

配电网故障快速定位及图形显示软件系统的设计

郝玉东¹, 包宇喆², 杨淑霞³, 姜 燕⁴

(1. 郑州牧业工程高等专科学校 信息工程系, 河南 郑州 450011; 2. 郑州供电公司变电检修部, 河南 郑州 450001; 3. 三门峡供电公司, 河南 三门峡 472000; 4. 禹州供电公司, 河南 禹州 461670)

摘 要: 针对中压电力线路发生故障后查找时间长、排除难的问题, 提出了树形拓扑结构与监控节点矢量信息运算相结合的中压电网故障线路自动定位及图形显示软件系统设计方案。详细分析了监控节点在软件中的命名规则及其矢量信息的设置方法, 提出了判断故障线路和线段的方法。判断结果通过控件 Mapobject 用色彩显示, 直观方便。现场运行证明了上述方案的正确性和可行性, 故障定位快速, 图形显示准确, 为故障处理提供了方便。

关键词: 故障定位; Mapobject 组件; 拓扑结构; 中压电网; 节点

中图分类号: TM76

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.03.013

0 引言

目前国内中压配电网一般采用 35, 20, 10, 6 kV 等电压等级, 中压配电网一般采用中性点非直接接地方式, 即小电流接地系统^[1-4], 而农村配电网主要指 10 kV 电压等级, 10 kV 线路由于数量多、分布面广、运行环境复杂, 尤其是架空裸导线受气候等因素影响较大, 经常发生单相接地故障或短路以及断线故障^[5-6], 中断对电力用户的供电。

随着经济发展以及人民生活水平的提高, 电力用户对供电可靠性的要求越来越高, 10 kV 中压电网的可靠运行是电网可靠性考核的重要指标。据统计, 因电网故障而导致的停电占整个停电时间的 80% 以上, 其中由于线路故障而导致的停电达到 60% 以上, 由于配电网分布面广, 情况复杂, 配电网故障占有较大比重, 配电网故障处理中, 查找故障的时间占整个故障处理时间的 70% ~ 90%, 由于线路的互联以及电源布点较多, 配电线路呈现网状结构, 而不是原来的单辐射拓扑结构, 故障查找更加困难, 因此如何实现配电网故障的准确定位、快速查找对提高配电网供电可靠性具有重要意义。

1 配电网故障查找的一般方式

当某条 10 kV 线路发生故障时, 运行人员一般会从变电站出发沿着线路一个杆塔一个杆塔找下去, 凭借经验进行判断, 甚至需要登上杆塔进行查看, 或者利用线路的分段开关一段一段进行隔离, 既要多次停电, 又会对设备造成多次冲击, 减少设备寿命, 由于运行及成本等原因, 只能将线路分成有限的几段, 查找故障的工作量依然很大。

由于 10 kV 线路分段多, 线路型号不一, 一般难以准确进行故障测距或定位, 故障查找起来非常困难, 例如河南某乡镇供电所 10 kV 配电网故障, 查找了近 50 h 才确定故障的位置。

2 系统结构图

笔者利用 10 kV 架空线路连接点(节点)上安装的故障无线分机、载波分机、GSM 分机等设备检测 10 kV 线路各种故障信息, 故障检测分机检测到的信息通过无线、通用分组无线业务(GPRS)无线通信网络或载波有线网络送至相应的主机(载波、无线、GPRS), 主机再将其接收到的故障信息送至乡所的故障定位工控机, 通过工控机的处理分析, 就可以实现线路故障的快速自动定位, 确定故障点的具体位置, 为故障查找处理

收稿日期: 2011-12-29; 修订日期: 2012-03-06

基金项目: 河南省教育厅资助项目(2009A410001)

作者简介: 郝玉东(1962-), 男, 郑州牧业工程高等专科学校副教授, 硕士, 主要从事电力系统监控及计算机应用等方面的研究工作, E-mail: WBQL_5876@126.com.

