

源网荷友好互动系统通信组网方案介绍

夏飞¹, 鲍丽山¹, 王纪军², 庄岭², 李虎成³

(1. 国网江苏省电力公司信息通信分公司, 江苏南京 210024; 2. 国网江苏省电力公司, 江苏南京 210024;

3. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏南京 211103)

摘要:随着分布式电源、微电网、多样性负荷等大量接入电网, 源网荷友好互动形式呈现多样化, 通信组网方案和安全策略也面临新的挑战。文中通过介绍源网荷友好互动系统的网络总体方案, 详细探讨大用户安稳防御控制、营销生产控制大区、营销管理信息大区、可中断大用户接入等通信组网方案, 并阐述了安全防护策略。通过江苏源网荷工程的实践, 表明源网荷友好互动系统的通信组网方案可行有效。

关键词:源网荷; 友好互动; 网络架构; 路由协议; 安全防护

中图分类号: TM743

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2016)06-0065-05

随着源网荷友好互动系统的大规模建设, 分布式电源、微电网、多样性负荷大规模接入, 为满足源网荷业务种类多、分布广、数量大、接入多样化的需求, 源网荷互动终端将采用专用光纤、专用网络、无线公网、无线专网等多种方式混合组网。如何在这种混合组网的情况下将源网荷终端安全可靠接入源网荷友好互动系统成为当前需要解决的主要问题。2016年上半年, 国网江苏电力公司组织实施了源网荷一期工程, 实现了1370户大用户源网荷终端的接入。

1 终端接入面临的问题

源网荷友好互动系统“网络更广、交互更多、技术更新、用户更泛”的特征对信息采集网络接入方式和信息安全防护提出了更高的要求。目前主要面临两大问题:

(1) 接入规模和范围远超传统管理信息大区。传统用电信息采集终端主要采用租用运营商无线公网链路进行数据传输, 无线公网由于带宽低、成本高、响应速度慢、线路不稳定、安全性不足等特点, 无法支持多种业务的灵活开展。同时, 随着电力行业发展, 大量分布式电源、微电网、多样性负荷(如光伏发电、电动汽车充电桩、能效监控、居民和非工业空调负荷监控等)不断要与电力管理信息大区业务系统互动^[1]。这些信息采集终端普遍部署在非电网公司办公场所、非管理信息大区覆盖范围, 不能直接接入管理信息大区。需要建设专门的源网荷终端采集网络实现信息全面接入。

(2) 接入的信息安全防护越加复杂。源网荷友好互动系统的深入推进必将促使电力行业的IT基础设施和IT系统更加开放, 分布化程度更高, 导致面临的

信息安全威胁更复杂, 管理难度更大。首先, 智能IT设备和通信自动化将传统上IT负责的安全领域扩展到电网侧, 业务系统之间数据交互实时性增强; 其次, 多种通信方式并存, 且存在多种网络协议, 使得电力通信网络更加复杂^[2]; 再次, 随着大量智能表计、分布式电源、充电桩等业务的接入, 使得网络边界进一步向用户侧延伸。需要建设专门的源网荷终端采集网络实现信息安全有效隔离。

2 网络总体方案

源网荷友好互动系统网络由大用户安稳防御控制通信网络、营销控制大区专网、管理信息大区网络组成。系统快速切负荷保护专网与营销控制大区网络、管理信息大区网络之间没有物理连接, 营销控制大区网络与管理信息大区网络之间采用专用物理隔离装置进行连接, 且源网荷友好互动系统的网络总体方案如图1所示。

(1) 大用户安稳防御控制通信网络。通过在SDH网络上划分多个专用的2M通道, 并通过直接接入用户的光缆实现对用户源网荷互动终端的接入。

(2) 营销控制大区专网。由接入层、汇聚层、核心层网络组成, 并通过直接接入用户的光缆实现对用户源网荷互动终端的接入, 采用路由器实现网络路由。

(3) 管理信息大区网络。由接入层、汇聚层、核心层网络组成, 采用三层交换机实现网络路由, 源网荷智能信息采集终端采用专用光纤、无线公网、无线专网等多种方式混合组网。

