

# 广域信息智能配电网故障自愈技术研究

张家红<sup>1</sup>, 何国斌<sup>1</sup>, 黄滇生<sup>1</sup>, 束洪春<sup>2</sup>, 董俊<sup>2</sup>

(1. 云南电网公司大理供电局, 云南 大理 671000; 2. 昆明理工大学电力工程学院, 昆明 650051)

**摘要:** 针对将来智能配电网对供电可靠性不断提高的发展需求, 对智能配电网故障自愈技术进行了研究。结合当前配电网故障停电范围大、无法快速有效转供等保护与控制问题, 基于智能配电网广域测控系统、EPON 无源开放式通信体系, 采用分布式智能控制技术实现智能配电网终端之间的对等通信与数据交换, 通过分析故障过流信息实现与变电站出线保护相配合的故障快速隔离、供电恢复等功能。通过在大理城区配电网中的实际应用, 以及对项目开展过程中存在的若干关键问题的研究分析, 基于广域信息的智能配电网故障自愈技术能够显著地提高供电可靠性和电能质量, 减少用户停电损失。

**关键词:** 智能配电网; 故障自愈; 广域信息

## Research on Self-healing Technology for Smart Distribution Network Based on Wide-area Information

ZHANG Jiahong<sup>1</sup>, HE Guobin<sup>1</sup>, HUANG Diansheng<sup>1</sup>, SHU Hongchun<sup>2</sup>, DONG Jun<sup>2</sup>

(1. Yunnan Dali Power Supply Bureau, Dali, Yunnan 671000;  
2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051)

**Abstract:** For the future needs of smart distribution network for increasing the reliability of power supply development, the self-healing technology for smart distribution network fault were studied. Combined with the current range with large power grid failure, unable to quickly and efficiently turn for protection and control problems, base on Wide Control System of smart distribution network and EPON passive open communication system, using distributed intelligent control technology for communication and data exchange between intelligent power distribution terminals, by analyzing the fault overcurrent information and cooperating substation outlet protection to achieve fast fault isolation, power recovery and other functions. Through the practical application of the distribution network in the city of Dali, as well as research and analysis a number of key issues carried out during the project, the self-healing technology for smart distribution network fault based on wide-area information can significantly improve the reliability and power quality, thus reducing power losses.

**Key words:** smart distribution network; self-healing; wide-area information

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1006-7345 (2014) 03-0015-06

## 1 前言

近年来以远距离、大容量、超特高压输电技术为基础的输电骨干网架在全国均得到了快速的发展, 在输电网侧的智能化技术也已经取得了较大的成果<sup>[1-3]</sup>, 我国智能电网技术的开发重点未来将更多的针对电网的配电和用电侧<sup>[4-5]</sup>。

自愈功能作为保证电网可靠、优质供电的关键功能, 是智能电网技术研究的重点<sup>[6-9]</sup>。未来智能配电网的自愈技术, 将以保证供电质量为目标<sup>[10]</sup>, 建立起覆盖高自愈能力配电网规划设计、

安全隐患预警与控制、故障自恢复与保护、供电恢复 4 个层次的自愈技术体系与评价指标体系<sup>[11]</sup>。未来智能配电网具有高度的自愈能力, 能够满足不同用户对供电质量的要求。

本文基于现代通信技术的发展, 研究对等通信的分布式智能控制技术, 通过广域测控系统中智能配电网终端实时获取相关控制节点上的测量信息, 实现分布式智能 (DI) 控制, 克服了就地与集中控制的缺点, 既拥有完善的控制功能, 又具有较快的响应速度, 可以很好地满足智能配电网对保护与控制技术的要求。介绍了该自愈技术在

大理市配电网中的应用,实现了基于以太无源光网络(EPON)通信模式下的配电网中相邻智能终端(FTU)的故障信息交换以实现故障快速隔离并恢复非故障区域的供电等功能。其中,200 ms内完成故障隔离,3 s完成负荷转供,极大地缩短了停电时间,显著提高了供电可靠性,减少了用户停电损失。

