

考虑容错的配电自动化主站故障定位方法

高艺文 姜振超 冯世林 崔弘 龙呈

(国网四川省电力公司电力科学研究院 四川 成都 610041)

摘要: 为避免配电线路故障指示器信号不健全时配电自动化主站故障判定方法失效,从容错的角度对主站定位方法进行了探索。首先分析了故障指示器故障时上报的遥测、遥信等多种信息的特点,提出了上报信息对应的故障决策表,再根据不同的决策表得到初始的故障定位结果,然后通过加性策略对初始的定位结果进行融合,得到最终的故障定位结果。最后通过算例分析,该方法适用于信息漏报和误报的情况,且能获得更加可信的定位结果,为配电自动化主站的故障定位提供一种新的思路。

关键词: 故障指示器; 故障定位; 加性策略计算; 容错

中图分类号: TM764 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)04-0001-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.04.001

Fault Location Method for Master Station of Distribution Automation Considering Fault Tolerance

Gao Yiwen, Jiang Zhenchao, Feng Shilin, Cui Hong, Long Cheng

(State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: In order to avoid the failure of fault determination method for master station of distribution automation when the fault indicator signal of distribution line is not perfect, the fault location method of master station from the perspective of fault tolerance is explored. Firstly the characteristics of telemetry intelligence, remote signals and other information reported by the fault indicator when the fault occurs are analyzed, and fault decision table corresponding of different reporting information is proposed. The result of the initial fault location is obtained through the decision table, and then the initial positioning result is combined with the additive strategy to obtain the final fault location result. Finally through case analysis, the proposed method is suitable for the information omission and false positives, and can obtain more reliable positioning results, which provides a new idea for fault location method of master station of distribution automation.

Key words: fault indicator; fault location; calculation of additive strategy; fault tolerance

0 引言

随着配电自动化工程的不断建设以及在线监视设备的不断升级,大量应用于配电自动化的故障指示器也涌现出各种新的技术和产品。根据故障识别的原理,目前故障指示器型号有:暂态录波远传型、外施型号远传型、暂态特征远传型等等。故障指示器不仅能识别不同类型的故障进行就地指示,还能将故障时的信息发给配电运维主站,主站再通过上送的故障信息进行故障定位。

目前,基于故障指示器的配电自动化主站故障定位方法有:矩阵法、概率估计法、人工智能法。文

献[1]提出了利用配电网结构形成的网络描述矩阵和上报故障信息形成的故障信息矩阵进行矩阵计算,按照判定规则得到故障定位区段,但当上报故障信息不健全时,故障定位效果不佳。文献[2]利用最小故障判定模型和故障指示器组合信号,以故障指示器之间的相互依赖关系为依托,提出了一种基于最大概率的故障指示器故障判定方法,在处理不健全信息方面有一定效果,但是根据运行经验确定的故障信息完全正确的概率和故障信息完全错误的概率并不一定正确反映实际的故障情况,且结果受概率取值影响。文献[3-4]提出了基于人工智能的遗传算法和蚁群算法,该类方法在健全信息下皆能取得较好的结果,但在非健全信息的情况下定位

结果的可信度低。此外上述的定位方法仅仅利用故障指示器上送的单一故障信息进行故障定位分析,如果单一信息出现漏报和误报时,上述方法可信度将更低^[5]。因此研究故障指示器多种信息的容错定位方法更有现实的意义。

下面首先将故障指示器短路故障时上送的遥信、遥测等多种信号进行分析形成对应的故障决策表,再根据不同的决策表得到初始的故障定位结果,然后对初始的定位结果利用加权策略进行结果的融合,得到最终的故障定位结果。最后通过算例对所提方法进行了分析计算,该方法适用于信息漏报和误报的情况,且能获得更加可信的定位结果。

