

配电网馈线自动化故障处理模式的比较及优化

孙福杰, 王刚军, 李江林

(北京许继电气有限公司, 北京 100085)

摘要: 馈线自动化的故障处理是配电自动化的重要功能。对目前的馈线自动化模式进行了分类、比较和分析, 评述了其优缺点和适应场合; 在综合各种模式的基础上, 提出了最优馈线自动化故障处理模式。

关键词: 馈线自动化; 模式; 故障处理; 通信

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)08-0017-04

1 引言

随着现代化社会和国民经济的快速发展, 人们对电能的质量和可靠性提出了更高的要求; 在这种情况下, 传统的配电网结构、设备、运行和管理等方式已不适合电网增长的需求, 配电网与用户需求之间的矛盾日益突出^[1]。因此, 加强配电网的建设, 提高配电网的管理水平, 全面实现配电自动化成为一项迫切的任务。

配电自动化(DA)是一项集计算机技术、通信技术、控制技术和现代化设备及管理于一体的综合信息管理系统, 其目的是提高配电网的供电可靠性, 改进电能质量, 向用户提供优质服务, 降低运行费用, 减轻运行人员的劳动强度^[2]。配电系统自动化包含的功能很多, 但主要集中在以下五个方面, 即监视控制与数据采集(SCADA)、自动绘图/设备管理/地理信息系统(AM/FM/GIS)、故障处理(馈线自动化FA)、负荷管理(LM)和高级应用软件。

在配电网自动化的所有功能中, 馈线自动化的功能是在故障发生时, 迅速判断、隔离故障区段并恢复非故障线路供电, 它是配电网自动化的核心控制功能。由于馈线自动化存在的控制模式较多, 而选择不同的控制模式关系到企业的资金投入、供电可靠性和收益回报等重要问题, 因此馈线自动化成为目前国内配电网自动化中争论最多的焦点。

2 馈线自动化模式的分类

根据故障处理方式的不同, 馈线自动化可以分为两种模式, 即(故障)分布处理和集中控制。根据故障处理时是否需要通信, 分布处理模式又可分成两种类型: 无信道分布处理和有信道分布处理。其中, 前一种类型在故障处理时只利用 FTU 自身检测的故障信息做出判断和动作, 因此又可称为基于点

保护的分布处理; 后一种类型在故障处理时除了利用 FTU 自身采集的信息外, 还利用了系统中其他信息作出判断和动作^[3], 又称为基于面保护的分布处理。馈线自动化模式的分类如图 1 所示。

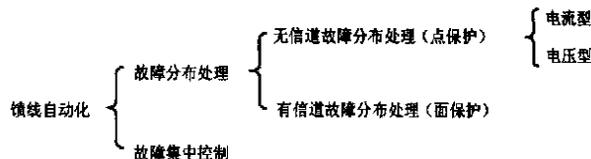


图1 馈线自动化模式分类

3 馈线自动化模式的比较

3.1 无信道(点保护)故障分布处理

配电系统发生故障后, 该模式通过安装在馈线上的重合器/分段器与变电站出线断路器(具有重合闸功能)的动作配合实现故障的判断、隔离与恢复非故障线路的供电, 整个故障处理过程无需通讯与子站/主站系统的参与。根据故障判断原理的不同, 该模式又分为电压时间型和电流计数型两种。

3.1.1 电压型故障处理(断路器/重合器+电压-时间型分段器)

该模式的工作原理是: 变电站出线处安装断路器(带重合闸功能)或重合器, 馈线以电压-时间型分段器(通常是带控制器的负荷开关)分段。当线路出现故障时, 断路器/重合器分闸, 分段器完全失压后跳闸, 断路器/重合器延时重合, 分段器依次按时限顺序延时 X 时间自动合闸, 若再次合闸到故障区段, 断路器/重合器分闸, 最靠近故障区段的电源侧分段器因为在合闸后 Y 时间又检测到失压而跳闸并闭锁, 实现故障隔离; 断路器/重合器第 2 次重合, 恢复电源侧非故障区段的供电; 联络开关(正常时处于常开状态)在检测到一侧失压后可以延时合闸, 恢复负荷侧非故障区段的供电。