## 2 智能配电网

智能配电网是未来整个电力行业技术发展和管理模式的转型,在电网面对21世纪的各种挑战面前,智能配电网无疑是各国配电网未来发展方向上的共同选择。

### 2.1 智能配电网的特点

智能配电网是将先进的传感测量技术、信息技术、通信技术、计算机技术、自动控制技术和原有的配电基础设施高度集成而形成的新型电网,它具有提高能源效率、减小对环境的影响、提高供电的安全性和可靠性、减少电网的电能损耗、实现与用户间的互动和为用户提供增值服务等多个优点。

智能配电网的发展重点在智能化上。而智能化主要体现在以下几方面:

- 1) 广泛的采用先进的量测、传感技术实现电网的可观测性;
- 2) 对观测状态进行有效控制;
- 3) 大量广泛的应用嵌入式自主的处理技术;
- 4) 电网实时分析的能力达到由数据到信息的提升;
- 5) 电网具有自适应和自愈的能力等。

### 2.2 配电网保护与控制技术存在的问题

配电网直接面向用户,其内部任何故障、扰动都会影响供电质量,给用户带来经济损失。结合将来智能配电网的发展需求,现有配电网的保护与控制技术面临诸多问题:

- 1) 现有配电网的保护与控制主要侧重于主干电网的安全稳定运行,对用户侧供电可靠性及供电质量扰动关注不够,没有建立起完整的智能配电网自愈技术体系。
- 2) 现有的继电保护配置功能以切除故障元件、保证电网安全为基本原则,致使故障停电范围大,无法实现对非故障区域的快速有效转供,恢复其正常供电,严重影响了用户的供电质量与

供电可靠性。

3) 需要建设开放的、可扩展的统一测控平台。目前,配电网的继电保护、电压无功控制、配电自动化设备都是分别配置、单独建设,各种自动化设备之间互操作性能差,即不利于信息的共享,又造成重复投资;配电终端功能单一、没有智能化功能,不能支持分布式智能控制技术,管理维护工作量大。

4) 没有把中性点非有效接地方式与小电流接地故障消弧控制纳入自愈技术研究范围。配电网故障绝大部分是单相接地故障,中性点采用非有效接地方式能够将故障引起的停电减少50%以上,是一种非常有效的自愈技术。但在我国城市电缆配电网中,有更多的采用小电阻接地技术的趋势,导致自愈能力下降。

## 3 智能配电网故障自愈理论体系

利用先进的传感测量与仿真分析技术在线监视与诊断电网运行状态是配电网线路故障得以与变电站出线保护相配合进行有效快速自愈的基本前提,需要各处FTU的可靠通信与互联。其控制目标为:提高供电质量,避免或减少供电质量扰动给用户带来经济损失;实现基于广域测控系统的智能配电网新型继电保护技术,实现配电网故障的快速自愈技术。

### 3.1 广域测控系统

智能配电网广域测控系统(WAMCS)由主站、对等通信网络与智能终端设备(FTU)组成<sup>[12]</sup>。与常规的配网自动化系统的区别在于:

1) FTU能够支持基于本站点测量信息的就地控制和基于FTU之间对等交换实时数据的分布式智能控制应用;

2) 具有高度的开放性,支持主站、终端设备及其应用软件的即插即用。

WAMCS为配电网监测与保护控制应用提供开放性的统一支撑平台,其主要技术内容可分为开放式通信体系、广域测控支撑平台与高级应用三个层次。

开放式通信体系包括IP通信网络、配电网公共信息模型与信息交换模型、数据传输协议、通信服务映射等,为WAMCS提供基础的数据传输服务,是保证系统中自动化设备即插即用的关键。

