

文章编号:1671-251X(2015)11-0039-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.11.010

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.

基于最差原则的故障指示器故障判定方法

郑国华¹, 黄朵¹, 王军锋², 吴孝彬², 许为铃², 孙振业², 张伟³

(1. 福建电力职业技术学院 电力工程系, 福建 泉州 362000;

2. 福建奥通迈胜电力科技有限公司, 福建 福州 350000;

3. 积成电子股份有限公司, 山东 济南 250100)

摘要:为解决矿区配电网非健全信息情况下故障指示器故障判定问题,提出了最小故障判定区域的概念,基于最小故障判定区域概念建立了故障指示器故障判定数学模型,以该数学模型为基础提出了一种基于最差原则的故障指示器故障判定方法。该方法通过最差原则对短路故障信号及接地故障信号进行辨识与修正,一定程度上解决了故障信号漏报和误报等非健全信息情况下的故障判定问题。运行实例证明了所提方法的实用性和准确性。

关键词:配电网;最差原则;故障指示器;故障判定

中图分类号:TD611

文献标志码:A

网络出版时间:2015-11-02 14:53

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20151102.1453.010.html>

A fault diagnosis method of fault indicator based on the worst principle

ZHENG Guohua¹, HUANG Duo¹, WANG Junfeng², WU Xiaobin²,

XU Weiqian², SUN Zhenye², ZHANG Wei³

(1. Department of Electric Power Engineering, Fujian Electric Power Technical College,

Quanzhou 362000, China; 2. Fujian Automation Electric Power Technology Co., Ltd.,

Fuzhou 350000, China; 3. Jicheng Electronics Corporation, Jinan 250100, China)

Abstract: In order to solve problem of fault diagnosis of fault indicator for distribution power network in mining area in imperfect information, the concept of the minimum fault diagnosis area was put forward. The fault diagnosis mathematical model of fault indicator based on the concept of the minimum fault diagnosis area was proposed, and a fault diagnosis method of fault indicator based on the worst principle and the mathematical model was proposed. The method recognizes and corrects short circuit fault signals and the fault grounding signal through the worst principle, and solves fault diagnosis problem such as false negatives and false positives of fault signal in imperfect information. The running example proves the practicability and correctness of the method.

Key words: distribution power network; the worst principle; fault indicator; fault diagnosis

0 引言

随着大量自动化采矿设备及智能监控设备的投入,人们对矿区供电可靠性的需求不断提高。缩短停电时间是提高供电可靠性和供电质量的重要措

施。故障定位时间是停电时间的重要组成部分,有效减少故障定位时间是缩短停电时间的重要手段。特别是在矿区及巷道内,危险气体浓度高,短路或接地故障引起的火花将会导致灾难性的后果,所以,故障的快速判定和隔离尤为重要。故障指示器作为故

障定位设备,以体积小、价格低、对短路及接地故障皆有较好的定位性等特点在矿区配电网中被广泛应用^[1-5]。

基于主站交互的故障指示器定位方法主要集中在对短路故障的定位上^[6-15],主要有统一矩阵法、概率估计法、人工智能等方法。但在实际应用中,接地故障发生频繁,且故障信号健全性差,故障误报漏报情况频发。故此,研究非健全信息下的故障指示器定位方法具有重要意义。

参考文献[12]提出了一种通过网络描述矩阵和故障信息矩阵计算故障判断矩阵的方法,该方法通过矩阵运算和判定规则即可定位故障区间,但是在故障信息不健全时将会导致故障定位失效。参考文献[13]提出了一种基于可信度的多区段故障诊断方法,该方法将故障定位问题转换为故障概率估计问题,在处理不健全信息方面有一定效果,但是根据故障信号数量确定的故障概率并不一定正确反映真实故障情况,且结果受权重系数影响大。参考文献[14-15]提出了基于人工智能的遗传算法和蚁群算法,该算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结果不明显。

综上所述,研究一种适合于当前矿区配电网建设实际的,集合短路故障判定、接地故障判定、非健全信息判定为一体的故障指示器故障定位方法具有重要现实意义。本文结合矿区配电网故障指示器定位的特点,提出了配电网最小故障判定区域的概念,并建立了故障指示器故障判定数学模型。以该数学模型为基础提出了一种基于最差原则的故障指示器

故障判定方法,该方法通过最差原则对短路故障信号及接地故障信号进行辨识与修正;提出了 4 种故障信号辨识原则,一定程度上解决了故障信号漏报和误报等非健全信息情况下的故障判定问题。

