

· 区外来电接入电网影响研究 ·

全球能源互联网下的受端大电网柔性控制策略探讨

李虎成, 袁宇波, 张小易, 袁晓冬, 王大江
(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要:提出了一种基于用户智能互动的特高压受端大电网综合控制方法。由负荷柔性控制云平台配合已有的调度、营销系统,通过智能插座的微控和红外微调功能调节负荷。当特高压发生故障区外大功率来电失去时,负荷柔性控制云平台对虚拟电厂进行柔性精细化控制,大规模的虚拟电厂响应形成集群聚合效应,贡献大额功率支撑电网功率供需平衡,确保电网安全稳定运行。

关键词:能源互联网;特高压;受端大电网;虚拟电厂;柔性控制

中图分类号:TM732

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2016)03-0010-03

随着全球能源互联网的研究和推进,国家电网公司全力推进特高压工程建设,江苏电网已进入特高压、大电网、高负荷时代。除龙泉—政平、锦屏—苏南特高压直流外,按照规划还要建设晋北—南京、锡盟—泰州、淮沪北半环特高压交直流工程,未来江苏电网将建成“三交四直”的特高压交直流混联电网运行新格局,成为复杂的大型受端电网。

“十三·五”期间,江苏区外总来电将超过 55 000 MW,电网运行特性将发生根本性改变,面临着诸多新的技术问题,尤其是跨区域交直流输电通道因设备、外破、灾害、故障闭锁等原因而停运的风险,特别是在大功率输送期间的突然停运,将直接对江苏电网的安全稳定运行造成较大的冲击。大面积停电的风险是江苏“十三·五”最大的风险,如何在特高压交直流输电通道停运时有效快速地调整负荷,最大程度地减少对

用户的停电影响已成为电网新的运行格局下亟待解决的重要问题^[1-3]。文中提出,构建基于虚拟电厂和云平台的负荷柔性控制框架,探讨适用于特高压受端大电网的负荷精细化新型控制方法,为特高压大区域互联背景下的江苏电网安全运行提供坚强技术保障。

1 整体控制框架

图 1 为基于用户智能互动的特高压受端大电网柔性控制系统框架,包含了智能调度控制系统(D5000 系统)、营销负荷控制系统(简称负控系统)和负荷柔性控制云平台。未来的江苏大受端电网中,当特高压发生故障区外大功率来电失去时,不仅一次调频/AGC 动作调用旋转备用,还有负控系统对大用户可中断负荷进行控制,负荷柔性控制云平台对虚拟电厂进行柔性精细化控制。

