

馈线自动化启动原则探讨与实践

馈线自动化作为配电自动化系统的核心功能，是电网可靠、优质供电的关键技术保障，是智能电网技术研究的重点。配电网直接面向用户，其馈线自动化作用能否发挥直接影响电网对用户的供电可靠性。本文通过分析影响馈线自动化正确动作的因素，结合现场实际运行经验，提出了主站集中式馈线自动化启动原则，并对配电自动化自愈技术实用化提出初步建议。

吕立平 谷君 刘漫雨 许冲冲 王宁/国网北京电力科学研究院



吕立平/工程师

关键词/Keywords

配电自动化 ·
馈线自动化 ·
自愈 ·
智能配电网 ·
启动 ·

0 引言

馈线自动化(Feeder Automation, 简称 FA)是利用自动化装置或系统,监视配电网的运行状况,及时发现配电网故障,进行故障定位、隔离和恢复对非故障区域的供电。在我国,95%及以上用户停电是由配电网造成的(扣除发电不足的原因),因而减少配电网停电是提高用户供电可靠性的关键。馈线自动化作为配电自动化系统的核心功能,可即时发现、快速诊断、快速隔离故障,是电网可靠、优质供电的关键技术保障。同时馈线自动化覆盖率、正确动作率标志着一个地区配电自动化实用化水平。馈线自动化能否成功动作与 FA 启动、故障区间判断逻辑、通信情况、开关可用性均有直接关系。实际运行经验表明,馈线自动化正确动作率差强人意。如何提高馈线自动化成功率是配电自动化实用化提升的重要工作。馈线自动化动作过程分为 FA 启动故障区间判定、故障隔离、负荷转供等 4 个阶段。本文考虑了配电网现场运行情况,通过

分析影响馈线自动化正确动作的因素,分步骤研究馈线自动化技术,提出了 FA 启动原则。

1 影响馈线自动化正确动作因素分析

影响馈线自动化正确动作的因素较多,包括配电终端、配电主站控制策略、配电通信稳定性、配网开关设备可用性等,本文主要从配电主站控制策略方面考虑,提升馈线自动化正确动作率。

1.1 馈线自动化过程分析

配电自动化系统由配电自动化系统主站、配电终端和通信网络组成。配电终端对一次设备的信息实时采集,并通过通信网络上传给系统主站,从而实现主站对配电网运行工况的实时监视,同时主站通过通信网络下达遥控等操作指令实现对配电设备的远程控制。

配电自动化系统与调度自动化系统(EMS)、PMS、GIS、营销系统等配电网相关系统间提供系统交互接口,各系统间通过信息交互的方式实现数据等信息的共享,如下图所示。

