

智能电网自动需求响应技术系统的研究

Study on the Automated Demand Response Technology System for Smart Grid

刘东旗¹ 王连成² 庞金海¹ 吴玉光¹

(山东德州供电公司¹, 山东 德州 253200; 济南海兴电力科技有限公司², 山东 济南 250000)

摘要: 为鼓励用户参加电力需求侧管理,提高有序用电负荷控制的有效响应速度,设计了电力自动需求响应技术系统。考虑到电力自动需求响应技术系统与国内智能电网的融合,对国内智能电网技术、智能电网自动需求响应技术进行了研究。智能电网自动需求响应技术系统完全具备国外电力自动需求响应技术系统功能,对实现电能供需平衡、节约能源、促进智能电网的发展和具有重要的意义。

关键词: 需求响应 实时监测 智能电网 有序用电 电力市场

中图分类号: TM764

文献标志码: A

Abstract: To encourage users to participate in power demand side management, and improve the orderly use of electricity load control of the speed of response, the electricity automated demand response technology system is designed. Considering the fusion of the electricity automated demand response technology system and domestic smart grid, the domestic smart grid technology and the automated demand response technology system for smart grid is researched. Automatic requirements of smart grid response system is fully equipped with foreign power automatic demand response system to realize the function, the power supply and demand balance, energy saving, has important significance for promoting the development and application of smart grid.

Keywords: Demand response Real-time monitoring Smart grid Orderly use of electricity Electricity market

0 引言

电力需求侧管理概念引入我国已有 20 多年,它对我国节能减排和经济发展发挥了重要作用,但自动需求响应作为需求侧管理的一个特殊领域在我国尚处于起步阶段。自动需求响应主要是采用激励方式使用用户自愿参加^[1],通过市场调节,利用自动需求响应技术,实现节约用电、负荷调整,提高电网可靠性。该技术在国际上已经得到广泛认同。自动需求响应将有效保证电力供应,提高用户用能效益,保障电网安全运行,改变我国有序用电限电环节多、人为因素大、调控速度慢的情况。智能电网的建设、电力市场的发展为自动需求响应的应用创造了条件^[2]。通过自动需求响应技术与智能电网的融合,建立智能电网自动需求响应技术系统,对电力用户实现电网负荷需求的自动响应、扩展智能电网的功能和应用、深化电力需求侧管理具有重要作用。

1 系统建设原则

1.1 实效

根据电网和用户的具体情况进行研究分析,在此

基础上制订出总体设计方案,确保系统的高可操作性和可靠性。系统至少能够支持动力装置、照明装置、中央空调装置,并管理和控制上千个用户终端装置。从需求响应事件通告发布到削减负荷的整个过程,平均延迟应不超过 0.5 s。

1.2 互动

系统具有双向计量与通信功能,实现供需之间的信息互动与电能互动。电网通过系统进行用户的运行状态和需求的自动收集、统计与分析,并根据用户、电网等信息的整合,决定需求响应的实施。用户能及时了解电网的实时运行状态,合理安排用电方案和响应策略,监控电能使用,实现电能使用的优化管理^[3]。

1.3 融合

充分融合需求响应与智能电网的理念和技术,特别是充分利用智能电网的高级量测系统、高级配电运行系统、高级输电运行系统、高级资产管理系统,实现与调度自动化、营销业务应用、需求侧监测等电力信息系统的信息共享。系统实现用电监测、需求响应通知、负荷控制、负荷预测、远程改变计量参数等功能,能促进电网与用户的互动,还可改进用户服务,使用户能够更加灵活地安排用电方案与响应策略^[4]。

1.4 多赢

通过价格机制与激励手段促使用户改变用电行

修改稿收到日期:2013-03-29。

第一作者刘东旗(1958-),男,1985年毕业于上海电力学院电力系统及自动化专业,工程师;主要从事电力需求侧管理的研究。

为,增加电力市场的价格弹性,从而减少高峰电力负荷与市场人为因素,降低价格波动风险与系统整体成本;同时,增加电网安全可靠,提高市场经济效率,促进供用电环境与社会可持续发展,实现用户、系统与社会等多方共赢的目标。

2 系统建设内容

2.1 项目分类

根据用户响应性能的不同,需求响应项目可分为高性能、一般性能和低性能三种。其中,高性能需求响应项目可迅速做出有效响应,主要用来应对突发性电源故障、电网短期时段性过负荷问题,其由可中断负荷、紧急需求响应、直接负荷轮流控制等构成。可中断负荷一般适用于大型工商业用户。直接负荷轮流控制是指在系统高峰时段或紧急状态下,通过远端控制装置关闭或循环控制用户用电设备的供电电源或控制系统,实现负荷削减。一般性能需求响应项目为4~8 h之内可以做出有效响应的响应项目,主要用于高性能需求响应,应对时效性要求不高的趋势性用电短缺问题。低性能需求响应项目是指8 h以上才做出有效响应的响应项目,主要用于一般性能需求响应项目^[5]。

