

适应新型电力供需的多元化友好互动体系研究

李作锋¹, 黄奇峰², 杨世海², 陆子刚²

(1. 国网江苏省电力公司, 江苏南京 210024;

2. 国网江苏省电力公司电力科学研究院国家电网电能计量重点实验室, 江苏南京 210019)

摘要:针对未来电网发展趋势下电力供给侧与需求侧间形成的新型供需关系,分析了江苏电网大规模清洁能源高比例渗透、电动汽车快速增长和海量柔性微负荷在内的电力供需结构特征,建立了电源、电网、负荷间友好互动效益综合评估模型,基于各参与方整体收益分析,提出了适应新型电力供需的多元化友好互动体系,研究了友好互动体系功能架构,包括状态感知、数据处理、状态可见和协同优化。最后,介绍了江苏电网开展多元化友好互动实施模式、策略及应用体系研究和实践,为提升电网与用户间互动水平、电网消纳可再生能源和充电负荷的弹性互动能力起到了重要的支撑作用,实现了能源供需联动应用下的各方互动共赢。

关键词:新型电力供需;海量微负荷;友好互动;效益评估;协同优化

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2016)05-0001-05

电能是国家能源战略的核心要素,更是国民经济的命脉,保障生产、生活用电是国家发展战略全局的组成部分,也是社会和谐稳定的重要因素。近年来我国能源供应紧缺、环境压力加大等日益凸显,江苏作为电能供给与消费的重要省份,更需要利用自身电网优势及电力供需结构性新特点,合理体现电能资源的利用价值,在倡导合理有序用电、促进资源节约和环境友好型社会建设的同时,提升电网与用户的互动水平,深化开展新型电力供需下多元化友好互动的智能用电体系应用,实现全球能源互联网战略构想的落地实践^[1]。

目前,江苏电网实现了从传统大范围、粗放式有序用电管理方式向精益化、科学化、系统化的有序用电管理与电力需求响应相结合方式的转变^[2-4]。随着可再生能源发电向电网的高比例渗透,以及优化能源结构、提升智能互动水平等对电网发展提出的更高要求,促使江苏积极探索“源网荷”友好互动的创新发展之路^[5,6]。在清洁能源消纳方面,目前,江苏风电和光伏发电接近双 4000 MW,预计“十三·五”将达到双 10 000 MW。千万千瓦的风电和光伏主要在配网薄弱地区上网,传统的电力系统自动化运行水平将逐渐落后于未来电网的发展趋势。同时,随着国家对电动汽车的鼓励政策和电池、快充技术的发展,江苏电动汽车保有量增长在未来若干年内增长 10 余倍。电动汽车充电若不加以引导,将对城市电网的承载能力带来严峻考验^[7-9]。因此,有必要针对当前新型电力供需的背景,开展电网与用户多元化友好互动体系研究。文中重点分析了现阶段新型电力供需结构内涵及特征,研究大规模清洁能源、电动汽车及海量柔性微负荷互动价值评估,通过构建多元化的友好互动体系功能层级,探讨了电网运行与用户用电行为间的协同优化策略。

1 新型电力供需结构特征分析

1.1 大规模清洁能源的高比例渗透

风能和太阳能都是重要的可再生资源,对于能源安全与环境安全起着十分重要的作用^[10]。江苏风能资源主要集中在沿海地区(如图 1 所示),风电开发潜力优势明显,具备良好的发展前景。其中,盐城与南通地区的风电场较为集中,风电出力分别占全省风电总容量的 46.32% 和 36.61%。众所周知,风电的快速发展能对能源、环境安全产生显著的效益,但是也给电网运行带来了严峻的挑战。

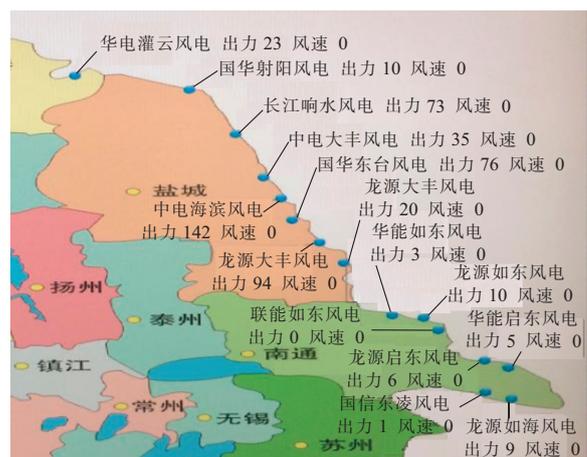


图 1 江苏风力发电分布示意图

风电的重要特征表现为它的不确定性^[11]:

(1) 风速的不确定性。影响风力发电的关键因素是风速,由于海拔、地形、气压、设备等多重因素,在风能的方向、平均速度与脉动风速等方面的时空多维分布上都表现出不确定性;