广域测控支撑平台包括FTU平台、主站

(SCADA) 平台、分布式智能控制 (或分布式控制) 技术。FTU 平台为就地与分布式智能控制应用提供支撑, 主站平台为集中控制应用提供支撑; 分布式智能控制技术解决控制策略与方法、配电网实时网络拓扑的自动识别、实时数据快速传输等支撑分布式智能控制应用的基础技术问题。

高级应用包括基于主站 SCADA 平台的集中控制应用 (配网自动化高级应用) 和基于 FTU 平台的就地控制与分布式智能控制应用。

### 3.2 开放式通信体系

为了满足数据采集和控制、操作命令的上传下达, 通信系统必须具有双向通信的能力。当电网故障时, 必须保证配电终端间通信系统也能正常工作。通信网络由 EPON 构成, 它采用点到多点结构, 无源光纤传输, 在以太网之上提供多种业务。EPON 是基于以太网技术的宽带接入系统, 它在物理层采用了 PON 技术, 在链路层使用以太网协议, 利用 PON 的拓扑结构实现了以太网的接入。因此, 它综合了 PON 技术和以太网技术的优点: 低成本, 数据通信速度快 (传输延迟不大于 10 ms), 实现和维护简单, 扩展和升级方便, 灵活快速的服务重组, 与现有以太网的兼容性, 更广的网管服务能力等等。

EPON 系统由光线路终端 (OLT)、光分配网络 (ODN) 和用户侧光网络单元 (ONU) 构成。图 1 为开环配网系统通信网络示意图, OLT 安装在配网自动化主站侧, 主要为应用提供网络侧与本地内容服务器之间的接口, 并经 ODN 与用户侧 ONU 通信。每台 FTU 处均安装有 ODN 和 ONU 等设备, 能实现相邻 FTU 间的对等通信, 并及时交换故障信息, 协同控制, 不依赖主站或子站的控制, 以快速完成故障隔离 (200 ms 内发出跳闸或其他控制命令)。

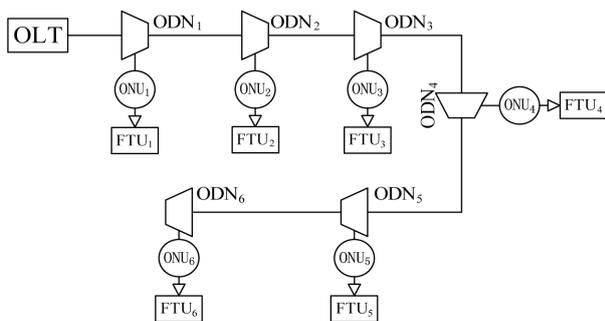


图 1 EPON 通信系统示意图

考虑到以后网络的扩容、改造和升级, 网络

拓扑可能会发生变化, OLT 需预留一部分光功率裕量, 所以初期规划 OLT 的 PON 口所带 ONU 数量不超过 12 个。根据实际配电环网的地理结构及网络结构, 线路基本采用双总线型结构组网, 实现全网双链路保护。

### 3.3 智能终端设备

传统配电终端针对具体需求设计, 软硬件资源有限, 开发性差, 硬件不能灵活扩展, 软件不能即插即用, 难以支撑智能配电网的高级应用需求。而针对智能配电网高级应用需求的智能终端采用 PZK-56A 系列配电自动化监控器, 适用于配电线路上柱上断路器的监视与控制, 采集处理当地设备运行数据, 与相关智能终端、高级配电自动化主站通信交换数据, 运行就地控制与分布式智能控制应用软件, 实现保护与控制功能的集成。

PZK-56A 由核心单元 PZK-56A 配电自动化监控器、开关操作控制回路、操作面板、交流双电源切换、充电电源以及免维护可充电蓄电池组等部分组成, 电气原理框图如图 2 所示。它配合无线电台、光纤等通信终端与数据采集及监控 (SCADA) 系统、配电自动化系统、馈线自动化控制主站以及变电站监控系统通信, 主要实现测量监视功能、开关操作控制功能、供电电源与交流电源的切换功能、通信功能, 完成对配电线路上开关设备的故障定位、隔离以及监视与控制等。