2.2 方案制定

需求响应项目采取优化分时电价、尖峰电价、可中断负荷电价、高可靠性电价等方式鼓励用户参与。需求响应项目实施者进行用户用电需求响应性能调查,根据用户能够实现响应的不同情况,对参加响应的负荷进行分类统计。首先,对各类负荷响应的实际需求和参与响应项目的负荷进行分类;接着,结合系统运行的各类约束条件(如响应时间约束、供电约束、双电源及轮休约束等),对需求响应项目在技术和执行方面的可行性进行分析;最后,根据序用电方案的指标和缺口覆盖范围和响应速度,确定实施项目。在系统中分类输入参与的需求响应项目及响应的信息,形成完整的自动需求响应实施方案^[6]。

2.3 需求响应平台建设

系统平台包括自动需求响应管理、自动需求响应用户端管理(包括相关能量管理和控制系统(energy management and control system, EMCS)执行机构)、系统通信、响应效果及性能评价等部分。各部分共同形成一整套自动需求响应产生、传输、应用和实施全过程的管理。

2.3.1 自动需求响应管理

自动需求响应管理监测电网及用户运行情况,根据运行状态进行电力供需平衡分析,为自动需求

响应提供基础数据支撑和负荷削减需求,发送需求响应信号。系统按照电网用电限额,根据参加需求自动响应项目的资源响应位置、响应速度、响应时长、响应时段以及响应电压等级等因素,自动生成负荷限额分配和具体操作方案,在电网负荷接近用电限额时进行预警。当电网负荷达到用电限额时,自动需求响应管理系统发出需求响应事件信号,自动生成一个所有用户均能检测到的需求响应事件通报表;同时发布一个当前待处理事件的信号,使所有项目参与者的用户端通信模块可以接收到这一通报信息并作出响应。

2.3.2 自动需求响应用户端管理控制

自动需求响应和其他负荷管理系统的最大区别是其负荷控制的实时性、自动化和可靠性,自动需求响应的可靠性可达到99.99%,并支持接入1 000个以上用户。需求响应的产生、传输、应用和实施等全过程均通过自动程序在短时间完成,需求响应时间发布后,应能观测到负荷削减过程,平均延迟不超过0.5 s。用户端管理终端接收自动需求响应管理系统所发出的需求响应信号后,向电力设备发出控制信号。电力设备自动启动削减负荷过程进行负荷调节。由于各用户的能量管理和控制系统也可能有所不同,电力设备有可能来自不同的厂家,为保障功能的实现,应对各个用户的能量管理和控制系统的软硬件进行改造。改造过程中,可增加单独的服务器或其他装置用于与其控制装置相连接,也可直接向智能用电设备发送响应指令(如调整用户的智能恒温器温度设定值)。为实现节约用电,系统还具有对用户的用电设备与电网重要元件进行动态监视和诊断的功能。根据用电设备的运行情况,系统自动提出优化运行的建议,发现异常立即发出警报。

2.3.3 系统通信

系统支持多种方式(如光纤、载波、无线公网/专网等)的通信,为了使用通用接口系统而减小开发工作量,系统使用包括XML、SOAP等在内的国际标准;采取安全措施,所有往来的信息都应进行验证并且加密;支持与不同控制系统的通信,包括从用户侧的非常简单的能量管理和控制系统到复杂的具有数据处理和可编程功能的控制系统,不应仅依赖于用户端的单一控制系统。必要时,通信软件模块安装到用户能量管理和控制系统或作为独立的控制终端,用于接收和转换来自自动需求响应管理系统的各种需求响应事件信号。

2.3.4 响应效果及性能评价

系统存储分时段的用电数据,设置多种类型的电

能电价,根据用户参加需求响应项目响应的类型、时段、电量、响应性能及效果;按事先与用户签订的协议,为参与需求响应的用户提供优惠电价、经济补偿和其他激励的依据。常用的量化用户响应性能的方法是把其定义为用户表记录的实际用电量与其基本负荷的差额。用户基本负荷是指用户在事故期间不实施响应的情况下,每小时可能消耗的负荷,这是对未发生情况的一个估计值。有了这个估计值,就可以计算用户在事故期间的负荷削减量,进而评价用户的响应性能,并依此对用户进行奖惩^[3]。为了公平性,应为用户配置用电信息显示设备,用于显示分时段的用电量和相应的费用。根据用户需要提供小时前、日前、周前、月前用电量和用电成本,以作对比^[7]。