(2) 风能-电能转变中的不确定性。包括:① 机组退网、状态检修、缺陷事故、风速超限造成的退出及

投运;② 工况特性的改变;③ 最大风力发电跟踪与实时调整等运行状态间的改变。

(3) 外部运行环境的不确定性。包括突发事件、负荷及机组出力变化的不可预知性。

由表 1 可见,江苏集中式(统调)为 1000 MW,另外,省内分布式(非统调)光伏电站并网容量约为 2600 MW,其中,全省各集中式光伏电站的并网容量大多为 100 MW 左右,出力较大,占地集中。而分布式光伏发电不仅在 13 个市分布不均,而且各并网容量不等,形成了星罗棋布的分散格局。

表 1 江苏集中式光伏出力分布

光伏电站	实际并网容量 / MW	并网电压等级 / kV	所在市
泗洪 TG	110	110	宿迁
华电 SG	87.38	110	泰州
华电 LZ	79.38	110	泰州
旭强 XS	101.2	220	盐城
高邮 ZX	100	110	扬州
金湖 ZH	100	110	淮安
天合 XS	116.2	110	盐城
亿晶 ZX	98	110	常州
广核 HN	118.8	110	连云港
舜大 BY	108	110	扬州
总计	1 018.96	—	—

光伏发电能够替代常规发电方式,是继风力发电之后被广泛寄予厚望的一类清洁能源发电技术。然而,光伏出力易受外部环境(气象条件)影响,其发电性质与常规发电方式相比具有明显的差异性。对于大规模光伏并网,光伏发电系统构成了具有不确定性的不可控源。因此,降低光伏出力的不确定性对系统运行产生不利影响,可进一步提高电网运行的安全稳定性^[12]。

1.2 电动汽车快速增长

当前,新能源发电技术取得了飞速的进步,诸如电动汽车的新型负荷大量地接入电网,使得现代电力系统规模在不断扩大的同时,随机因素也不断增多,对电能供给的影响也愈加突出^[13]。2015 年江苏电动汽车及其配套设施建设增速显著,主要表现为:加快省内充电设施建设;开展高速服务区快充网络运营;部署国网统一车联网平台;配建新建小区交流充电桩。

电动汽车充放电是影响电网运行的关键因素。它可以分为 3 类典型方式:(1) 单向无序充电方式(即插即用型),主要特征是电动汽车在连接充电电源后即开始充电;(2) 单向有序充电方式,主要特征是仅允许电动汽车在特定时间充电,并且仅作为负荷使用;(3) 双向有序充放电方式,主要特征是电动汽车可与电网开展电能双向交互。电动汽车由于自身充电行为的不确定性与间歇性,将对电网运行带来不可忽略的随机扰动影响。鉴于此,供电企业可采取针对电动汽车充电激

励措施,系统性地改变用户采取的充电方式,改善电动汽车负荷对电网的影响。

1.3 海量柔性微负荷

柔性微负荷为用户的温控负荷设备等通过改造可在电网侧调节参数的设备用电,即可柔性降载的用电负荷^[14]。目前,随着智能表计的普及、智能用电互动平台的建立,居民家庭与电力公司之间的双向互动愈加深化,在满足居民用户多元化、互动化的用电服务需求的同时,江苏电网提升居民侧用电管理水平与家庭能源利用率,主要表现为:

(1) 推广智能用电设备。在全省 13 个地市开展智能小区建设,建成 10 余个智能小区样板房,试点应用智能插座、智能摄像头、智能用电终端等智能化设备,用户可手机远程操控家中电器,提升用户用电满意度。

(2) 建立居民能效优化管理平台。完成居民能效优化管理平台的软件开发及上线运行,推出用户“智电生活”手机 APP,实现居民智能化设备管理,为用户手机提供家用电器用电信息实时查询功能,引导居民改善用电习惯,优化家庭用电方式。

2 多元化双向友好互动效益评估

电网与用户间的多元化双向友好互动需综合考虑各方的成本效益,所构建的友好互动效益评估原则不仅应当符合电网发展和建设需满足多元化需求侧的要求,而且应重视电网、用户与各类外部因素的交互性。

如图 2 所示,多元化双向友好互动效益评估受到包括新型电力需求、电源情况、电网分析、技术提升及成本指标等 5 个方面影响因素的制约。电网与用户是现代电力系统的重要组成要素,在电力改革及市场机制环境下,供给侧与需求侧都形成了各具利益需求和决策权的独立个体。由于双方的聚焦重点不同,影响了各自效益评估的关注方面,并形成了具有博弈关系的存在体系。在针对多元化双方友好互动效益评估的相互作用中,能够合理地引导电力供给侧的科学投资,并利用电力系统将环保及能源政策等信息输送给负荷侧,通过对供需结构的优化最终实现双方协调发展。