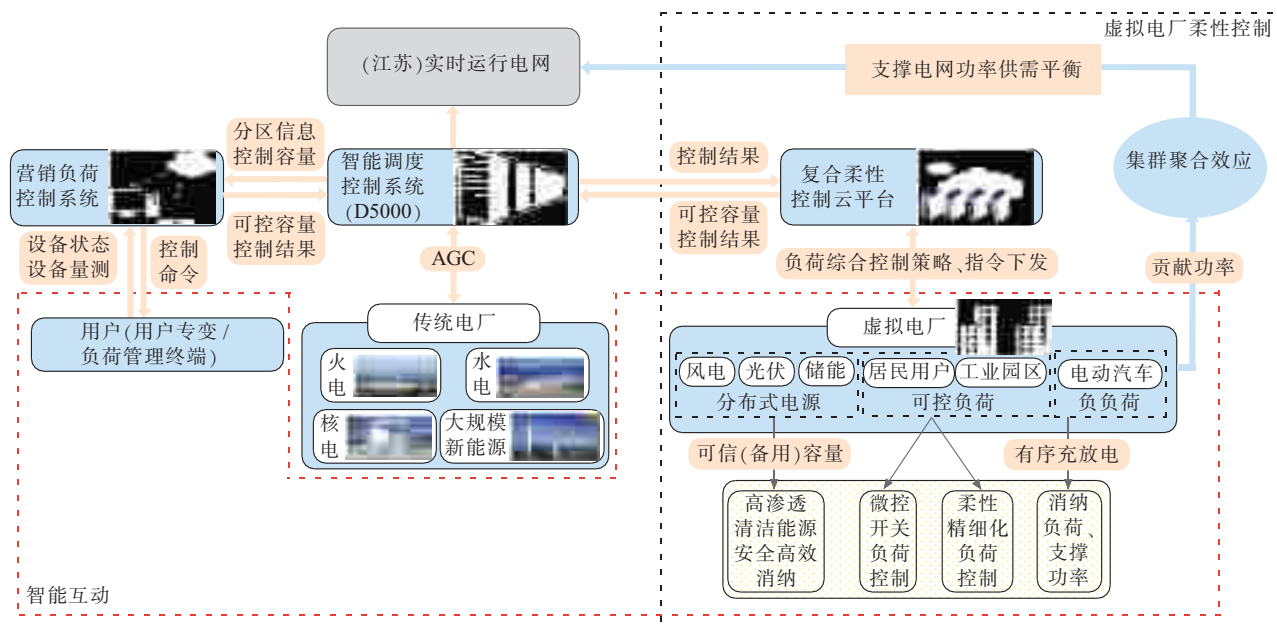


图 1 基于用户智能互动的特高压受端大电网柔性控制系统框架

其中,虚拟电厂可认为是通过先进的信息通信技术和软件系统,实现分布式电源、储能单元、可控负荷、电动汽车等分布式能源的聚合和协调优化,以作为特殊电厂参与电力市场、电网运行甚至紧急功率支援的电源协调管理系统。大规模的虚拟电厂响应形成集群聚合效应,贡献大额功率支撑电网功率供需平衡,确保电网安全稳定运行^[4-6]。居民侧的海量微负荷也属于虚拟电厂资源。

负荷控制云平台是通过互联网技术建立一个与用户友好互动的控制平台,实现对分布在不同区域可控负荷(虚拟电厂)资源的虚拟计算、实时监控、远程控制。智能调度控制系统与营销负控系统、负荷控制云平台进行信息交互,实现实时监控和控制指令的下发。

2 系统间交互策略

2.1 智能调度控制系统与营销负控系统的交互

智能调度控制系统与营销负控系统的交互包括下发分区控制信息、控制容量指令,上传可控容量、控制结果等。负控系统与智能调度控制系统的交互,目前江苏电力负荷管理系统主要功能是对专变大客户进行有序用电管理。在供电紧张时,通过技术手段保证政府经济主管部门批准的电力分配和用电计划的落实,电力用户需按照批准的方式有序用电。通过在大用户安装负荷管理终端的方式实现对负荷的实时管控。

具体实现过程包括实时感知、优化决策、协调控制。首先,智能调度控制系统感知电网故障;负控系统实时感知可控容量和可控大用户;其次,优化决策环节,负控系统利用分布式计算技术提高系统对用户控后效果的实时监测和当前可控容量在线计算能力,负控系统执行监测技术实现对控制指令执行过程的实时监控;最后,智能调度控制系统与营销负控系统实现协调控制,以优化调度辅助决策模块提供的营销口径负荷控制策略和目标为基础,实现负荷控制系统与调控系统负荷分区信息同步,完成负荷控制系统执行调控系统负荷控制指令的闭环操作。

负控系统对大用户的控制实现过程:由负控系统采集负荷用户各回路当前负荷数据(功率、电压、电流等),在出现大功率缺失故障时,智能调度控制系统向负控系统下发控制指令,负控系统主站下发跳闸指令到负荷用户的负控终端,由负控终端输出跳闸动作控制大用户的负荷分路开关,最终实现负荷调控。

2.2 智能调度控制系统与负荷控制云平台的交互

负荷控制云平台与营销负控系统的区别在于控制对象的不同,负荷控制云平台面向的是海量分散的虚拟电厂资源。智能调度控制系统向负荷控制云平台下发控制总容量等指令;负荷控制云平台向智能调度控

