实用化高可靠配网自愈技术研究

配网自愈是保证配电网可靠、优质供电的关键功能。由于配电终端误报、漏报告警信息等原因，造成自愈成功率低，甚至造成停电范围扩大。自愈能否成功直接影响电网的供电可靠性。本文通过分析配电自动化自愈过程存在的问题，结合调度规程要求，提出了高可靠的主站集中式自愈策略，对提升配电自动化自愈成功率具有较重要意义。

吕立平 杨霖 谷君 许冲冲 刘漫雨/国网市电力公司电力科学研究院

吕立平/工程师

关键词/Keywords

配电自动化 · 自愈 · 智能配电网 · 高可靠 ·

0 引言

电网的“自愈”能力作为保证电网可靠的关键功能，可在无需或仅需少量人为干预的情况下，利用先进的监控手段对运行状态进行连续的在线自我评估，并采取预防性的控制手段，即时发现、快速诊断、快速调整或快速隔离。同时，配电自动化是实现自愈的重要手段，随着配电自动化技术的发展，以馈线自动化为基础的配电网自愈逐渐发挥着越来越重要的作用，自愈成功率也标志着一个地区配电自动化实用化水平的高低。自愈过程能否成功与故障区间判断、通信情况、开关可用性均有直接关系。实际运行经验表明，自愈线路成功自愈率差强人意。如何提高自愈成功率是配电自动化实用化提升的重要工作。本文考虑了配电网现场运行情况，通过分析影响自愈过程的因素，提出了主站集中型实用化高可靠自愈策略。

1 影响自愈因素分析

自愈过程实现的影响因素很多，包括配电终端、配电主站控制策略、配电通信稳定性和配网开关设备可用性等。

1.1 配电终端因素

目前用户侧故障时，大多采用分界开关控制，实现故障隔离，基本不依赖主站转供负荷。线路上发生故障时，主要依赖三遥配电终端上传故障信息，作为故障区间判断依据，同时执行主站隔离故障区间与非故障区间回复供电的控制命令。目前由于配电终端原因造成故障信息漏报、误报的因素如下。

（1）涉及逻辑判断参数设置不合理

部分地区往往侧重于过流与零序告警定值的设定，而对于其他参数往往由配电终端厂家采用默认参数的形式确定，由于各厂家现场经验问题，默认参数设置不合理，如躲励磁涌流功能时间设置问题。

（2）配电终端告警功能存在缺陷

部分以测控为基础开发的配电终端，由于厂家硬件设计原因，在兼顾高精度测量采样，而忽略告警启动功能软件实现不合理，造成终端误告警。

（3）故障告警功能设计存在缺陷

主要涉及配电终端故障复归方式与故障判断不协调，造成故障灯未复归区间再发生故障配电终端不再判断为故障，而漏报故障信息。

（4）操作电源功率不满足需求

部分 DTU，在蓄电池失效情况下，无法仅依靠交流电源实现遥控分合操作。

1.2 配电主站因素

配电主站通过收集故障信息，判

中国知网 https://www.cnki.net

断故障区间，形成自愈策略并遥控开关分合，实现故障隔离与非故障区间恢复供电。其影响自愈的地方主要如下。

（1）与 EMS 信息交互存在问题

主要包括两方面因素，一是 EMS 系统存在故障信息丢失或不能转发给配电自动化系统的情况，造成馈线自动化功能无法启动；二是调度自动化主站与配电自动化系统主站遥控点号无法对应问题，造成遥控操作无法执行。

（2）控制策略因素

目前大部分主站，在自愈控制过程中，若发生遥控超时，往往采用退出自动操作转人工形式，造成自愈失败。

（3）故障区间判断错误

由于配电终端漏报、误报故障信息等因素，造成故障区间判断错误，执行负荷转供过程中，会造成非故障线路合入故障，而造成线路停电，扩大故障范围。

1.3 其他因素

主要包括通信稳定性与开关可用性因素。

（1）通信稳定性因素

目前配网通信主要采用无线通信和光纤通信，光纤通信又分 EPON 和工业以太网通信。通过现场运行与测试，一般配电终端理想情况下的无线在线率在 95%~99%，实际运行中往往在 90%左右，由于无线通信稳定性问题造成遥控操作超时而自愈失败。光纤通信由于 ONU 等通信设备在户外运行条件较恶劣，其稳定性影响了光纤通信质量，较理想光纤通信情况下终端在线率 99.99%。

