

DOI: 10.7667/PSPC201855

区域电能服务管理系统技术方案研究

梁东杰

(许昌市科技创新公共服务中心, 河南 许昌 461000)

摘要: 新能源具有随机性和波动性, 其大量接入造成电网调节能力下降。但为缓解传统能源枯竭问题, 新能源接入的比例还将进一步提高。因此, 当前电网调节方法将面临巨大的挑战。同时用户侧大量可控负荷接入为用户侧负荷参与电网调节奠定了基础。区域电能服务管理系统则通过物联网聚合大量可控负荷, 通过规模效应参与电网调节, 可有效地缓解新能源及大量用户负荷无序接入电网带来的负面影响。分别从系统架构、用户参与方式、数据处理方式及系统安全等方面论述系统的技术方案。通过该系统可以聚合大量的可控参与电网调节, 在降低用户用电费用的同时提高电网的调节能力, 使得用户及电网运行企业达到双赢。

关键词: 区域电能服务系统; 可中断负荷; 数据处理

Research on technical scheme of regional power service management system

LIANG Dongjie

(Xuchang City Science and Technology Innovation Public Service Centre, Xuchang 461000, China)

Abstract: New energy sources have randomness and volatility. The large amount of access causes the power grid regulation capacity to decline. However, the proportion of new energy access will be further improved to alleviate the problem of traditional energy depletion. Therefore, the current grid regulation method will face enormous challenges. At the same time, a large amount of controllable load access on the user side lays the foundation for the user side load to participate in the grid regulation. The regional electric energy service management system aggregates a large number of controllable loads through the Internet of Things, and participates in grid regulation through scale effect, which can effectively alleviate the negative impacts caused by new energy and disorderly access to the grid by a large number of user loads. The paper discusses the technical solutions of the system from the aspects of system architecture, user participation, data processing and system security. Through this system, a large number of controllable participation in grid regulation can be aggregated, and the regulation ability of the grid can be improved while reducing the cost of electricity for users, which make users and grid operators achieve a win-win goal.

This work is supported by Major Science and Technology Project of Henan Province (No. 181100211000).

Key words: regional power service system; interruptible load; data processing

0 引言

当前风电、太阳能等新能源大量接入电网, 造成出力调节能力较强的火电、水电等在电网能源中的占比不断减小, 由于新能源出力的波动性和随机性, 传统电网调度方式受到了较大的挑战^[1-4]。电网如何在保障接纳更多清洁能源的同时, 维持其运行安全是一个必须要解决的问题。

传统电网调节方式一般考虑发电侧能源的出力,

对于用电侧调节能力关注度较低, 而当前用电侧接入了大量的可控负荷及储能设备^[5-6]。因此, 利用用电侧负荷的可调性, 通过负荷聚合的方式让可调负荷参与电网调节, 已经成为了一种解决电网调节能力不足问题的方法。区域电能服务系统则通过物联网将可中断负荷聚合起来, 可以有效降低可控负荷无序接入对电网的危害^[7-8]。

本文分别从四个方面论述了区域电能服务系统: 首先介绍了系统整体架构, 其中主要介绍系统分层方法及各层级主要作用; 其次描述了激励用户可中断负荷参与负荷调节的方式; 再次介绍主站海

量数据并行处理及数据检索的方法；最后介绍了系统安全加密方法。

1 区域电能服务系统架构

区域电能服务管理系统分为主站层、通信网络层、终端设备层三层架构，采用“线上线下载结合(O2O)”的模式，其架构如图1所示。

主站层具有数据管理、甄别、共享和应用等功能，主站可以采用集中式和分布式两种控制方式。智能用电管理主站主要包含内网模块与外网模块两大部分。内网模块上行可通过电力公司内部网络与调度控制系统、配电自动化系统、电力交易系统、营销业务系统进行数据交互；下行可通过4G、光纤等专用网络与智能台区管理终端进行数据交互，获取用户侧相关数据，下发各类控制指令。外网模块上行可通过有线专网或公网与银行支付平台、第三方支付平台、电子发票系统、短信平台等进行数据交互，支撑用户缴费、信息传达、获取电子发票等业务实现；下行可通过无线公网与用户手机APP进行数据交互，进行用户侧信息传达。