馈线自动化动作过程主要分 4 个阶段:FA 启动、故障定位、故障隔离、负荷转供。馈线自动化动作程及各阶段运行说明如表 1 所示。

1.2 影响因素分析

配电主站通过收集故障信息,判断故障区间,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包括如下。

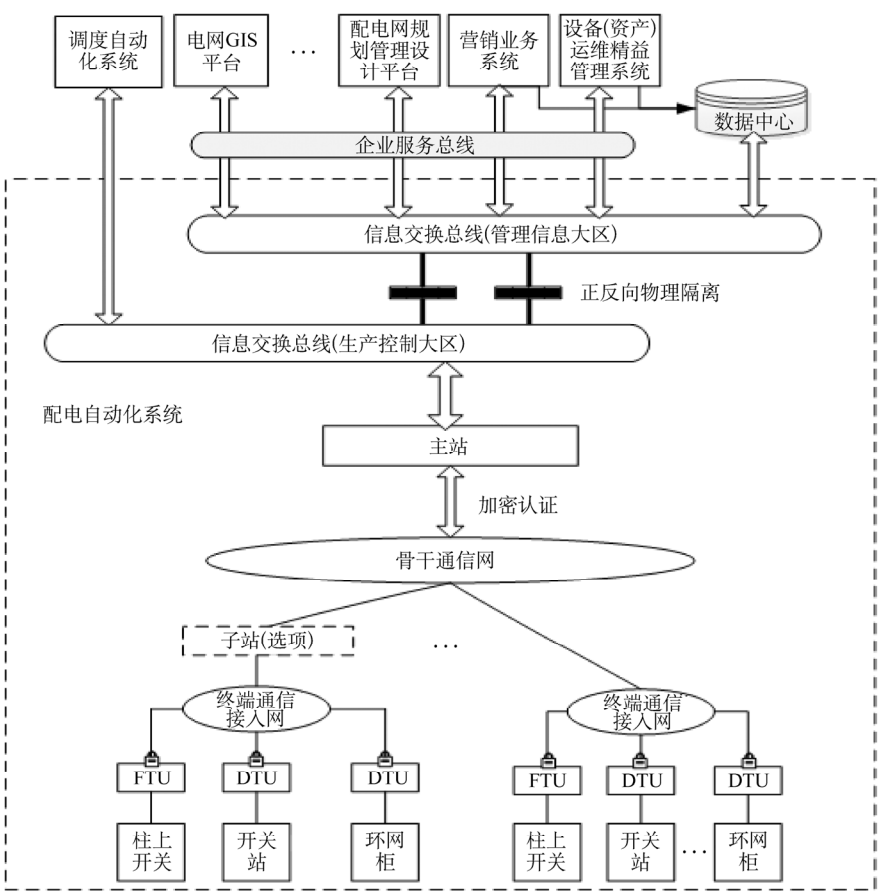


图 配电自动化整体结构图

表 1 馈线自动化动作过程及各阶段运行说明

处理阶段	FA 启动	故障定位	故障隔离	负荷转供
运行说明	收集变电站馈线开关、分段开关等故障信息	系统分析故障区间,生成选定最优转供方案	遥控开关隔离故障区间	遥控开关转供非故障区间

(1) 与 EMS 信息交互存在问题

变电站 10 kV 馈线故障信息通过 EMS 转发时,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) 配电终端故障信息收集

配电终端故障信息不论采用无线还是光纤

均存在较长延时后配电主站才能接收到或丢失情况。目前存在两方面问题,一是参与故障区间判断的故障信息如何确定;二是接收的故障信息不全或丢失如何处理。故障信息收集处理机制可能会造成故障信息丢失。

(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。

本文仅讨论在 EMS 转发变电站馈线故障信息时,配电主站如何确定故障发生、如何确定参与故障区间判断的故障信息、如何判断故障区间等方面,确定 FA 启动原则。

2 高可靠实用自愈策略

FA 启动原则主要涉及配电主站判定故障发生原则、保护信号与跳闸信号匹配原则、参与故

障区间判定的有效信息（时间窗口期）、故障区间判定原则，按照故障时间顺序各原则的关系如表 2 所示。

表 2 FA 启动各原则关系

序号	时刻	过程	原则
1	0 ms	故障发生	
2	0~40 s	故障发生判定	1. 配电主站判定故障发生原则 2. 保护信号与跳闸信号匹配原则
3	0~90 s	故障区间判定	1. 参与故障区间判定的有效信息（时间窗口期） 2. 故障区间判定原则

2.1 故障发生判定

2.1.1 配电主站判定故障发生原则

配电主站判定故障发生主要依靠变电站（或开关站）馈线故障信息、配电终端故障信息、差动保护故障信息（或智能分布式终端故障信息）等。根据不同的故障信息来源，最终配电主站启动不同的故障处理流程。通过分析，配电主站判定故障发生原则包括 4 小类。

（1）收到站内保护信号+跳闸信号

站内信息包括 EMS 转发的变电站馈线开关故障信息，或开关站直采的故障信息。保护信号包括：事故总、过流一段、过流二段、零序一段、零序二段、过流、速断；跳闸信号：变电站或开关站出线开关的分闸信号。站内保护信号、跳闸信号均未丢失时，配电主站启动 FA，启动自愈。启动 FA 指生成事故件名、判定故障区间；启动自愈指隔离故障区间、负荷转供。

（2）收到站内跳闸信号+配电终端故障信号

配电主站仅接收到站内跳闸信号而未收到保护信号时，可结合配电终端故障信号判定故障发生，但此时配电主站仅启动 FA，不启动自愈。配电终端故障信号指安装在馈线分段、联络、分界处的配电终端的故障信号。

（3）收到用户分界处配电终端保护信号+跳闸信号

配电主站未接收到站内保护信号及跳闸信号，却收到用户分界处配电终端保护信号以及跳闸信号，此时配电主站仅启动 FA，不启动自愈。此时的保护信号指零序动作信号及其事故总。用