3 需要解决的关键技术问题

3.1 通信

自动需求响应管理系统通信是自动需求响应的基础,如何实现自动需求响应所必须的各种通信通道的自动化通信是系统实现的关键。系统通信主要包括以下两个方面:①如何充分利用现有的国际标准(如XML和Web Services)支持与不同控制系统的通信,包括从用户侧的非常简单的能量管理和控制系统(EMCS)到复杂的具有数据处理和可编程功能的控制系统;②如何采用安全措施,对所有往来的信息进行验证并且加密。

3.2 不同能量系统的控制

自动需求响应用户端通信管理系统负责接收自动需求响应管理系统发出的需求响应事件的信号,并向自动需求响应项目所涉及到的能量管理和控制系统发出控制信号。如何实现对不同的能量管理和控制系统的控制是实现负荷调整的关键,如动力装置、照明装置、中央空调装置的管理和控制。操作程序及生产厂家各异,这不仅需要进行改造,而且需要增加单独的服务器或其他装置用于与控制装置相连接。

3.3 与电力信息系统的接口

实现与调度自动化、营销业务应用、需求侧监测等电力信息系统接口也是系统实现关键。实现各电力信息系统和系统的无缝联络,主要表现在以下几个方面:①实现与各电力信息系统的数据库共享,包括自动需求响应项目参与者和它们参与该自动需求响应项目所必须的信息;②结算模块根据营销业务应用等信息系统的实际用电数据,进行自动需求响应项目响应效果、性能的评价和电量结算。

3.4 系统安全

系统信息量多、监控负荷大、市场参与者多且安全水平参差不齐,其安全问题将变得日益复杂。供需之间的信息双向互动将有更多的信息涌入系统,这些不安全的因素会对电网和系统的正常运行造成很大威胁,并有可能扰乱电力市场秩序^[8]。因此,要认真做好安全工作,技术上要采取积极措施加强保障。系统具有对电网、用户用电和通信信息进行安全分析的功能,如严格的权限管理与身份认证^[9]。当系统出现异常时立即报警,以使用户对事故进行快速响应。

3.5 自动需求响应系统标准

智能电网自动需求响应是一个新领域,尽管欧美国家起步较早而且在该领域已经积累了丰富的经验,但是在相关标准的制定方面仍显不足,相关技术标准尚不存在或不健全。为此,应借助系统建设的大好契机,在可靠性、互操作性和效果与评价等方面积极进行技术规范与行业标准的探讨,密切与国家标准机构和国际标准协会进行交流与合作,积极引导相关标准的制定。这对我国在这一新兴领域占领战略制高点具有非常重要的意义,并为系统的大规模推广打下良好的基础。

4 系统功能

4.1 快速响应

近年来,恶劣天气和各类自然灾害频繁出现,发生和持续的时间难以提前确定。不确定因素增加了电网安全运行风险,同时经济形势的快节奏也使用户需求发生难以预测的变化。电网通过系统发送需求响应信号,用户不必频繁地观察电价变化或手动做出用电调整,而可通过系统按照事先签订的协议自动做出快速响应,使电网在短时间能够优化电力资源配置,平衡供需矛盾;同时,还可提高用户用电效率和节省用电成本。

4.2 优化电网运行

系统利用先进的控制与通信技术,对电网及用户运行情况进行智能监控与诊断,并对紧急情况作出快速响应;通过先进的量测技术进行远程用户管理,提高负荷率,降低损耗、节约成本、提高工作效率。自动需求响应通过优惠政策吸引大量的负荷资源参与,在系统出现电价高峰和紧急情况之前进行预警,向用户能量管理和控制系统发送响应指令;用户接收响应命令进行负荷调整,实现电网供需平衡,优化电网运行,提升电网运行的可靠性、经济性,并降低发/输电设施的投资成本。

4.3 增加用户选择权

需求响应给予用户更多的选择权,可以帮助用户防范电网事故带来的风险,减少用电高峰段增加的电价费用。需求响应使用户能更直观地了解电网的情况和灵活地参与电力市场交易,并根据自身用电特性与承受风险能力来做出选择。系统可以让用户及时了解实时的系统电价、系统负荷与自身负荷等信息;用户可以根据自已的情况确定响应策略,选择参与不同种类的响应项目,以降低风险和优化用电成本^[3]。

