

# 信息融合技术在故障选线中的应用

曾祥君<sup>1</sup>, K. K. Li, W. L. Chan<sup>2</sup>, 尹项根<sup>3</sup>, 陈德树<sup>3</sup>

(1. 长沙电力学院电力系, 湖南 长沙 410077; 2. 香港理工大学电机系, 香港;

3. 华中理工大学电力系, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 接地故障选线是小电流接地系统中长期存在的难题, 通常采用的单一故障选线方法只对部分故障信息进行处理, 选线的可靠性不高。文中把信息融合技术应用于故障选线, 融合各种故障信息, 综合各种故障选线方法, 提出了基于馈线保护的故障线路模糊识别技术及基于配电自动化的故障线段聚类识别技术。EMTP 仿真结果表明这些基于信息融合的故障选线方法具有很高的精度和鲁棒性。

**关键词:** 信息融合; 故障选线; 继电保护; 模糊分析; 聚类分析

**中图分类号:** TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2002)09-0015-06

## 1 引言

在自动控制领域, 单一的测量控制方法往往只能实现对被控对象的部分信息测量与处理, 具有较大的不确定性, 控制精度和鲁棒性较低。为了实现被测对象的全面描述, 通常采用多传感器数据融合处理技术, 利用多传感器从不同的观测角度和基于不同的观测方法感知同一被控对象。由于测量同一对象的各种信息之间存在着普遍的有机联系, 采用信息融合技术对多传感器测量的信息进行融合处理, 获得被测对象的内在规律, 便于建立准确的可靠的控制方法<sup>[1-10]</sup>。

信息融合技术自 20 世纪 70 年代提出以来, 不断发展完善, 越来越成为信息处理领域的有力工具, 许多国家纷纷将其列入科研基金资助的重点项目<sup>[1-3]</sup>。由于信息融合的早期研究大多着重于增强计算机信息处理能力和有效组合数据(信息)的具体方法, 主要基于军事应用背景, 在很长时间内一直处于封闭状态。随着研究的深入和应用领域的扩大, 信息融合技术才被逐渐公开, 现在已成功应用于众多学科领域。最近, 国际信息融合学会成立, 并创办了信息融合国际期刊。我国自 90 年代初, 才掀起研究信息融合技术的热潮, 目前信息融合技术已在导航、自动目标识别、多目标跟踪、机器人、图像处理等领域有着广泛应用<sup>[5-10]</sup>。小电流接地系统接地故障选线长期以来是国内外关注的尚未解决的一大难题。国内科研院所、继电保护制造厂家先后提出零序电流大小、零序功率方向、注入信号法、零序暂态

电流、暂态能量、负序电流等故障选线方法<sup>[10-18]</sup>。国外(如俄罗斯、法国、德国、丹麦等)专门成立研究小组, 进行小电流接地系统接地保护的研究。现有的各种故障选线方法通常利用不同的故障信息进行处理, 所适用的范围不同, 检测的鲁棒性和精度不一样<sup>[10]</sup>。在现场运行中, 单一的故障选线方法故障检测准确度较低<sup>[11]</sup>, 根本原因在于: (1) 小电流接地系统零序阻抗大, 并受故障接地过渡阻抗的影响, 故障电流小, 故障线路与非故障线路的区别不明显; (2) 受各种干扰因素的影响, 故障选线装置测量到的故障特征量(如零序电流、零序功率方向等)具有很大的模糊性和不确定性。通常这些干扰的影响程度与故障检测信息的类别有关, 同一干扰信号对不同的故障检测信息的影响相差较大, 例如: 开关操作产生的暂态信号对零序暂态电流影响较大, 而对通过滤波测量的稳态电流影响较小; 弧光接地产生的振荡电流在零序回路中衰减较慢, 对零序电流保护影响较大, 但在负序回路中衰减较快, 因而对负序电流保护影响较小<sup>[18]</sup>。如果对各种故障信息进行综合分析, 融合处理, 就可以减少干扰信号的影响, 消除单一保护方法的固有缺陷, 提高故障检测的精度和鲁棒性。本文顺应电力系统信息化发展的潮流, 把信息融合技术应用于小电流接地系统故障选线, 提出基于馈线保护的故障线路模糊识别方法及基于配电自动化的故障线段聚类识别方法。

