

基于分区分层模式的集中式馈线 自动化方案研究

王伟¹, 李萌²

(1. 国电南京自动化股份有限公司, 南京 210000; 2. 陕西省地方电力有限公司宝鸡供电分公司, 陕西 宝鸡 721000)

摘要:为了更好地完成配电网故障处理, 对传统馈线自动化系统的程序流程进行了分析, 指出其面向过程的处理方法在处理复杂配电网故障时的不足。采用将监控范围分区和逻辑架构分层的故障处理方法, 达到故障处理程序灵活配置并增强系统应对并发故障等极端情况的目的。

关键词:馈线自动化; 并发故障; 故障定位; 故障隔离; 故障恢复

中图分类号: TP 29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1951(2017)06-0020-03

0 引言

馈线自动化 FA (Feeder Automation) 系统是配电网自动化的重要组成部分, 对于提高供电的可靠性和缩短非故障区的停电时间具有重要意义。FA 系统分为分布式和集中型 2 种, 集中型 FA 系统将采集到的数据传输到主站, 由主站进行故障定位、隔离和恢复供电。

关于集中式 FA 系统的研究已经取得一定成果, 多篇文献从不同角度进行了评述。文献[1]总结了多种传统的故障定位方法, 提出基于 Multi-agent 的智能馈线自动化自愈控制方法; 文献[2]提出 1 种负荷开关与断路器组合的馈线, 并给出了模式化故障处理的建议步骤; 文献[3]考虑由变电站与主控站 2 级控制来实现 FA 功能; 文献[4]提出了配电网大面积断电的供电恢复以及如何生成开关操作顺序。

本文借鉴了文献[3]中将故障区域分为 2 部分的方法, 提出 1 种“监控范围分区, 逻辑架构分层和恢复策略分步”的集中式馈线自动化系统实现方案, 并设计了算例, 验证了该方案的有效性。

1 分区分层模式介绍

分区分层模式的主要思路是对 FA 系统进行监控范围的横向分区和逻辑架构的纵向分层, 使得系统在处理监控范围大、网络结构复杂的系统故障时具有更好的灵活性和可靠性。

1.1 监控范围分区

传统的主站 FA 程序算法启动后, 根据故障信

息进行故障定位和故障隔离, 然后在整个监控范围内寻找与待恢复区域存在电气连接关系的线路, 进而给出故障恢复方案。随着配电网监控范围越来越大, 网络改造、扩容和日常维护逐渐增多, 区域内很有可能在同一时间点发生多处故障。由于传统 FA 程序的一次故障处理范围是整个监控区域, 如果在较短时间内发生多点并发故障, 程序将以一定的时间间隔进行故障分批处理, 在第一批故障尚未处理结束时, 不可以处理下一批故障。这种处理逻辑增加了后续故障恢复方案的完成时间, 进而导致负荷恢复供电的时间变长。

基于上述考虑, 本文将整个监控范围进行分区, 划分的原则可以根据不同的现场使用习惯确定, 如按电源点分区和按行政管理范围分区等。其中, 按电源点分区是指根据供电端点不同进行分区, 按行政管理范围可以市、县、区为单位进行分区。通过对监控范围进行分区, 各个分区可以独立进行故障处理, 增强了系统处理并发故障的能力; 不同的分区可以设置独立的故障处理逻辑, 增强了主站 FA 系统处理故障的灵活性。

1.2 逻辑架构分层

传统的 FA 程序依次完成故障定位、故障隔离, 再遍历故障区域的备用供电线路, 给出故障恢复方案。这种处理逻辑结构简单、步骤清晰, 适用于监控范围内一次接线简单、馈线数量少的主站系统。随着配电网升级改造, 网络结构逐渐复杂, FA 系统需要处理的内容越来越多, 传统 FA 系统面向过程处理逻辑的优势不再明显。针对这一特点, 本文将 FA 系统的逻辑架构进行了分层, 包括: 馈线层、分区层和中心层。

馈线层位于分区层下一级, 处理对象为各条馈

线,负责完成馈线层故障定位、馈线层故障隔离和给出故障点上游区域故障点和电源点之间的区域供电恢复策略。可以同时启动多个馈线层程序,快速完成故障定位和隔离。如果故障点没有备用电源(通过闭合联络开关,可以给该点供电的电源),则故障隔离成功后直接给出故障处理结果。如果馈线层无法完成故障处理,则上报分区层。

分区层的处理对象为整个监控范围内的全部分区,负责完成分区内故障馈线定位、隔离和馈线层故障隔离成功后的故障点下游区域故障点后的失电区域供电恢复。如果相对独立的分区发生并发故障,则可以同时启动多个分区层程序,进行故障处理。若分区层无法完成故障处理,则上报给中心层。