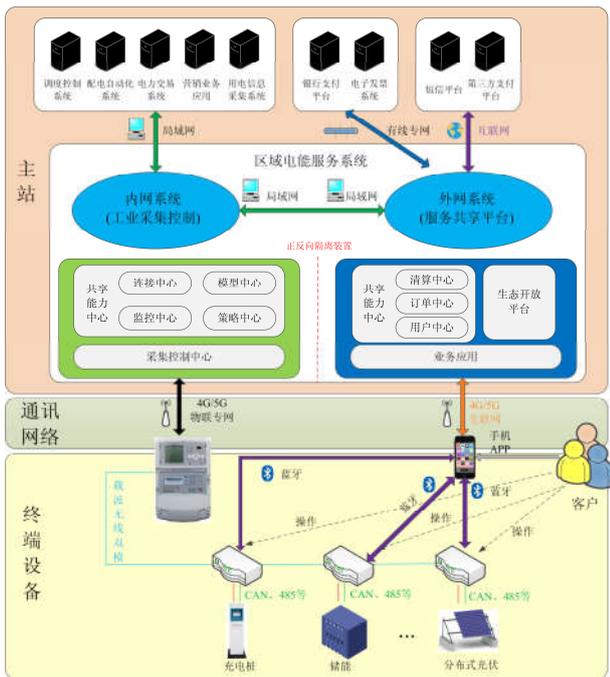


图1 智能用电管理系统架构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of smart power management system

通信网络层为中间层，终端设备层与主站采集控制中心采用3G/4G物联网的通信方式，终端设备层与主站业务应用中心则采用3G/4G物联网的通信方式，其中在主站层采集控制中心与业务应用中心之间通过防火墙进行物理隔离。

终端设备层主要包括智能数据采集终端和能源路由器两种设备，智能数据采集器实现用户侧设备数据采集及控制。其支持多种负荷控制模式，常用的有两种，即集中式和分布式。集中控制模式为主站集中下发各个台区用电设备控制方式，数据采集终端仅接收并转发所在台区的控制命令至各能源路由器；分布式控制为主站仅下发各台区用电负荷控制策略，其各用电负荷控制方式由智能数据采集终端决定。由于用电环境较为复杂，能源路由器与用电设备通信方式较多，其主要有RS-485总线、电力线载波、微功率无线等^[9]。

2 区域电能服务管理系统激励用户参与的方式

在电力市场比较成熟的欧美国家，其用电侧负荷参与电网需求侧管理的方法主要有两种：一种为通过价格手段，另一种为通过激励手段，其具体措施如图2所示。

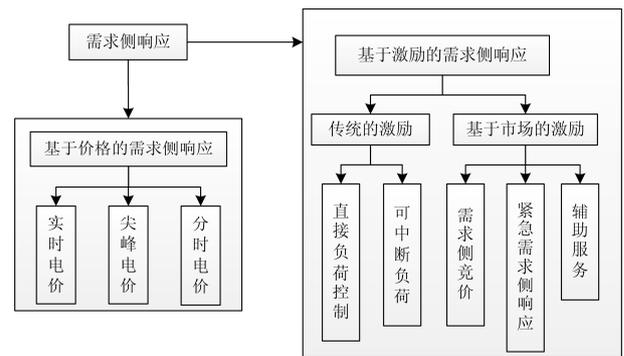


图2 需求响应的措施

Fig. 2 Demand response measures

价格手段即为一天各时间段电价不同，用户可以根据自身负荷的特点合理选择用电时段，从而降低自身的用电费用，此种手段用户可以自行参与，无需与电力运营商签相关协议^[10-12]。激励手段则为需求响应服务商制定确定性的政策，用户需要根据自身负荷的特点参与不同的服务种类，如容量/辅助服务、紧急需求响应及可中断负荷控制的服务，同时用户需要与服务商签订相关协议。按照协议服务商需根据用户参与需求响应容量或者实际参与负荷调节量进行结算，用户侧负荷参与需求侧响应在电力系统运行中的角色如图3所示。