3 通信组网方案

3.1 大用户安稳防御控制通信组网方案

源网荷大用户安稳防御控制通信组网采用源网荷大用户至接入变电站专用通信光缆建设数据通道, 通

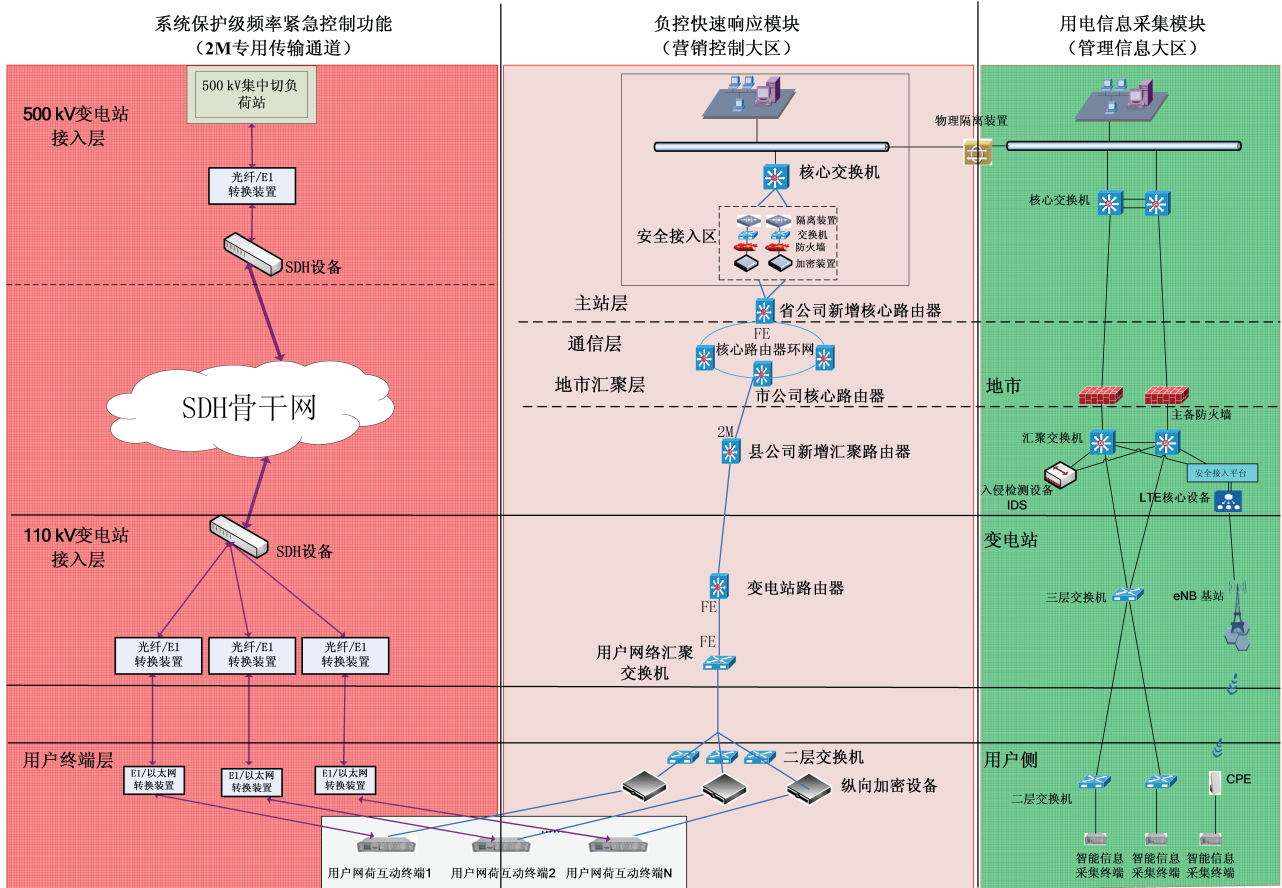


图 1 源网荷友好互动系统网络总体方案

过各地区域四级骨干传输网和市县汇聚传输网接入源网荷系统主站。针对组网资源配置方面需要考虑：(1) 完善骨干传输网资源，需根据用户接入总量整体考虑骨干传输网带宽承载能力，确定升级扩容技术方案。(2) 业务端站侧分别就变电站侧与用户侧增加必要的通信设备，确定系统互联方式。源网荷大用户安稳防御控制通信系统连接图如图 2 所示。

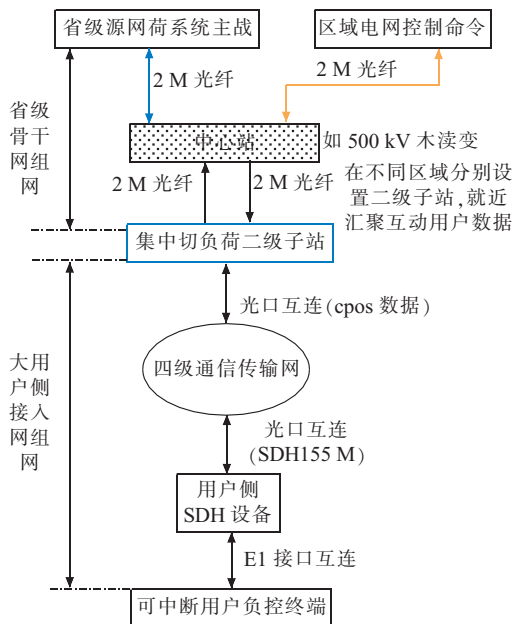


图 2 源网荷大用户安稳防御控制通信系统连接图

3.2 营销生产控制大区通信组网方案

目前，调度数据网网络结构包括骨干网和接入网。其中骨干网包括调度数据网第一、第二平面，接入网包括省级接入网和市级接入网，覆盖了省调、地调、区县调以及全省 35 kV 及以上变电站和电厂。