## 2 信息融合技术在故障选线中应用概述

### 2.1 信息融合的功能与层次

信息融合作为一门研究信息综合分析处理技术的新兴边缘学科, 强调在自动控制领域中利用多源

基金项目: 湖南省自然科学基金(01JJY 3025); 香港理工大学研究基金(A. PC. 63)。

信息进行综合分析推理以提高控制的精度和鲁棒性。信息融合学科是由许多传统学科和新学科在信息处理领域的集成与应用,涉及的学科有:通信、模式识别、决策论、不确定性理论、信号处理、估计理论、最优化技术、计算机科学、人工智能和神经网络等,在信息处理过程中的基本功能包括:相关、估计和识别。相关处理要求对多源信息的相关性进行定量分析,按照一定的判据原则,将信息分成不同的集合,每个集合中的信息都与同一源(目标或事件)关联。相关处理的方法通常有:最近邻法则、最大似然法、最优差别、统计关联、聚类分析等。估计处理是通过对各种已知信息的综合处理以实现对待测参数及目标状态的估计。估计处理的方法通常有:最小二乘法、最大似然法、卡尔曼滤波法等。识别技术包括物理模型识别技术、参数分类识别技术和认识模型识别技术,其中比较成熟的方法有:贝叶斯法、模板法、表决法、证据推理法、模糊识别、神经网络及专家系统等。

信息融合作为多源信息的处理技术是多层次的,通常可分为数据层信息融合、特征层信息融合和决策层信息融合<sup>[5]</sup>。数据层融合是最低层次的融合,在各种传感器测量的原始数据未经预处理之前,直接对采集到的原始数据进行综合和分析。如继电保护中的故障启动元件,把各传感器测量的数据(AD采集数据)进行筛选,滤除病态数据,进行初步的数据处理,判断是否有故障突变信号产生。特征层融合属于中间层次融合,对来自传感器的数据进行特征提取,然后对特征信息进行综合分析和处理。决策层融合是一种高层次融合,结合对策知识对特征信息进行综合分析处理,并作出决策。

## 2.2 信息融合技术在故障选线中的应用

从信息处理的角度看,故障选线所采用的信息有:不同测量点的各电压信号和电流信号的AD采样值及系统结构参数(如:中性点接地方式和配电网拓扑结构等,一般在整定值中反映),故障选线过程是对这些信息进行融合处理,检测故障线段的过程。

信息融合技术在故障选线中的应用如图1所示。

故障选线信息融合过程分数据层融合、特征层融合和决策层融合。数据层信息融合对应于AD采集数据的滤波处理及故障启动检测。通常采用的数据层信息融合方法有:(1)差分滤波。采用当前采样值与六分之一周波前的采样值之差,滤除直流分量;(2)采样频率自动跟踪。利用前后两个周波的过零点后的第一个采样值的大小变化来自动跟踪频率变

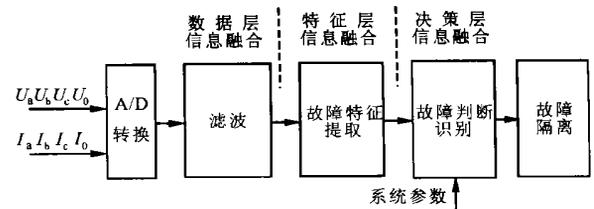


图1 信息融合技术应用于故障选线

Fig. 1 Information fusion application in earth fault feeder detection

化并自动调整采样间隔;(3)零序电压启动判据:

$$U_0 = |U_{0k} - U_{0(k-n)}| - |U_{0(k-n)} - U_{0(k-2n)}| > U_{0qd}$$

( $k$ 为当前采样点; $n$ 为每周波采样点数; $U_{0qd}$ 为突变量启动整定值,当突变量大于该值时启动故障检测)。而特征层信息融合对应于故障特征量的提取,实现参数估计。故障特征量有:正序、负序、零序、阻抗、导纳、功率、能量等,通用的提取方法有:傅立叶变换、卡尔曼滤波及小波变换等。决策层信息融合对测量点的故障特征量(正序、负序、零序、阻抗、导纳、功率、能量等)及对不同测量点的故障特征量(如比较各出线的零序电流)进行融合处理,判断故障线段。