4.4 促进电力市场发展

通过技术手段,将自动需求响应引入电能市场。使用户在用电高峰电价高时少用电,或将负荷转移到电价低谷时段用电,从而更有效地利用电力系统的电能资源,减少供电成本,降低电费开支,获得直接的经济利益。同时,实现了电能供需平衡,避免了电力供应短缺的发生,减少了用户停电的可能性。电价峰值和波动性的降低可以降低电力批发价和零售价。因此,需求响应可以调节过高的批发价格和价格的波动性,降低成本,提高可靠性,减少风险。此外,需求响应还能为各市场参与者提供更多的选择与获益机会,吸引更多的用户参加,极大地促进电力市场的发展和形成公平合理的市场电价^[10]。

5 结束语

智能电网与需求响应是当今电力系统重大科技创新和电力市场最新发展的结果,市场的需要和技术的

进步已将两者紧密地联系在一起,两者的融合将成为不可逆转的趋势。智能电网自动需求响应技术顺应了这一发展的方向,它不但可实现电力系统安全、可靠、经济、清洁、高效、互动的目标,而且可以实现社会节能减排与绿色环保,帮助用户提高用能效益降低成本,促进电力市场的建设。智能电网应用领域的拓展需要我们进行进一步的研究和推广。

参考文献

- [1] 高赐威,陈曦寒,陈江华,等. 我国电力需求响应的措施与应用方法[J]. 电力需求侧管理,2013,15(1):1-4.
- [2] 潘小辉,王蓓蓓,李扬. 国外需求响应技术及项目实践[J]. 电力需求侧管理,2013,15(1):58-61.
- [3] 张钦,王锡凡,付敏,等. 需求响应视角下的智能电网[J]. 电力系统自动化,2009,33(17):49-55.
- [4] 时伟君,盛万兴,孙军平,等. 客户用能互动服务的新模式需求响应[J]. 电网技术,2012,36(S2):147-150.
- [5] 石怀德,郝为民. 需求响应视角下的智能电网[J]. 电力需求侧管理,2012,14(1):35-37.
- [6] 赵鸿图,朱治中,于尔铿. 电力市场中用户基本负荷计算方法与需求响应性能评价[J]. 电网技术,2009,33(19):72-78.
- [7] 闵翊,殷迪清. 高级计量体系与需求响应机制的协调发展战略[J]. 供用电,2011,28(6):35-38.
- [8] 唐志伟,陈奇志,孙茵婧. 基于高级量测体系和需求响应的互动配网[J]. 电力需求侧管理,2012,14(1):38-40.
- [9] 赵鸿图,周京阳,于尔铿. 支撑高效需求响应的高级量测体系[J]. 电网技术,2010,34(9):13-19.
- [10] 赵欣,高山. 美国电力市场中的需求响应与高级计量[J]. 电力需求侧管理,2007,9(4):68-71.

(上接第75页)

溶解氧设定等十多个功能控制模块,每个功能块既能独立运行,又能协同操作,进一步增强了系统的功能和稳定性。该项目紧紧围绕生产实际,因地制宜地开展一系列课题研究,最终改造完全达到了立项目的。

参考文献

- [1] 湛永红. 给水排水工程[M]. 北京:中国环境科学出版社,2008:38-39.
- [2] 周一军,范岳峰,王建华. 精确曝气流量控制在污水生物处理工艺中的应用研究[J]. 世界仪表与自动化,2006(7):28-30.

- [3] 刘载文,许继平,杨斌,等. 序批式活性污泥法污水处理系统溶解括号氧优化控制方法[J]. 计算机与应用化学,2007(2):18-19.
- [4] Ketchum L H. First cost analysis of sequencing batch biological reactor[J]. WPCF,1979,51(2):139-145.
- [5] Jern N. Sequencing batch reactor treatment of wastewaters[J]. Environmental Sanitation Reviews,1989,8(9):33-35.
- [6] 杜英豪. MSBR 工艺的运行管理实践[J]. 中国给水排水,2006(2):14-15.
- [7] 崔文亮,杜英豪,黎洪元,等. MSBR 工艺污泥膨胀的分析与对策[J]. 中国给水排水,2009(18):17-19.
- [8] 付伟,于培亮,马思乐. 基于 S7-200 PLC 的汽车加热器数据采集系统[J]. 可编程控制器与工厂自动化,2011(11):94-97.

《自动化仪表》 邮发代号:4-304,2014年定价:15.00元,全年价:180.00元;国外代号:M 721

欢迎赐稿,欢迎订阅,欢迎宝贵建议,欢迎惠刊各类广告