（2）开关可靠性因素

由于凝露严重，造成部分厂家操作机构微动开关节点短路，开关一旦操作就不停分合；操作机构功耗升高，操作电源功率较小，不能有效配合；操作机构或位置辅助节点损坏。

通过分析影响自愈过程的主要因素，提供自愈成功率的着手点可以从上述因素下手解决。终端可加强入网测试，提升质量、开关主要通过状态操作保证可用性，但往往开关和终端的因素不会造成特别严重后果，自愈过程最不利的后果是故障区间判断错误，造成转供过程中非故障线路停电，而扩大停电范围的情况。本文从如何在配电主站侧面提高故障区间判断成功率，而提升自愈成功率。

2 高可靠实用自愈策略

为解决自愈线路，在故障区域误判，负荷转供导致对侧线路跳闸问题，确定以下原则制定合理解决方案：①尽量避免负荷转供时导致转带线路跳闸的现象发生；②发生转带线路跳闸，恢复转带线路正常供电；③确保全部自愈过程，可监视、可中断、可干预；④满足调度操作规程。

2.1 具体方案

本方案利用主站判定故障区间信息，进行试发的方式再次确定故障区间，可以确定主站判定的故障区间是否正确，保证在负荷转供过程中，尽量避免对侧线路跳闸的情形发生，自愈控制过程流程图，如图 1 所示，过程如下：①线路故障，主站系统判定故障区段为 A；②重合闸动作（第一次试发），排除瞬时故障；③重合未出，主站判定故障区间并隔离故障区间；④二次试发变电站出线开关，判断故障区间是否为 A 电源侧区段；⑤若不是 A 电源侧故障，控合 A 电源侧开关，确认故障区间是否为 A 区段；⑥故障区段确定后，根据确认的故障区间进行转供。

通过图 1 可知，故障发生在线路首段、中端、末端位置，试发的处理机制不同，因此在进行自愈前，需根据故障区间的位置，将故障区间分为三类，分别处理。

2.2 故障过程中短信发送机制

根据 2.1 中的方案，自愈线路的故障处理过程，相比常规馈线自动化增加了图 2 中所示的“试发过程”和“试发后确定故障区间”两个过程。试发过程中不发送故障短信；在整个自愈过程结束后，通过对故障区段重新确定、对停电区间恢复供电情况统计后，再人工确认手动发送故障短信。因此修改后的故障短信发送机制如表 1 所示。