骨干网第一、第二平面各站点间采用 GE 口互联，带宽为 1000 M；省级接入网、市级接入网各站点均采用 POS 接口互联，带宽均为 155 M。省级接入网和市级接入网第一、二核心节点均采用 POS 接口上联至骨干网一、二平面省调和备调节点。变电站均采用 E1 接口分别上联至所属汇聚节点，带宽为 2 M。按照业务安全分区的要求，骨干网第一、二平面业务划分 3 个 VPN，分别为实时、非实时和应急 VPN；省级接入网、市级接入网及厂站接入点业务均划分为 2 个 VPN，分别为实时和非实时 VPN。调度数据网双平面的建成和完善为调度监控自动化系统、电网协调防御决策支持系统、电能量自动采集系统、电力市场交易系统和继电保护信息远传等应用业务提供了可靠的支持。大规模供需友好互动系统与大区互联电网安全运行控制系统基于 D5000 平台实现一体化集成^[3,4]。为实现用户侧电网安全指令的秒级响应，需构建系统变电站至用户变的网络互联通道，并满足国能安全[2015]36 号文和电网公司调度安全防护要求。

大规模源网荷友好互动系统单个用户通讯流量约 1 kb/s; 用户终端与主站系统间采用 104 规约进行通讯。大规模源网荷友好互动系统营销生产控制大区网络结构图如图 3 所示。

