

# 高可靠性主动配电网供电模式研究

冯嘉顺<sup>1</sup>, 曾繁祎<sup>1</sup>, 赵青宇<sup>2</sup>

(1. 海南电网有限责任公司三亚供电局, 三亚 572000; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 高可靠性主动配电网的基本特征是高可靠性, 以及具备灵活的网架重构能力和源-网-荷协调互动能力。然而, 传统闭环设计开环运行的配电网, 及其基于配电自动化和电流级差保护的保护控制方法已无法满足这一要求。为此, 提出了涵盖配电网拓扑结构、广域保护测控体系和配电终端选型要求等方面在内的高可靠性主动配电网供电模式及其工程实现方案, 通过闭环运行的网架结构、不停电故障隔离, 以及高度可扩展性的配电终端, 实现主动配电网的高可靠性和高灵活性。基于实际工程的案例分析表明, 所提的方案具有充分的工程的有效性和可实施性, 为高可靠性区域配电网的规划建设提供了方法支持。

**关键词:** 主动配电网; 供电模式; 可靠性; 广域保护

中图分类号: TM77

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)01-0092-04

## Study on Feeding Mode for Active Distribution System with High Reliability Demand

FENG Jiashun<sup>1</sup>, ZENG Fanwei, ZHAO Qinyu<sup>2</sup>

(1. Hainan Power Supply Bureau of Sanya Power Grid Co., Ltd., Sanya 572000, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou, 501663, China)

**Abstract:** High reliability active distribution network is based on strong network frame, and has ability of flexible network reconstruction and ability of coordinating and interacting among power source, grid and load. However, traditional distribution network are operated in open loop and designed in closed loop, and its protection method which are based on distribution automation and current differential protection can no longer meet the requirements for high reliability active distribution network. In this article, a high reliability distribution network model and its construction implementation plan is put forward, which includes distribution topology, Wide Area Measurement and Control System and requirements for distribution network automation terminal device type and so on. This model and plan offer a planning and construction support method for high reliability distribution network.

**Key words:** active distribution network; power supply mode; reliability; wide-area protection

主动配电网是通过对其内部电源、网架和负荷等可调可控设备进行主动控制, 实现某一运行目标的配电网<sup>[1-2]</sup>。

主动配电网的基本特征, 一是具备一定分布式可控资源, 二是完善的可观可控水平, 三是灵活的网络拓扑结构。传统基于配电自动化和多段式电流

保护的配电网保护方法, 采用集中或就地控制的方式, 存在响应速度慢, 利用信息有限, 功能不完善等等的缺陷。

其中, 就地方式不仅所需的故障处理时间较长, 而且变电站出线断路器需多次动作, 对电网和用户造成多次冲击。此外, 由于开关终端设备之间缺乏通信手段, 因此其动作时间等需要根据网络结构逐一调整配合。集中式控制方法则依赖于主站系统, 若主站系统故障, 将无法完成故障隔离和处理。显然, 传统的配电网控制保护方式已无法满足主动配电网的要求。

收稿日期: 2016-08-02

作者简介: 冯嘉顺(1972), 男, 海南海口人, 高级工程师, 学士, 主要从事配电自动化规划设计及运行方面的研究工作(e-mail: 2469072644@qq.com)。

广域测控系统 (Wide Area Measurement and Control System, WAMCS), 是基于主站集中控制和基于智能终端点对点通信的分布式智能控制方式, 一方面降低了对主站系统的依赖, 另一方面又具备快速响应能力<sup>[3]</sup>。

本文提出了涵盖配电网拓扑结构、广域保护测控体系和配电终端选型要求等方面在内的高可靠性区域配电网供电模式, 以高可靠性的网架结构为基础, 采用智能终端间对等交换实时数据的实现配电网的智能控制和保护, 为高可靠性区域配电网的规划建设提供了方法支持。

## 1 高可靠性主动配电网典型网架结构

对于主动配电网, 往往由于高压变电站 10 kV 出线数量不足或线路走廊条件受限制时, 而采用开闭所接线。而对于有分布式能源接入需求的区域, 为降低分布式电源接入对电压分布的影响和增加控制保护配置难度, 应采取分布式电源集中接入、中压配电网合环运行的接线模式<sup>[1]</sup>, 其典型拓扑结构如图 1 所示。