中心层(Center)位于分区层上一级,负责保存全网设备连接关系,更新遥测、遥信、挂牌等信息,维护全网动态拓扑结构;发生故障时,确定故障所在分区,触发对应分区的故障处理程序;当分区层无法完成故障处理时,协调相关区域,完成分区间的故障处理。

1.3 恢复方案

传统 FA 系统的供电恢复方案在故障定位、隔离和恢复程序处理结束之后统一给出。本文参照文献[3]中所提到方法,将故障恢复方案分为 2 步给出,即:故障点上游区域供电恢复和故障点下游区域供电恢复。

故障点上游区域的供电恢复方案是唯一的,只需要完成故障定位与故障隔离之后,合上馈线出口断路器即可。故障点下游区域的恢复供电比较复杂,有时需要考虑负荷拆分和馈线容量裕度等问题。

2 算法流程

分区分层模式程序各分层之间功能明确、相对独立,当其中某层无法完成相应功能时,其他层仍可以完成本层的故障处理工作,增强了系统应对极端情况的可靠性,算法流程如图 1 所示。

3 算例分析

3.1 算法应用介绍

实际配电网系统的连接方式比较复杂,受篇幅所限,本文构建了 1 个虚拟的配电网模型,用以分析分区分层模式的 FA 系统,算例分析如图 2 所示。在图 2 系统中,包括 A,B,C,D,E 5 个区域,分区间由联络开关连接,分区外围虚线用于界定范围,无实际意义。图 2 中未对分区内接线方式进行详细描述,仅简要标明主要元件,其中圆形代表负荷开关,长方形代表断路器,空心为分位,实心黑色为合位。

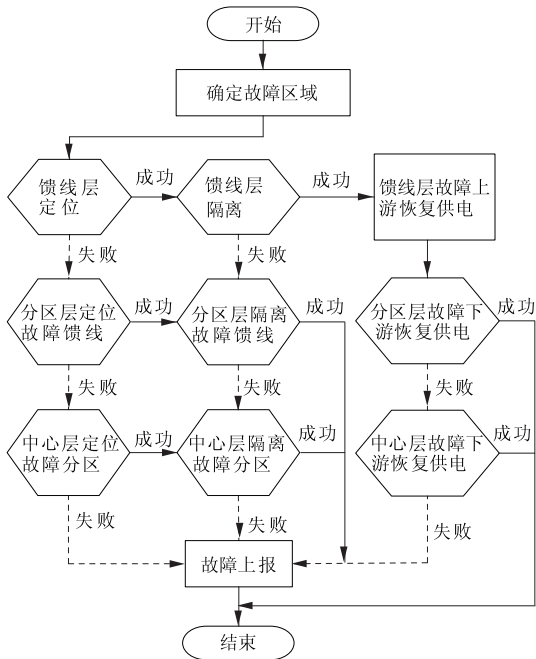


图 1 算法流程

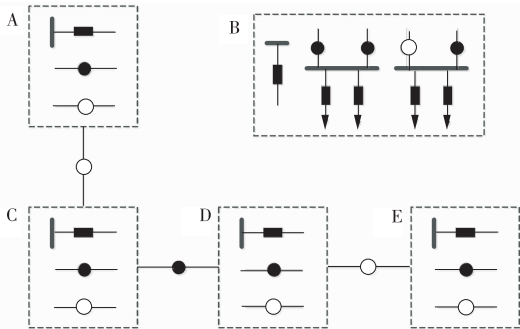


图 2 算例分析

监控范围分区方法比较灵活,有的分区可能和其他分区独立,没有电气连接(图 2 中的 B 区);而区域之间有连接的情况可以分为 2 种,即联络开关分位(A 区和 C 区之间,D 区和 E 区之间)和联络开关合位(C 区和 D 区之间),这 3 种连接状态可依次定义为分区独立、分区间接连通和分区连通。

假设故障发生在分区 B 内,因为 B 区与其他分区独立,此时供电恢复方案只在 B 区内搜索进行,若分区内无法完成则需上报故障;若故障发生在 C 区,故障处理首先在 C 区内进行,由于 C 区与 D 区分区连通,此时中心层将 C 区和 D 区联合,组成新的区域进行故障处理;若仍然无法完成,则将处理区域继续外扩,把与 C 区间接连通的 A 区加入进来,如果还是需要区域外扩,则逐步加入其他可以加入的间接连通分区 E,直到完成故障处理为止;如果中心层无法协调完成故障处理,则将故障上报给上级部门。

在结构复杂的配电网中,同一故障可能会有多种恢复方案,不同 FA 应用现场可能需要不同的

评判标准。按照本文思路将监控范围分区后,不同分区可以根据实际需要执行不同的恢复方案评判标准,增加系统灵活性。

3.2 分区故障处理实例

如图 3 所示,将监控范围分为 2 个分区。假定在短时间内先后在分区 1 内发生故障 1、分区 2 内发生故障 2(间隔时间已满足并发故障条件),现分别按照传统算法与本文算法进行故障处理,并对处理过程进行分析比较。