提供便利。

整个系统由故障分机检测节点、接收故障信息主机、通信系统网络(无线和有线)和故障自动定位系统工控微机组成,如图1所示。

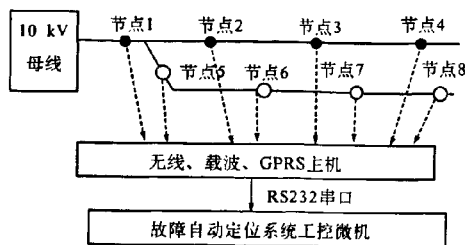


图 1 系统工作原理图

Fig. 1 Working principle of system

在图 1 中,虽然列出了多种分机和主机,但是可以在一个乡级变电所中灵活组合使用,像堆积木一样。根据实际情况,选择相应的分机和主机,例如,一个乡级变电所很大,有些节点比较远且分布复杂,用载波通信就不容易实现,因为载波机通信距离相对比较近,且不适合分支比较多的线路。这种情况下用 GPRS 分机和主机比较合适。

有关各节点故障信息的检测原理,由于篇幅限制不再赘述,可参见文献[7].

3 软件实现故障自动定位的方法

根据各检测节点上报的故障信息,利用故障定位矩阵算法可以定位出故障区段^[8-9].采用笔者设计的简单方法可以判断故障最可能发生在哪一段线路上,并且在乡所的电网线路电子地图上用红色线条显示出来.这种简单故障定位方法的软件实现,首先要对监控点进行命名,并要遵守一定的规则,其次要对监控点信息进行正确设置.

3.1 监控点命名规则

将整个 10 kV 配电网系统抽象成一个树状结构, 树状结构的根节点为“乡变电所”, 10 kV 电网系统中的所有配电变压器和线路网中的交叉点称为节点。把整个树形结构从上到下进行搜索, 可以采用多种树形结构搜索方法, 按搜索顺序对搜索的节点依次从 1 到 N 进行编号, 搜索的结果要保证对于任意一个节点来说, 从“变电所”根节点到该节点的路径只有一条(可以看作一个矢量, 在这个矢量上的节点称为矢量点), 在该矢量上的所有节点的编号都比该节点的编号小, 或者说该节点编号比从“变电所”根节点到达该节点矢量上的任意一个节点的编号大, 这样可得一个

简单配电网的节点编号示意图,如图2所示.

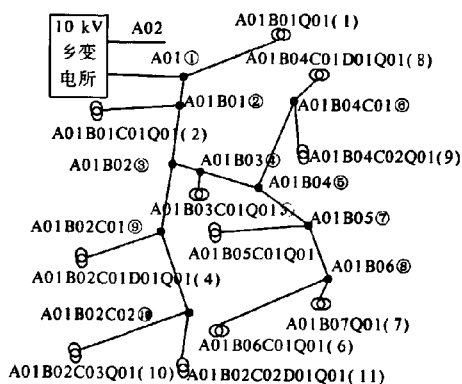


图 2 配电网络的节点编号图

Fig. 2 The graph of numeral nodes for distribution network

其中,图2中带Q01(或编号为(1)、(2)、...)的节点为配电变压器节点,并假定全部安装有故障检测装置^[10-11],其它节点(编号为①、②、...)则没有安装故障检测装置.节点的命名还可有其它形式,但必须遵循以下原则.

(1) 层次不重复, 所有节点 (包括叶点和终点) 都可以找回去, 即倒推到根节点. 如图 2 中的 A01B02C02D01Q01 终点 (编号为 ⑪), 有 4 个层次 (A, B, C, D), Q 不代表层次, 只是终点标志而已, Q01 不参加运算, D 后面的序号 $01 - 1 = 0$, 倒推到节点 A01B02C02 (编号为 ⑩), 该节点的 C 后面的序号 $02 - 1 = 01$, 倒推到节点 A01B02C01 (编号为 ⑨), 依次类推, 可以倒推到节点 A01 (编号为 ①), 即根节点.

