 8	0.042 2
I9		0.168 8	0.042 2
I10		0.075 0	0.018 7

层次 I 的总排序结果就是对应各指标的权重。在此基础上, 将 2006 年作为比较基年, 对各指标进

行指数化, 可得出可靠性的综合评价结果。

表 4 综合评价结果

Tab.4 Comprehensive evaluation result

指标	权重	2006	2007
故障总时间 I1	0.079 7	1	0.482 7
平均故障时间 I2	0.079 7	1	0.482 0
故障次数 I3	0.173 5	1	0.272 7
平均故障次数 I4	0.173 5	1	0.273 9
平均运行率 I5	0.243 8	1	1
光端机故障 I6	0.081 3	1	1.5
光纤通道断 I7	0.065 6	1	1.285 7
光电接口缺陷 I8	0.042 2	1	1.285 7
接触不良 I9	0.042 2	1	1.142 9
其他缺陷 I10	0.018 7	1	0.789 5
全网可靠性综合指数		1	0.739 1

由表 4 可知, 全网可靠性综合指数 2006 年为 1, 2007 年呈下降趋势。从中可以具体看出各指标的变动情况, 从而采取相应措施加以改善。可靠性综合指数的增长取决于各指标的综合改善程度, 是各指标改善与劣化的动态体现; 只有各个指标都呈现增长趋势, 才会最大限度地促进可靠性综合指数的增长。

4 结论

文章详细描述了综合评价中权重的确定方法, 并通过实例建立指标模型, 用 Matlab 软件进行程序仿真, 计算指标权重, 排序, 得出可靠性的综合评价结果。

参考文献

[1] 邢宁哲, 鲍捷. 继电保护通道的发展与安全策略[J]. 电力系统通信, 2004, (1): 10-14.

(上接第 57 页 continued from page 57)

[8] 王磊, 潘进, 焦李成. 免疫算法[J]. 电子学报, 2000, 28(7): 74-78.
WANG Lei, PAN Jin, JIAO Li-cheng. The Immune Algorithm[J]. ACTA Electronica Sinica, 2000, 28(7): 74-78.
[9] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.

收稿日期: 2008-03-14; 修回日期: 2009-03-25

XING Ning-zhe, BAO Jie. The Development and Safety Strategies of Relay Protection Channel[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, (1): 10-14.

[2] 高会生, 孙逸群, 冉静学. 电力光纤保护通道安全风险指标的研究[J]. 继电器, 2007, 35(3): 61-65.
GAO Hui-sheng, SUN Yi-qun, RAN Jing-xue. Research of the Security Risk Evaluation Indices for Electric Power Optical Fiber Relay Protection Cchannel[J]. Relay, 2007, 35(3): 61-65.
[3] 梁雄健, 孙青华. 通信网可靠性管理[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.
LIANG Xiong-jian, SUN Qing-hua. The Reliability Management of Communication Network[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2004.
[4] 缪以扬, 聂一雄. 基于层次分析法的电力用户综合评判[J]. 广东电力, 2007, 20(3): 31-33
MIU Yi-yang, NIE Yi-xiong. Comprehensive Evaluation Based on Synalytic Hierarchy Process for Consumers of Electric Power[J]. Guangdong Electric Power, 2007, 20(3): 31-33.
[5] 周开利, 邓春晖. MATLAB 基础及其应用教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2007.
ZHOU Kai-li, DENG Chun-hui. The Foundation and Application Course of Matlab[M]. Beijing: Beijing University Press, 2007.

收稿日期: 2008-07-17; 修回日期: 2008-08-06

作者简介:

石征 (1985-), 女, 硕士研究生, 从事电力通信网研究; E-mail: kanoneigo@163.com
侯思祖 (1962-), 男, 教授, 从事电力通信网研究。

作者简介:

黄若霖 (1977-), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化以及电气设备故障诊断等领域的研究和管理工作;
王宽 (1981-), 男, 硕士, 主要从事电力系统继电保护、电力系统运行与控制等领域的研究工作; E-mail: fjiwanghuan@163.com
詹开翅 (1980-), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化以及电气设备故障诊断等领域的研究和维护工作。