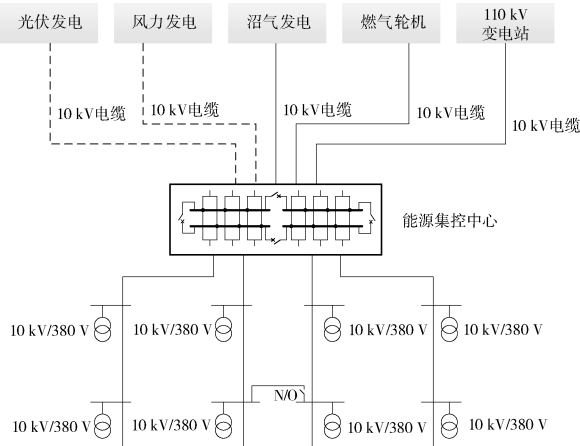


图 1 城市区域配电网的典型拓扑结构

Fig. 1 Typical network topology of urban regional distribution system

图 1 中, 能源集控中心是一大型开关站, 对光伏、风电、沼气发电和燃气轮机等分布式电源出力, 以及外部 110 kV 变电的网供电力进行集中分配。

为满足能源集控中心 10 kV 母线检修不停电的要求, 其 10 kV 母线可按双母线建设, 同时, 为了保证中压配电网的供电可靠性, 实现线路故障时用户不停电, 同时降低分布式电源接入对电压质量的

影响<sup>[4]</sup>, 中压配电线路可采用单环网闭环运行方案。对于部分重要用户的线路, 两个单环可直接配置联络线路, 实现线路 N-1-1 情况下用户不受影响。

## 2 继电保护配置方案

### 2.1 配置原则

作为故障的第一道防线, 继电保护配置必须满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性的基本要求。此外, 为满足灵活的网架重构能力和源-网-荷协调互动能力, 继电保护应具有灵活性<sup>[3]</sup>。

### 2.2 配置方案

对于图 1 所示的电网拓扑结构, 其保护单元包括 110 kV 变电站和分布式电源的出线开关, 开关站进线单元, 开关站出线单元, 用户户内开关, 开关站 10 kV 母线保护和母联开关。其保护方案如图 2 所示。

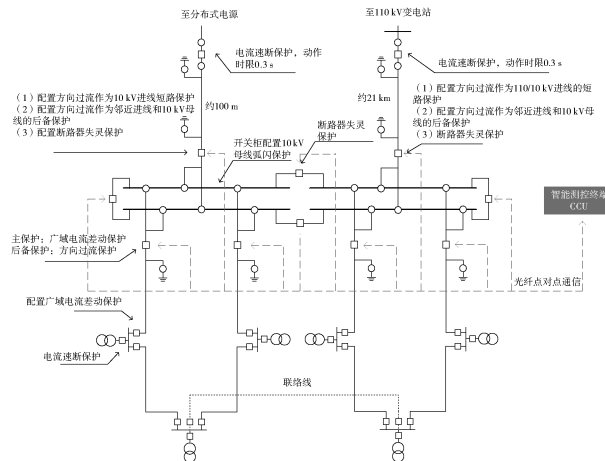


图 2 主动配电网继电保护推荐方案

Fig. 2 Recommended scheme for protection of regional distribution system

图 2 为主动配电网继电保护的推荐方案示意图, 其配置如下:

1) 10 kV 变电站和分布式电源的出线开关均配置电流速断保护, 其动作时限应按 0.3 s 以上配置, 以保证下游配电网故障时保护的选择性。

2) 能源集控中心开关站的进、出线单元均为断路器单元, 由保护测控一体化终端集中控制。其中, 开关站的进线单元均配置方向过流保护: (1) 方向过流保护 I 段: 保护范围为开关上游的电缆进线, 其整定的动作时限为 0 s; (2) 方向过流保护 II 段: 作为邻近进线方向过流保护 I 段的远后备, 其

整定的动作时间须与 110 kV 变电站的出线开关电流保护和分布式电源的出线开关保护相配合；(3)配置断路器失灵保护；(4)开关检同期功能。

3)开关站进出线单元：(1)配置广域电流差动保护作为 10 kV 配电线路的主保护；(2)开关站出线断路器还配置方向过流保护作为下游 10 kV 环网的后备保护，动作时限按 0.15 s 整定(假设 110 kV 变电站出线开关的过流保护动作时限为 0.3 s)；(3)用户户内开关站，包括①进出线开关，每个户内开关站进出线断路器均配置广域电流差动保护作为 10 kV 配电线路的主保护，此外进出线开关还配置检同期功能；②馈出线开关，馈出线断路器配置电流速断保护；(4)开关站 10 kV 母线，以开关柜弧闪保护为主保护，快速切除 10 kV 母线故障，其后备保护为进线开关的方向过流保护 II 段；(5)母联开关，配置过流保护。在母联开关闭合后，其过流保护将激活一段时间(如 10 s)，此后过流保护即被闭锁。