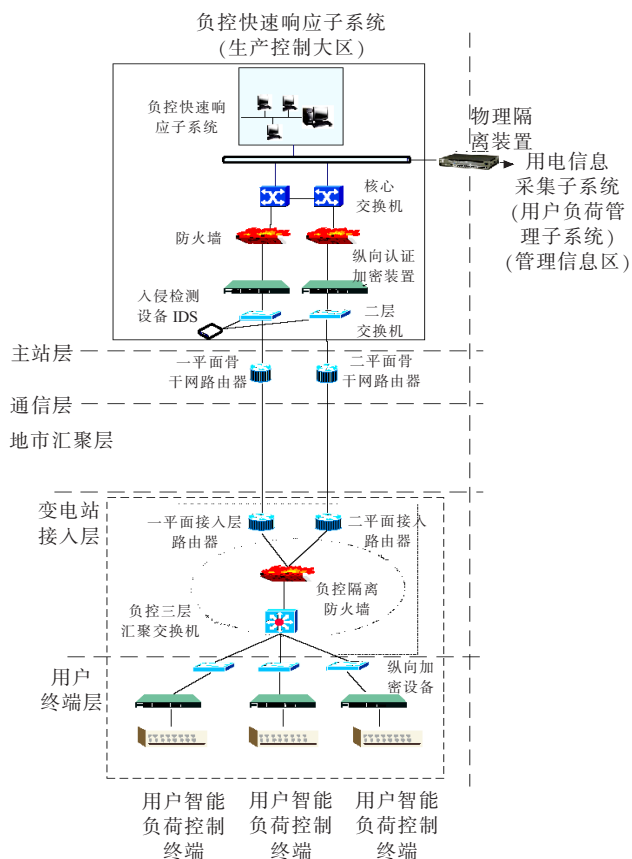


图 3 大规模源网荷友好互动系统营销生产控制大区网络结构图

考虑到系统的安全性, 需在调度数据网新建用户智能负荷控制专用 VPN, 实现与现有调度数据网实时、非实时 VPN 的逻辑隔离, 并分配专用的网络流量带宽, 用于支撑大规模源网荷友好互动系统主站与用户终端间的数据可靠传输。在需要接入用户终端的变电站新增交换设备与防火墙满足接入和安全防护需求, 如图 3 所示, 三层交换机采用 FE 接口上联至新增百兆防火墙, 采用 GE 接口下联至用户终端接入交换机; 百兆防火墙采用 FE 接口上联至变电站双平面接入路由器。变电站至主站端间利用现有调度数据网进行数据传输。IP 地址需结合调度数据网现状和用户终端的接入特点, 按照电网调度数据网相关技术规范统筹规划, 如图 3 所示。每座变电站分配 1 个 C 类地址, 用于用户终端接入。考虑到用户智能负荷控制网络安全性和双平面接入调度数据网的要求, 用户终端网络规划地址可采用私有 IP 地址, 通过防火墙映射接入调度数据网双平面网络, 并实现安全访问控制。

为避免产生网络风暴, 对调度数据网络造成冲击, 影响调度数据网络生产控制业务的安全和可靠运行, 在负控主站配置入侵检测系统 (IDS)、防火墙、纵向加

密认证装置; 在用户侧配置纵向加密认证装置。在变电站侧调度数据网路由器配置基于端口的流量控制, 自动切断非法流量传输。

3.3 营销管理信息大区通信组网方案

大规模源网荷友好互动系统基于用电信息采集系统以及营配调一体化系统, 进一步接入分布式发电、电动汽车充电桩、企业内部能效监控、居民和非工业空调负荷, 对负荷资源的分类、分级、分区域管理, 着眼于需求管理和用户综合能效提升, 构建电力客户能效综合管理平台, 实现负荷和电源间的友好互动。此类业务用户面广量多, 为实现用户侧电网安全指令的秒级响应, 需构建系统用户变至主站端的网络互联通道, 根据通信网规划和国能安全[2015]36 号文的安全防护要求, 开展源网荷用户接入网的建设。大规模源网荷友好互动系统营销管理信息大区网络拓扑图如图 4 所示。