该终端通用性好, 模块可升级、可扩展, 采样类型、通道数量可配置, 控制输出灵活可靠, 通信方式多样, 满足各种通信规约应用需求; 将数据与应用分离; 对底层资源和数据进行归类、封装, 应用程序通过 API 接口访问数据, 实现了软件设计的层次化、模块化; 提供类似“PC”机的开发环境, 能够动态加载、卸载应用程序; 支持分布式智能控制应用。

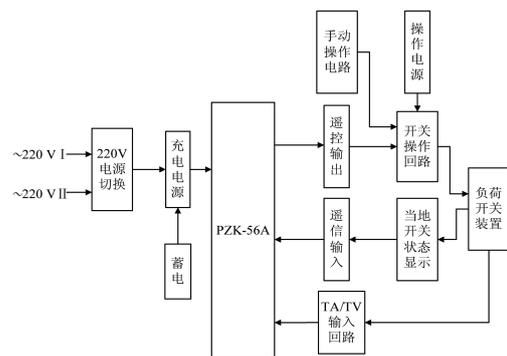


图 2 PZK-56A 电气原理框图

## 4 关键技术问题

基于广域信息的智能配电网故障自愈技术在大理市配电网中进行了示范工程的实施。整个示范工程涉及110 kV变电站2座，10 kV配电线路4条；应用工程安装智能终端11台，建设后台系统1套。

大理市二号桥线—市西线由110 kV新七五变电站出口的两条10 kV配电线路分别向不同片区供电，并经双电源联络点构成环网系统，系统正常运行时联络点处断路器为常开状态。该环网共6个站点，所有FTU均位于10 kV配电线路主干上，还包括通信通道及相关设备。其配电环网结构如图3所示。

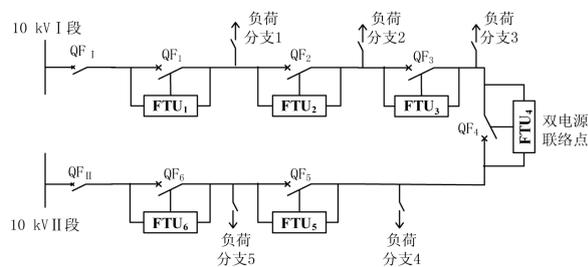


图3 配电环网结构

### 4.1 过流信息的故障自愈

#### 4.1.1 故障自愈分析

线路发生故障时（不包括变电站出口死区内故障），通过相邻FTU的对等通信，交换故障时的过流信息，以判断故障区间，并与变电站出线保护相配合，在变电站出线保护动作前故障区段两侧FTU快速启动保护装置隔离故障，同时通过联络开关合闸完成负荷转供，恢复非故障区域供电。因此，在不改变变电站原有保护整定体系的基础上基于上述自愈技术亦可实现配电网故障的快速自愈。

当相邻FTU之间的配电线路或负荷分支故障时，如FTU<sub>1</sub>与FTU<sub>2</sub>之间的配电线路或负荷分支发生故障，FTU<sub>1</sub>检测到过流信息，而FTU<sub>2</sub>未能检测到过流。因此在10 kV I段母线出口保护动作之前，通过交换两者的过流信息，快速判断出故障区间，FTU<sub>1</sub>发指令跳开断路器QF<sub>1</sub>，FTU<sub>2</sub>发指令跳开断路器QF<sub>2</sub>，完成故障隔离，同时联络断路器QF<sub>4</sub>合闸，完成负荷转供，恢复非故障区域的供电。联络点与其上游或下游相邻的FTU之间配电线路或负荷分支故障时，即FTU<sub>3</sub>与FTU<sub>4</sub>