可根据需求响应措施参与电力系统运行的周期，来确定其在电力系统运行中的角色，其参与电网运行周期可分为：15分钟计划、实时调度、日前调度、月调度及年度以上的规划，不同的调度周

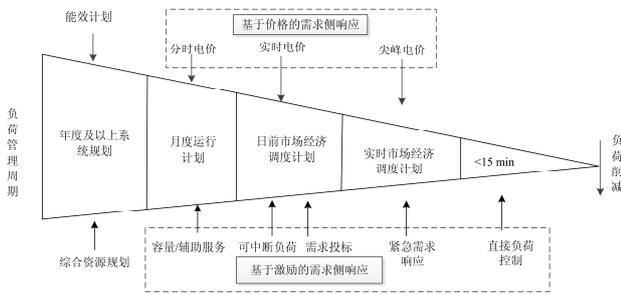


图 3 需求响应措施在电力系统规划运行中的角色

Fig. 3 Role of demand response measures in power system planning and operation

期对应不同的需求响应的策略。

图 4 为智能终端控制电动汽车充电桩有/无序充电流程图，其主要包括 5 部分：① 信息输入，获取充电电价及电动汽车相关信息；② 判断电动汽车充电方式；③ 无序充电方式处理流程；④ 有序充电方式处理流程，已接入充电站的有序用电用户放电流程。通过直接负荷控制可以有效地减弱大量电动汽车无序接入对电网的负面影响。

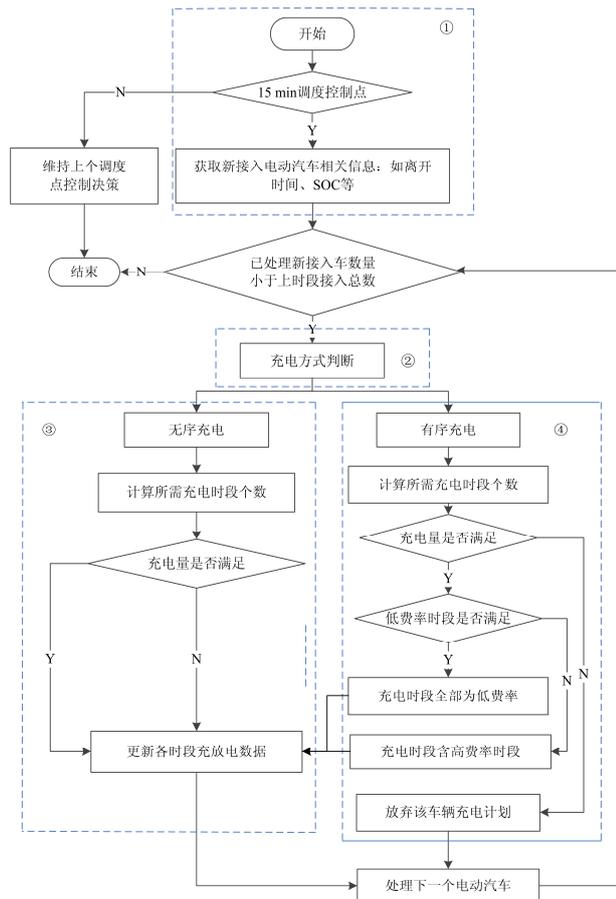


图 4 智能终端有/无序充放电流程图

Fig. 4 Flow chart of charge/discharge of intelligent terminals

3 数据处理技术设计

3.1 主站海量智能用电数据并行处理机

Hadoop 是目前最为流行的开源大数据技术架构之一，在大数据处理方面其核心组件及作用主要是实现数据管理、并行数据处理、任务管理和任务执行及数据存储等，具体介绍如下：

