

基于配电自动化的馈线自动化实现方式与应用

李雪平, 陈 艳

(扬州供电公司, 江苏 扬州 225009)

摘 要: 馈线自动化是配电自动化的核心功能, 馈线自动化能够实现配电网故障的快速研判, 保证配电网故障的快速隔离和非故障区域快速恢复供电, 从而提高供电可靠性。本文主要分析了集中式 FA、广域保护智能分布式 FA、基于区域控制的分布式 FA (馈线自动化) 实现方式、优缺点, 论述了在扬州一流配电网综合建设与管理示范区建设中, 依据不同区域的供电可靠性要求, 同时考虑经济性, 在城市核心区域、一般区域、农村区域馈线自动化的选型方案。

关键词: 配电自动化; 馈线自动化 (FA); 集中式; 分布式

0 引言

在扬州一流配电网综合建设与管理示范区建设中, 基于一次网架基本完善, 建设配电自动化系统。通过加装配电终端, 实现了试点区域配电一次设备的遥测、遥信、遥控全覆盖。同时针对城市核心区域、城市一般区域、农村区域不同供电可靠性的要求, 同时考虑经济性原则, 在城市双环网核心区域合理配置配电断路器和负荷开关等一次设备, 采用光纤通信专网, 实现智能分布式 FA 为主、集中式 FA 作为必要补充的馈线自动化方案。而在城市一般区域、农村区域采用光纤或无线专网实现负荷开关“三遥”功能, 配电主站进行故障研判和负荷转供的集中式 FA 方案。

1 基于配电自动化的集中式FA^[1]的实现方式

1.1 集中式FA^[1]实现的前提

集中式 FA 是配电自动化系统的重要应用功能, 其通过对配电一次设备遥信信息 (开关位置、过流等保护信号) 的采集来判断故障区域, 通过对配电开关的远程遥控来实现故障区域的快速隔离和非故障区域的快速负荷转供, 因此集中式 FA 不依赖配电一次设备的选型, 加装配电终端, 实现配电设备的“三遥”功能是实现集中式 FA 的前提。

1.2 集中式FA^[1]实现的基础

在实现对配电一次设备远程监视与控制的配电自动化主站部署配电设备故障分析模块 DA, 依据采集到的开关分合、过流等故障信息, 通过对配电网网络拓扑结构的分析, 才能够实现配电设备的故

障定位与隔离。

一般配电主站故障分析 DA 模块的启动依据是: 变电站 10/20kV 投入馈线自动化功能的出线开关的保护动作信号和开关分闸等开关事故分闸信号。DA 故障定位的判据为: 当线路上有故障时, 故障点上游至站内开关有故障电流, 而故障点下游无故障电流, 主站并根据线路上各点上送的故障电流告警信号情况进行故障点定位、隔离和恢复非故障区域供电。

由于目前的配电终端不能带模型和自描述上送配电设备开关位置以及故障信息, 只能由配电自动化主站通过完善配电网络模型拓扑、人工建立配电开关与该开关故障信号的一一对应关系来判断配电线路上各点上送的故障信息上下游拓扑关系, 实现故障的快速定位与负荷转供。

因此, 配电自动化主站系统精准的配电网络图模、配电开关与故障信息的准确对应是实现集中式 FA 的基础。

1.3 集中式FA处理模式^[2]

由于配电线路故障后, 配电主站故障处理 DA 程序根据网络拓扑分析和电源点分布情况, 提供事故隔离和恢复供电的一个或多个操作预案, 由配网调度员人工选择自动或交互模式进行故障隔离和供电恢复。所谓自动模式即由系统自动选择最优方案, 并下发遥控命令, 自动完成整个 FA 的故障处理和负荷转供过程。所谓交互模式即由调度员人工选择确认操作预案, 辅助调度员进行遥控操作, 达到快速隔离故障和恢复供电的目的。

1.4 集中式FA^[1]的优缺点

对配电一次设备类型、通信方式的高适应性：集中式 FA 主要依据在配电主站生成的网络拓扑、采集故障信号进行故障定位，故障隔离通过遥控执行，对配电一次设备的类型、通信方式没有要求，只要能实现“三遥”功能即可。

