

基于配电网故障区域辨识的定位算法

张 钊,陈 昊,牛桂东
(东南大学 电气工程系,江苏 南京 210096)

摘要: 提出了配电网故障区域辨识的定位算法。该算法根据馈线终端单元 FTU(Feeder Terminal Unit)上传的电流信息有效地推导出配电网归一化区域负荷电量,从而进行过热区域搜索判别出故障区域。给出了算法原理及实例推导,结果表明该算法有效。该算法亦可适用于末梢馈线段故障及并列多重故障的定位场合。

关键词: 故障定位; 馈线区域; 通用算法

中图分类号: TM 744 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)03-0083-02

1 配电网故障区域判别

当配电网中出现故障时,需要迅速确定故障的位置,以便及时处理。文献[1,2]均以馈线终端单元 FTU(Feeder Terminal Unit)监控终端上传的过流信息进行故障定位。其故障区域定位都是通过对比各馈线区域功率流向上下游两侧各开关流经的过流状态得出,故不能直接正确定位网络树状分支末端(对应 1 个节点)的故障。此外,文献[1,2]均利用 FTU 过流状态(0 或 1)定位故障区域,当配网 T 型馈线区域内 K_1 处故障与区外 K_2 处故障并存时,如图 1 所示(图中 1~4 代表 4 个 FTU),根据判据只能判别区外故障 K_2 的存在,而分辨不出 K_1 处故障的有无。

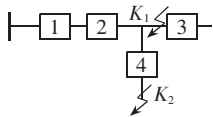


图 1 配电网中的 2 重故障
Fig.1 Double faults in a distribution network

针对上述情况,若基于 FTU 上传的电流值(模拟量)具体计算出每一区域的区域负荷,则可通过过热区段的判别直接定位故障区域。下面将针对实例详细说明本算法进行故障区间定位的应用。

2 算法基本原理

2.1 网络描述矩阵 D

由于配电网的辐射型特点,对任一馈线的两端节点,定义功率注入点为父节点,功率流出点为子节点。对于任一子节点有唯一的父节点,而对任一父节点可以有 0 个、1 个或多个子节点。

将配电网上的断路器、分段开关和联络开关当作节点进行编号。设有 N 个节点,则可构造一相应的 N 维方阵 $D=[d_{ij}]_{N \times N}$,称之为网络描述矩阵,它反映了整个配电网的拓扑连接关系。若节点 i 和节点 j 之间存在一条馈线,且节点 j 为节点 i 的子节

点,则 $d_{ij}=1$,否则 $d_{ij}=0$ 。

图 2 为一典型的辐射状配电网(1~6 为 FTU 监测终端),假定故障发生在图中 K_1, K_2 处,其中 K_2 处故障位于馈线分支末端区域。各节点 FTU 上报负荷如括号中数字所示。

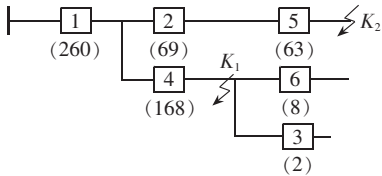


图 2 典型配电网
Fig.2 A typical distribution network

根据以上的形成规则,网络描述矩阵 D 为

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

2.2 顶点负荷向量 V_l

发生故障后,根据每个节点 i 上的 FTU 均将其经历的顶点负荷(电流) l_i 置 V_l 向量(N 维)中的元素 $V_{li}=l_i$ 。根据图 2 得:

$$V_l = [260, 69, 2, 168, 63, 8]^T \tag{2}$$

2.3 区域负荷向量 L_p

配电网潮流呈单向流动特性,若将各分段开关视为顶点则有多少顶点必可相应确定多少块馈线区域,即任一顶点必对应着一以该顶点为源点的区域,这一区域可以是 T 接点区域或为一般的馈线段区域。其确定也较简单:在矩阵 D 中,若 i 行中有元素 $d_{ik}, d_{il}, \dots, d_{im}$ 为 1,则该行对应着以 i 点为源点, $k, l, \dots, m$ 为子节点区域 $P(i)$ 。若 $\deg(i) = \sum_{j=1}^N d_{ij} > 1$,区域 $P(i)$ 为一 T 接点区域;若 $\deg(i)=1$,区域 $P(i)$ 为一般馈线段区域;若 $\deg(i)=0$,区域 $P(i)$ 对应为一末梢馈线区域。