### 3 广域电流差动保护的逻辑

目前，合环运行的配电线路通常采用常规电流差动保护，不仅需要为每一线路区段配置一套保护终端设备，终端之间需要采用专用通信通道，而且无法满足保护定制和保护策略在线调节的要求<sup>[3]</sup>。而广域电流差动保护，相邻终端之间通过交换实时和准实时数据和信息来处理故障，无需专用的通信通道，因此更适用于运行方式和网架结构变动频繁的配电网，且大幅降低投资费用。

实际上，由于非故障区段两侧故障电流相位一致，而故障区段两侧故障电流相位相反，因此广域电流差动保护可以故障电流相位差异作为识别故障区段的主要判据，从而减少终端间实时数据传输的需求<sup>[5]</sup>。

对于如 3(a)所示的闭环网络：

#### 1)故障定位

若故障发生断路器 FB4、FB5 之间，则 FB1、FB2、FB4 和 FS2 将检测到正向故障电流，而 FB5、FB6、FB7 将检测到反向故障电流。通过终端之间互相通信，可准确定位故障点。

#### 2)瞬时故障处理

断路器 FB4、FB5 将跳闸以隔离故障。检测到反方向故障电流的 FB5 闭锁重合闸，而为了消除瞬

时故障，检测到正向故障电流的 FB4 将延时进行一次重合闸。如图 3(b)所示。

#### 3)永久性故障

若为永久性故障，在 FB4 和 FB5 隔离故障后，向相邻 DTU 发送“跳闸成功”信号，如图 3(c)所示。

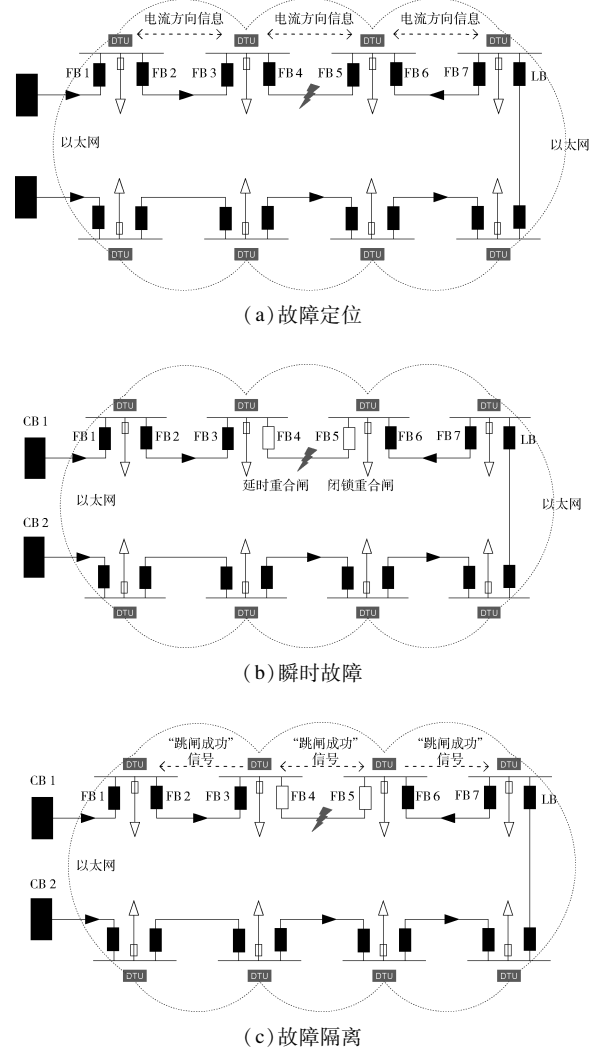


图 3 广域电流差动保护的故障处理策略

Fig. 3 Fault strategy for wide area current differential protection

### 4 智能一体化终端

智能一体化终端根据就地信息、相邻终端的信息和远程控制指令实现对配电开关的控制，因此是实现区域配电网控制保护的关键设备。

#### 1)一体化、模块化和可扩展

在配用电环节，多种终端设备分别承担不同的监控任务。例如，配电自动化系统的实时数据、故

障自动处理的判据、开关设备的运行工况等数据采集依赖 FTU、DTU、故障指示器等各种配电自动化终端设备;而环境监测、电量采集、电压监测、电能质量监测和继电保护等则有相应的终端设备。目前,各种终端设备完成单一的功能,由不同业务部门负责运行管理,采购设备、运维成本较大。