数据管理组件主要由元数据管理和日志管理构成，负责管理文件系统的集群配置信息、命名空间信息、文件存储位置目录索引信息和文件副本存储位置目录信息等。

并行数据组件主要提供封装后的分布式并行任务处理接口及 API 函数，结合分布式文件存储体系，自动执行分布式并行计算和数据处理^[12]。

任务管理组件核心作用是切分任务和管理任务执行节点，并明确指定任务执行文件及其范围；同时，它肩负任务执行的监控作用，在任务执行过程中一旦任务执行异常或失败，任务管理会在其他执行节点重新启动该任务。要打造 Hadoop 大数据生态圈，仅靠上面罗列的核心组件是不够的，还要扩展和补充配套其他组件，比如数据仓库、数据抽取等^[13]。数据仓库 Hive 是基于 HDFS 的大数据库表存储管理组件，数据处理能力强且成本低廉，能将存储在 HDFS 中的结构化智能用电数据文件映射为大数据库表，并提供封装好的类 SQL 语言 HiveQL 对大数据库表进行操作，实现完整的 SQL 查询功能。Hadoop 架构的数据并行处理流程如图 5 所示。

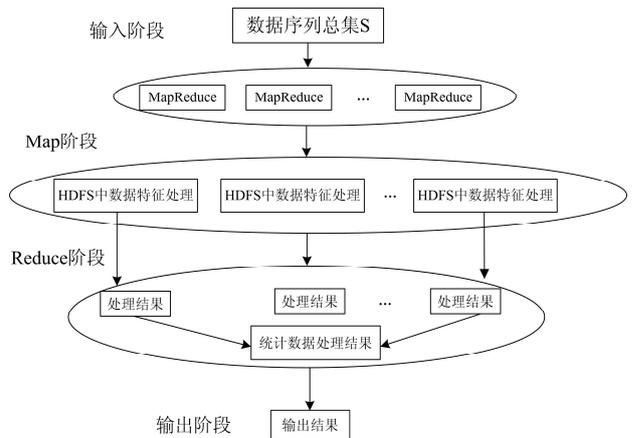


图 5 Hadoop 架构的数据并行处理流程

Fig. 5 Data parallel processing flow of Hadoop architecture

3.2 主站海量智能用电数据检索技术研究

基于 HBase 设计的海量智能用电数据实时查询系统架构如图 6 所示，它分为服务端和客户端两个部分。系统支持多个客户端同时进行连接，每个客

户端都有一个 HBase Connector 组件，用于接收用户输入并连接 HBase 服务器进行数据读写操作。而服务端部分与原来的 HBase 系统基本一样，还是由 ZooKeeper 管理集群、一个 Master 和若干个 RegionServer 组成，只是在 RegionServer 上嵌入了 INDEX 二级索引模块^[14]。

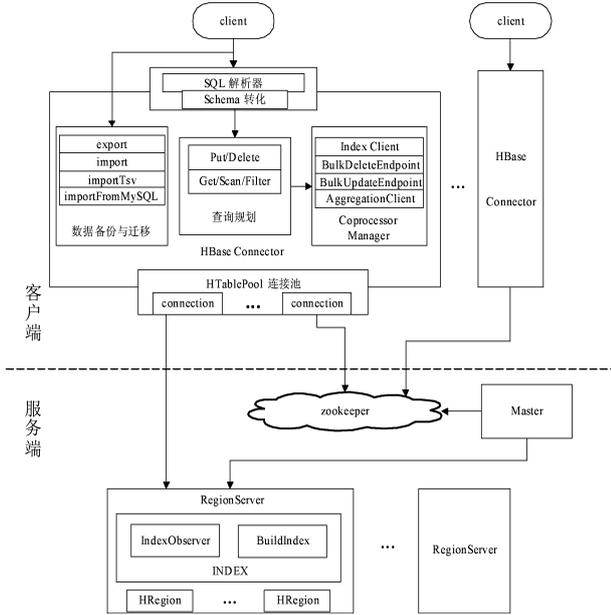


图 6 海量数据实时查询系统整体架构图

Fig. 6 Architecture of real-time query system for massive data

4 安全体系架构

区域用能管理系统安全防护架构设计遵循国家信息系统安全等级保护要求，并参照用电信息采集安全防护优化方案从安全分区、业务安全接入、终端安全保护等方面进行设计^[15]，安全整体架构如图 7 所示。

