Research on Fault Handling Scheme of Local Feeder Automation without Network Topology Constraints

*HE Hongliu** *,ZHANG Ruifeng,FU Yu,WU Peng,XIAO Xiaobing,LI Qianmin*
(*Electric power Research Institute of Guizhou Power Grid Co. Ltd.,Guiyang Guizhou* 550002 *China*)

Abstract:The traditional local feeder automatic setting parameters are greatly constrained by the network topology. When the grid structure changes,the original setting parameters need be modified accordingly,which increases the complexity of operation. For this reason,the section switch and the contact switch were used to number the power supply area and the load point number respectively,and the setting principle of each switch operation parameter under each logic number was explored. A local feeder automatic fault handling scheme was proposed,which was not constrained by the network topology. Based on the analysis of the action characteristics of the sectionalized switch and the interconnection switch after the fault,the fault processing flow after the topology change was proposed. The results of case study show that the scheme proposed is adaptive,can adapt to the changing network topology,and can complete the fault isolation and non fault area restoration of power supply.

Key words:feeder automation;local type;logical number;fault handling;network topology
EEACC:8130H **doi**:10.3969/j.issn.1005-9490.2021.01.033

不受网络拓扑约束的就地型馈线自动化故障处理方案研究

何洪流*,张锐锋,付 宇,吴 鹏,肖小兵,李前敏
(贵州电网有限责任公司电力科学研究院,贵州 贵阳 550002)

摘 要:传统就地型馈线自动化整定参数受网络拓扑结构的约束较大,当电网结构发生变化时,原整定参数需要随之进行修正,增加了操作的复杂性。为此,通过分段开关和联络开关分别对供电区域和负荷点序号进行逻辑编号,探究各个逻辑序号下各开关运行参数的整定原则,提出了一种不受网络拓扑约束的就地型馈线自动化故障处理方案。通过对发生故障后分段开关和联络开关的动作特性进行分析,提出了拓扑改变后的故障处理流程。案例分析结果表明,本文所提方案具有自适应性,能够适应变化的网络拓扑结构,完成对故障区段的隔离并恢复非故障区域的供电。

关键词:馈线自动化;就地型;逻辑编号;故障处理;网络拓扑
中图分类号:TM711 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-9490(2021)01-0173-05

馈线自动化作为实现配电自动化的基础,是保证配电网可靠经济运行的重要手段,近几年来受到了广泛应用[1-3]。但就目前来看,我国多数馈线自动化方案存在一定的局限性,没有切实地根据不同供电区域的可靠性需求制定相应的馈线自动化方案。此外,对联络开关的不正确操作也会造成线路运行在过负荷状态,严重时会造成二次停电事故或是大面积停电事故发生,对供电可靠性造成极大的威胁。因此,从多方面对现有的馈线自动化方案进行优化,对提升供电可靠性具有重要意义[4-7]。

国内外研究学者对馈线自动化在配电网应用方面已有大量研究基础。文献[8]基于终端注入法、不停电测试技术以及主动干扰技术,研制了馈线自动化故障测试仪,详细介绍了该故障测试仪的硬件结构设计及控制系统设计流程,并通过实例验证了所提出方法的可行性和优越性;文献[9]基于现场实际应用情况,对当前国内配网馈线自动化线路的运行情况进行了分类统计分析,找到影响馈线自动