数据层信息融合和特征层信息融合方法已在数字式故障选线装置中得到了较好的应用。但决策层信息融合技术仅在故障选线中得到初步的应用。现有的故障选线装置通常只采用单一的故障选线方法,比较各出线的零序电流进行故障选线。通常单一选线方法所利用的故障特征量有限,如果这些故障特征量受各种干扰影响,可能导致选线的误动作,降低选线的精度和可靠性。为此,一方面需研究不同的故障选线方法(对应不同的故障特征量)的融合处理,另一方面需研究配电网中不同测量点的各种故障特征量的融合处理,采用更多的故障特征量进行综合故障选线,有望消除干扰的影响,提高保护的精度和鲁棒性。目前随微处理器信息处理能力的提高,高性能CPU、DSP等在继电保护装置中的应用,馈线保护已具有对各种故障信息进行综合处理的能力,适合决策层信息融合故障选线技术的实现;随配电自动化的推广,分散分布式馈线自动化测控网络(SCADA系统)将为空间上和时间上的各种故障信息提供决策层融合实现的平台。

## 3 基于馈线保护的故障线路模糊识别

在馈线保护中实现多种故障选线方法,并对各种故障选线结果进行模糊信息融合处理,消除干扰

的影响,得到高可靠性的接地故障检测结果。

### 3.1 用于信息融合的故障选线方法选择

传统的故障选线装置需同时测量及比较同一母线上各条出线的零序电流大小和方向,不易与馈线保护(三段式电流保护等)结合在一起,在馈线保护装置中实现。为满足在馈线保护装置中实现的要求,只能选择基于就地测量量进行接地保护的方法:

(1) 零序过流保护(很难适用于中心点经消弧线圈接地系统);(2) 零序功率方向保护;(3) 暂态零序能量大小和方向接地保护<sup>[15]</sup>;(4) 借鉴距离保护思想,基于零序电压、零序电流的大小和方向关系进行信息融合的零序导纳接地保护<sup>[16]</sup>;(5) 负序电流大小、方向及基于负序电流的计算能量接地保护<sup>[17,18]</sup>;(6) 零序电流负序电流比较接地保护<sup>[18]</sup>。

### 3.2 馈线保护中各种故障选线方法的模糊融合处理

在故障检测中,由于上述各种故障选线方法所获取的信息或多或少地受到系统参数变化,干扰等因素的影响,具有一定的模糊性。采用模糊计算和模糊推理对各种故障选线方法进行信息融合处理,可以有效消除干扰影响,提高故障选线的可靠性。

#### (1) 模糊故障选线的基本思想

常规故障选线的输出结果:要么故障、要么不故障。如果用1代表故障,0代表不故障,则故障选线输出取{0,1}中的值。模糊故障选线的基本思想<sup>[10]</sup>:把故障选线中的绝对隶属关系灵活化,使元素对集合的隶属度从原来只能取{0,1}中的值扩充到可以取[0,1]区间中的任一数值,用隶属函数表示各故障选线方法输出的不确定性,然后进行模糊逻辑运算,得出综合的故障选线模糊结果,再进行清晰化处理,得到最终的故障或者非故障的判断结果。

#### (2) 隶属度函数的选取

任意故障选线方法*i*的隶属函数 $\mu_i$ 根据具体情况可选取为:正态函数、三角函数、梯形函数、S形函数及折线等。如图2,选择折线形隶属度函数,其中*s*为通常故障选线的动作整定值, $S_L$ 为故障条件下动作量可能出现的下限值, $S_H$ 为非故障条件下动作量可能出现的上限值。在 $[S_L, S_H]$ 区间,单个故障选线方法的动作是不可靠的,通常定义该区域为模糊区,采用模糊隶属度描述该区间故障选线的可能动作情况。

#### (3) 多故障选线方法之间的模糊信息融合

模糊信息融合的计算方法很多<sup>[19]</sup>,适应接地故障选线的特点,通常取加法运算<sup>[10]</sup>。采用各故障选

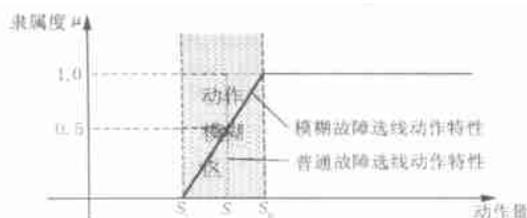


图2 一种故障选线方法动作的隶属度函数

Fig. 2 A membership function for fault line selection

线方法对故障决策的隶属度与该故障选线方法观察值对故障决策的支持程度(模糊可信度系数)之积的和作为故障决策总的可信度。例如:根据专家经验,取故障选线方法*i*的模糊可信度系数为 $K_i$ (取值范围为0~1),进行加法运算,*n*个故障选线方法信息融合输出为:

$$Y = \sum_{i=1}^n K_i \mu_i$$

模糊可信度的清晰化处理:根据模糊规则,转换为实际输出判断(故障或者非故障)。例如:当 $Y > 0.5$ ,该配电线路发生接地故障;当 $Y < 0.5$ ,该配电线路不发生接地故障。

整个信息融合的过程如图3所示。

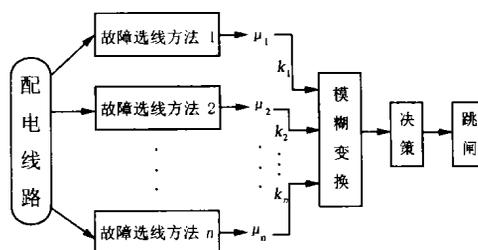


图3 模糊接地故障检测方法

Fig. 3 Fuzzy analysis based fault detection

## 4 基于配电自动化的故障线段聚类识别

### 4.1 基本原理

当配电网中某一线段发生接地故障,配电自动化中该线段到母线上的所有FIU理论上都应该能够检测到接地故障,而其他FIU不应该检测到接地故障<sup>[10]</sup>。如果能够读取所有FIU检测到的接地故障特征信息(如:零序电流、负序电流、零序导纳、零序电压等),对这些信息进行综合分析,冗余处理,查找故障线段,可以提高故障检测的精度和可靠性。

小电流接地系统发生接地故障,故障信号由故障点流向母线。如图4所示,当线段45发生接地故障,断路器1及分段开关2、3、4上有故障信号流经,而其他断路器及分段开关上则没有故障信号流经。理论上只能在1、2、3、4各点的FIU或RTU上测量到故障

特征量(包括流向系统的暂态零序电流、流向系统的暂态零序能量、负序电流、较小的零序测量导纳等),且各点测量到的特征量大小相近。考虑干扰的影响,其它点(5、6、7、...、16)的 FTU 或 RTU 上也可能测量到一定大小的故障特征量。但两类特征量之间是有本质的差别,前者是故障产生,而后者是干扰产生,二者可以采用聚类分析进行分类<sup>[20-22]</sup>。有故障电流流过的配电线段(1234)首尾相连,组成一条故障线路,该线路的延伸线段(45)即为接地故障线段。

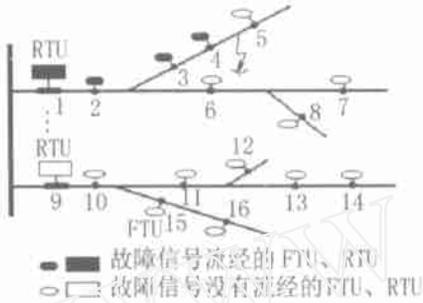


图4 接地故障信号流经的 FTU、RTU

Fig. 4 FTU and RTU with fault signal caused by earth fault

#### 4.2 聚类识别故障线段方法

对配电系统各 FTU 和 RTU 进行聚类分析。设图 4 所示配电系统共有  $n$  个 FTU 和 RTU,被看作为  $n$  个样本,组成被分类对象的集合为:  $X = \{ x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \}$ 。采用  $m$  种故障选线方法,则每个 FTU 和 RTU 需测量  $m$  个故障特征量,被看作为  $m$  个特征指标。任意一 FTU 所测量的特征向量(即任意一样本  $x_i$  的特征指标向量):  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im})$  (其中:  $x_{ij}$  表示第  $i$  个样本的第  $j$  个特征指标)。则  $n$  个样本的特征指标矩阵为

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

对  $n$  个样本的特征指标矩阵进行聚类分析<sup>[20,21]</sup>,假设配电自动化中基于故障特征各 FTU、RTU 动态聚类分析结果如图 5 所示,把配电网所有 FTU、RTU 分成两组,一组为  $(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,代表有故障电流流过的配电线段,另一组为  $(x_5, x_6, x_7, \dots, x_n)$ ,代表没有故障电流流过的配电线段,置信水平为  $= 0.9$ 。有故障电流流过的配电线段首尾相连,组成一条故障线路 1234,该线路的延伸线段 45 即为接地故障线段。