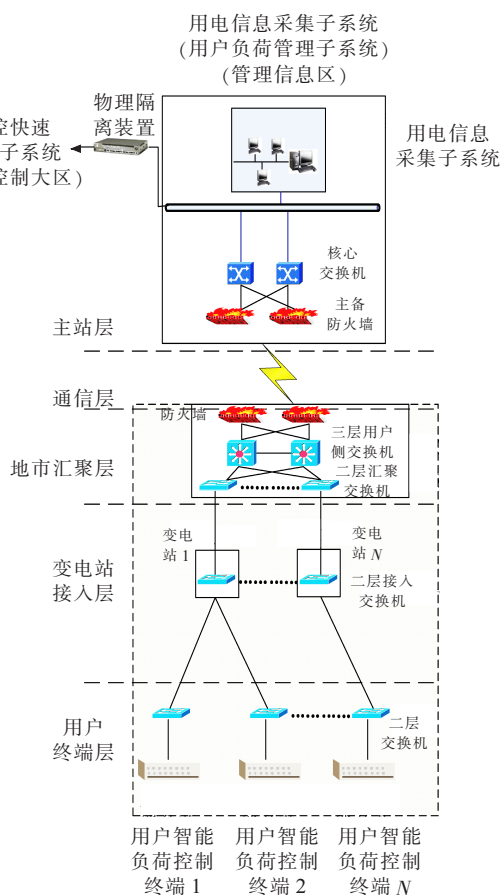


图 4 大规模源网荷友好互动系统营销管理信息大区网络结构图

考虑到系统的安全性, 建设源网荷用户接入网时需保证与现有信息网的逻辑隔离, 并分配专用的网络流量带宽, 用于支撑大规模源网荷友好互动系统主站与用户终端间的数据可靠传输。在需要接入用户终端的变电站部署三层交换机, 在市公司部署汇聚交换机、防火墙、入侵检测设备、安全接入平台、网管系统, 在县公司部署三层交换机。其中变电站三层交换机采用 GE 接口下联至用户终端接入交换机, 采用 FE 接口上

联到所在市县新增的汇聚交换机；县公司新增三层交换机采用 FE 接口上联至市公司新增三层交换机；市公司新增的汇聚交换机采用 FE 接口通过防火墙和安全接入平台与信息网进行对接。IP 地址结合信息网现状和用户终端的接入特点，同时规划 IPV4 地址和 IPV6 地址，其中 IPV6 地址按照“国家电网 IPV6 地址规范”统筹规划，在有条件的用户侧启用 IPV6 地址。考虑到用户智能负荷采集网络的扩展性和安全性要求，用户接入网络每个地市规划一个 A 类的 IPV4 地址，通过防火墙映射接入信息网并实现安全访问控制。

为避免产生网络风暴，对信息网造成冲击，影响信息网业务的安全和可靠运行，在地市公司配置入侵检测系统(IDS)、防火墙、安全接入平台，在地市公司侧汇聚交换机配置基于端口的流量控制，自动切断非法流量传输，使用网管系统对新增的设备进行实时监控。

3.4 可中断大用户接入方案

可中断大用户接入方案制订为从大用户至接入变电站间的光缆线路建设策略。基本策略为从大用户接入变电站起布放 1 条 24 芯 ADSS 光缆(10 kV 级)，其中抽取 6 芯与大用户侧布放的 12 芯 ADSS 光缆(10 kV 级)连接。同时，按照地理位置选取同一变电站出线的其他大用户侧的 12 芯光缆继续与该条 24 芯光缆连通。最终形成以接入变电站为原点，就近接入大用户为终点的树形区域光缆网络。从光缆资源上形成由接入变电站至大用户的直达 6 芯纤芯资源。该种布放方法，

通过合理选取光缆分支路径，可以满足光缆、成端附属设备及布放施工的成本节约，减少投资，加快施工进度。当就近大用户超过 4 个，可考虑增加 1 根 24 芯光缆出线，或直接采用 48 芯光缆出线。接入变电站侧配置光缆终端盒在主控室通信屏内完成 24 芯成端，同样，大用户侧配置光缆终端盒在用户变主控室负控屏内完成 12 芯成端。