(2)故障检测装置如果报出故障信息,则其所在的终点不参加矢量“或”运算,或者将其所在的矢量终点处的“信息位”置为0参加“或”运算,“或”运算完成后,此终点处的值将为0。

(3) 主干线以 $A01, A02, \dots, A_n$ 代表, 其中, 前面的字母 A 可以用其它字符代替, 如 zhu01 等, n 代表主干线的序号, 只能是数字编号。

(4) 次级干线以 $A01B01, A01B02, A02B01, A02B02, \dots, A_nB_n$ 代表.

(5) 第三级干线(或称为支线)以 $A01B01C01, A01B01C02, \dots, A02B01C01, A02B02C01, \dots$ 代表.

(6)依此类推可以继续分为4级干线甚至5级干线等等。

(7)在最后一级,即终点,本系统编号后面加上 Q01 作为标志(或其它标志),如: A03001.

A02B01C01D01Q01, A02B06C07D08E05Q01 等, 代表配电变压器所在的位置。

(8) 每条线路通常选择节点最多的路径作为此线路的主干线, 每条干线以其开头字母区分, 例如: 主干线路以 A01, A02, A03 等命名, 次级干线则以 B01, B02 等命名, 以此类推, 每条干线的命名的开头字母应有所区别。

(9) 一个节点只允许连接一个父节点(顶点), 即如果实际节点有 M 个子节点(下级顶点)分支, 则该节点应该有 $M-1$ 个节点编号, 例如图 2 中 A01B04 节点即⑤号下有 2 个子节点, 如果它下面再有一个子节点, 则⑤号节点的编号要有两个。

3.2 监控点的信息设置方法

把监控点的路径(矢量)信息设置到一个初始(INI)文件里, 设置的方法举例说明如下:

假设在配电网中有 A, B, C 三台配电变压器, 并装有故障信息检测装置, 该电网中一共有 10 个节点, 编号为 1 到 10, 这里不采用图 2 中分层的标准编号, 前述分层的标准编号(物理编号), 可以转变为普通编号(即 1, 2, 3, ... 或叫逻辑编号)。这里采用普通编号(逻辑编号), “乡变电所”为 1 号节点, A, B, C 三台变压器的编号分别为 7, 9 和 10 号, 从“乡变电所”到 A, B, C 变压器的三条路径(或三个矢量)分别为 1→2→3→4→5→6→7, 1→2→3→4→5→6→8→9, 1→2→3→4→5→6→8→10, 把所有到达变压器的路径节点(或矢量点)信息记录到 INI 文件中, 在该文件中矢量点信息记录的格式如下:

7 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0;

9 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0;

10 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1.

变压器 A, 其编号为 7 号, 从 1 号到 7 号经过 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 号节点, 把经过的节点全部设置为 1, 没有经过的节点全部设置为 0, 对于其它的变压器依次进行同样的操作。假设在某一时刻, 变压器 B 上的监控装置报出故障信息, 导致变压器 B 上的监控装置发出故障信息所在的地方(点)可能是从“乡变电所”到达该变压器路径上的任意一点, 这时把 INI 配置文件中的 9 号结点的信息改为 9 = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 更改后配置文件的内容变成如下:

7 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0;

9 = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;

10 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1.

把 INI 文件中所有记录的各个节点(终点或矢量点)信息进行“或”运算(所有的 1 号节点状态信息进行“或”运算, 所有的 2 号节点状态信息进行“或”运算, 依次类推), 其运算结果为 9 = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1. 按照从“乡变电所”到该变压器的路径反向递推, 如果当前的节点为 0, 前一个节点也为 0, 则两个节点之间没有故障; 如果当前的节点为 0, 前一个节点为 1, 则两个节点之间有故障; 如果当前节点为 1, 前一个节点也为 1, 则正常; 如果当前节点为 1, 前一个节点为 0, 则两个节点之间有故障。

4 故障点的图形显示

根据 3.2 节的分析, 可以知道哪一段线路发生故障。根据编号, 可以用文字描述出来并显示相应的故障信息, 并打印输出, 但是很不直观, 难以引起运行检修人员的注意。使用 Mapobject 组件 + Delphi 软件开发并实现了故障点所在线路的图形自动显示等功能, 可以用图形形象地显示出来。如果采用了配电网地理信息系统(GIS), 则可更好的结合进行故障定位。由于篇幅限制, 这里仅讨论软件开发中的几个关键问题。

