

配电网故障定位的改进通用矩阵算法

许奎¹, 张雪松², 杨波¹

(1. 广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004; 2. 平朔煤炭工业公司, 山西 朔州 036800)

摘要: 分析了目前配电网故障定位算法中存在的问题, 针对馈线区域和开关设备拓扑联接关系的网络关联描述矩阵模型, 提出了一种配电网故障定位的改进通用矩阵算法, 该算法在通用矩阵算法的基础上, 对配电网末端故障及多电源复故障问题提出了新的判据, 可快速地定位出故障区域, 同时能确定出隔离该区域所应断开的电源侧开关, 不仅能对配电网单一故障进行定位, 而且能对配电网末端故障以及多电源复故障做出快速、准确的诊断。该算法判据简单, 通过算例证明了该判据的有效性。

关键词: 配电网; 故障定位; 网络关联描述矩阵; 故障判断矩阵; 算法

An improved general matrix algorithm for distribution system fault locating

XU Kui¹, ZHANG Xue-song², YANG Bo¹

(1. School of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Pingshuo Coal Industry Company, Shuozhou 036800, China)

Abstract: The problems existing in current fault location algorithms for distribution networks are analyzed. In view of the network describing incident matrix that depicts topology connection between distribution feeder section and switches, an improved general matrix algorithm is presented. On the basis of general matrix algorithm, this paper gives a new criterion for the problem of the end faults, multi-power sources and complex faults. It locates faulty sections quickly and decides simultaneously which switches on the power source side should be cut off to isolate them. Not only the single fault occurred in distribution network can be located, but also the end faults, multi-power sources and complex faults can be quickly and accurately diagnosed. The criterion of this algorithm is easy, which is proved to be effective by examples.

Key words: distribution network; fault location; network describing incident matrix; fault judgment matrix; algorithm

中图分类号: TM711; TM727.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)03-0006-03

0 引言

随着人民生活水平的提高和经济的发展, 对供电可靠性提出了更高的要求。配电网设备复杂, 用户众多, 覆盖面广, 地理情况变化多样, 因而出现故障时要用较长的时间来查找故障点。配电网自动化是减少停电时间、缩小停电面积从而提高供电可靠性的重要手段。配电系统中大量应用 FTU 等现场监控终端, 为迅速、准确地实现配网系统的馈线自动化功能提供了前提和保障。

文献[1]利用因果网技术定位相间短路故障的方法, 描述了故障元件、继电器、开关之间内在的动作关系, 涉及大量供电设备的资源结构, 因而实用性欠佳。

文献[2]提出了基于现场监控终端的故障定位统一算法, 解决了多电源并列供电系统等复杂配网的故障定位问题, 提高了定位算法的效率, 但其定位结果与配网的局部结构及故障发生位置有关。

文献[3]提出的矩阵算法, 其基本原理是首先生成网络描述矩阵 ($n \times n$ 阶) 和故障信息矩阵 ($n \times n$ 阶), 然后将两矩阵相乘, 并对其规格化处理, 最后形成判别矩阵 P ($n \times n$ 阶)。如果 P 中的元素 p_{ij} 和 p_{ji} 的异或运算结果等于 1, 则可确定 i, j 之间的区段发生了故障。该算法需要两个 $n \times n$ 阶矩阵相乘, 经过异或运算才能得到故障区间, 并且仅限于单电源供电运行方式。

文献[4]提出了多电源复杂配电网的相间故障定位的新算法, 但仅限于单一故障下的故障定位,

并且无法准确定位馈线末端故障。

文献[5]提出的配电网故障定位算法对馈线末端区域故障也同样使用, 并可推广到多电源复故障系统, 但它在修正得到故障区间判定矩阵后, 还须经过判别公式计算比较才能得到故障区间, 判定定理过于复杂。

本文在吸收文献[5]中算法优点的基础上, 针对配电网末端故障及多电源复故障问题提出了新的判据, 能对末端故障和多电源复故障作出迅速、直观的诊断, 避免了故障判定矩阵的修正、运算, 能够满足在线应用的要求。

1 网络描述矩阵

在单电源配电网中, 潮流呈单向流动特性, 把开关设备视为顶点, 则有多少顶点必可确定多少块馈线区域, 每一个顶点都对应着某一区域的唯一源点^[5]。将馈线上的断路器、分段开关当作节点进行编号, 按照文献[5]所述馈线区域编号规则, 各区域编号如图 1 所示, 其中有圈数字为区域编号。依照定义,



图 1 典型配电网

Fig.1 A typical distribution network

其网络描述矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2 故障信息矩阵

根据故障时 FTU 上报的响应开关是否经历了超过整定值的故障电流信息可得故障信息矩阵 G , 在 N 节点网络中它是 n 维列向量, 其元素 g_j ($j=1, 2, \dots, n$) 可定义如下:

$$g_j = \begin{cases} 1 & \text{开关 } j \text{ 经历了故障电流} \\ 0 & \text{开关 } j \text{ 未经历故障电流} \end{cases}$$