收稿日期:2020-03-04 **修改日期**:2020-05-11

化应用可靠性和准确性的重要影响因素,通过仿真测试探究配电网馈线自动化线路存在的问题,并对配电网可靠性进行评估,确保馈线自动化线路运行过程中的安全性和可靠性;文献[10]提出了一种终端注入测试法用于现场测试馈线自动化功能有效性的方案,以工程现场测试为案例,详细介绍了该测试法的测试步骤,并分析了现场应用存在的主要问题及其解决方案;文献[11]提出了主干线采用基于网络拓扑的区域故障定位与隔离,分支线采用就地分界保护功能与变电站出口断路器级差配合的新型就地馈线自动化策略,并给出了配套产品的整体设计,工程应用案例验证了该方案的可靠性和准确性;文献[12]总结了造成馈线自动化不正确动作的相关原因并进行分析,提出了一种递进式的馈线自动化功能测试策略,该方法涵盖了馈线自动化功能投运的全生命周期,保证了馈线自动化启动成功率、动作正确率,实际工程应用效果验证了所提方法的有效性;文献[13]在配网 10 kV 线路的运行管理中将 10 kV 线路馈线自动化和故障定位"二遥"这两种系统的功能结合起来,提出了一种具备故障自动定位隔离,且具有遥测遥信功能的配网自动化综合系统;文献[14]提出一种馈线故障定位、隔离和供电恢复算法可靠性评价的无失效测试方法,通过 Bayes 鉴定试验次数的选择方法确定测试样本空间,对每个测试样本运行结果对用户方贡献度取平均值,求解出算法的可靠性量化分值,实际工程应用案例验证了所提可靠性评价方法的有效性;文献[15]提出了一种基于混合型分布式终端配置的快速故障定位智能馈线自动化控制方法,在遗传算法的基础上完成了对故障区域的快速准确定位,采用叠加查询的方法定位联络开关位置实现非故障区段的快速恢复供电,仿真试验结果表明这种控制方法可在数百毫秒内完成故障定位、切断和恢复供电等一系列程序。

上述研究文献从不同方面对馈线自动化在配电网中的应用展开研究,但鲜有文献对网络拓扑结构发生变化时的馈线自动化故障处理方法进行研究。对于配电网新增线路分支、分段开关亦或是改变原有联络点的工况,初始的保护配置方法已不能保障故障的正确处理,需要对新电网拓扑结构下的定值进行修改[16-17]。为此,本文提出了一种不受网络拓扑约束的就地型馈线自动化故障处理方案。通过分段开关和联络开关分别对供电区域和负荷点序号进行划分和编号,并对逻辑运行时间进行整定;通过分析故障工况下,分段开关和联络开关的动作特性,探究配电网网络拓扑结构改变后的故障处理流程。

1 配电网的逻辑划分及运行时间整定

1.1 供电区域的划分及负荷开关的编号

如图 1 所示,为配电网供电区域划分及负荷编号结果示意图。图 1 中,QF 代表断路器,QS 代表负荷开关,其中 QS71 和 QS72 为联络点。在正常运行工况下,以联络开关作为分割点,将图 1 所示的配电网划分为 3 个区域模块。对每个区域模块按照先主干线分段开关,然后大分支线分段开关,最后新增分支线分段开关的顺序对分段开关进行编号。其中,联络开关的编号为 0,分段开关的编号从 1 开始。以图 1 的区域模块 1 为例,图中,分段开关 QS11,QS12 和 QS13 位于主干线上,从距离断路器 QF1 最近的分段开关 QS11 开始依次对其进行编号,QS11 编号为 1,QS12 编号为 2,QS13 编号为 3。接着,对分支线路上的分段开关 QS14 进行编号,QS14 编号为 4,若有新增分支线则编号顺序依次往后。

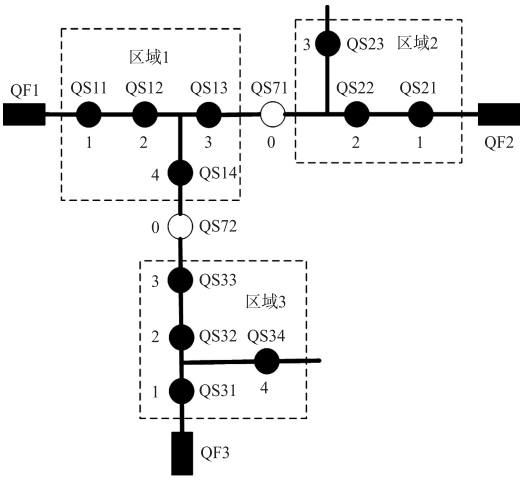


图 1 供电区域及负荷序号的定义

1.2 逻辑运行时间的整定

分段开关运行时间的整定主要有得电延时合闸时限整定以及合闸确认时限整定量部分,又叫做 X 时间的整定和 Y 时间的整定,其中,$X>Y$;联络开关运行时间的整定主要是单侧失压延时合闸时间的整定,又叫做 X_L 时间。