聚类信息融合故障选线根据各 FTU、RTU 上的

各种故障特征量直接进行分类,从而在故障线段的检测过程中,不需要整定值,且不受系统参数变化的影响。

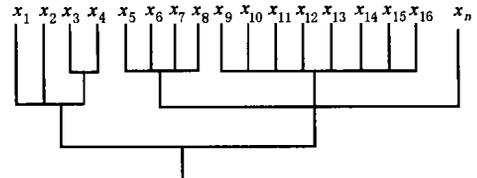


图5 配电自动化中基于故障特征各 FTU、RTU 动态聚类图

Fig. 5 The chart of dynamic clustering class for all FTU and RTU in DAS based in earth fault character

### 5 仿真分析

采用图 6 所示配电网进行 EMTP 仿真分析,测试线段 23 的 A 相金属性接地故障及经过 10 k 过渡电阻的高阻接地故障分别在 RTU1、RTU4、FTU2、FTU3 和 FTU5 上所产生的各相电压和电流波形。基于 Matlab 软件编写程序,提取故障信息特征(包括故障后一周波的暂态零序能量、由零序电压和零序电流测量的零序导纳、负序电流),从而进行信息融合故障选线。

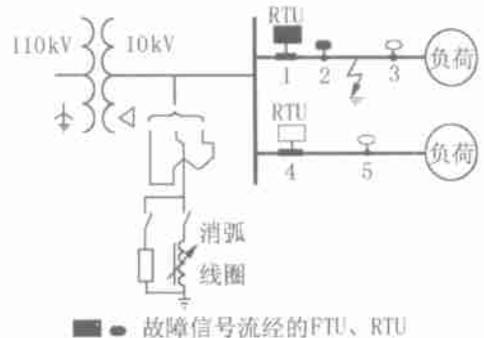


图6 EMTP 仿真分析的配电网模型

Fig. 6 Distribution network for EMTP simulation

FTU2 的模糊信息融合故障选线结果如表 1 所示,考虑干扰影响的前提下进行保护整定,在高阻接地故障时单一的暂态能量保护不能正确动作。但在对暂态能量保护方法、零序导纳保护方法和负序电流保护方法进行模糊信息融合选线后,FTU2 对两种故障类型都能正确动作。

另外在聚类信息融合故障选线仿真中,利用暂态能量、零序导纳和负序电流三个故障特征量对 RTU1、RTU4、FTU2、FTU3 和 FTU5 进行分类,金属性接地故障和高阻故障的特征指标矩阵分别为

表 1 模糊故障选线结果

Tab. 1 Results for fault detection with fuzzy analysis

故障类型	选线方法	测量值	整定值			单一选线动作	隶属度	$Y = \prod_{i=1}^n K_i \mu_i$	模糊选线动作
			$S_L$	$S$	$S_H$				
金属性接地	暂态能量/J	- 4320	0	- 100	- 200	动作	1	1	动作
	零序导纳/mmho	1.20 - j13.5	0.45 + j1	0.60	0.75 - j1	动作	1		
	负序电流/A	- 3.94	- 0.02	- 0.06	- 0.10	动作	1		
高阻接地 (10 k)	暂态能量/J	- 35.7	0	- 100	- 200	不动作	0.18	0.73	动作
	零序导纳/mmho	1.20 - j13.5	0.45 + j1	0.60	0.75 - j1	动作	1		
	负序电流/A	- 0.36	- 0.02	- 0.06	- 0.10	动作	1		

- 3780	1.05 - j19.5	- 3.92
- 4320	1.20 - j13.5	- 3.94
540	0.15 + j6	0.04
1080	0.3 + j12	0.06
540	0.15 + j6	0.04
- 31.2	1.05 - j19.5	- 0.36
- 35.7	1.20 - j13.5	- 0.36
4.5	0.15 + j6	0.00
8.9	0.3 + j12	0.01
4.5	0.15 + j6	0.00