2.3 自愈过程监控

1）不主动推停电用户信息、自愈结束对话框；用户根据需要自己调阅相关内容。

2）对于试发过程和自愈过程，在线路正交图上给出提示文字。

在图形维护时，对于自愈线路，在其正交图

中国知网 https://www.cnki.net

上制定显示提示文字位置，文字显示位置可设置在变电站出线开关左侧或右侧空白处，如图 3 所示。

以下通过对自愈过程分析，对不同的处理阶段，增加相应的文字描述，如图 4 和表 3。

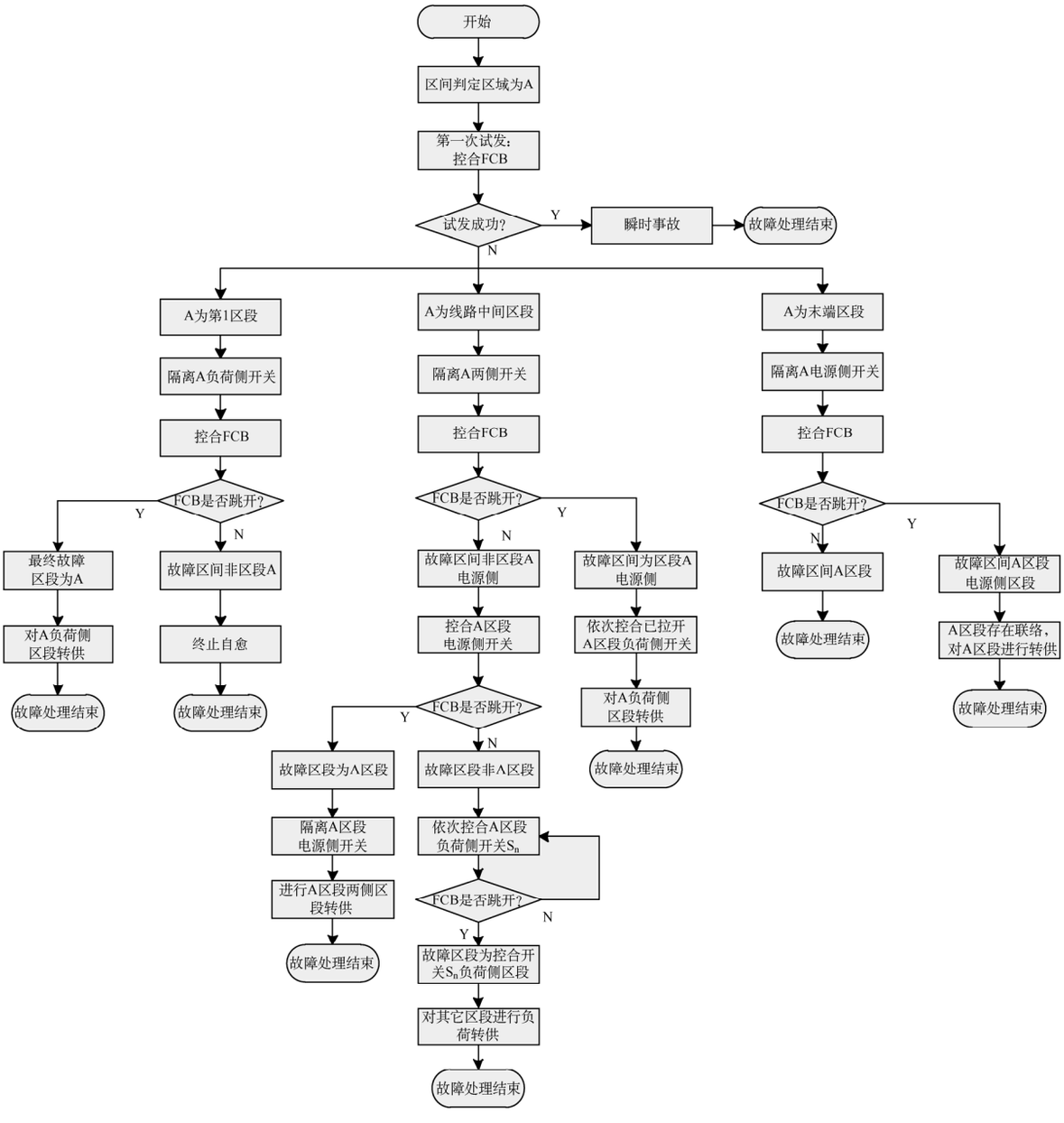