之间的配电线路或负荷分支故障时，QF<sub>3</sub>跳开后，QF<sub>4</sub>不能合闸；FTU<sub>4</sub>与FTU<sub>5</sub>之间的配电线路或负荷分支故障时，QF<sub>5</sub>跳开后，QF<sub>4</sub>不能合闸。

#### 4.1.2 FTU的保护整定及其与出线保护的配合问题

基于广域信息的智能配电网故障自愈技术要求在不改变变电站原有出线保护整定体系的基础上实现故障的快速自愈。

变电站出线保护一般为电流三段式保护：I段为电流速断保护，没有时限，按躲过本段线路末端最大短路电流整定；II段为限时电流速断保护，比I段多时间 $t$ 时限；III段为过电流保护，时限更长。为提高供电质量，避免非故障区域的停电，自愈方案中FTU的保护整定必须与变电站出线保护相配合，在线路故障不足以引起变电站出线I段保护动作的前提下，在II段保护动作之前跳开故障两侧的断路器，将故障快速隔离，即FTU配置的保护在时限 $t$ 内完成。

FTU保护定值的整定依循电流三段式保护原理，并与其相配合。根据两者的配合要求，FTU的保护定值设在线路三段式电流保护的II段保护定值与III段保护定值之间，考虑到实际最大负荷电流，并给予一定的可靠系数，完成整定。根据现场实际运行情况，一个环网中各FTU的保护定值整定一致。

#### 4.1.3 检修停电对FTU保护配置的影响

FTU的保护配置是基于各相邻FTU及时交换故障过流信息实现的，其关键特征在于故障过流信息。而当配网线路因定期检修需要对线路进行人工拉闸停电时，流过FTU的电流并不包含故障信息，因此FTU的保护不会动作，即线路检修停电对FTU的保护配置没有影响。

### 4.2 变电站出口死区故障自愈

当变电站10 kV I段母线出口至邻近首个FTU之间的配电线路发生故障时，由于故障点左侧变电站内没有配备FTU，原有故障自愈方案中通过相邻FTU交换过流信息来实现与变电站出线保护相配合的故障快速定位并隔离无法完成，导致该段线路形成死区。当该段死区内发生故障时，10 kV I段母线出口的整条配电线路各FTU均检测不到过流信息，即认为各自的下游都没有故障，各断路器均无动作。待死区内故障引起变电站10 kV I段母线出线保护动作跳闸后，造成其出口整

条线路停电, 此时 FTU<sub>1</sub> 检测到失压且无流, 同时获取其下游 FTU<sub>2</sub> 的失压无流信息, 即可判断上游 10 kV I 段母线出线保护 QFI 已动作, 于是 FTU<sub>1</sub> 发指令跳开断路器 QF<sub>1</sub>, 完成故障隔离。同时双电源联络点处 FTU<sub>4</sub> 检测到其一端进线失压且无流, 另一端正常, 则 FTU<sub>4</sub> 发指令启动联络断路器 QF<sub>4</sub> 合闸, 完成负荷转供, 恢复非故障区域的供电。同理当变电站 10 kV II 段母线出口至邻近首个 FTU 之间的配电线路死区内故障时, 故障自愈的分析方法与上述一致。

本方法中通过与变电站相邻的 FTU<sub>1</sub> 及 FTU<sub>2</sub> 检测信息准确可靠判断死区内故障, 避免了只靠 FTU<sub>1</sub> 检测其失压无流信息所带来的风险。若 FTU<sub>1</sub> 由于自身设备故障原因引起失压无流信息, 还必须通过 FTU<sub>2</sub> 的检测信息进行校验, 若同时检测到失压且无流, 则 FTU<sub>1</sub> 才发指令跳开断路器 QF<sub>1</sub>; 不然, FTU<sub>1</sub> 保持原态不动作, 避免其因非死区故障原因而引起误动作。