制系统实时上传监控信息、可控容量、控制结果等。负荷控制云平台在接收到控制总容量指令后,根据各可控虚拟电厂信息进行控制指令优化分解,并下发给虚拟电厂资源进行负荷控制。

考虑营销负控终端和负荷控制云平台负荷控制存在拒动的可能,负荷控制总量都以超裕度配置下发。

3 负荷控制云平台的策略实现

3.1 智能插件微控微调技术

对虚拟电厂的柔性精细化控制依靠智能插件技术实现。智能插件可以安装在各类家电的电源插口处,实现2种功能:一是微控功能。通过无线网络,远程控制智能插座,实现微控开关的远程开合,进而控制家用电器负荷。二是微调功能。通过无线网络,远程控制智能插件,发射红外射频信号,柔性调节家用电器负荷。智能插件自带红外射频学习功能,可以学习控制任一射频设备,通过插件实现与家用电器互动,让智能插件成为一个综合控制器。

3.2 虚拟电厂柔性精细化控制策略实现

负荷控制云平台实时监视和控制海量虚拟电厂资源,实现其柔性精细化控制。主要包括分布式电源控制模块、可控负荷控制模块、负负荷控制模块(负负荷为诸如储能、电动汽车等具备双向充放电功能的一类设备),依次实现高渗透清洁能源安全高效消纳、微控负荷微调负荷控制、有序充放电管理。

负荷控制云平台对智能调度控制系统下发的综合控制指令、控制容量进行分解,实现对友好性负荷的柔性精细化控制,特别是针对智能小区、存量老小区、电动汽车等^[7-9],如图2所示。

(1) 在智能小区,负荷控制云平台与智能家电可控终端进行通信实现负荷调节与控制。

(2) 在存量老小区,负荷控制云平台与安装在各个家庭的智能插件进行通信,通过智能插件技术实现对空调、电暖气、冰箱、电热水器等家电的柔性控制。智能插件一方面可以对空调、电暖气、冰箱、电热水器进行负荷切除,另一方面可以红外调节温控家电的控制温度达到调节功率的效果。

(3) 通过智能充放电可控终端,实现对电动汽车的有序充放电管理,可以达到负荷转移、削峰填谷的效果。当负荷控制云平台接收到智能调度控制系统下发的减负荷控制指令时,智能充放电可控终端控制电动汽车的充放电行为,具备反向送电功能的在充电汽车停止充电转向电网送电;不具备反向送电功能的在充电汽车直接停止充电;具备储能功能的电动汽车可以向电网送电。电动汽车通过可控终端的分散控制,既可以减少电网负荷又可以向电网贡献功率。