1 故障区段的定义

按照文献[6]定义,如果一个故障判定区段的所有端点都是故障指示器,并且没有内点或者所有内点都是T接点,则称该故障判定区段为最小故障判定区段。

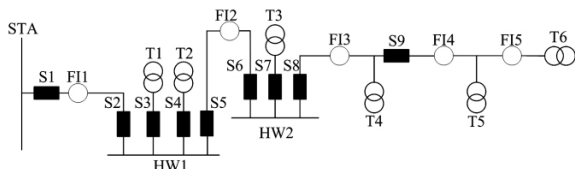


图1 一个简单的配电网

图1为某一简单的配电网,由一条馈线组成,图中:STA为变电站;HW1、HW2为环网柜;S1为变电站出线断路器,S9为用户分界开关;S2至S8为负荷开关;T1至T6为配电变压器;FI1至FI5为故障指示器。按照定义,该配电网故障判定区段划分如表1所示。

表1 最小故障判定区段

区段 W1	区段 W2	区段 W3	区段 W4	区段 W5
FI1 - FI2	FI2 - FI3	FI3 - FI4	FI4 - FI5	FI5

由表1可知,最小故障判定区段W5只有一个故障指示器,表示其处于配电馈线的末梢区域,如果其上送故障信息,可判定其下游发生故障。

2 故障决策表

决策表是指一个以行、列形式来描述和表示决策规则和知识信息的表,其主要由条件属性和决策属性组成。现将故障指示器作为条件属性,把线路

故障区段作为决策属性^[7]。

配电网单电源辐射状运行,当线路发生短路故障时,处在故障上游的故障指示器会有过流,而处在故障下游的故障指示器没有过流,故障指示器监测到有过流信号,会闪光(翻牌)就地指示同时上送故障动作信息。根据图1中故障指示器的安装位置,则原始故障决策表如表2所示。

表2 原始故障决策

样本	FI1	FI2	FI3	FI4	FI5	区段
1	1	0	0	0	0	W1
2	1	1	0	0	0	W2
3	1	1	1	0	0	W3
4	1	1	1	1	0	W4
5	1	1	1	1	1	W5

注“1”表示有故障动作信息,“0”表示无故障动作信息。

从表2可以看出,样本3中的FI3为动作状态、FI4为不动作状态是唯一的一种组合且其他样本都没有的组合,也就是说只要出现FI3为动作状态、FI4为不动作状态就可以断定W3区段发生了故障。利用基于可辨识矩阵的约简算法^[8]对表2进行处理,新的故障决策表如表3所示。

表3 基于故障动作信息的约简决策

样本	FI1	FI2	FI3	FI4	FI5	区段
1	1	0	~	~	~	W1
2	~	1	0	~	~	W2
3	~	~	1	0	~	W3
4	~	~	~	1	0	W4
5	~	~	~	~	1	W5

注“1”表示有故障动作信息,“0”表示无故障动作信息,“~”表示不关心。

由表3可得基于故障动作信息约简决策表的故障判定规则:处于某区段上游最近的故障指示器有动作信息,其下游最近的故障指示器无动作信息时,则认为该区段发生故障。

随着故障指示器技术的不断升级,故障指示器在发生故障时,不单单只上送故障动作信息,还会将短路故障电流和故障录波文件等信息上送给配电运维主站。

当线路发生故障时,处在故障上游的故障指示器才有短路电流流过,处在故障下游的故障指示器没有短路电流流过,因此故障上游的故障指示器才会向配电主站上送故障电流信息。同理可得基于故障电流信息的约简故障决策表,见表4。

表4 基于故障电流信息的约简决策

样本	FI1	FI2	FI3	FI4	FI5	区段
1	1	0	~	~	~	W1
2	~	1	0	~	~	W2
3	~	~	1	0	~	W3
4	~	~	~	1	0	W4
5	~	~	~	~	1	W5

注 “1”表示有故障电流信息，“0”表示无故障电流信息，“~”表示不关心。

由表4可得基于故障电流信息约简决策的故障判定规则:处于某区段上游最近的故障指示器有故障电流信息,且其下游最近的故障指示器无故障电流信息时,则认为该区段发生故障。

目前,新型的故障指示器已具备线路发生故障时录波的功能,其录波的启动条件包括电流突变、相电场强度突变等,可实现同组触发,阈值可设。线路发生短路故障或单相接地故障时均能使故障指示器启动录波。其中发生短路故障时故障启动条件为电流突然上升超过设定的阈值,因此处在短路故障点上游的故障指示器才会启动录波;处在短路故障点下游则不会启动录波,而单相接地故障时,线路上所有故障指示器因相电场强度的突降超过阈值均会启动录波。由此当发生短路故障时,基于故障录波文件上送信息的约简决策如表5所示。