在电网实际运行中,分段开关状态的 X 运行时间和联络开关状态的 X_L 运行时间,需要按照开关编号进行自适应调整,X 运行时间为 X 时间基础定值加上开关编号值,X_L 运行时间为 X_L 时间基础定值加上开关编号值的二分之一,如式(1)和式(2)所示:

$$T_{Xr}=T_{Xb}+L \tag{1}$$

$$T_{XLr}=T_{XLb}+0.5L \tag{2}$$

式中:T_{Xr}为 X 运行时间,T_{Xb}为 X 时间基础定值,L 为

开关编号值,T_{XLr}为 X_L 运行时间,T_{XLb}为 X_L 时间基础定值。

本文中,将各分段开关的 T_{Xb}值均设定成 7 s,Y 时间均设定成 5 s,而 T_{XLb}值则根据不同的运行方式,按照最大故障隔离时间进行整定:

$$T_{XLb}>T_p+T_r+T_{\max}+T_d \tag{3}$$

式中:T_p 为断路器保护动作时长,T_r 为第 1 次重合闸的耗时,$T_{\max}$为最长分段工况下各分段开关 X 时间的基础定值总和;T_d 为安全裕度,一般为 0.5 $T_{\max}$。

2　配电网故障处理的基本流程

当配电网出现短路故障时,变电站出口断路器保护跳闸,供电管辖范围内的各个分段开关随之断电分闸,接着断路器进行第 1 次重合闸,各分段开关在判断无零序电压后,依次按照各自的 X 运行时间进行得电延时合闸操作。

若故障上游分段开关合闸后,线路故障再次发生,则按照故障接地电流的大小对故障进行分类处理。对于大电流接地故障,则断路器再次发生跳闸,供电管辖范围内的各个分段开关均断电分闸,故障上游区段的各个分段开关启动正向合闸闭锁功能;对于小电流接地故障,故障上游区段的各分段开关的动作逻辑与大电流接地故障一致,而对于故障下游区段的各分段开关,则启动反向合闸闭锁功能。

图 2 所示为正向合闸闭锁逻辑示意图。分段开关正向合闸闭锁逻辑判定合闸闭锁的情形有两种:(1)在开关合闸后的 Y 时间内过流信号以及接地故障信号仍存在,则各分段开关断电分闸后启动正向合闸闭锁功能;(2)在开关合闸后,配电网中未检测到过流信号或是接地故障信号,但配电网中存在零序电压,则启动分段开关延时分闸功能,若零序电压在开关分闸后随即消失,则启动分段开关正向合闸闭锁功能,需要说明的是各分段开关的延时时间为其开关编号值。若在开关合闸后配电网中未检测到零序电压,或是在延时计时期间零序电压消失,以及分段开关分闸后依旧能检测到零序电压的情况下,都将系统复原至正常运行工况[18]。若在开关合闸后的 Y 时间内检测不到故障信号的存在,也无法检测出含有零序电压,那么也将系统复原至正常运行工况。

图 3 为反向合闸闭锁逻辑示意图。分段开关反向合闸闭锁逻辑判定合闸闭锁的情形有两种:(1)分段开关处于分闸位置,并且瞬时电压未能维持 X 运行时间;(2)分段开关处于分闸位置,接收到正向来电电压信号的持续时间超过 X 运行时间,此外,