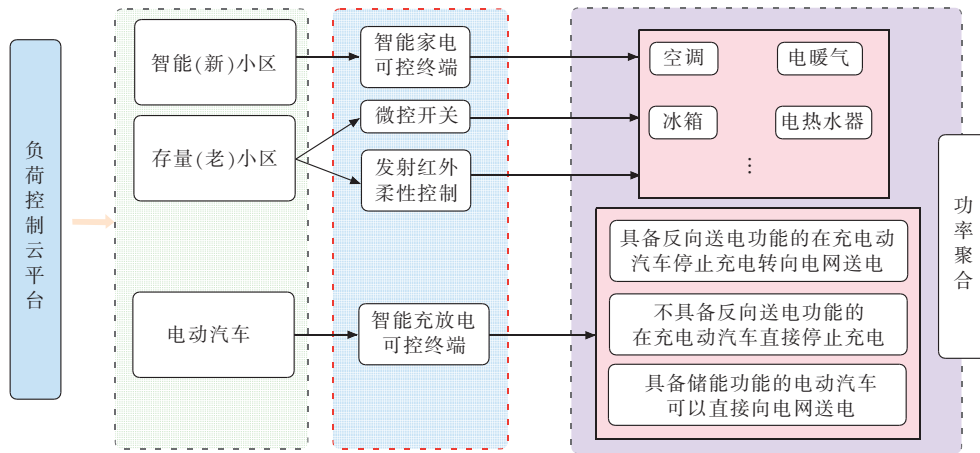


图2 大功率缺失故障情况下虚拟电厂柔性精细化控制示意图

负荷控制云平台对不同虚拟电厂资源的控制指令分解下发,需要实时根据虚拟电厂的可控容量进行组合分组,发挥功率聚合支撑作用。

4 结束语

根据江苏电网的发展现状,紧密结合特高压受端电网大功率失去情况下系统功率平衡的需求,构建了基于虚拟电厂和云平台的负荷柔性控制框架,探讨了适用于特高压受端大电网的负荷精细化新型控制方法。该控制方法可以有效发挥大量虚拟电厂单元的集群聚合效应,贡献大额功率,快速恢复电网功率的供需平衡,是对传统电网紧急控制的有益补充,实现支撑电网安全稳定运行和提升供电品质。随着新技术的发展和管理的精益化,负荷控制云平台将拓展带来更多的业务组合,基于用户智能互动的特高压受端大电网柔性控制方法也将会日益完善。

参考文献:

- [1] 于慎航,孙莹,牛晓娜,等.基于分布式可再生能源发电的能源互联网系统[J].电力系统自动化,2010,30(5):104-108.
- [2] 彭晖,赵家庆,王昌频,等.大型地区电网调度控制系统海量历史数据处理技术[J].江苏电机工程,2014,33(5):11-14.
- [3] 张志丹,黄小庆,曹一家,等.电网友好型空调负荷的主动响应策略研究[J].中国电机工程学报,2014,34(25):11-22.

- [4] 杨胜春,刘建涛,姚建国,等.多时间尺度协调的柔性负荷互动响应调度模型与策略[J].中国电机工程学报,2014,34(22):3664-3673.
- [5] 颜庆国,陈霄,易永仙.有序用电用户负荷特性分析方法研究[J].江苏电机工程,2014,33(6):48-50.
- [6] 叶剑斌,黄堃,刘琼,等.面向电网削峰的商业楼宇空调负荷调控实证研究[J].江苏电机工程,2014,33(1):30-34.
- [7] 胡泽春,宋永华,徐智威,等.电动汽车接入电网的影响与利用[J].中国电机工程学报,2012,32(4):1-10.
- [8] 潘巍,刘瑜俊,徐青山,等.电动汽车与电网互动协调控制策略研究综述.电力需求侧管理,2013,15(4):6-10.
- [9] 张谦,李雨哲,周林,等.各类型电动汽车集群参与系统调频的可控数量动态变化评估[J].电力建设,2015,36(7):160-166.

作者简介:

- 李虎成(1987),男,湖北十堰人,工程师,从事电网调度自动化和主动配电网技术研究工作;
- 袁宇波(1975),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事继电保护试验和研究工作;
- 张小易(1978),男,河南许昌人,高级工程师,从事电网调度自动化和主动配电网技术研究工作;
- 袁晓冬(1979),男,江苏无锡人,高级工程师,从事新能源发电、电能质量分析与控制和主动配电网技术研究工作;
- 王大江(1984),男,河南郑州人,工程师,从事电力系统分析仿真技术研究工作。

The Flexible Control Strategy Study of Receiving End Large Power Grid Under Global Energy Connection

LI Hucheng, YUAN Yubo, ZHANG Xiaoyi, YUAN Xiaodong, WANG Dajiang

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: This paper puts forward a comprehensive control method of UHV receiving end power grid based on user intelligent interaction. The load flexible control cloud platform, together with the existing dispatching operation and marketing system, realizes load regulation by intelligent electrical outlet with the function of micro-control and infrared adjustment. When high power deficiency happens caused by UHV failure or emergency shutdown, the load control of flexible cloud platform can play an important role on controlling virtual power plant flexibly and fine. The large-scale virtual power plants response to form clusters aggregation effect, contributing large power to support grid power supply and demand balance, to ensure the safe and stable operation of power grid.

Key words: energy connections; ultra-high voltage; receiving end large power grid; virtual power plant; flexible control