表5 基于故障录波文件上送信息的约简决策

样本	FI1	FI2	FI3	FI4	FI5	区段
1	1	0	~	~	~	W1
2	~	1	0	~	~	W2
3	~	~	1	0	~	W3
4	~	~	~	1	0	W4
5	~	~	~	~	1	W5

注 “1”表示有故障录波文件上送信息，“0”表示无故障录波文件上送信息，“~”表示不关心。

为了区别出不是线路发生单相接地故障启动的录波,结合表5,基于故障录波文件上送信息约简表的故障判定规则为:当整条线路有故障指示器上送故障动作信息或故障电流信息时,处于某区段上游最近的故障指示器有故障录波文件上送信息,且其下游最近的故障指示器无故障录波文件上送信息时,则认为该区段发生故障。

3 定位结果的处理

当上送信息没有漏报或误报时,利用不同信息

的故障约简决策表可得到一致的故障定位结果。当上送信息有漏报或误报时,按照故障约简决策表进行故障区段判定可能得到多个结论。因此,直接利用约简决策表进行故障定位很难在工程实际中得到应用。这里,将故障时某区段发生故障的可信度定义为故障指示器上报信息的实际状态与故障时的匹配程度^[9],即有

$$q_j = s/n \quad (1)$$

式中: q_j 为区段 j 发生故障的可信度; n 为故障指示器总数; s 为实际上报信息的故障指示器与区段 j 发生故障时应上报信息故障指示器一致的个数。

利用故障信息约简表得到初始定位结果,定位结果可能由一个或多个可疑故障区段组成。这里用 U 来表示,可设 $U = \{A_1, A_2, \dots, A_i\}$,其中 $A_1 \sim A_i$ 为可疑故障区段,那么可疑故障区段之间的相对概率为

$$m(A_k) = \frac{q_k}{\sum_{k=1}^i q_k} \quad (2)$$

式中: q_k 由式(1)计算得到; $m(A_k)$ 为可疑区段 A_k 的相对概率。

4 融合规则

群体决策经常在现实生活中出现,当多个专家进行决策时,需要对每个专家的意见进行折衷考虑,抛弃彼此之间的一些分歧,从而获得基本一致的观点^[10-11]。多个故障定位结果融合的过程类似于群体决策过程,故障指示器某一种信息得出的定位结果相当于一个专家。为避免定位结果出现一票否决和彼此冲突的问题,采用加性策略计算方法对结果进行融合,其定义如下:

设识别框架表示某一信息约简表的所有可能结果的集合为 U ,则 $U = \{A_1, A_2, \dots, A_i\}$,其子集对应的相对概率为 m_1, m_2, \dots, m_i ,则具体合成规则为