4 安全防护策略

(1) 落实国家信息安全等级保护制度和电力监控系统安全防护要求，生产控制大区实现“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”，管理信息大区实现“分区分域、安全接入、动态感知、全面防护”。(2) 边界层从终端可信、传输可靠、边界可控 3 个层次实现接入安全与传输安全，兼顾安全防护适度性、实施可行性和前期部署与后期维护的经济性。(3) 管理信息大区以公司现有信息安全专业系统为基础，融汇集成相关功能，对全网安全态势实现“动态感知、智能监控、主动防御、全景可视”。大规模源网荷互动系统安全防护体系架构如图 5 所示。

图 5 中，负荷控制快速响应模块与用电信息采集模块在营销控制大区，汇聚层采用环网方式组网，接入层采用星形方式组网独立组网。营销控制大区参照调度数据网络安全防护措施，在省公司和 13 个地区均配置漏洞扫描系统、网管系统、IDS 入侵防御系统。营销

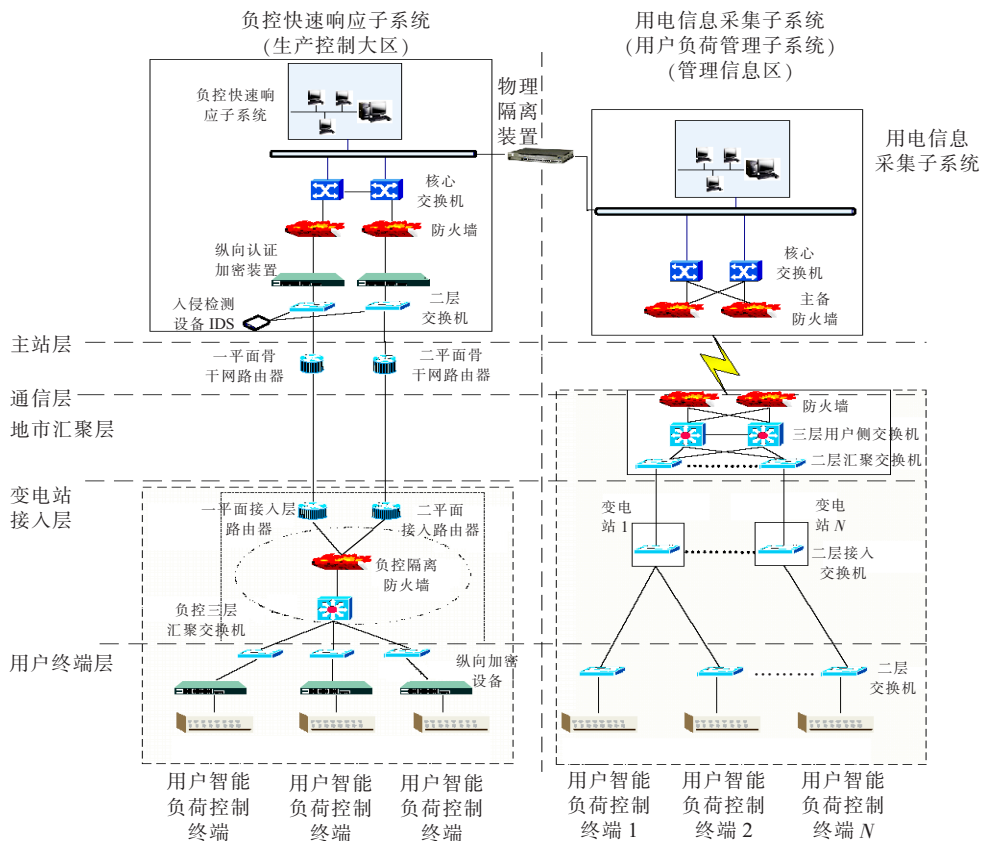


图 5 大规模源网荷互动系统安全防护体系架构

控制大区与调度控制大区之间采用正、反向隔离装置实现物理隔离。管理信息大区,负荷管理终端采用ESAM加密芯片,符合国网用电信息采集系统安全要求。

5 结束语

本文介绍的源网荷友好互动系统通信组网方案包括大用户安稳防御控制通信组网方案、营销生产控制大区通信组网方案、营销管理信息大区通信组网方案以及可中断大用户接入方案,江苏省电力公司源网荷一期工程实践表明该方案满足源网荷系统信息高效、稳定、安全的接入要求,能够支撑源网荷友好互动系统功能正常运转,对于后续的源网荷系统建设具有重要的参考借鉴作用。

参考文献:

- [1] 刘娅琳,杜红卫,赵浚婧,等.基于源网荷互动模式的智能配电网调度业务优化[J].华东电力,2014,42(7):1290-1293.
[2] 姚建国,杨胜春,王珂,等.智能电网“源-网-荷”互动运行控

制概念及研究框架[J].电力系统自动化,2012,36(21):1-6,12.

- [3] 王成山,李鹏.分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战[J].电力系统自动化,2010,34(2):10-14,23.
[4] 榭开,刘永奇,朱治中,等.面向未来的智能电网[J].中国电力,2008,41(6):19-22.

作者简介:

- 夏飞(1982),男,江苏句容人,工程师,从事信息网络建设、运行维护管理工作;
鲍丽山(1976),男,江苏东台人,高级工程师,从事电网调控运行管理、信息系统建设管理工作;
王纪军(1976),男,江苏靖江人,高级工程师,从事企业信息化管理和架构研究工作;
庄岭(1973),男,江苏徐州人,高级工程师,从事信息安全管理工
作;
李虎成(1987),男,湖北十堰人,工程师,从事调度自动化技术研究
工作。

Introduction of Communication Network Scheme for Source-grid-load Friendly Interaction System

XIA Fei¹, BAO Lishan¹, WANG Jijun², ZHUANG Ling², LI Hucheng³

(1. Information and Communication Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

3. State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: With a number of distributed generations (DGs), microgrids and diverse loads accessing to power grid, the form of source-grid-load friendly interaction becomes diverse. The communication network scheme and security protection strategies also face new challenges. On the basis of introducing the general network scheme of source-grid-load friendly interaction system, this paper discusses in detail the security protection strategies and communication network scheme with the access of big consumers' security & stability defense control, marketing production control area, marketing management information area, big interruptible consumers, etc. At last, the communication network scheme of source-grid-load friendly interaction system are verified to be feasible and effective through the practice of the source-grid-load project in Jiangsu.