这种故障处理模式最早出现在日本 60 年代的配电网中,通过采用智能化更高的二次控制设备和更好的配合方式,该模式现在已经有了较大进步,主要表现在:

1) 在断路器/重合器第一次重合闸完成后,可以同时实现故障区段电源侧和负荷侧两端的闭锁,避免了联络开关再次合闸到故障区段,与传统的“断路器/重合器+电压时间型分段器”相比,该模式在故障恢复过程中已经不会造成非故障区段的无谓停电;

2) 具有分段器、重合器和联络三重功能的联络开关的采用,也进一步提高了该模式对故障处理的灵活性^[4]。

3) 利用故障后出线重合器/断路器快速重合闸与分段器失压后延时分闸相配合,可以迅速切除瞬时性故障,无需逐级延时合闸^[4];

4) 出线开关后第一个分段开关的分闸并闭锁判据改为“失压后短时间内又检测到过流”^[5],这样可减少一次延时合闸时间,对于分段较少的馈线来说,可大大减少故障处理时间。

该模式的优点是:投资少,无需通信,动作可靠,适合我国中性点不接地架空线系统。缺点是故障处理及供电恢复速度慢,开关动作次数多。因此,该模式主要适合于农网或中小城市市郊配电网的环网,同时也可以作为集中控制/有信道故障分布处理模式在通讯中断时的后备模式。

3.1.2 电流型故障处理

1) 断路器/重合器+电流计数型分段器

该模式的工作原理为:电流计数型分段器不能用来开断故障电流,只能与断路器/重合器配合使用。当线路发生故障时,电源侧保护装置切断故障线路,分段器的计数装置进行计数,当达到预先整定的动作次数后,在断路器/重合器跳开故障线路的瞬间,分段器自动分闸并闭锁。若未到达预先整定的次数,在断路器/重合器再次重合成功后,分段器所累积的计数值经过一段时间后会自动清零,为下一次动作做好准备。

该模式的优点是:投资少,无需通信,与电压型分布处理相比,分段开关动作次数少,故障恢复速度快。缺点是当馈线长,线路分段较多时,需增加变电站断路器/重合器的重合次数;当靠近电源侧的区段发生故障时,出线开关重合次数多,对系统冲击大;无法同时实现故障区段两侧分段器的同时闭锁,对于开环运行的环网结构,在恢复供电时,会造成非故

障区段的停电。该模式比较适合于分段较少的辐射形农网。

2) 重合器+重合器

在该模式中,以具有开断短路电流能力的重合器做为馈线分段开关,故障发生后,根据预先设定的 $I-t$ 曲线延时分闸,通过前后级重合器的 $I-t$ 曲线的配合,完成故障的隔离。

该模式的故障处理过程无需通信,减少了故障后停电范围和出线开关动作次数(只需一次重合)。存在的不足是投资较大,馈线长,分段多时,保护级差配合困难,并且使出线开关速断保护延时增大,对配电系统的影响越大。该模式比较适合于分段较少的农网或市郊配电网。

从上面的分析可以看出,无信道故障分布处理是馈线自动化的初级阶段,但可以作为高级模式在通信中断时的后备保护模式。对于一个典型的农村或市郊环网,采用该模式时,可采用如下规划:小分支线路采用熔断器保护;大分支线路采用重合器保护(避免分支线路故障造成全线停电);馈线较长时,可考虑电压型分段器与重合器混合使用,达到便于重合器级差配合和大大减少故障停电范围的作用(以四分段为例,采用“2重合器+2分段器”比“1重合器+3分段器”可使停电范围减少 50%)。

采用该模式时,应使重合器/分段器的控制器带有通信接口,便于以后与子站/主站进行通信(实现对馈线运行状态的监视和正常情况下的远方遥控操作),升级到“无信道就地故障处理+SCADA”模式。