经聚类分析把所有 RTU 和 FTU 分为两类,不同故障条件下的分类结果都同样为:类别 1(RTU1, FTU2)、类别 2(FTU3, RTU4, FTU5),置信水平分别为 0.92 和 0.83。把有故障电流流过的配电线段首尾相连,组成一条故障线路 12,该线路的延伸线段 23 即为故障线段。

## 6 结论

本文把信息融合技术应用于故障选线,对各种故障选线方法、各种故障信息进行综合处理,消除干扰的影响,提高故障检测的精度和鲁棒性。提出了基于馈线保护的故障线路模糊识别方法,用隶属函数表示各故障选线方法输出的模糊性,应用加权求和进行运算,实现多种故障选线方法在馈线保护中的就地融合,提高接地保护的可靠性。并提出了基于配电自动化的故障线段聚类识别方法,以配电网中各 FTU、RTU 测量的故障特征量为特征指标,根据有无故障电流流过,把所有 FTU、RTU 分为两类,实现了故障线段的检测。聚类分析故障选线方法无需整定,适合对各种配电网的各种接地故障进行检测。

信息融合技术在故障选线中的应用研究才刚刚起步,还有一些理论和实用问题有待解决。信息融合故障选线方法的实用化有赖于 FTU 的硬件水平及配电自动化的通信水平,本课题组正准备在配电

自动化中实现该技术。

## 参考文献:

- [1] 刘同明,夏祖勋,等.数据融合技术及其应用[M].北京:国防工业出版社,1998,9.
- [2] Richard T Antony. Principle of Data Fusion Automation[M]. London:Artech House,1995.
- [3] Varshney, Pmod k. Distributed detection and data fusion [M]. New York:Springer,1997.
- [4] 张雨,温熙森.设备故障信息融合问题的思考[J].长沙交通学院学报,1999,15(2):22-29.
- [5] 郁文贤,雍少为.多传感器信息融合技术评述[J].国防科技大学学报,1994,16(3):1-11.
- [6] 梁建成.基于多传感器融合技术的智能加工监测与控制方法的研究[D].华中理工大学博士学位论文,1995.
- [7] 伍行健.故障信息的识别与处理[D].华中理工大学博士学位论文,1999.
- [8] 张彦铎,姜兴渭.多传感器信息融合及在智能故障诊断中的应用[J].传感器技术,1999,18(2):18-22.
- [9] 高德平,黄雪梅.多传感器和数据融合[J].红外与激光工程,1999,28(1):1-4.
- [10] 曾祥君.电力线路故障检测与定位新原理及其信息融合实现研究[D].华中理工大学博士学位论文,2000,11.
- [11] Griffel D Harmand Y. A new deal for safety and quality on MV networks[J]. IEEE Trans. on Power Delivery,1997,12(4):1428-1433.
- [12] 王祖光.微机小电流接地系统接地选择装置[J].电力系统自动化,1993,17(6):48-51.
- [13] 刘凯,吴希再.一种小电流系统单相接地故障选线新方法[J].华中理工大学学报,1997,25(12):66-68.
- [14] 曾祥君,尹项根,于永源,陈德树.基于注入变频信号的经消弧线圈接地系统控制与保护新方法[J].中国电机工程学报,2000,20(1):29-32.
- [15] 何奔腾,胡为进.能量法小电流系统选线原理[J].浙江大学学报,1998,32(7):451-457.
- [16] 曾祥君,尹项根,张哲,等.零序导纳馈线接地保护的

- 研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(4): 20-26.
- [17] 曾祥君, 尹项根, 陈德树, 等. 适应配电自动化的馈线接地保护研究[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(15): 37-41.
- [18] 曾祥君, 尹项根, 张哲, 等. 配电网接地故障负序电流分布及接地保护原理研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(4): 78-84.
- [19] Wladyslaw Mielczarski. Fuzzy logic techniques in power systems[M]. Heidelberg: Physica Verlag, 1998.
- [20] 李相镛. 模糊聚类分析及其应用[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994, 9.
- [21] Everitt, Brian S. Cluster analysis[M]. New York: Halsted Press, 1993.
- [22] Pinsky A, Eskin M, Soroka Y. Statistical cluster analysis approach to sensor fusion problem[C]. Proceedings of the IEEE 1997 National Aerospace and Electronics Conference,

1997, Vol 2: 809-814.

