

全断路器配网自愈控制策略研究

自愈作为提高配电网供电可靠性，提供优质供电的关键功能，实现高可靠性配网快速隔离故障及非故障区域恢复供电成为可能。主要介绍在高可靠性配网地区，关键节点全部采用断路器时的配电网自愈功能的实现方式，对配电自动化自愈技术提出一些建议。

吕立平¹ 马光耀¹ 张翊帆² 刘漫雨¹ 王海云¹/1. 国网北京电力科学研究院
2. 北方工业大学

0 引言

随着经济的快速发展，用户对供电可靠性的要求越来越高。配网自愈能对快速隔离故障及非故障区域恢复供电，提升配电网供电可靠性具有重要作用，同时，配电自动化是实现自愈的重要基础。配电网规划的技术原则根据负荷密度，确定供电可靠性目标以及配电自动化建设模式。

对要求高可靠性配电网的部分地区，通过完善网架结构不能满足需要时，如何根据配电网规划原则及配电网可靠性要求，建设配电自动化实现配网自愈功能是值得研究的。如何实现相关保护配合、配电终端与配电主站配合机制、自愈判断依据及闭锁条件等自愈机制，是解决高可靠性配网的关键问题。

1 分布式自愈控制

1.1 技术要求

分布式自愈控制目标是实现从故障发生到故障隔离时间控制在400 ms以内，下游非故障区域供电恢复时间1 s以内。以电缆配电网络为例，故障类型主要涉及主干线路电缆本体故障、开关站

或电缆分界室母线故障、配出线故障，分布式自愈控制须实现上述故障类型判断及控制。

1.2 控制方式

分布式自愈控制主要通过各配电终端之间实时对等通信，进行故障信号交互，实现自愈方案，由本地的配电终端控制相应开关执行跳合闸命令。分布式自愈控制无需主站配合，并自动适应线路运行方式变化，系统运行状态及动作过程主站可监控。分布式自愈控制主要包括主干线路故障自愈、母线故障自愈、配出线故障（含用户故障）自愈控制以及与变电站出线保护的配合。如下图所示，其为典型双环网一环的一半配电网故障示意图，变电站出线配置1台馈线保护作为配电终端的后备保护及1台配电终端用于主干线路故障自愈、电缆分界室配置1台配电终端用于主干线路故障自愈，母线故障自愈以及配出线故障切除。变电站出线保护动作时间设置为0.5 s，配出线保护时间设置为0.2 s，用户配电室进线0.2 s、出线0 s。以下介绍均为开环运行时自愈情况，闭环运行时仅需隔离故障即可。

1.2.1 主干线路故障（F1）

T 时刻，主干线故障，分布式自愈启动； $T+100\text{ ms}$ ，F01与F02处配电终端进行信号交互完成，定位故障点为区段开关F01的1-2至F02的1-1间，并开始故障隔离，跳开F01的1-2与F02的1-1开关； $T+250\text{ ms}$ ，F01的1-2与F02的1-1开关跳闸成功，分布式自愈驱动广域备自投，驱动变电站出线211、F04的1-2开关合闸； $T+1\text{ s}$ ，变电站出线211、F04的1-2开关合闸成功。当末端故障时只隔离故障，



吕立平/工程师

关键词/Keywords

配电自动化·
自愈·
高可靠性·
断路器·

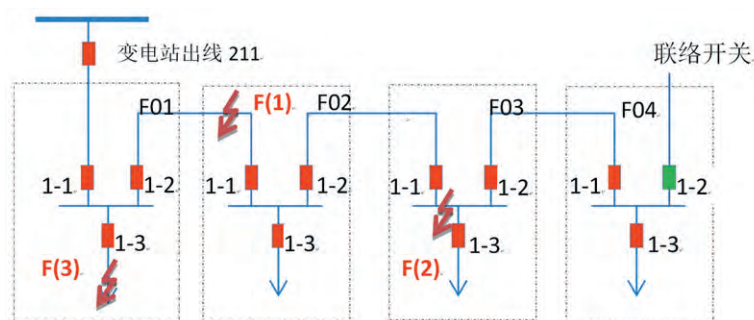


图 配电网故障示意图

无需负荷转供。主干线路故障自愈隔离故障失败时，变电站出线作为后备保护切除故障，同时配电终端及变电站动作信息送至配电自动化主站，由主站判断故障区间，转人工操作。

1.2.2 母线故障 (F2)