负荷转供方案的多选择性：集中式 FA 基于全网判断配电网络拓扑，能够统筹考虑配电设备的负载情况、运行的经济性、可靠性原则，给出多种负荷转供方案、最优方案供调度员选择。

对配电主站图模的高依赖性：集中式 FA 要求精准的配电网图模、配电开关与故障信息的准确对应。依据配电图模“源端维护，全局共享”³的原则，只能通过程序自动校核加人工比对的方式，并通过管理流程的完善来保证配电主站图模的准确性。

故障定位与隔离的低时效性：集中式 FA 的启动是在整条配电线路已经失电的情况下，由于配电线路上不同开关发信时间的不完全同步，只能实现配电线路故障的分钟级故障隔离与负荷转供，对非故障区域用户来说存在分钟级的失电，适用于供电可靠性要求不是非常高的区域。

2 分布式FA^[2]的实现方式

2.1 广域保护智能分布式FA^[4]

2.1.1 广域保护智能分布式 FA 实现方式

广域保护智能分布式 FA 由分布在各个开关处保护、智能配电终端采集就地信息，在变电站出线开关保护动作前故障区域内相关断路器快速跳开，实现故障隔离，因此配电环网内配电开关采用全断路器配置是实现广域保护智能分布式 FA 的前提。

全断路器的广域保护智能分布式 FA，故障处理不需要配电主站、子站参与，通过配置过流保护的断路器毫秒级跳开，并与变电站出线保护的时间极差配合保证快速精准切除故障，使得配电线路故障不影响 10kV 出线对供电区域内其它配电线路的正常供电。

广域保护智能分布式 FA 需要在配电设备上安装智能分布式配电终端，智能终端之间通过光缆进行对等通信，判断对端开关状态、故障电流方向，快速确定故障区域，断路器毫秒级跳开，实现故障区域的精确隔离，同时智能终端将故障信号、故障处理的结果上送配电主站。

2.1.2 广域保护智能分布式 FA 的优缺点

实现故障的精准定位与毫秒级隔离：故障区域配电开关先于变电站出线开关保护动作前跳闸，毫秒级的切除故障，故障影响范围小，适用于供电可靠性要求非常高的区域。

一、二次设备改造成本较大：要求配电线路采用全断路器加智能终端，同时为保证通信可靠，要求采用光缆通信，投资成本较大。

对配电网架变更的适应性较差：全断路器配电线路智能分布式 FA 一般适用于一次网架较成熟的区域。一次网架的变更均会带来智能分布式终端故障判断逻辑的变更，人工调试复杂。

2.2 基于区域控制的分布式 FA

由于全断路器智能分布式馈线自动化的投资较大，依据一次网架结构和负荷的重要性，合理配置断路器与负荷开关，配置智能自愈式控制单元实现基于区域控制的分布式 FA。

2.2.1 基于区域控制的分布式 FA 实现方式

基于区域控制的分布式 FA，是将整个配电网划分成若干个小区域，一般以一个环网为单位，配置一台智能自愈式 FA 控制单元，智能自愈式 FA 控制单元与环网内的每个终端（DTU/FTU）通过“专用通道”进行高速通信，保证了在故障发生时能够快速获得各个终端的故障信息，根据区域内环网拓扑结构和逻辑判断，快速的进行故障定位、隔离和非故障线路的恢复。

智能自愈式 FA 控制单元与各配电终端之间一般采用光缆专用通道建立可靠链接，配电终端快速向智能自愈式控制单元上传故障相关信息，智能自愈式控制单元根据各配电终端上报的信息准确地进行故障定位，并通过对相应配电终端的遥控实现故障隔离。

