

计及容错的配电网故障定位新算法

徐青山¹,唐国庆¹,张 欣²

(1. 东南大学 电气工程系,江苏 南京 210096;
2. 江苏省电网调度通讯中心,江苏 南京 210024)

摘要: 利用增广故障信息阵以及三态标识法提出了故障定位的新判据,即将电源节点作为增广节点考虑形成网络描述矩阵,再分别根据故障信息节点是否通过故障电流以及馈线终端单元 FTU (Feeder Terminal Unit) 本身故障三种状态形成故障判定矩阵的对角元素,继而进行故障定位。还给出了 FTU 信息上传失败以及上传错误两种情况下的判定。该方法有效地解决了线路末端故障以及 FTU 本身故障的问题,无需复杂的矩阵乘运算以及规格化处理,可满足实时性要求。

关键词: 电力系统; 配电网; 故障定位; 增广故障信息矩阵

中图分类号: TM 711; TM 727.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)06-0031-03

0 引言

基于馈线终端单元 FTU (Feeder Terminal Unit) 馈线开关远程式终端的配电网馈线自动化是目前配电网馈线自动化技术发展方向。随着城区配电网结构和硬件设施的进一步完善,对配电网的可靠性要求也越来越高,而 FTU 等现场监控终端在配电网中的大量应用也为提高配电自动化特别是故障的定位和隔离提供了前提。文献[1,2]给出了配电网故障定位的矩阵算法,基本思路是生成对称的网络描述矩阵和故障信息矩阵,将两矩阵相乘的结果进行规格化处理,根据判别矩阵中的 a_{ij} 和 b_{ij} 的异或运算结果确定故障区段。这种算法需要矩阵相乘,而且规格化处理还随着电源数的增加需要相应的扩展,运算量大,处理时间长。文献[3]提出的配电网故障定位算法适用于任意多个电源的复杂系统,无需作矩阵相乘的计算,也无需作规格化处理,判断原理简单直观,但它不能解决线路末端的故障问题。文献[4]提出以故障电流是否连续作为判据考虑 FTU 数量不足即故障信息不全时的配电网故障定位,但对 FTU 本身故障情况下的处理没有作相应的考虑。其他使用 AI 理论方法研究故障区段的文献也有很多,如高级遗传算法, Petri 网理论等^[5-8],但相应涉及的处理以及判据都比较繁琐。

本文针对线路末端故障以及 FTU 本身故障的情况提出一种配网故障定位新算法,通过建立增广故障信息阵以及三态标识法进行故障的准确定位,适用于任意多个电源的复杂系统,也无需复杂的矩阵乘运算以及规格化处理,判断原理简单、直观,可满足实时性要求。

1 基本原理

为使算法同样能够适用于任意多个电源,本算法基于文献[1]在对网络拓扑和故障信息描述时都考虑了有向性。首先,生成描述配电网拓扑结构的网络描述矩阵 D ,再根据故障情况下 FTU 检测到的各断路器、开关的故障电流的有无及方向,相应设置矩阵 D 中对角元素的值;依据三态标识法修正故障信息矩阵 D_f 。最后依据 D_f 判断故障区间,并给出足够的 FTU 本身的故障信息。判定条件是故障判定的充分条件,无需进行规格化处理。

1.1 网络描述矩阵 D

以常开型联络开关为分界点对配电网进行分区处理,仅选择含有故障信息的区间进行运算。为了消除常规矩阵算法的末端故障盲区,除了该区间馈线上的断路器、分段开关以及常闭型联络开关以外,将电源点以及线路末端视作增广节点一并进行编号。设有 N 个节点(包括普通节点以及增广节点),则可根据馈线上假设的正方向确定各节点的有向连接关系构造一个 N 维方阵,这就是网络描述矩阵 D 。对于单电源网络,馈线的正方向就是线路功率的流出方向;对于多电源网络,可假定该网络只由其中某一个电源供电(该电源可以任意选取),馈线的正方向就是由该假定电源向全网供电的功率流出方向。

网络描述矩阵中的元素定义为

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{节点 } i \text{ 与节点 } j \text{ 之间存在馈} \\ & \text{线且馈线正方向由 } i \text{ 指向 } j \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

图 1 为环网闭环运行模式,以自电源 A 流向电源 B 为假定正方向,其网络描述矩阵为

其中矩阵的最后3行与3列分别代表增广的电源节点 A, B 以及 C 。

情形一:区间末端故障的情况。假使节点9处区外故障,依照文献[1~4]中的故障判据是不能处理这种类型的故障的,由于网络描述矩阵中添加了增广节点, $d_{99}=1, d_{9C}=1, d_{CC}=-1$ (约定数值),很显然满足故障判定原则的充分条件。