1 故障指示器故障判定模型建立

将由故障指示器及馈线段组成的封闭集合称为故障判定区域。如果一个故障判定区域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,则称该故障判定区域为最小故障判定区域。规定每一个最小故障判定区域中的故障指示器之间都是相邻的,则最小故障判定区域的每一个故障指示器都是其他故障指示器的相邻故障指示器。

流经故障电流并流入最小故障判定区域的故障指示器称为该最小故障判定区域的入域故障指示器,其传送的故障信号称为该最小故障判定区域入域故障信号。流经故障电流并流出最小故障判定区域的故障指示器称为该最小故障判定区域的出域故障指示器,其传送的故障信号称为该最小故障判定区域的出域故障信号。

图 1 为某区配电网,该网络由 2 条馈线组成,STA1,STA2 为变电站;DS1,DS2 为配电站;SP1—SP3 为开闭所;L1—L7 为各变电站、配电站及开闭所母线;S1,S9 为变电站出线断路器开关;S2—S8,S10—S18 为配电室及开闭所负荷开关,S19 为线路高压开关,作为联络开关;T1—T12 为配电变压器;D1—D12 为架空线路高压刀闸;FI1—FI12 为故障指示器。

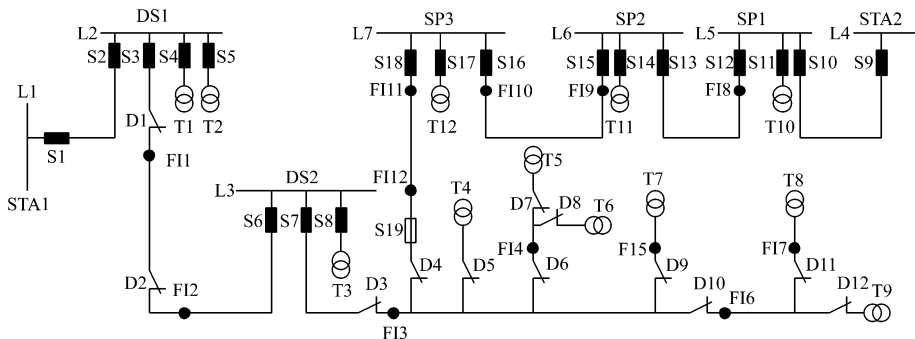


图 1 某矿区配电网

图 1 所示馈线的最小故障判定区域划分见表 1。

由表 1 可知,最小故障判定区域 4、区域 5、区域 7 及区域 12 只有一个故障指示器,表示其处于配电馈线的末梢区域,可判定其下游设备故障。

2 基于最差原则的故障指示器故障判定方法

在实际应用中经常由于环境、设备自身及通信中断等原因导致故障指示器误报或漏报故障信号,致使故障判定失效,配电网长时间带故障运行,极易

表 1 最小故障判定区域

区域 1	区域 2	区域 3	区域 4	区域 5	区域 6
FI1, FI2	FI2, FI3	FI3—FI6	FI4	FI5	FI6, FI7
区域 7	区域 8	区域 9	区域 10	区域 11	区域 12
FI7	FI8, FI9	FI9, FI10	FI10, FI11	FI11, FI12	FI12

造成供电线路绝缘损坏或产生火花,加之矿区和巷道内危险性气体浓度高,最终造成严重后果。因此,必须尽快发现故障区域并隔离故障,宁可错判但绝不可漏判。故而本文提出了一种基于最差原则的故障信号判定方法。

2.1 基于最差原则的故障信号辨识

2.1.1 短路故障信号辨识

当短路故障发生时,故障点上游故障指示器将经历故障电流,故障点上游断路器因配置速断保护而动作跳闸。断路器一般配置一次重合闸,有效避免瞬时性短路故障情况下的断路器跳闸。理想情况下,故障点上游所有故障指示器将传送短路故障信号。

当故障发生,而部分故障指示器漏报故障信号时,根据以下原则判定:

原则 1:当故障指示器上游断路器跳闸,且其下游所有故障指示器至少有 1 个传送故障信号时,则该故障指示器应上报故障信号。

假设图 1 中 S1 跳闸,FI3 上报短路故障信号,而其余故障指示器皆未上报故障信号,根据判定原则 1,FI1,FI2 应上报故障信号,属于漏报故障信号情况。

当未发生故障,而故障指示器误报故障信号时,其判定原则如下:

原则 2:当故障指示器上游断路器未跳闸,而故障指示器传送故障信号时,则该故障指示器不应上报故障信号。

假设 FI3 上报短路故障信号,而上游断路器 S1 未跳闸,根据判定原则 2,FI3 不应上报故障信号,属于误报短路故障信号情况。

2.1.2 单相接地故障信号辨识

对于小电流接地系统,当单相接地故障发生时,其接地相电压将会突降,理想情况下为零,而非故障相将会上升,理想情况下为线电压。故障点上游故障指示器理想情况下皆将上报接地故障信号。