收稿日期: 2001-11-07; 回修日期: 2002-06-12

作者简介:

曾祥君(1972-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力系统微机保护与控制及信息融合技术在电力系统的应用。

K. K. Li, 男, 副教授, 从事电力系统继电保护的研究教学工作。

W. L. Chan, 男, 助理教授, 从事电能质量管理及与工业微机控制的研究教学工作。

尹项根(1954-), 男, 教授, 博导, 从事电力系统继电保护与安全稳定控制等领域的教学、研究工作。

陈德树(1930-), 男, 教授, 博导, 从事电力系统继电保护与控制等领域的教学、研究工作。

### Earth Fault Feeder Detection with Information Fusion

ZENG Xiang-jun<sup>1</sup>, K. K. Li<sup>2</sup>, W. L. Chan<sup>2</sup>, YIN Xiang-gen<sup>3</sup>, CHEN De-shu<sup>3</sup>

(1. Dept. of Electrical Engineering, Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, China;

2. Dept. of Electrical Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China;

3. Dept. of Electrical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Earth fault feeder detection is a long standing problem in the operation of ineffectively grounded distribution systems. Traditional single fault-detection method using only some parts of fault information has poor reliability. Information fusion technique is introduced and applied in fault feeder detection to fuse all kinds of fault information and integrate all fault detection methods in this paper. Techniques for fault feeder identifying with fuzzy analysis and for fault feeder section identifying with cluster classing are developed. The results of EMTP simulations show that these information fusion methods can detect the fault feeder with high precision and robustness.

**Key words:** information fusion; fault feeder detection; relay protection; fuzzy analysis; cluster classing

欢迎订阅

### 《家庭电子》杂志

电子爱好者的助手 家电维修者的天地  
影音发烧友的参谋 电脑爱好者的良友

《家庭电子》杂志是综合性电子电脑实用月刊。她选题新颖、短小精悍, 选购、使用、维护实用文章紧扣消费热点, 国内外制作文章精萃, 家电维修内容丰富实用, 影音作品可读性强, 电脑通信知识面广, 实用资料难得。

主要栏目: ● 消费天地 ● 生活与家电 ● 电子实验 ● 家电维修 ● 入门向导 ● 视听世界 ● 家庭电脑与通信 ● 实用资料

《家庭电子》杂志为大16开本, 64页, 国内外公开发行。订阅价3.50元, 全年42.00元。各地邮局均可订阅, 邮发代号: 62-189。

地址: 四川省成都市抚琴东南路10号(市118信箱)  
电话: (028) 87778358 87744704 87787948  
传真: (028) 87762321 邮编: 610031  
E-mail: jtdz@mail.sc.cninfo.net

欢迎订阅

### 《电子文摘报》

《电子文摘报》是国内唯一面向国内外公开发行的文摘类电子电脑技术性报纸。她集信息、市场、制作、维修、资料、视听、电脑于一体, 致力为广大家电维修人员、电子爱好者、大中学生、通信、电脑工作者、技术人员、厂商提供电子电脑实用技术、维修技巧、实用制作、国外新颖电路、视听技术、软件学用、网络、游戏、IT、单片机、资料、市场及产品信息等。

《电子文摘报》为周报, 4开16版, 邮发代号: 61-87。每期邮局订阅价0.60元, 全年定价31.20元

主要栏目: ● 综合信息 · 消费版 ● 实用资料/新技术 · 新器件版 ● 实验与制作版 ● 初学入门/知识长廊版 ● 维修启蒙/开发与改进版 ● 电视技术与维修版 ● 实用维修版 ● 视听技术版 ● 电脑综合信息 · 消费版 ● 软件天地版 ● 电脑专题版 ● 电脑维修版 ● IT屋版 ● 技巧与方法/电脑入门版 ● 网络与商务/通信机版 ● 市场产品/电脑游戏版, 月末开设专题版, 辟有国外精品电路制作、港台电子专版、通信终端(手机、小灵通、各种新颖电话机、对讲机、传真机、可视电话等)、新型影视设备电路分析、测试、调整、维修、国内外最新电子技术介绍、新型元器件详细资料、卫星电视及定位设备等。这些版面尤受读者钟爱与欢迎。

地址: 四川省成都市抚琴东南路10号(市118信箱)  
电话: (028) 87778358 87744704 87787948  
传真: (028) 87762321 邮编: 610031  
E-mail: dzwchbsh@mail.sc.cninfo.net