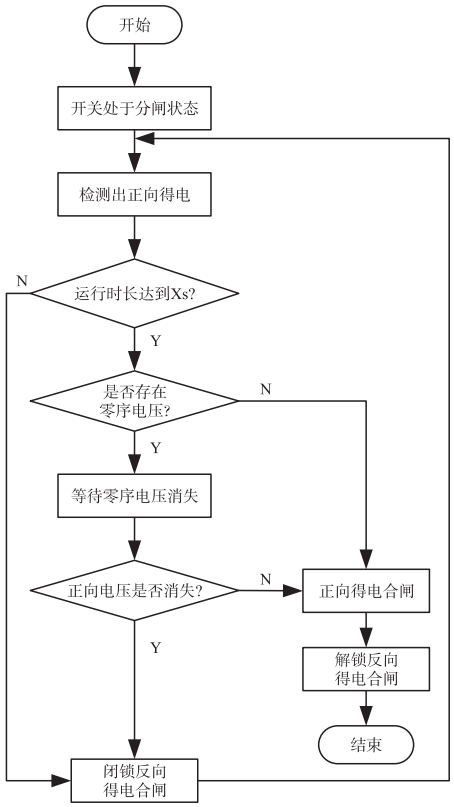


图 2　正向合闸闭锁流程图

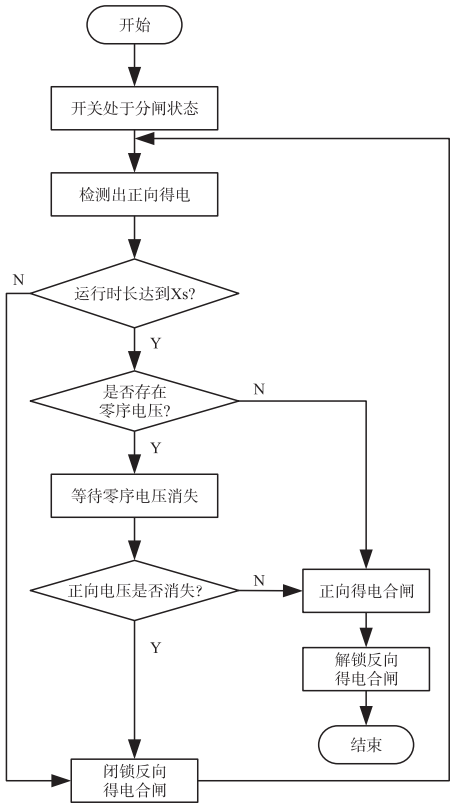


图 3　反向合闸闭锁流程图

配电网中存在零序电压且正向电压与零序电压同时存在、同时消失。需要说明的是,分段开关能够自动解除反向合闸闭锁功能,若开关在处于反向合闸闭

锁状态下接收到电源侧的来电信号,得电信号持续时间超过 X 运行时间且无零序电压,那么分段开关解除反向合闸闭锁控制得电合闸[19-20]。

对于非故障区域的供电恢复,也按照故障接地电流的大小对故障供电恢复进行分类处理。对于大电流接地故障,在实现故障区域的隔离后,故障上游区段通过出口断路器的二次重合闸完成非故障区域的复供电;对于小电流接地故障,在实现故障区域的隔离后,故障上游区段未发生断电无需进行供电恢复,而故障下游区段通过联络开关的合闸转供、分段开关的顺序合闸实现非故障区域分段的复电。

3 案例分析

如图 4 所示,网络拓扑发生变化后的配电网拓扑结构简化示意图。图中,QS71 和 QS72 为原联络点,因此该两点的负荷编号为 0,图 4 中的虚线表示新增的分支线,分支线上开关 QS15 的编号从已有开关序号 4 往后顺序编写为编号 5,在拓扑结构改变后,配电网联络点位置发生变化,各开关在网络拓扑变化后的 X 运行时间以及 X_L 运行时间在图 4 中已标注出。

假设 QS13 与 QS71 之间的线路发生短路故障,则故障处理流程如下:

(1)断路器 QF1 跳闸,QF1 供电范围内的所有分段开关失电分闸,如图 5(a)所示。

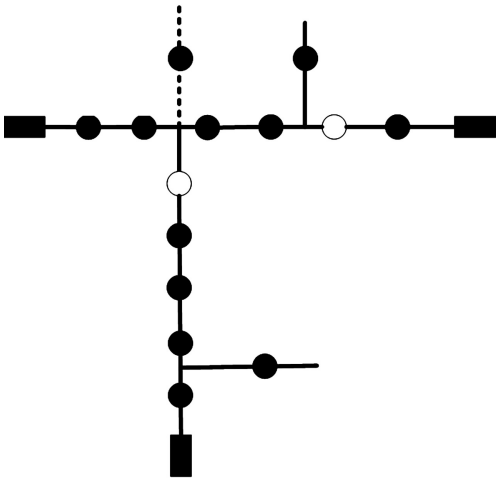
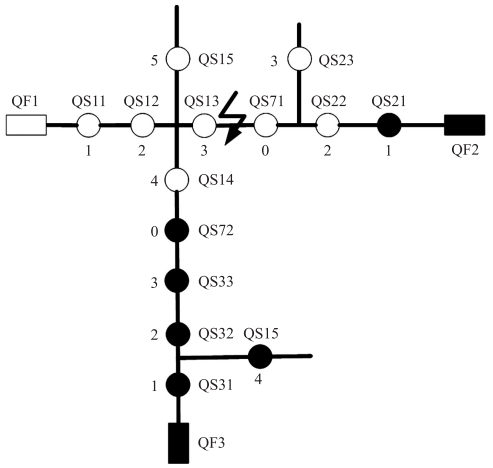
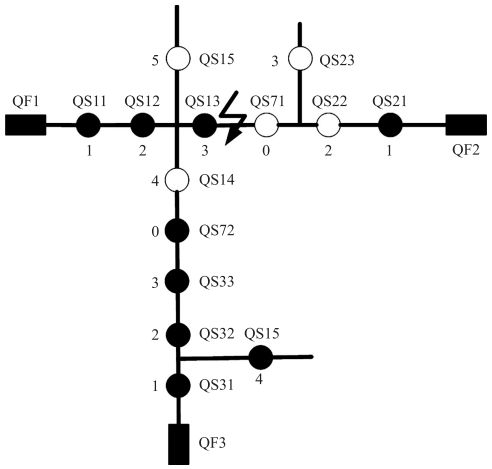