情形二:FTU故障或错误上传故障信息。设节点8与10之间故障,但节点2上的FTU无故障信息上传或上传了无故障的错误信息,传统方法就会误判节点6与节点2之间也有故障发生,依据提出的故障判据, $\sum_{i \in \Theta} d_{ii}=1>0, \sum_{k \in \Omega} d_{kk}=2>0$,其中 Θ, Ω 分别为节点2的所有前向和后向节点集合,所以可判定节点2处FTU本身故障,其上应有故障电流通过,从而防止了故障的误判。

3 结论

本算法适用于单一故障下的故障定位。通过考虑故障电流方向下的有向连接关系,计及增广电源节点的网络描述,运用三态标识法描述故障判定矩阵,可准确地判定个别FTU本身故障情况下的故障区间。判定原理设计明了,运算处理简单,实时性好,完全可以满足在线应用的需要。可适用于单电源树状网或多电源复杂配电网。

参考文献:

- [1] 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):48-50.
WEI Zhi-nong, HE Hua, ZHENG Yu-ping. A novel algorithm for fault location in power distribution [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2001, 25(14): 48-50.
- [2] 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, DU Yu. A unified matrix algorithm for fault section detection and isolation in distribution system [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 1999, 23(1): 31-33.

- [3] 周羽生,周有庆,戴正志.基于FTU的配电网故障区段判断算法[J].电力自动化设备,2000,20(4):25-27.
ZHOU Yu-sheng, ZHOU You-qing, DAI Zheng-zhi. Algorithm for fault section judgement in power distribution network based on FTU [J]. *Electric Power Automation Equipment*, 2000, 20(4): 25-27.
- [4] 陈鹏,滕欢,滕福生.故障信息不足时配电网故障定位的方法[J].电力系统自动化,2003,27(10):71-72.
CHEN Peng, TENG Huan, TENG Fu-sheng. Research of load forecasting system based on Internet/Intranet [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2003, 27(10): 71-72.
- [5] LO K L, NG H S. Power systems faults diagnosis using Petri nets [J]. *IEEE Proceeding Generation, Transmission and Distribution*, 1997, 144(3): 231-236.
- [6] 卫志农,何桦,郑玉平.配电网故障区间定位的高级遗传算法[J].中国电机工程学报,2002,22(4):127-130.
WEI Zhi-nong, HE Hua, ZHENG Yu-ping. A refined genetic algorithm for the fault sections location [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2002, 22(4): 127-130.
- [7] 孙雅明,吕航. Petri网和冗余纠错技术结合的配网故障区段定位新方法[J].中国电机工程学报,2004,24(10):61-67.
SUN Ya-ming, LÜ Hang. A new approach of the fault section locating for distribution systems based on Petri nets combination with redundant correcting technique [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2004, 24(10): 61-67.
- [8] HADJICOSTIS C, VERGHESE G C. Power system monitoring using Petri net embedding [J]. *IEEE Proceeding Generation, Transmission and Distribution*, 2000, 147(5): 299-303.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

徐青山(1979-),男,江苏姜堰人,博士研究生,主要研究方向为电力系统故障的诊断与恢复(E-mail: xu_qingshan@sohu.com);

唐国庆(1937-),男,上海人,教授,博士研究生导师,主要从事人工智能、电力电子在电力系统中应用方面的研究;

张欣(1978-),男,江苏南京人,助理工程师,主要从事电力系统的调度工作。

Error-tolerated fault locating algorithm of power distribution network

XU Qing-shan¹, TANG Guo-qing¹, ZHANG Xin²

(1. Dept. of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Jiangsu Electric Power Dispatching and Communication Center, Nanjing 210024, China)

Abstract: Using enlarged fault information matrix and three-status-identifier method, a new fault locating criterion for distribution system is presented, in which the source nodes are taken to construct network description matrix and the diagonal elements of fault judgment matrix is formed in accordance with the three states (positive fault current, no or negative fault current, and FTU error) to prosecute the fault location. Two FTU conditions (uploading failure, incorrect message) can be estimated. The algorithm effectively resolves the problem of fault location of line terminal and FTU error. Since it does not need burdensome matrix multiplication and unification, it can be used in real-time applications.

Key words: power system; distribution network; fault locating; enlarged fault information matrix