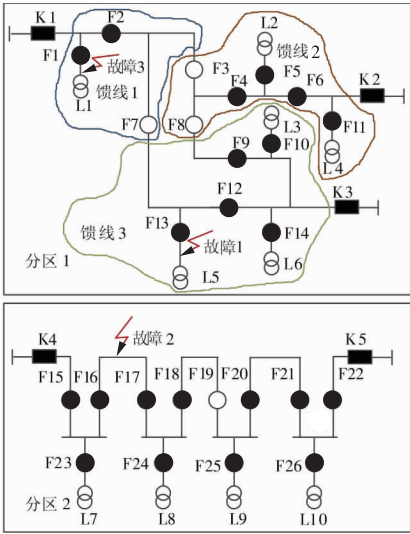


图 3 故障处理实例

由于传统算法没有对监控区域进行分区,当发生 2 处故障时,无法确定故障的隔离策略和恢复策略是否对另 1 处故障的处理产生影响,因此需要先处理第 1 次故障之后,再处理第 2 次故障。图 3 所示为系统构架和故障情况,传统算法需要先将故障 1 进行定位、隔离和恢复之后,再进行故障 2 的处理。如果在处理过程中遇到遥控拒动的情况,则处理时间可能会增加,因而导致处理故障 2 的等待时间很长。

如采用本文算法,将整个监控区域进行分区后,收到故障 1 的信息后,对故障 1 进行处理,若处理过程中收到故障 2 信息,由于 2 个故障所在分区彼此独立,因此可以立刻启动另一个分区的故障处理程序进行故障 2 的处理,不必等待故障 1 的处理过程结束。

3.3 分层故障处理实例

如图 3 的分区 1 所示,先后发生故障 1 和故障 3。传统算法处理时,先对故障 1 进行故障处理,再对故障 3 进行故障处理,即故障 3 的隔离操作要等待故障 1 的故障处理结束之后方可进行。

按照本文算法,将分区 1 进行划分:馈线 1、馈线 2、馈线 3^[5]。划分后,在处理故障 1 的过程中,接到故障 3 的信息,因为 2 故障在不同馈线,可以立即启动另 1 个馈线层程序进行故障 3 的故障定位和故障隔离,达到并发故障时,故障快速定位、快速隔离的目的。

4 结束语

随着配电网的日益复杂,传统 FA 程序的处理方式不再高效。经过将监控范围分区和逻辑架构分层之后,程序的灵活性和可靠性都得到了显著提升,这种分区分层模式在处理范围广、容量大、结构复杂的配电网故障时,优势明显。

参考文献:

[1]高厚磊,庞清乐,李尚振,等. 基于 Multi-agent 的智能馈线自动化自愈控制[J]. 高电压技术, 2013, 39(5): 1218-1224.

[2]刘健,赵树仁,张小庆,等. 配电网故障处理关键技术[J]. 电力系统自动化,2010,34(24):87-93.

[3]王其玉,靳付魁,韩立奎,等. 配电网故障自动定位、隔离与恢复系统的实现[J]. 电工技术,2004(7):38-41.

[4]刘健,石晓军,程红丽,等. 配电网大面积断电供电恢复及开关操作顺序生成[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):76-79.

[5]江南,谢聿琳,侯俊平,等. 电缆架空线混合线路重合闸投切方式[J]. 电力系统自动化,2010,34(3):112-115.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

王伟(1983—),男,吉林吉林人,工程师,工学硕士,从事配网自动化方面的研究工作(E-mail:tom-wei.wang@sac-china.com)。

如何使用平面角单位符号“°”“′”“″”

平面角的非 SI 单位度、[角]分、[角]秒是我国的法定计量单位,其符号“°”“′”“″”是法定符号。由于它们的特殊性,使用时应注意以下几条。(1)不是字母符号,须置于右上标,表示量值时数值与符号间不留间隙,如 30°。(2)表示一个平面角的量值时,可同时使用 2 或 3 个单位,例如 $\alpha = 25^{\circ}20'$, $\beta = 18^{\circ}15'30''$ 。(3)与其他单位构成组合单位时,符号上需加圆括号,如 10 (°)/min。(4)书写平面角的量值范围时,第 1 个量的单位符号不应省略,如 10°~15°不应写为 10~15°。(5)不应将“′”“″”用于表示时间,如 35 min 28 s 不得写为 35'28"。(6) GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写》建议:“平面角宜用单位(°)表示,例如,写作 17.25°不写作 17°15'。”即“度”最好按十进制细分。