图 1　自愈方案处理流程图

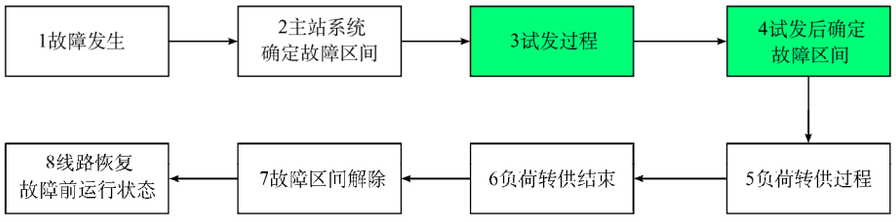


图 2　自愈线路故障处理过程

中国知网 https://www.cnki.net

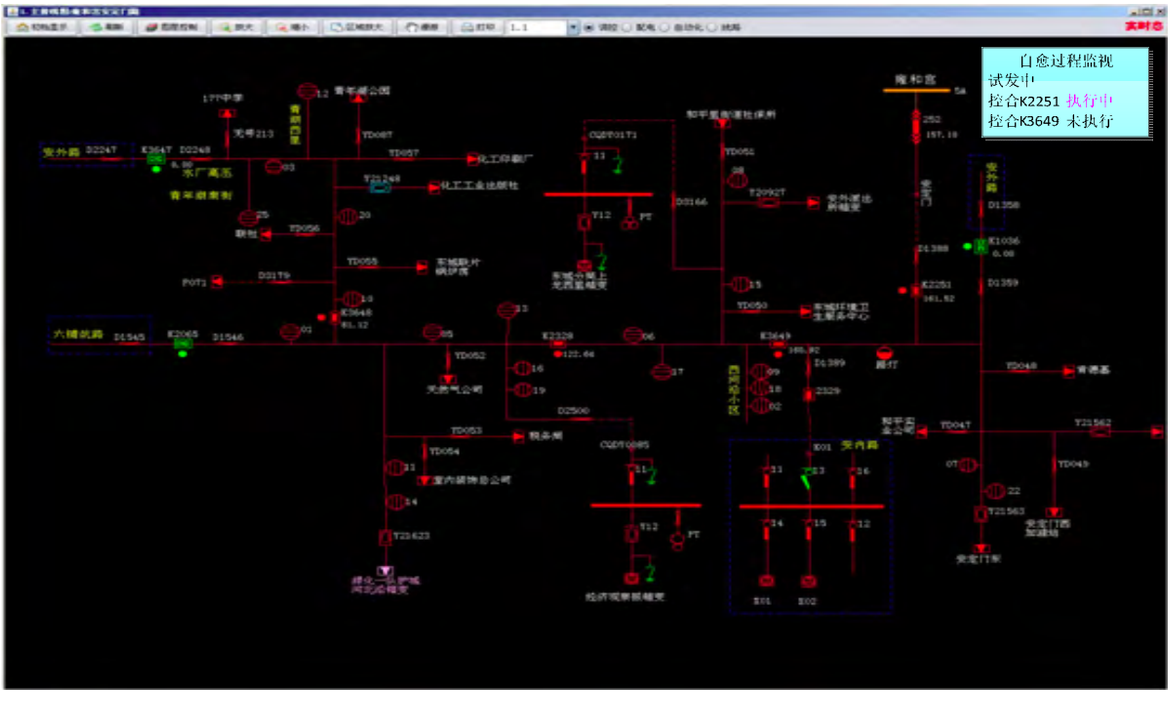
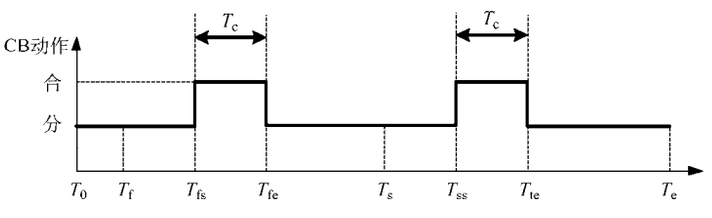
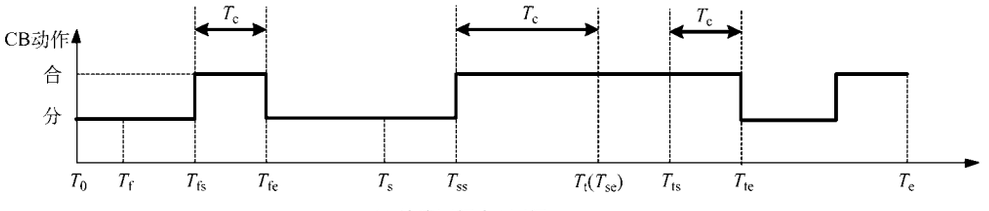