下面仍将利用图 2 示例由网络描述矩阵 D 、顶点负荷向量 V_l ，计算形成区域负荷向量 L_P 。

2.3.1 先找规律

根据图 2 可得：

$$\begin{aligned} l_{P(1)} &= l_1 - l_2 - l_4, & l_{P(2)} &= l_2 - l_5 \\ l_{P(3)} &= l_3, & l_{P(4)} &= l_4 - l_3 - l_6 \\ l_{P(5)} &= l_5, & l_{P(6)} &= l_6 \end{aligned}$$

因此

$$L_P = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ l_4 \\ l_5 \\ l_6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} l_2 + l_4 \\ l_5 \\ 0 \\ l_3 + l_6 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.2 归纳总结

由 2.3.1 中表达式进行归纳，不难推出区域负荷向量的一般公式表达为

$$L_P = EV_l - DV_l = (E - D)V_l \quad (3)$$

式中 E 为 D 同阶的单位阵。

结合本例有

$$L_P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 260 \\ 69 \\ 2 \\ 168 \\ 63 \\ 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23 \\ 6 \\ 2 \\ 158 \\ 63 \\ 8 \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.4 过热馈线区域搜索

已知上述典型配电网络所对应区域额定负荷向量为

$$L_e = [40 \quad 10 \quad 10 \quad 30 \quad 10 \quad 10]^T \quad (5)$$

由式(4)(5)可计算得归一化区域负荷向量为

$$L_{Pe} = [57.5 \quad 60 \quad 20 \quad 527 \quad 630 \quad 80]^T \quad (6)$$

由式(6)的归一化向量立即可看出第 4,5 号元素所对应的馈线区域 $P(4)$, $P(5)$ 为故障区域，应断开各自区域的源点节点 4 及节点 5 加以隔离。从中

可以看出判断结果与假设相符，从而证明了该算法应用于配电网故障定位的可行性。该算法对馈线末梢区域处故障及任意区域并存的多重故障可精确定位，弥补了以往故障区域定位的不足。

3 结论

利用 FTU 监控终端上传的电流信息向量和反映配网拓扑结构的网络描述矩阵进行矩阵运算，通过搜寻过热馈线区域的方法直接定位故障区域。实例计算验证了该算法的正确性。本算法对网络任意区段、任意多处的故障均能准确定位。

参考文献：

- [1] 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.
- [2] 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 new algorithm for the fault sections location [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2001, 25(14):48-50.
- [3] 刘健,毕鹏翔,董海鹏. 复杂配电网简化分析与优化[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 夏雨,姚月娥,刘全志. 配电网故障定位和隔离的新统一矩阵算法[J]. 高电压技术,2002,28(3):4-5.
XIA Yu, YAO Yue-e, LIU Quan-zhi. A new general matrix arithmetic on the location and isolation of the fault section in power distribution networks [J]. *High Voltage Engineering*, 2002, 28(3):4-5.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介：

张钊(1978-),男,安徽芜湖人,硕士研究生,研究方向为电力系统仿真及配网自动化;

陈昊(1980-),男,江苏南京人,硕士研究生,研究方向为电力系统负荷预测及配网自动化;

牛桂东(1979-),男,安徽界首人,硕士研究生,研究方向为企业信息化、系统集成。

Distribution network fault locating based on faulty section identification

ZHANG Zhao, CHEN Hao, NIU Gui-dong

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

Abstract: A locating algorithm based on faulty section identification is presented. According to the current information transmitted from FTUs (Feeder Terminal Units), the unitary area load vectors of distribution network is deduced, and the faulty section is detected effectively by searching for the over-heated areas. The principle of the algorithm is explained and a deduction example is offered, which shows it effective. It also works for branch-end faults and parallel multi-faults.

Key words: fault locating; feeder zone; general algorithm