智能自愈式 FA 控制单元一般也可与开关站、环网柜的配电终端 DTU 合一配置，只需在 DTU 上配置智能 FA 控制模块。

基于区域控制的分布式 FA 的设备配置如图 1 所示。

如图 f1 点发生故障：

动作断面 1：故障上游 101、102、201、202 出现故障电流，并向 DTU1 智能自愈式 FA 控制单元上报故障信息；

动作断面 2：配电开关站 A 内 102 断路器先于

变电站 A 出线保护动作前跳开，实现故障的初步隔离；

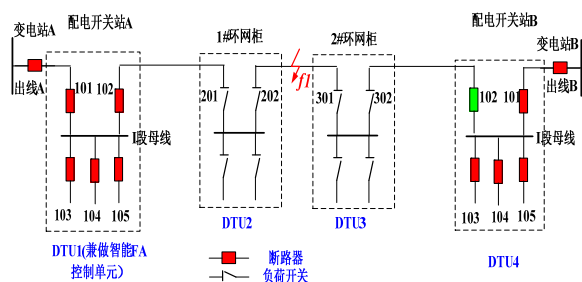


图 1 基于区域控制的分布式 FA 的设备配置图

动作断面 3：DTU2 中的 201、202 开关上报故障信息，而 DTU3 中的 301 开关未上报故障信息，则故障点定位在 202、301 负荷开关之间，在配电开关站 A 内 102 断路器后，智能自愈式 FA 控制单元下发 202、301 开关遥控分闸命令实现故障精准定位与隔离。

动作断面 4：故障隔离成功后，FA 控制单元下发遥控命令给 DTU4 合配电开关站 B 联络开关 102 命令，恢复 2#环网柜的供电。

动作断面 5：FA 控制单元下发遥控命令给 DTU1 合配电开关站断路器 102，恢复 2#环网柜的供电。

2.2.2 基于区域控制的分布式 FA 的优缺点

实现故障的精准定位与分级隔离：环网内配置的配电开关站断路器先于变电站出线开关保护动作前跳闸，毫秒级的切除故障，实现故障的初步隔离，故障影响范围较小，同时依据配电终端上送的故障信号对故障区域进行秒级精准定位隔离，实现适用于供电可靠性要求较高的区域。

断路器、负荷开关合理配置，节约了一次设备投资：突破了智能分布式 FA 全断路器的局限，只在配电开关站配置断路器，充分考虑经济性原则。

对配电网架变更的适应性较好：一次网架变更后，只需要修改智能自愈式 FA 控制单元的配置以及故障判断逻辑，人工调试相对于广域保护智能分布式 FA 简单。

对智能自愈式 FA 控制单元的高依赖性：基于区域控制的分布式 FA 对故障区域进行秒级精准定位、隔离依赖于智能自愈式 FA 控制单元的逻辑判断，对该装置的可靠性要求较高。

3 结论

在扬州一流配电网综合建设与管理示范区建设工程中，针对城市核心区域、农村一般区域不同供电可靠性的要求，同时考虑经济性原则，选取了以下馈线自动化实现方式：

城市双环网核心区域（可靠性要求高的区域）：选取部分线路配置全断路器，试点广域保护智能分布式 FA；

城区双环网核心区域（可靠性要求高的区域）：大多区域在配电开关站配置断路器，其余采用负荷开关，试点基于区域控制的分布式 FA；

城市一般区域和农村区域等大范围已实现配电自动化的区域（可靠性要求较高的区域）：采用集中式 FA。

同时，为保证城市核心区域的供电可靠性，采用分布式 FA 与集中式 FA 相结合的方式³，即分布式 FA 的故障隔离执行后由主站集中式 FA 继续校验处理，配电主站根据智能分布式终端上送的处理结果信号，分析出开关动作的原因，判断故障隔离是否执行成功，对故障隔离执行未成功的配电设备，主站将尝试二次遥控，对故障进行隔离，恢复非故障区域的供电。

通过多种馈线自动化实现方式在扬州一流配电网综合建设与管理示范区的应用，提高了供电可靠性，对智能电网技术的推广应用具有积极意义。

参考文献：

- [1] 国家电网公司. 配电自动化试点建设与改造技术原则 [Z]. 2009.
- [2] 国家电网公司. 配电自动化技术导则 [Z]. 2009.
- [3] 刘振亚. 智能电网技术 [M]. 北京：中国电力出版社，2010.
- [4] 严胜，姚建国，杨志宏，等. 智能电网调度关键技术 [J]. 电力建设，2009，30（9）：1-4.

作者简介：

李雪平（1968-），男，江苏扬州人，工程师，主要从事电力系统自动化专业工作；

陈艳（1978-），女，江苏扬州人，工程师，高级技师，主要从事电力系统自动化工作，E-mail：yzcy329@163.com。