$$m(A_i) = \sum_{x=1}^i m_x(A_i) - \prod_{y=1}^i m_y(A_i) \quad (3)$$

$m(A_i)$ 反映了不同约简表所得结果对 A_i 的支持程度,再对其进行归一化处理,表示为

$$\text{NOR}(A_i) = \frac{m(A_i)}{\sum m(A_i)} \quad (4)$$

$\text{NOR}(A_i)$ 综合地反映了多个约简表所得结果对各子集的认可程度,将其作为合成结论中的基本概

率分配。即

$$m(A_i) = \text{NOR}(A_i) \quad (5)$$

根据式(5)得到融合后某区段的基本概率分配,则融合后故障判定规则为:当某区段基本概率分配值最大时,则该区段为最可能发生故障的区段。

5 算例分析

图 2 显示了某配电网故障指示器状态,其中黑色表示有图例对应的信息。根据故障区段定义,该配电网的最小故障判定区段划分与表 1 一致。

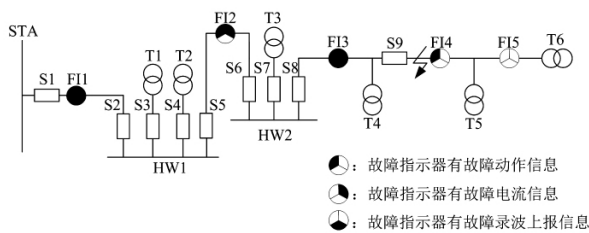


图 2 某配电网

在图 2 中,FI3 与 FI4 之间发生短路,即区段 W3 发生故障。此时 FI1、FI2、FI3、FI4 均上报故障动作信息,FI1、FI2、FI3 均上报故障电流信息,FI1、FI3 上报了故障录波上送信息。

根据故障指示器上送的故障信息情况按照第 2 章对应的故障约简决策表可得表 6 所示的可疑故障区段。

表 6 不同信息的约简决策表得到的可疑故障区段

上送的信息类型	可疑故障区段
故障动作信息	{W4}
故障电流信息	{W3}
故障录波上送信息	{W1, W3}

根据式(1)、式(2)可得其相对概率见表 7。

表 7 约简结果的相对概率

上送的信息类型	故障区段	相对概率
故障动作信息	{W4}	{1}
故障电流信息	{W3}	{1}
故障录波上送信息	{W1, W3}	{0.333, 0.667}

按照式(3)、式(4)、式(5)进行计算,得到可疑故障区段的概率分配值为

$$m(W1) = 0.111$$

$$m(W3) = 0.556$$

$$m(W4) = 0.333$$

由计算结果可知,区段 W3 概率分配值最大,其

为最可能发生故障的区段,与实际情况相符。

6 结论

利用新型故障指示器在故障时上送的大量信息形成对应的故障决策表,从而得到多个故障定位结果,然后利用加性策略对结果进行合成,得到最终的定位结果。通过仿真分析证明该方法在个别信息漏报或误报的情况下进行故障定位,结果仍然可信,为配电自动化主站的故障定位提供了一种新的思路。

参考文献

- [1] 唐述宏,季涛,宋红梅.基于 GPRS 技术的配电线路故障自动定位系统[J].电力自动化设备,2006,26(8):59-62.
- [2] 郑国华,黄朵,张伟,等.基于最大概率的故障指示器故障判定方法[J].电力系统保护与控制,2017,46(16):105-110.
- [3] 严太山,崔社武,陶永芹.基于改进遗传算法的配电网故障定位[J].高电压技术,2009,35(2):255-259.
- [4] 张颖,周韧,钟凯.改进蚁群算法在复杂配电网故障区段定位中的应用[J].电网技术,2011,35(1):224-228.
- [5] 郑国华,黄朵,王军锋,等.基于最差原则的故障指示器故障判定方法[J].工矿自动化,2015,41(11):39-43.
- [6] 刘健,赵倩,程红丽,等.配电网非健全信息故障诊断及故障处理[J].电力系统自动化,2010,34(7):50-56.
- [7] 姜桂秀,张炳达,江滔.新型基于故障指示器的配电网故障寻址方法[J].电源技术,2014,38(9):1702-1705.
- [8] 顾军华,周艳聪,宋洁,等.一种新的求解属性值约简算法[J].南开大学学报(自然科学版),2003,36(4):38-42.
- [9] 张炳达,江滔.基于可信度的故障区段诊断方法[J].电力自动化设备,2012,32(4):72-75.
- [10] 汪永伟,刘育楠,杨英杰,等.D-S 证据理论中冲突处理新方法[J].计算机工程与设计,2013,34(12):4316-4320.
- [11] Fu Chao, Shanlin Yang. Group Consensus Based on Evidential Reasoning Approach Using Interval-Valued Belief Structures[J]. Knowledge-Based Systems, 2012(35):201-210.

作者简介:

高艺文(1989),工程师,主要研究方向为配电网自动化与继电保护。

(收稿日期:2018-06-11)