#### 4.3 异地两点接地短路故障自愈

对于中性点不直接接地的配网系统, 当配电线路某处发生单相接地故障时, 流过故障相的电流与正常运行时变化不大, 没有达到 FTU 设定的过电流整定值, FTU 不动作。在此单相接地故障允许运行期间内, 健全相对地电压升高为原来的倍, 若某健全相绝缘薄弱点被击穿, 就构成了异地两点接地故障。当第二个单相接地故障发生后, 两接地点之间通过大地构成回路, 导致对应故障相电流急剧增大, 超过了 FTU 的过电流整定值, 此时 FTU 即认为系统线路发生了故障, 并立即做出响应, 交换相邻 FTU 检测到的故障信息, 若某两个相邻 FTU 检测到的过流相数不同, 即认为这两个 FTU 之间的线路发生了故障, 随即跳开其对应的两个断路器, 将故障隔离。

故障区段的识别依赖于相邻 FTU 检测到的过流相数信息, 具体情况分析如表 1 所示。

当开环系统的其中一条配电出线发生异地两点接地短路故障时, 位于故障下游的负荷在故障隔离后处于失电状态, 则通过联络断路器的合闸恢复可转供部分负荷的供电。而当系统中异地两点接地短路故障发生在不同出线上时, 先后发生的两处单相接地故障位于不同出线上时, 故障隔离后, 其下游区段负荷将无法实现转供。

表 1 故障区段识别

相邻上游侧 FTU 检测到的 过流相数	相邻下游侧 FTU 检测到的 过流相数	故障类型
3	0	三相接地短路
2	0	两相接地短路
2	1	开环一侧出线异地两点接地短路
1	0	开环不同出线异地两点接地短路
相邻上下 FTU 检测到的过流相数相同时, 即认为对应区段无故障		

#### 4.4 励磁涌流问题

在故障隔离后的负荷转供过程中, 开环系统的联络开关在闭合的一瞬间, 由于空载合闸或较大不平衡负荷的存在, 系统会出现很大的励磁涌流, 当励磁涌流引起的过电流流过各分段开关, 且超出其整定值, 则会造成分段开关的误动作, 引起非故障事故停电, 这是运行规程所不允许的。所以需要励磁涌流进行有效识别, 将其与短路故障区分开, 通过闭锁励磁涌流时的保护以避免受其影响。

经分析研究, 励磁涌流所引起的过电流会经 2~3 个周波后逐渐衰减至零, 若能让各分段开关的保护整定值躲过这段时间, 就能有效避免励磁涌流的影响。所以, 在产生励磁涌流同时, 闭锁各分段开关的保护直至励磁涌流结束, 考虑一定余量, 闭锁时间取 100 ms。其中闭锁信号是由开环系统的联络开关发出的, 即当联络开关发出合闸命令进行负荷转供的同时, 各分段开关也将收到保护闭锁信号。

由于实际配网系统中的联络开关不确定, 因此需要对联络开关的身份加以识别, 利用实时网络拓扑自动识别技术进行线路实时网络拓扑的接力查询, 在系统正常运行过程中, 处于分位的开关如果检测到其两侧线路均有电源开关相连, 则确认自己的联络开关身份。当有开关变位时, 再一次启动实时网络拓扑查询。

## 5 纠错方式

通过采用 KH-8000P 主站系统, 利用其先进

的面向对象技术、网络通信技术、实时数据库技术和图库一体化技术,在基本 SCADA 应用的基础上,可集成故障管理、线路自动化、WEB 服务等功能,配置灵活,扩展性好,可靠性高。

KH-8000P 系统除具有完备的 SCADA 功能外,还将调度管理、设备管理、变电所管理等功能集成到常规的 SCADA 功能中,使之成为综合调度自动化系统。此外还增加了动态着色,事故重演等多种富有特色的功能。并通过与 PZK 系列 FTU 配合,在完成 SCADA 的基础上,针对不同的接地方式、不同的线路类型和开关类型,能够实现故障检测、故障隔离和网络重构等线路自动化功能。通过主站监控平台实时掌握配网系统各监测点的运行状态,对各种异常及故障信息及时作出响应并发出告警信号。