3.2 有信道故障分布处理

该模式采用配置 FTU 的负荷开关或环网柜作为馈线分段开关,故障发生时,由变电站出线断路器切断故障电流,并进行一次重合闸,若为暂时性故障,重合成功;若为永久性故障,断路器分闸,此时馈线上 FTU 与相邻 FTU 交换故障信息,通过与本身故障信息的逻辑比较,确定是否分闸并闭锁(对于联络开关,确定是否合闸),隔离故障段;断路器第二次重合时,恢复送电。可见,该模式是建立在各 FTU 之间对等(peer to peer)通信的基础上。

该模式采用基于面保护的故障就地分布处理,故障处理和通信环节少,所需信息相对较少,故障处理速度快,可靠性高。该模式故障处理过程中无需子站/主站的参与,FTU 与子站/主站的通信主要用于实现线路运行状态监视和正常情况下的遥控操作,因此对主-从通信方式(FTU 与子站/主站之间的通信,如 polling 方式)的速度、可靠性等要求相对

较低。尤其适合于双电源环网或不存在最优恢复供电的多电源配网系统。

该模式存在的不足是对 peer to peer 方式通信的速度和可靠性要求高;对于存在最优恢复供电的多电源、复杂配网系统,联络开关是否合闸应该由子站/主站决定。

在保证通信可靠性的基础上,该模式仅需一次重合闸,就可完成故障的判断、隔离及电源侧非故障区段的供电恢复(分段开关采用断路器),具体实现过程如下:故障发生后,出线断路器跳闸,经过短暂延时后,第一次重合,若为瞬时性故障,则重合成功;若为永久性故障,则延时 t 后分闸;因为 FIU 之间进行的是对等通信方式(可考虑采用总线结构),通信速度快,所以在 t 时间内,故障段两端的 FIU 就可以完成分闸,隔离故障;联络开关在故障隔离后合闸,恢复负荷侧区段的供电。

3.3 集中控制模式

该模式由负荷开关、FIU、通信网络和配调子站/主站构成。故障发生后,出线断路器分闸,短暂间隔后,第一次重合闸,若为瞬时性故障,重合成功;若为永久性故障,再次分闸,配调子站/主站查询馈线上各 FIU 的故障信息记录,判断故障发生区段,并发出相应的分/合闸指令,遥控相应开关动作,恢复供电。显然,该模式是建立在各 FIU 与子站/主站之间主-从通信的基础上。

该模式的故障处理速度快,适合于存在最优恢复供电的多电源、复杂配网系统;缺点是故障处理过程中涉及的通信环节多,对通信的速度和可靠性要求高,通信投资大。

4 馈线自动化模式的优化

在进行馈线自动化的选择和优化时,必须要考虑到以下几个基本前提和原则:

1) 10kV 配电系统中,约 80% 为瞬时性故障,该模式应能区分瞬时性与永久性故障,也即满足“任何故障都必须获得作为瞬时性故障处理的机会”。

2) 在目前情况下,配电网通信的可靠性和速率不一定能完全保证,所以必须考虑到通信中断时的故障处理问题。

3) 配电网的网络结构日趋复杂,所以必须考虑存在最优恢复供电策略的问题。

4) 应根据不同地区的实际情况,选择合适的馈线自动化模式,并充分考虑到以后的

系统升级和技术扩展问题。

根据以上分析,馈线自动化的故障处理过程可分为三部分,即:a.故障段判断和隔离;b.电源侧非故障区段供电恢复;c.负荷侧非故障区段供电恢复。优化后的馈线自动化模式的故障处理过程实现如图 2 所示。

我们提出的这种优化后的馈线自动化故障处理过程具体如下:

1) 通信正常;配电网为双电源环网或不存在最优恢复供电的多电源网络

这种情况下,采用基于面保护的故障就地分布处理方式,馈线上分段开关的 FIU 与相邻 FIU 交换故障信息,通过逻辑运算,判断、隔离故障区段,并恢复送电。若分段开关为断路器,变电站出线开关只需一次重合闸就可完成整个故障处理过程,并能区分瞬时性故障和永久性故障。若分段开关为负荷开关,变电站出线开关第一次重合闸用来区分瞬时性故障还是永久性故障,并判断和隔离故障区段,第二次重合闸恢复送电。