图 1 中, 假设馈线区域③处发生故障, 则相应的故障信息向量为

$$G = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0]^T$$

3 故障判断矩阵

网络描述矩阵 D 和故障信息矩阵 G 相乘后得到故障判断矩阵 P , 即: $P = D \times G$ 。若 P 中的元素 p_j 为 1, 物理意义为故障电流只流过区域 j 的源点, 而没有经过区域 j 的功率流出点, 即可判断馈线区域 j 有故障, 故障隔离时应断开区域 j 的源点 j 节点。若 p_j 为 0, 物理意义为故障电流从区域 j 的源点流进, 又从它的功率流出点出来或区域 j 无故障电流经过, 则判断区域 j 无故障。图 1 例子中的故障判断矩阵 P 为:

$$P = D \times G = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$$

则判定馈线区域③为故障区间, 应断开区域④的源点 4 节点, 与假设相符。

若故障发生在馈线末端区域⑥处, 则故障信息向量为

$$G' = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

故障判断矩阵

$$P = D \times G' = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

判断仍然正确。

4 算例

考察如图 2 所示的三电源并列供电模式下存在有三重故障的馈线网络, 为了不失一般性, 图中有意打乱了编号顺序。设故障点为 K_1, K_2, K_3 。

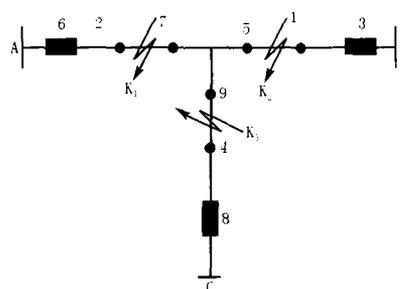


图 2 三电源并列供电模式

Fig.2 Supply mode of distribution network with three sources

设 C 为供电电源, 并取该电源供电时潮流方向为全网参考正方向, 同时对开关与馈线区域统一编号, 如图 3 所示, 则

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

依照文献[5]的定义, 在多电源并列供电情况下, 故障信息向量元素定义为:

$$g_i = \begin{cases} 1 & \text{第}i\text{个节点开关存在故障过} \\ & \text{流且与全网参考正向一致} \\ 0 & \text{第}i\text{个节点开关没有故障过} \\ & \text{流或与全网参考正向相反} \end{cases}$$

可知, 在正方向下, 图3的故障信息向量

$$G = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$$

则故障判断矩阵

$$P = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

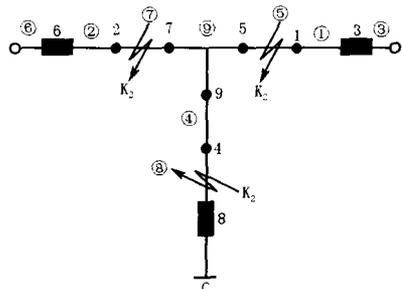


图3 C为供电电源时的故障定位

Fig.3 Fault locating when C is the power source

从而可得区域④有故障, 应断开区域④的源点4节点。

再分别假设A和B为供电电源, 可以求得区域⑦和区域⑤都为故障区域, 应断开它们的源点1和2节点。

5 结论

本文从故障判断矩阵出发, 改进了通用矩阵算法, 运算量更小, 判据更加简单, 满足在线应用的需求。该算法适用于放射状网络和多电源并列供电

系统, 对网络中任何区段的故障都能准确判断并隔离。

参考文献

- [1] 曹冬明, 邓佑满, 张伯明, 等. 一种新型故障定位方法的研究[J]. 中国电力, 1999, 32(5): 36-38.
CAO Dong-ming, DENG You-man, ZHANG Bo-ming, et al. Study on a New Method of Fault Locating[J]. Electric Power, 1999, 32(5): 36-38.
- [2] 朱发国, 孙德胜, 姚玉斌, 等. 基于现场监控终端的线路故障定位优化矩阵算法[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(15): 42-44.
ZHU Fa-guo, SUN De-sheng, YAO Yu-bin, et al. Optimized Matrix Arithmetic of Line Fault Location Based on Field Terminal unit[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(15): 42-44.
- [3] 刘健, 倪建立, 杜宇. 配电网故障区段判断和隔离的统一矩阵算法[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(1): 31-33.
LIU Jian, NI Jian-li, DUYu. A Unified Matrix Algorithm for Fault Section Detection and Isolation in Distribution System[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(1): 31-33.
- [4] 卫志农, 何桦, 郑玉平. 配电网故障定位的一种新算法[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(14): 46-50.
WEI Zhi-nong, HE Hua, ZHENG Yu-ping. A Novel Algorithm for Fault Location in Power Distribution Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(14): 46-50.
- [5] 张钊. 配电网故障定位的通用矩阵算法[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(5): 40-43.
ZHANG Zhao. General Matrix Algorithm for Distribution System Fault Locating[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(5): 40-43.

收稿日期: 2006-08-22; 修回日期: 2006-11-14

作者简介:

许奎(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动控制技术; E-mail: xukui102618@163.com

张雪松(1973-), 男, 工程师, 现主要从事变电站综合自动化工作;

杨波(1977-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动控制技术。