当接地故障发生,而部分故障指示器漏报单相接地故障信号时,其判定原则如下:

原则 3:当馈线中一相电压突降,另两相电压突

升,而故障指示器下游所有故障指示器至少有 1 个传送接地故障信号时,则该故障指示器应上报接地故障信号。

假设 S1 馈线的 FI3 上报接地故障信号,而其余故障指示器皆未上报接地故障信号,根据判定原则 3,FI1,FI2 应上报接地故障信号,属于漏报接地故障信号情况。

当未发生接地故障,而故障指示器误报接地故障信号时,其判定原则如下:

原则 4:当馈线中无一相电压突降,另两相电压突升情况,而故障指示器传送接地故障信号时,则该故障指示器不应上报接地故障信号。

假设 FI3 上报接地故障信号,而 S1 所属馈线 ABC 三相电压皆未有突升突降情况,根据判定原则 4,FI3 不应上报接地故障信号,属误报接地故障信号情况。

2.2 基于逻辑运算的故障判定方法

经过数据辨识与修改后的故障信号认为是可信的,是可以进行故障判定的。短路故障与单相接地故障在故障判定的原则上是相同的,其故障判定的基础皆是最小故障判定区域,其故障判定准则如下:

原则 1:若最小故障判定区域的入域故障信号存在,而出域故障信号不存在,则表明该最小故障判定区域发生了故障。

原则 2:若最小故障判定区域的入域故障信号存在,而出域故障信号也存在,则该最小故障判定区域无故障。

原则 1 与原则 2 中的故障信号包括短路故障信号与单相接地故障信号。短路故障与单相接地故障需分别单独判定,故障信号不可交叉互用。

设 A 表示一最小故障判定区域故障逻辑值,其逻辑值为 1,表示该区域发生了故障;逻辑值为 0,表示该区域没发生故障。其逻辑计算表达式为

$$A = \{S_{in} \&\& \overline{G_{out}}\}$$

(1)

式中: S_{in} 为该最小故障判定区域的入域故障信号逻辑值, S_{in} 为 1 表示入域故障信号存在, S_{in} 为 0 表示入域故障信号不存在; $\&\&$ 为逻辑与运算; $\overline{G_{out}}$ 为 G_{out} 的逻辑非运算, G_{out} 表示该最小故障判定区域的出域故障指示器组的故障信号逻辑值, G_{out} 为 1 表示故障信号存在, G_{out} 为 0 表示故障信号不存在。

$$G_{out} = \{S_{out_1} || S_{out_2} || \cdots || S_{out_n}\}$$

(2)

式中: $||$ 为逻辑或运算; S_{out_n} 表示最小故障判定区域出域故障指示器的故障信号逻辑值, S_{out_n} 为 0 表示该故障指示器无故障信号, S_{out_n} 为 1 表示该故障指

示器有故障信号,其中 n 为该最小故障判定区域的出域故障指示器数,若 n 为 0,则 G_{out} 的值为 0。

根据式(1)与式(2)即可判定每一个最小故障判定区域的故障情况。当单相接地故障发生时,小电流接地系统可带故障运行一段时间,在这段时间内,单相接地故障有可能升级为短路故障,所以,部分故障指示器既传送单相接地故障信号,也传送短路故障信号。当混合故障发生时,应根据式(1)与式(2)分别判定单相接地故障和短路故障,若最小故障判定区域重叠,表示该最小故障判定区域内既有单相接地故障,也有短路故障。

3 方法应用实例

如图 1 所示的矿区配电网,当变电站出线断路器 S1 跳闸、断路器 S2 未跳闸时,故障指示器 FI1,FI4,FI6,FI8 传送短路故障信号,故障指示器 FI1,FI6,FI9 传送单相接地故障信号,A 相电压突降,B,C 相电压突升。各故障指示器传送的故障信号及辨识结果见表 2。

表 2 各故障指示器传送的故障信号及辨识结果

故障指示器	短路故障		接地故障	
	故障信号	辨识结果	故障信号	辨识结果
FI1	1	1	1	1
FI2	0	1	0	1
FI3	0	1	0	1
FI4	1	1	0	0
FI5	0	0	0	0
FI6	1	1	1	1
FI7	0	0	0	0
FI8	1	0	0	1
FI9	0	0	1	1
FI10	0	0	0	0
FI11	0	0	0	0
FI12	0	0	0	0