为满足高可靠性区域配电网继电保护灵活性的要求,智能一体化终端应具备一体化、模块化和可扩展的特点,不仅能够集成配电自动化终端、环境测控终端、保护设备、电压和电能质量监测终端等多种终端的功能,而且满足“一体化装备、模块化组合、持续化扩展”的要求,通过功能模块的扩展,持续满足配电网各应用场景的数据采集、传输、监测和控制等应用,满足柱上开关、配变台区、开闭所、配电房、环网柜、箱变等配变监测点的智能化需求,而且各功能模块相对独立,易于扩展、更换和维护。

## 2) 自描述、自识别

由于配电网中配电终端数量庞大,因此主站系统与配电终端之间的数据点表需要人工核对,是造成目前配电终端接入配置、调试和运维的工作量大、工作周期长的主要原因。

智能配电一体化终端应符合 IEC61850 标准,采用标准的信息和信息交互模型及映射机制,从而实现配电网终端即插即用,减少配电终端接入的配置调试与维护工作量。

配电网终端采用基于 IEC61850 的信息模型和信息交换模型,采用 WebServices 和 IEC60870-5-104 通信协议。与主站的通信则通过抽象通信服务接口映射到 WebServices 或者 WebServices + IEC60870-5-104 上(采用 WebServices 传输模型信息,采用 IEC 60870-5-104 传输实时数据),主站系统通过前置机将模型还原为符合 IEC61850 的信息模型,然后通过 IEC61850/61970/61968 模型融合,提供符合公共信息模型(CIM)的数据模型。

主站系统通过定时发送“发现”指令,新接入的配电终端在收到该命令后随之解析主站地址,向后发出“注册”信息。主站的前置系统通过 WebServices 接口,采集配电终端的数据模型信息和实

时数据传输,并在必要时根据 IEC61850 与 IEC 60870-5-104 的映射关系将其转换成 IEC61850 模型数据。在此过程中,由于配电终端传输的是自描述数据,因此无需人工配置数据点表。

## 5 结论

传统基于配电自动化和电流级差保护的配电网保护控制方法,无法适应高可靠性主动配电网的要求。本文提出的城市高可靠性主动配电网供电模式,采用分布式能源集中接入、中压配网合环供电、广域保护测控系统和智能一体化配电终端,不仅可满足城市高可靠性区域配电网灵活的网架重构和源-网-荷协调互动的要求,为高可靠性区域配电网的规划建设提供了方法支持和基础技术方案。

### 参考文献:

- [1] 尤毅,刘东,于文鹏,等.主动配电网技术及其进展[J].电力系统自动化,2012,36(18):10-16.  
YOU Y, LIU D, YU W P, et al. Technology and its trends of active distribution network [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 10-16.
- [2] WHEI M L, TUNG S Z, CHIN D Y. Distribution system reliability worth analysis with the customer cost model based on rbf neural network [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18(3): 1015-1018.
- [3] 徐丙垠,薛永端,李天友,等.智能配电网广域测控系统及其保护控制应用技术[J].电力系统自动化,2012,38(18):2-6.  
XU B Y, XUE Y D, LI T Y, et al. A wide area measurement and control system for smart distribution grids and its protection and control applications [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 38(18): 2-6.
- [4] SAMUEL S O, REPO S, JESSLER R, et al. Active distribution network demonstration projection ADINE [C]. IEEE Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, Gothenburg, Sweden: IEEE, 2010, 103(5): 1-8.
- [5] 丛伟,潘贞存,赵建国,等.基于电流差动原理的广域继电保护系统[J].电网技术,2006,30(5):91-95.  
CONG W, PAN Z C, ZHAO J G, et al. A wide area protective relaying system based on current differential protection principle [J]. Power System Technology, 2006, 30(5): 91-95.

(责任编辑 张春文)