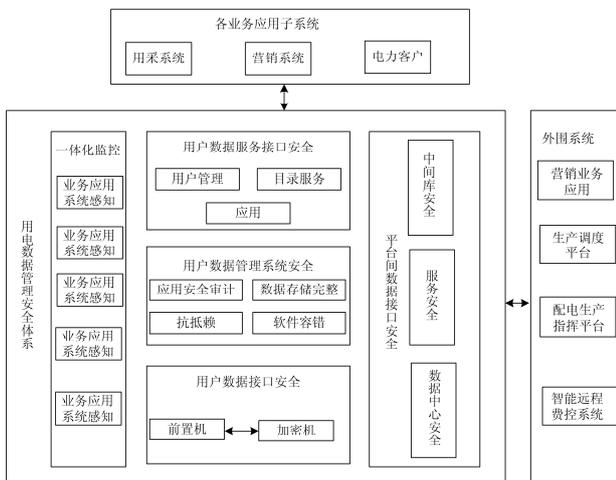


图 7 用电数据管理系统安全体系架构

Fig. 7 Load data management system security architecture

1) 用电数据接入接口安全

用电数据接入侧采用国家密码管理局认证和备案的密码机，实现数据的加解密管理。密码机与数据采集集群部署在同一电力内网内。

前置机和密码机之间实时通信，其中密码机作为服务器，前置机做为客户端。在数据通信时前置机向密码机发起数据请求，密码机处理后将结果返回给前置机，完成数据的加解密处理操作。

密码机在用电数据接入侧主要实现身份认证、关键数据的加解密、密钥协商、密钥更新、MAC 计算和数据校验等功能。

2) 数据管理系统安全

数据管理系统安全防护应从系统安全、安全审计、数据存储安全、数据安全、软件容错、资源控制、数据备份与恢复等方面进行安全防护，具体防护措施及内容详见《国家电网公司信息化“SG186”工程安全防护总体方案》。

3) 数据服务接口安全

各业务应用系统通过数据服务接口远程连接用电管理系统时需进行身份认证，制定数据加密、访问控制等安全措施，数据服务接口在进行数据传输时，需采用密码防护措施进行数据加密，保证数据在通信过程中数据的安全性和完整性。数据服务接口具体防护措施及内容详见《国家电网公司信息化“SG186”工程安全防护总体方案》。

5 结语

本文从新能源接入引起的电网调节能力不足的问题出发，通过建立电能服务管理系统统筹用户侧资源参与电网调节，可有效地提高电网安全运行的裕度及新能源接入的比例。系统新增了服务共享平台使得用户支付用电费用和查询用电信息更为便捷，有利提高用户参与的积极性；主站层利用 Hadoop 架构对海量数据处理和基于 HBase 设计检索的方法，提高系统接入用户数量及数据处理能力。

参考文献

[1] 朱正, 廖清芬, 刘涤尘, 等. 考虑新能源与电动汽车接入下的主动配电网重构策略[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(14): 82-88.
 ZHU Zheng, LIAO Qingfen, LIU Dichen, et al. Strategy of distribution network reconfiguration considering wind power and electric vehicle integration[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(14): 82-88.
 [2] 黄煜, 徐青山, 蒋贤强, 等. 含新能源接入的区域电网低碳电力调度方法[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(12): 19-26.