(1) 监控点信息的录入。新建监控网主要是在新建图形和增加图形节点时, 对 CAD 图形监控点进行命名, 命名规则按 3.1 小节的规定。对新增监控点, 为保证在图形上准确显示报警信息, 应尽量在节点或顶点的中心位置双击鼠标, 即为了保证信息显示的位置准确。如果配电网 CAD 线路图有变更, 需要使用 AUTOCAD 或其它 CAD 制图软件来更改。

(2) 故障点及线路在 CAD 线路图上显示。由于本管理软件具有智能化的推理引擎, 可以自动识别停电、断线等故障, 并根据故障信息自动判断出哪些线路处于“故障”状态。其中, 故障点, 在图形上用红色圆点标出; 故障线路, 在图形上用红色直线标出。运行管理人员只要一看图形, 就知道故障最可能发生在哪一条线路, 这样就有依据快速准确找到实际的故障杆位。

5 结论

笔者采用的故障判别方法, 可以对线路故障位置准确、快速判断并定位, 并以图形的方式直观显示, 便于运行人员快速查找和处理故障, 最大限度减少故障停电时间, 可以显著提高配电网供电可靠性。对树形结构数据的处理方法具有简单、快

速且容易用软件实现的优点. 系统的运行实践证明, 笔者开发的配电网故障自动定位系统对 10 kV 线路故障查找定位具有显著优势. 可以推广用于县级电网的配网自动监控.

参考文献:

- [1] 要焕年, 曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [2] 李润先. 谐振接地是我国农村电网最理想的接地方式[J]. 高电压技术, 1994, 20(1): 30 - 32.
- [3] NOURI H, WANG C, DAVIES T. An accurate fault location technique for distribution lines with tapped loads using wavelet transform[J]. IEEE Porto Power Tech. Conference Porto Portugal, 2001, 25(3): 164 - 167.
- [4] 郭清滔, 吴田. 小电流接地系统故障选线方法综述[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(2): 146 - 152.
- [5] 吴浩伟, 周桦, 孙朝晖, 等. 电力系统短路故障快速检测方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 88 - 92.
- [6] 齐郑, 张善, 杨开增. 10kV 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, 49.
- [7] 郝玉东, 何保荣, 陈根永. 10kV 电网设备防盗、防损坏系统报警阈值的分析[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(4): 113 - 116.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 郝玉东, 陈根永, 杨建巷, 等. 采用耦合电容器的配电线路远程数据采集器的设计[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 149 - 152.
- [11] 乔淑云, 李德臣. 矿井高压电网防越级跳闸保护系统设计[J]. 徐州工程学院学报: 自然科学版, 2011(4): 66 - 69.

Design of Rapid Automatic Fault Location and Graphics Display Software System of Lines in Distribution Network

HAO Yu-dong¹, BAO Yu-zhe², YANG Shu-xia³, JIANG-yan⁴

(1. Zhengzhou College of Animal Husbandry, Zhengzhou 450011, China; 2. Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450001, China; 3. Sanmenxia Power Supply Company, Sanmenxia 472000, China; 4. Yuzhou Power Supply Company, Yuzhou 461670, China)

Abstract: In view of the long fault localization time and fault clearance in mid-voltage power grid, a simple automatic and graphic positioning scheme of software system is proposed based on a combination of tree-like topological structure and the vector operations of monitoring nodes information for the mid-voltage power grid. The naming rules and vector information settings of the monitoring nodes in software is analyzed. The judge method in which the fault lines and line segment are most likely to occur is presented. And the result displayed by color in mapobject component is easily understood. On-site running proved that the above scheme is correct and feasible, speed of fault localization is fast, and the graphic display is accurate, and thus the system makes fault treatment easier and more convenient.

Key words: fault localization; Mapobject component; topological structure; mid-voltage power grid; node