T 时刻，分界室母线故障，分布式自愈启动； $T+100\text{ ms}$ ，F03内部信号交互，定位故障点为F03的1-1与1-2之间，并开始故障隔离，并跳开F03的1-1与1-2开关。 $T+250\text{ ms}$ ，F03的1-1与1-2开关跳闸成功，分布式自愈驱动广域备自投，F04的1-2开关合闸； $T+1\text{ s}$ ，F04的1-2合闸成功。主干线路故障自愈隔离故障时，变电站出线作为后备保护切除故障，同时配电终端及变电站动作信息送至配电自动化主站，由主站判断故障区间，转人工操作。

1.2.3 配出线故障 (F3)

T 时刻，分界室分支线故障，分布式自愈启动，分界保护启动跳闸，发出闭锁信号； $T+50\text{ms}$ ，分布式自愈监测到闭锁信号，启动定位，闭锁隔离； $T+400\text{ms}$ ，F01的1-3开关跳闸成功。若故障隔离失败，变电站出线作为后备保护切除故障，同时配电终端及变电站动作信息送至配电自动化主站，由主站判断故障区间，转人工操作。

2 光差保护自愈控制

2.1 技术要求

光纤差动保护与配电自动化主站配合实现自愈控制，目标是故障发生到故障隔离时间400 ms以内，下游非故障区域供电恢复时间在2 s以内。以电缆配电网络为例，故障类型主要涉及分段线路电缆本体故障、配出线故障（含用户故障），光纤差动保护与配电自动化主站配合实现自愈控

制须实现上述故障类型判断及控制。

2.2 保护配置

变电站10 kV出线断路器保护配置：设置光纤纵差保护及馈线保护（馈线保护作为后备保护，投入相间及零序保护即可满足要求）。变电站与第一级电缆分界室之间故障由纵差保护切除，若通信中断或其他原因导致纵差退出则由后备保护延时动作切除故障；另外，作为下级电缆分界室（箱）及用户配电室保护装置的后备保护。

光线纵差保护范围：光纤纵差保护变电站与电缆分界室之间、电缆分界室与电缆分界室（箱）之间的电缆线路，不涉及用户配电室内部，即图1中的变电站出线211至F01的1-1、F01的1-2至F02的1-1、F02的1-2至F03的1-1、F03的1-2至F04的1-1之间的电缆线路。光纤纵差保护配置与现有的保护配置及整定值不存在冲突。

分界室保护配置：

(1) 图1中的变电站出线211至F01的1-1、F01的1-2至F02的1-1、F02的1-2至F03的1-1、F03的1-2至F04的1-1间配置光纤纵差保护，相间故障和接地故障时快速断开两侧断路器，隔离故障点。

(2) 分界室带用户配电室的出线断路器。配置两段相间和一段零序过流保护（保护配置及定值整定与用户进线开关相同），用来保护分界室开关至用户配电室进线之间的电缆设备，同时做用户配电室内设备故障的后备保护。

(3) 纵差保护范围以外的各种越级、拒动及分界室母线故障等由上级变电站10 kV出线断路器的后备保护（相间两段、零序两段）延时动作切除。

(4) 分界室所有故障信号通过保护管理机上传至配电自动化主站。

(5) 用户配电室保护配置：保持现状，不作调整。

变电站10 kV线路上下级保护动作时间及配合关系见下表。

表 变电站10kV线路上下级保护动作时间及配合关系

	相间速断 (I1) /s	相间过流 (I2) /s	零序速断 (I01) /s	零序过流 (I02) /s	备注
变电站出线					
保护时间	0.5	1	0.5	1	第一级
定值					
电缆分界室	0.2	0.7	0.2	0.7	第二级
用户配电室					
进线保护	≤0.2	≤0.7	≤0.2	≤0.7	
时间定值					
用户配电室					
出线保护	0	0.4	0	0.4	第三级
时间定值					