- HUANG Yu, XU Qingshan, JIANG Xianqiang, et al. A low-carbon regional power dispatch method with integration of renewable energy sources[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(12): 19-26.
- [3] 张宏阳. 新能源接入对配电网的影响探析[J]. 电工技术, 2018(6).
- [4] 张顺, 葛智平, 郭涛, 等. 大规模新能源接入后系统调峰能力与常规电源开机方式关系研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(1): 106-110.
- ZHANG Shun, GE Zhiping, GUO Tao, et al. The research on relationship between the capacity of systematic peak regulation and conventional power startup mode after access to large-scale new energy[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(1): 106-110.
- [5] 李洪峰, 陈志刚, 郭葳, 等. 小区电动车充电服务平台技术方案探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(17): 138-144.
- LI Hongfeng, CHEN Zhigang, GUO Wei, et al. Discussion on the technical scheme of community electric vehicle charging service platform[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(17): 138-144.
- [6] 栾文鹏, 余贻鑫, 王兵. AMI 数据分析方法[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1): 29-36.
- LUAN Wenpeng, YU Yixin, WANG Bing. AMI data analytics[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1): 29-36.
- [7] 佟晶晶, 温俊强, 王丹, 等. 基于分时电价的电动汽车多目标优化充电策略[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(1): 17-23.
- TONG Jingjing, WEN Junqiang, WANG Dan, et al. Multi-objective optimization charging strategy for plug-in electric vehicles based on time-of-use price[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(1): 17-23.
- [8] 王珂, 姚建国, 姚良忠, 等. 电力柔性负荷调度研究综述[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(20): 127-135.
- WANG Ke, YAO Jianguo, YAO Liangzhong, et al. Survey of research on flexible loads scheduling technologies[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(20): 127-135.
- [9] 周华. 支持电网安全运行的网荷互动技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2018.
- ZHOU Hua. Study on network-friendly and interactive technology supporting safe operation of power grids[D]. Jinan: Shandong University, 2018.
- [10] 曾丹, 姚建国, 杨胜春, 等. 柔性负荷与电网互动的系统动力学仿真模型[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(25): 4227-4233.
- ZENG Dan, YAO Jianguo, YANG Shengchun, et al. System dynamics simulation model of flexible load in interactive power grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(25): 4227-4233.
- [11] 何恒靖, 赵伟, 黄松岭, 等. 云计算在电力用户用电信息采集系统中的应用研究[J]. 电测与仪表, 2016, 53(1): 1-7.
- HE Hengjing, ZHAO Wei, HUANG Songling, et al. Research on the application in power user electric energy data acquisition system[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2016, 53(1): 1-7.
- [12] 王桂玲, 韩燕波, 张仲妹, 等. 基于云计算的流数据集成与服务[J]. 计算机学报, 2017, 40(1): 107-125.
- WANG Guiling, HAN Yanbo, ZHANG Zhongmei, et al. Cloud-based integration and service of streaming data[J]. Chinese Journal of Computers, 2017, 40(1): 107-125.
- [13] 苏学能, 刘天琪, 曹鸿谦, 等. 基于 Hadoop 架构的多重分布式 BP 神经网络的短期负荷预测方法[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(17): 4966-4973.
- SU Xueneng, LIU Tianqi, CAO Hongqian, et al. A multiple distributed BP neural networks approach for short-term load forecasting based on Hadoop framework[J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(17): 4966-4973.
- [14] 赵海艺. 基于的海量数据实时查询系统设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
- ZHAO Haiyi. The design and implementation of real-time query system for mass data based[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013.
- [15] 冯登国, 张敏, 张妍, 等. 云计算安全研究[J]. 软件学报, 2011, 22(1): 71-83.
- FENG Dengguo, ZHANG Min, ZHANG Yan, et al. Study on cloud computing security[J]. Journal of Software, 2011, 22(1): 71-83.

收稿日期: 2018-05-11

作者简介:

梁东杰(1961—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为智能制造技术、计算机技术应用、机电一体化产品开发等。E-mail: xlcdj@163.com

(编辑 葛艳娜)