## 6 结束语

该项目采用了基于广域信息的故障快速隔离与供电恢复通用控制策略,通过智能终端对系统运行状态进行监视与控制,并通过 EPON 无源光网络实现相邻 FTU 间快速交换故障信息,协同控制,克服其对网络拓扑结构的依赖性,实现故障快速自愈功能。

本自愈技术与原有系统保护相配合,在不改变原有变电站出口保护整定体系基础上,在变电站出口保护动作之前便将故障隔离并通过联络开关完成负荷转供,快速恢复非故障区域的供电,避免了传统配电系统中馈线故障均引起变电站出口保护先动作而导致整条馈线全部暂时停电的缺陷。不仅减少了停电区域,缩短了停电时间,极大地提高了供电质量,降低了配电网故障(扰动)对用户正常供电的影响。

实现故障快速自愈功能对网络的要求,首先应有可实现手拉手转供电的环网线路;其次,可实现手拉手转供电的环网线路中任一条线路均可供整个环网线路的所有最大用电负荷。否则任一条线路首端故障隔离后,由另一条线路恢复全部用电负荷时,线路将会过载。

文中研究的故障自愈技术对于配电网馈线主干故障有良好的效果,但考虑到实际配电网结构复杂、分支众多的特点,出现分支故障的可能性也较大,因此对于如何采用经济有效的办法实现

定位、隔离分支故障需做进一步深入研究。针对变电站出口死区故障,若能在变电站内引入无线传感器装置,实现与其相邻的第一个 FTU 之间的无线通信,则能有效解决死区问题。励磁涌流问题目前只能通过延时闭锁解决,其他更为有效实用的方法有待发展研究。对于配网中最常见的小电流接地故障若是也能实现快速故障自愈,则将改观配电网运行水平。

### 参考文献:

- [1] 田建伟,胡兆光,等.考虑需求方响应资源的智能输电网扩展规划[J].电力系统自动化,2012,36(10):45-50.
- [2] 郭经红,张浩,等.智能输电网线路状态监测系统数据传输技术研究[J].中国电机工程学报,2011,31:45-49.
- [3] 周子冠,白晓民,等.采用知识网格技术的智能输电网故障诊断方法[J].中国电机工程学报,2010,30(4):8-15.
- [4] 余贻鑫,面向21世纪的智能配电网[J].南方电网技术,2006,2(6):14-16.
- [5] 刘东,丁振华,腾乐天,等.配电网自动化实用化关键技术及其进展[J].电力系统自动化,2004,28(7):16-19.
- [6] 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.
- [7] 李斌,薄志谦.智能配电网保护控制的设计与研究[J].中国电机工程学报,2009,29:1-6.
- [8] 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):88-92.
- [9] 刘健,负保记,崔琪,等.一种快速自愈的分布智能馈线自动化系统[J].电力系统自动化,2010,34(10):62-66.
- [10] 刘健,赵树仁,负保记,等.分布智能型馈线自动化系统快速自愈技术及可靠性保障措施[J].电力系统自动化,2011,35(17):67-71.
- [11] 李天友,徐丙垠.智能配电网自愈功能与评价指标[J].电力系统保护与控制,2010,38(22):105-108.
- [12] 徐丙垠,薛永端,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,2012,36(18):2-9.

收稿日期:2014-02-18

### 作者简介:

张家红(1977),男,本科,工程师,大理供电有限公司,从事技术管理工作(e-mail)dlzjh945@163.com;

何国斌(1979),男,专科,大理供电有限公司,从事技术管理工作(e-mail)48724728@qq.com;

黄滇生(1956),男,高级工程师,云南电网公司大理供电局,继电保护三级助理技术专家,从事生产设备管理部配网管理工作(e-mail)hds1791@163.com。