Key words: source-grid-load; friendly interaction; network architecture; routing protocol; security protection

(上接第64页)

Island Self-healing Method of Smart Distribution Network with Large Power Shortage Based on Allocation Status of Protection

BAO Youli¹, ZHANG Min¹, XU Peidong²

(1.State Grid Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China;

2. Wuxi Division of State Grid Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Wuxi 214200, China)

Abstract: Since a large number of distributed generators access to low-voltage distribution network, the power system is easy to become an islanded and enter an instability state with low power quality. When the power supply is far less than the load demand (there is large power shortage), it's the key making the island return from instability state to normal state by improving the coordination scheme of protections. Based on the allocation status of the under-frequency load-shedding device and the backup power automatic throw-in device in low-voltage distribution network, it is proposed an island self-healing scheme without extra investment for smart distribution network which is different from the traditional setting scheme for the two protective devices. Under condition of giving priority to ensuring units safety, the proposed scheme improves the prior setting scheme which can get the optimal unit safety and make distributed generators access to power grid without any loss of power supply and load. The simulation of a fault case in actual grid proves that the proposed scheme improves the reliability of power supply and avoids units' instability state. It has great application value in engineering, and now has been applied to Jiangsu Power Grid.

Key words: distributed generator; island self-healing; under-frequency load-shedding device; backup power automatic throw-in device