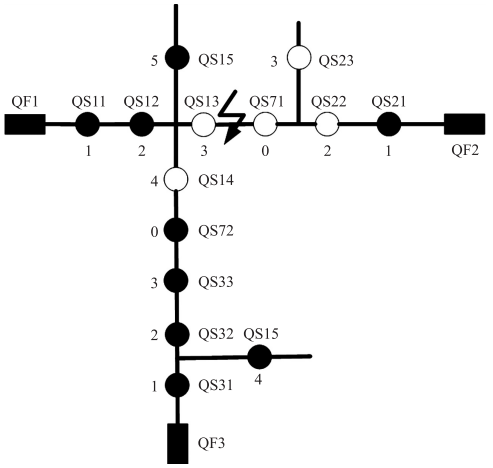
图 4 网络拓扑发生变化时的配电网算例



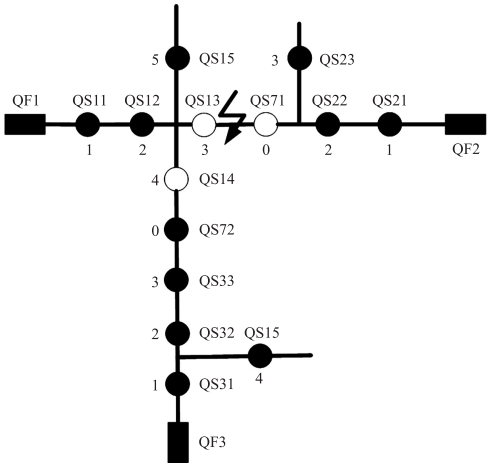
(a) 步骤1



(b) 步骤2



(c) 步骤3



(d) 步骤4

图 5 拓扑改变后故障处理流程

(2)断路器 QF1 启动第 1 次重合,分段开关 QS11(8 s)和分段开关 QS12(9 s)顺序得电合闸,而后经过 10 s,分段开关 QS13 进入得电合闸逻辑,合于故障并检测到过流信号,如图 5(b)所示。

(3)断路器 QF1 又一次保护跳闸,分段开关 QS13 失电分闸启动正向合闸闭锁逻辑,分段开关 QS15 和分段开关 QS71 处于分闸状态,同时接收到电源侧传来的短时来电信号启动反向合闸闭锁逻辑。断路器 QF1 启动二次重合恢复故障上游区段的供电,分段开关 QS11 和分段开关 QS12 顺序上电合闸,随后分段开关 QS15 经过 12 s 后解除其反向合闸闭锁逻辑开始合闸,如图 5(c)所示。

(4)对于联络开关 QS14 和 QS22,自断路器 QF1 第 1 次保护跳闸开始启动 X_L 运行时间计时,当 QS14 接收到两侧均有电压信号传来时停止计时,联络开关 QS22 在 61 s 后开始合闸,QS23 经过 10 s 后开始合闸,实现了整个故障下游区段的复电,如图 5(d)所示。