2.3 自愈控制

2.3.1 实现方式

如上图变电站出线211至F01的1-1、F01的1-2至F02的1-1、F02的1-2至F03的1-1、F03的1-2至F04的1-1间主干线路发生故障时，差动保护动作断开两侧断路器，现场保护装置将“纵联差动保护动作”信号、“断路器跳闸”信号上送配电自动化主站系统，主站收到上述信号后判定事故区间并自动进行非故障区段供电，实现自愈控制功能。除了差动保护正确动作的情况以外，主站都闭锁自愈控制功能。

2.3.2 自愈判据设定

(1) 主干线路故障(F1)。T时刻，主干线故障，差动保护动作启动；T+50 ms，F01与F02处差动保护进行信号交互完成，判断故障区段为开关F01的1-2至F02的1-1间，并开始故障隔离，跳开F01的1-2与F02的1-1开关；T+200 ms，F01的1-2与F02的1-1开关跳闸成功，同时通过保护管理机上传故障信号；T+350ms主站收到故障区段两端的差动保护动作信号及断路器跳闸信号，启动自愈处理；T+850 ms正确判定故障区间，并进行自动转供，驱动变电站出线211、F04的1-2开关合闸；T+1.1 s，变电站出线211、F04的1-2开关合闸成功。当末端故障时只隔离故障，无需负荷转供。主干线路故障自愈隔离故障失败时，变电站出线作为后备保护切除故障，同时配电终端及变电站动作信息送至配电自动化主站，由主站判断

故障区间，转人工操作。

(2) 母线故障(F2)。由于故障处于差动保护范围外，由变电站出线断路器的过流保护（或零序保护）动作来切除故障，主站收到变电站出线断路器跳闸信号及保护动作信号后，启动自愈，显示相应的故障记录，但不判定事故区间，并闭锁自动转供功能。若通过改造保护,使差动保护装置的过流保护只投入告警功能而不跳闸,可实现类似于普通三遥DTU功能，通过保护管理机将故障信息上传主站，母线故障时，变电站出线211保护动作切除故障，主站根据上传故障信息，判断故障区间，不启动自愈，转人工操作。

(3) 配出线故障(F3)。T时刻，分界室分支线故障；T+50 ms馈线保护启动；T+250 ms，馈线保护出口跳F01的1-3开关，隔离故障；T+350 ms，F01的1-3开关跳闸成功，同时通过保护管理机将故障信息上传主站，主站收到分界室出线断路器保护动作（相间或零序）及跳闸信号，启动FA功能，判定故障区间，同时闭锁自动转供功能。若故障隔离失败，变电站出线作为后备保护切除故障，由主站判断故障区间，转人工操作。

当发生纵联差动保护拒动、保护动作，断路器拒动、主站收到的信号不全（至少两个纵差保护动作信号和两个开关变位信号）、变电站出线断路器相间或零序保护动作、主站与现场保护装置通信异常或中断时，主站闭锁自愈功能。

参考文献

[1] 徐丙垠,李天友,薛永端.智能配电网与配网自动化[J].电力系统自动化,2009,33(19):38-42.
[2] 顾欣欣,姜宁,季侃,等.配电网自愈控制技术[M].北京:中国电力出版社,2012:113-123.
[3] 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.
[4] 董旭柱,黄邵远,陈柔伊,等.智能配电网自愈控制技术[J].电力系统自动化,2012,36(18):17-21.

(收稿日期:2015-05-26) EA

作者简介

吕立平(1983-),男,工程师,从事配电自动化、电力系统继电保护及自动化等研究。