2) 通信正常;配电网为存在最优恢复供电的多电源、复杂网络

这种情况下,故障区段的判断、隔离以及电源侧非故障区段的恢复供电,仍然采用基于面保护的故障就地分布处理方式。对负荷侧非故障区段的恢复供电,则采用集中控制模式,即:在采用就地分布处理进行故障隔离的同时,馈线 FIU 把信息同时传送到配调中心,由配调中心根据网络拓扑结构,经过分析计算(以网损最小化或可靠性指标最高或最少开关动作次数等为目标函数),选择最佳网络重构方案。

3) 通信中断

通信中断后,馈线上各 FIU 自动执行基于点保护的就地分布式故障处理。可以考虑把电压型和电流型智能控制器的功能结合到一起,形成一种新的

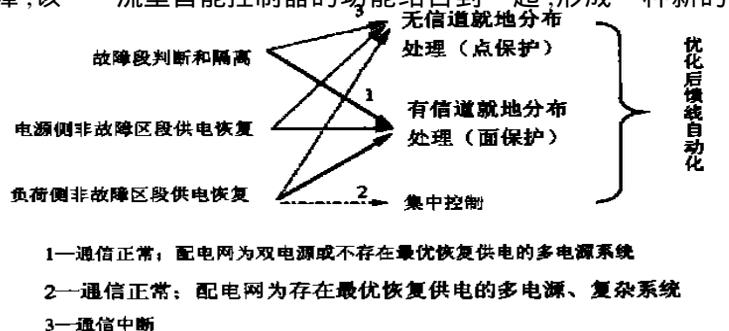


图 2 优化后馈线自动化模式的故障处理过程

“电压 - 电流混合型”智能控制器;或把重合器、电压型分段器混合使用,构成“(重合器 + 电压型分段器) * N”混合结构。

5 总结

本文分析了众多馈线自动化故障处理模式的特点,在此基础上,综合各种模式的优点,提出了一种优化后的新型模式,其特点如下:

1) 通信正常时,采用基于面保护的就地分布方式处理故障,速度快(出线开关仅需要一次重合闸),无需子站/主站参与,通信环节少,可靠性高,并可降低对馈线 FTU 与子站/主站之间通信速率和可靠性的要求。

2) 通信中断后,可采用基于点保护的就地分布方式,并且由于采用更先进灵活的配合方案,可减少该模式时的开关动作次数、停电范围、延时动作时间和对线路的冲击。

3) 对于多电源复杂配电网络,故障区段的判断、隔离以及电源侧非故障区段的恢复供电,仍然采用

基于面保护的故障就地分布处理方式。对负荷侧非故障区段的恢复供电,则采用集中控制模式,从网络整体角度获得最优重构方案。

参考文献:

- [1] 方富淇. 配电网自动化. 北京:中国电力出版社,2000,8.
- [2] 牛培峰,等. 配电管理及配电自动化系统实施中的关键问题. 电网技术,2000,24(11).
- [3] 郝玉山,等. 基于面保护原理的配电网故障处理. 中国供电国际会议论文集,2000,10.
- [4] 孙福杰,等. 基于重合器和分段器的 10kV 环网供电技术的研究与应用. 电网技术,2000,24(7).
- [5] 袁钦成. 配电系统故障隔离和恢复供电新方案研究与实施. 中国供电国际会议论文集,2000,10.

收稿日期: 2001-02-11

作者简介: 孙福杰(1972 -),男,博士,研究方向为配电网自动化; 王刚军(1969 -),男,工程师,博士研究生,从事电网调度自动化与配电自动化产品的研发工作; 李江林(1967 -),男,高级工程师,从事电网调度自动化与配电自动化的产品研发工作。

Comparison and optimization of fault disposing mode of distribution feeder automation system

SUN Fu-jie , WANG Gang-jun , LI Jiang-lin

(Beijing Xuji Electric Co. , Ltd. , Beijing 100085 , China)

Abstract: Fault disposing of feeder automation is the very important function of distribution automation system. In this paper , the modes of feeder automation are classified , compared and analyzed. A proposal of optimum mode of feeder automation is given.

Keywords: feeder automation; mode; fault disposing; communication