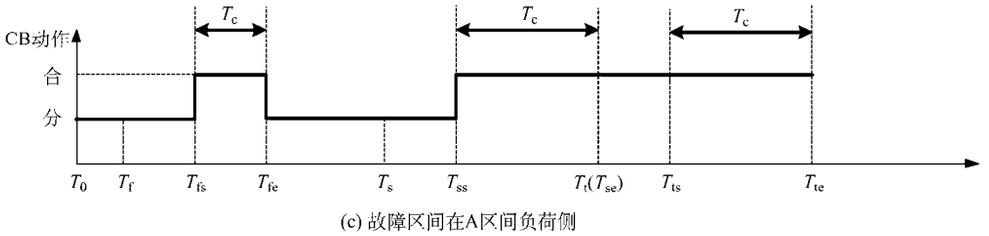
图 3　配电线正交图上显示自愈过程



(a) 故障区间在A区间电源侧



(b) 故障区间在A区间



(c) 故障区间在A区间负荷侧

T_0：故障区间判定完了；
T_f：第一次试发开始时刻；
T_{fs}：出线开关控合成功；
T_{fe}：试发失败，重合未出；
T_s：故障区间隔离完了，二次试发开始时刻；
T_{ss}：出线开关控合成功；
T_{se}：试发失败，出线开关跳闸；
T_t：三次试送开始；
T_{ts}：试送完了，开关控合成功；
T_{te}：三次试送失败，出线开关跳闸/出线开关未跳闸；
T_e：负荷转供结束；
T_c：重合出计时器。

图 4　自愈处理过程时刻分析

3）考虑在自愈线路上增加“暂停、继续、停止、单步执行”选项，进行人工干预；

4）考虑在线路正交图出线开关右键菜单里增加“自愈退出、自愈投运”“短信抑制、恢复”

中国知网　https://www.cnki.net

选项，便于调度员根据情况操作；

表 1　故障短信发送

阶段	故障短信描述	故障短信发送阶段
1	故障发生。描述跳闸线路、保护信息	系统推图后发送
2	故障区间确定。发送主站判定故障区间信息	主站确定故障区间后发送
3	线路长时停电用户信息。当前还处于停电中的用户信息	负荷转供结束后，保存相关停电用户信息；这些信息可人工调阅，编辑修改确认后，通过手动发送
4	线路短时停电用户信息。通过负荷转供已经恢复供电的用户信息	
5	线路受影响用户信息。本次故障引起停电的所有用户信息	
6	线路故障恢复信息。整个线路恢复到故障前运行方式时，发送的故障恢复信息	线路恢复正常运行

表 2　自愈各阶段对应的文字描述

编号	自愈处理阶段	文字描述	时间范围
1	试发前	正在收集故障信息，准备启动自愈	T_0–T_f
2	试发中	正在试发 控合 XXX 开关执行中 正在试发 控合 XXX 开关执行失败 正在试发 控合 XXX 开关执行成功	T_f–T_{fe}
3	试发失败	试发失败 出线开关跳闸，试发未出	T_{fe} 时刻
4	故障区间隔离	故障区间隔离中 控分 XXX 开关执行中 控分 XXX 开关待执行 故障区间隔离失败 控分 XXX 开关执行失败 控分 XXX 开关待执行 故障区间隔离成功 控分 XXX 开关执行成功 控分 XXX 开关执行成功	T_{fe}–T_s
5	试送电中	试送电中 控合 XXX 开关执行中 试送电中 控合 XXX 开关执行失败 试送电中 控合 XXX 开关执行成功	T_s–T_{se}、 T_s–T_t、 T_t–T_{te}
6	试送电失败	试送电失败 出线开关跳闸，试送电未出	T_{se}/T_{te}
7	负荷转供中	负荷转供中 控合 XXX 开关执行中 控合 XXX 开关待执行	T_{te}/T_{se}–T_e
8	负荷转供结束	负荷转供结束	T_e 时刻

3　结束语

本文通过分析影响自愈成功的因素，详细介绍配电终端、配电主站影响自愈的具体情况，针对自愈过程最不利的后果是故障区间判断错误，造成转供过程中非故障线路停电，而扩大停电范围的情况。提出了在满足调度规程要求的情况，通过增加一次自动试发，确认故障区间的方式，提高故障区间判断成功率，进而提升自愈成功率的配网自愈方案及操作展示过程，对进一步推进配电自动化实用化，真正发挥配电自动化建设成效具有一定的借鉴意义。

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] 于士斌，徐兵，张玉侠，等．智能配电网自愈控制技术综述[J]．电力系统及其自动化学报，2013，25（5）：65-70．

[4] 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．

———————

作者简介

吕立平（1983-），男，硕士，工程师，主要从事配电自动化、继电保护等技术研究。

（收稿日期：2015 - 12 - 10）EA

（编辑：朱金凤）

中国知网 https://www.cnki.net