综上,得到各开关的动作时间情况如表 1 所示。

表 1　故障处理流程

开关名称	动作时间
QF1	0.5 s 分,2.5 s 合,30 s 分,40 s 合
QS11	1 s 分,10.5 s 合,30.5 s 分,48 s 合
QS12	1 s 分,19.5 s 合,30.5 s 分,57 s 合
QS13	1 s 分,29.5 s 合,30.5 s 分,闭锁
QS15	1 s 分,69 s 合
QS71	1 s 分,闭锁
QS23	1 s 分,72 s 合
QS14	—
QS22	61 s 合

4　结语

本文对网络拓扑结构发生变化后的馈线自动化故障处理方法进行研究,提出了一种基于供电区域和负荷开关编号的不受网络拓扑约束的就地型馈线自动化故障处理方法,分析了各开关逻辑运行时间的整定原则、故障工况下各开关的操作逻辑与复电流程,并以某新增分支线的配电网拓扑结构图为例,证明本文所提方法在拓扑架构发生变化后,系统在故障处理方面的自适应性。



何洪流(1967—),男,本科,高级工程师,主要研究方向为电力系统自动化,hehongliucn2002@ 126.com。

参考文献:

[1] 韩猛. 馈线自动化在铁路系统中的应用[J]. 铁路通信信号工程技术,2019,16(3):64-66.
[2] 王孟定. 配电网馈线自动化技术分析[J]. 自动化应用,2018(8):101-103.
[3] 冯韶祥. 智能配电网分布式馈线自动化技术探讨[J]. 世界有色金属,2016(21):126-127.
[4] 范瑞斌,周明媚. 基于配网系统的馈线自动化故障处理研究[J]. 机电信息,2015(15):11,13.
[5] 王兴念,秦贺,刘宏伟,等. 电压-时间型馈线自动化变电站重合闸配合应用与探讨[J]. 电工技术,2016(5):7-8,12.
[6] 林功平. 配电网馈线自动化解决方案的技术策略[J]. 电力系统自动化,2001,25(7):52-55.
[7] 张明明. 电压-时间型分段负荷开关配合变电站重合闸的馈线自动化系统原理及参数设置[J]. 装备制造技术,2015(11):241-242.
[8] 唐仁权,周冬旭,嵇文路. 配电自动化现场测试技术研究及实践[J]. 电工电气,2019(6):44-47.
[9] 苏标龙,周养浩,时金媛,等. 配电网馈线自动化投运条件及运行工况自校验仿真测试分析[J]. 供用电,2016,33(5):50-56.
[10] 凌万水,张磐,马杰. 馈线自动化终端注入测试法及其应用[J]. 电网与清洁能源,2015,31(10):71-75,88.
[11] 张维,张喜平,郭上华,等. 一种新型的电缆网就地馈线自动化方案及应用[J]. 供用电,2015,32(4):22-28.
[12] 嵇文路,张明,凌万水,等. 馈线自动化功能的递进式测试方法及可靠性保障机制研究[J]. 供用电,2015(3):42-46.
[13] 黄智春. 10 kV 线路馈线自动化和故障定位"二遥"综合系统的研究与应用[J]. 中国高新技术企业,2015(9):57-58.
[14] 凌万水,刘东,陈新,等. 馈线自动化算法可靠性的量化评价方法及其应用[J]. 电力系统自动化,2012,36(7):71-75,109.
[15] 黎锦棠. 基于混合型分布式终端配置的智能馈线自动化控制研究[J]. 能源与环保,2017(12):259-262.
[16] 柳劲松,张怡静,温彦军,等. 含故障追溯机制的异构智能馈线自动化系统互操作[J]. 电器与能效管理技术,2017(15):32-37.
[17] 覃朝云,梁东,杨静,等. 基于主站后备的分布式馈线自动化拓扑组网设计方案[J]. 电子设计工程,2018,26(13):104-108,113.
[18] 陈璐,陈连杰,欧阳文,等. 基于环形结构的配电网联络图布局算法[J]. 电力系统自动化,2016(24):151-156.
[19] 李兆拓,金松茂,张华. 基于区域序号的自适应就地型馈线自动化故障处理方法[J]. 电力系统自动化,2019,43(19):179-189.
[20] 王哲,葛磊蛟,王浩鸣. 10 kV 配电网馈线自动化的优化配置方式[J]. 电力系统及其自动化学报,2016,28(3):65-70.