户侧发生单相故障时，零序保护直接出口跳开分界负荷开关隔离故障，并上传保护信号+跳闸信号；若用户侧发生相间故障时，判定条件参见（1）。以上情况均指满足保护级差配合时。

（4）收到差动保护信号+开关跳闸信

当配网采用光纤差动保护快速隔离时，涉及两个开关，共两组（4 个）动作信号即：2 个差动保护动作信号与 2 个跳闸信号。配电主站收到 4 个信号，启动 FA，启动自愈。在缺失信号的情况下，只要收到开关分闸产生停电区间，并配合有一个保护信号的情况下，只启动 FA，不判定故障区间，除此之外均不启动 FA。

其它不启动 FA 的情况主要有 4 种：

1) 电容器组及备用线跳闸不启动 FA。

2) 所属配电线挂有检修牌、实验牌或者保持牌者不启动 FA。

3) 线路处于合环运行发生故障时暂不启动 FA。

4) 分布式电源大量接入时，暂不启动 FA。

2.1.2 保护信号与跳闸信号匹配原则

由于保护信号与跳闸信号（开关分位遥信）不是同时传给配电主站，存在延时上传或丢失情况，如何匹配保护信号与跳闸信号原则如下。

（1）站内信号匹配原则

1) 收到保护信号先于跳闸信号，两者时间相差在 30 s 以内即判定故障发生（收到跳闸信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）；

2) 跳闸信号先于保护信号，两者时间相差在 5 s 以内即判定故障发生（收到保护信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）。

（2）用户侧故障

1) 保护信号先于跳闸信号，两者时间相差在 25 s 以内（收到跳闸信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）；

b) 跳闸信号先于保护信号，两者时间相差在 5 s 以内（收到保护信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）。

（3）光差保护动作

1) 保护信号先于跳闸信号，两者时间相差在 5 s 以内（收到跳闸信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）。

2) 跳闸信号先于保护信号，两者时间相差

在 5 s 以内（收到保护信号时刻即为配电主站判定故障发生时刻）。

2.2 故障区间判定

2.2.1 参与故障区间判定的有效信息（时间窗口期）

(1) 纯光纤通信环境

配电主站判定故障发生，搜集判定故障发生时刻前 60 s 和判定故障发生时刻后 10 s 的配电终端故障信息，用于判定故障区间，并开始启动自愈（故障隔离，负荷转供）。

(2) 无线光纤混合通信环境

配电主站判定发生故障，搜集判定故障发生时刻前 60 s 和判定故障发生时刻后 30 s 的配电终端故障信息，用于判定故障区间，并开始启动自愈（故障隔离，负荷转供）。

(3) 光差保护动作

配电主站判定发生故障，启动自愈（负荷转供）。

2.2.2 故障区间判定原则

(1) 基本原则

1) 从电源侧往后，最后一个流过故障信号的开关至下一个正常通信的自动化开关之间为本次故障区间，收到 I_a 过流告警、 I_c 过流告警、 I_0 零序过流或线路故障告警信号任意一个，都参与故障区间判定，离线终端系统默认为非配电终端（自动化终端）处理。

2) 在故障区间判定阶段，只识别开关上送的故障告警信号的动作信号，不识别故障告警信号的复归信号，系统保持 180 s。

(2) 光差保护动作

收到两个开关（带差动保护类型）差动保护动作信号，且这两个开关都为分状态，则区间判定为这两个开关之间。

如果具备上述条件，但变电站出站开关也跳闸，则不判定故障区间。配电主站判定发生故障，启动自愈（负荷转供）。

3 结束语

馈线自动化功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，其应用水平体现了一个地区的配电自动化水平。

本文通过分析影响馈线自动化正确动作的因素，指出馈线自动化动作过程中，存在保护信号与跳闸信号匹配、参与故障区间判定的故障信息都可能影响 FA 正确启动及故障区间定位；详细介绍了配电主站判定故障发生原则、保护信号与跳闸信号匹配原则、参与故障区间判定的有效信息（时间窗口期）、故障区间判定原则 4 大原则，以及不同情况下，配电主站下一步对应策略。通过近一年的试点应用，有效保障了配电主站对现场故障的正确反映，结合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，进一步推进配电自动化实用化，对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，工程师，主要从事配电自动化、继电保护等技术研究。

谷君（1982-），女，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。

（收稿日期：2015-12-10）EA

（编辑：朱金凤）