首先,采用基于最差原则的故障信号辨识方法对短路故障信号进行辨识,FI1,FI2,FI3 上游断路器 S1 跳闸,且其下游故障指示器 FI4,FI6 皆有短路故障信号传送,根据故障辨识原则 1,FI1,FI2,FI3 应传送故障信号,故此 FI1 短路故障信号正确,FI2,FI3 属于故障信号漏报情况。FI8 收到短路故障信号,而其上游短路器 S9 并未跳闸,根据故障辨识原则 2,FI8 不应传送故障信号,属于故障误报情况。

A 相电压突降,B,C 相电压突升,FI1,FI2,FI3 下游故障指示器 FI6 传送接地故障信号,根据故障辨识原则 3,FI1,FI2,FI3 应传送接地故障信号。FI2,FI3 未传送接地故障信号,属于接地故障信号

漏报情况。同理,可得出其他故障指示器的故障信号辨识结果。从表 2 可看出,辨识结果与实际情况一致。

然后,采用基于逻辑运算的故障判定方法对各个最小故障判定区域进行故障判定。对于区域 1,FI1,FI2 皆上报短路故障信号, S_{in} 为 1, G_{out} 为 1,根据式(1)与式(2),区域 1 的短路故障逻辑值为 0,说明该区域无短路故障。对于区域 4,FI4 上报短路故障信号, S_{in} 为 1,但其无出域故障指示器,故而 G_{out} 的值为 0,根据式(1)与式(2),区域 4 的短路故障逻辑值为 1,说明该区域发生了短路故障。对于区域 6,FI6 上报接地故障信号,FI7 未上报接地故障信号, S_{in} 为 1, G_{out} 为 0,根据式(1)与式(2),区域 6 的接地故障逻辑值为 1,说明该区域发生了单相接地故障。各个区域的故障判定结果见表 3。

表 3 各个区域的故障判定结果

区域 1	区域 2	区域 3	区域 4	区域 5	区域 6
FI1,FI2	FI2,FI3	FI3—FI6	FI4	FI5	FI6,FI7
正常	正常	正常	短路	正常	接地/短路
区域 7	区域 8	区域 9	区域 10	区域 11	区域 12
FI7	FI8,FI9	FI9,FI10	FI10,FI11	FI11,FI12	FI12
正常	正常	接地	正常	正常	正常

通过表 3 可以看出,区域 6 既发生了单相接地故障,又发生了短路故障,与实际情况相符。

4 结语

基于最差原则的故障指示器故障判定方法以最差情况下的故障信号辨识结果为依据,通过逻辑运算计算各个最小故障判定区域的故障情况,在一定程度上解决了矿区配电网工程中故障信号频繁漏报和误报等非健全信息下的故障判定问题,现场应用效果良好,可较好地满足实际需求。

参考文献:

[1] 张丹洋,周浩.一种用于绝缘子闪络定位的新型无源故障指示器[J].电力系统保护与控制,2012,40(6):119-124.

[2] 陈熙斌,秦立军.配网故障指示器最优配置研究[J].电力系统保护与控制,2014,42(3):100-104.

[3] 倪广魁,杨以涵,鲍海.新型接地故障指示器的设计[J].现代电力,2009,26(6):35-38.

[4] 张宏波,袁钦成.故障指示器在智能电网中的应用[J].能源技术经济,2011,23(1):16-20.

[5] 苏浩益,贺伟明,吴小勇,等.10 kV 电缆故障指示器应用研究[J].南方电网技术,2014,8(1):85-88.

[6] 徐容明. 一种基于故障指示器的配电线路故障自动定位系统[J]. 电力设备, 2005, 6(10): 66-67.

[7] 齐郑, 张善, 杨开增. 10 kV 系统单相接地故障自动隔离与定位技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(2): 27-29.

[8] 李容, 任睿, 宋聚忠. 在配电网中发生单相接地故障时不借助电压互感器计算残余电压角度的方法[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(4): 143-149.

[9] 杜刚, 刘迅, 苏高峰. 基于 FTU 和“S”信号注入法的配电网接地故障定位技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(12): 73-76.

[10] 周强辅, 屈莉莉, 李斌银, 等. 基于故障指示器的配电线路故障自动定位系统研发[J]. 南方电网技术, 2010, 4(5): 96-98.

[11] 齐郑, 高玉华, 杨以涵. 配电网单相接地故障区段定位矩阵算法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(20): 159-163.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 郑涛, 潘玉美, 郭昆亚, 等. 基于免疫算法的配电网故障定位方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(1): 77-83.

[15] 刘文轩, 严凤, 田霖, 等. 基于 LVQ 神经网络的配电网故障定位方法[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(5): 90-95.