总体上,在多元化双向互动效益评估中,供给侧(电网及电源)关注重点为各类一二次电力设备的投资及运行维护成本,以及新增电量销售形成的增收效益;需求侧(负荷)关注重点为基础电费、生产生活用电设备投资与运行维护费用,以及新增电力设备投入后带来用电成本降低的效益。多元化双向互动效益评估以各方收益最大化为依据,具体可分为如下几点。

2.1 电源互动效益评估

电源方作为需求侧供给的中心市场,其效益决策导向是利用合理的新增机组容量满足最大化收益需

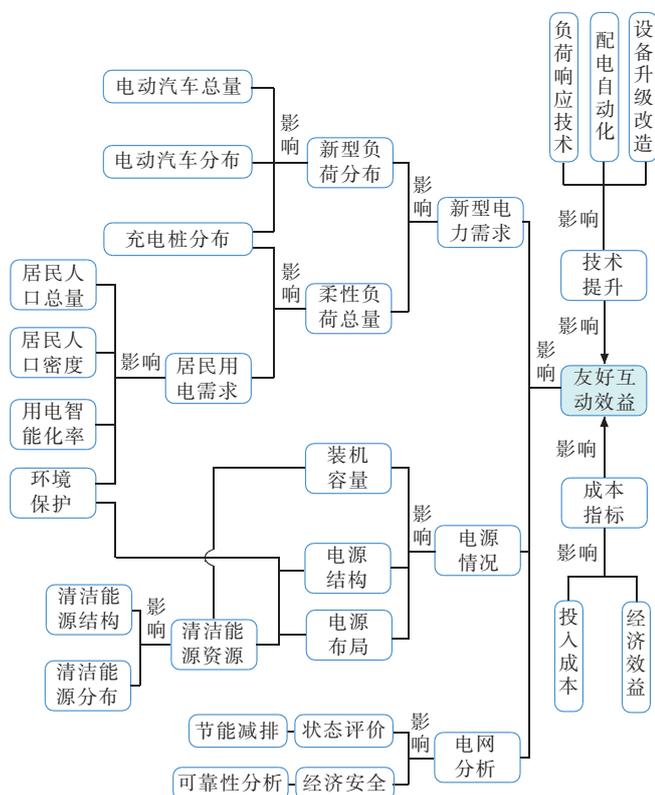


图2 多元化双向友好互动效益评估的影响因素作用路径

求,可表示为:

$$\begin{cases} \max_{P_{g,k}^{new}} \{ \rho_k P_{g,k} - C_{inv} P_{g,k}^{new} - C_{opt} P_{g,k} \} \\ s.t. \quad 0 \leq P_{g,k} \leq P_{g,k}^{new} \end{cases} \quad (1)$$

式中: ρ_k 为第 k 个节点的电价; $P_{g,k}^{new}$ 为相应的新增机组容量; $P_{g,k}$ 为实际运行中机组出力; C_{inv} 、 C_{opt} 分别为新增机组成本的投资及运行价格系数。作为电源方的效益评估模型,式(1)在对机组出力建立不等式约束条件下,电厂收益目标函数中已新增机组容量 $P_{g,k}^{new}$ 及出力状况 $P_{g,k}$ 作为核心影响因素。

2.2 电网互动效益评估

电力设备主要包括电力变压器及输电线路,以负荷需求为目标,电网方通过新增变电容量及输电走廊,获取需求侧市场,从而形成最大化收益,可表示为:

$$\max_{F_{ij}} \{ \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (\rho_j - \rho_i) F_{ij} - C_{opt} F_{ij} \} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \max_{F_{ij}} \{ & [\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (\rho_j - \rho_i) F'_{ij} - C_{opt} F'_{ij}] + \\ & C_1 P_{d,k}^{new} - C_{opt} T_k - C_{inv} T_k \} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \max_{F_{ij}} \{ & [\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (\rho_j - \rho_i) F_{ij} - C_{opt} F_{ij}] - C_{inv} F_{mn} - \\ & [\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (\rho_j - \rho_i) F'_{ij} - C_{opt} F'_{ij}] + C_1 P_{d,k}^{new} - \\ & C_{opt} T_k - C_{inv} T_k \} \end{aligned} \quad (4)$$

式(2)为现有足够变电容量下,不额外新增输电线路的收益模型,式(3)为在不额外新增输电线路下,新增变电容量收益模型,式(4)为额外新增输电线路的收益模型。其中: N 为节点维度; ρ_i 、 ρ_j 分别为相应节点 i 、 j 节点电价; F_{ij} 、 F'_{ij} 分别为是否额外新增输电线路情况下 i 至 j 的间线路潮流; F_{mn} 为线路 L_{mn} 的传输容量; $P_{d,k}^{new}$ 为新增传输容量; T_k 为新增变电容量; C_{inv} 、 C_{opt} 分别为投资及运行价格系数; C_1 为新增传输容量价格系数; C_{inv} 、 C_{opt} 分别为新增变电容量投资及运行价格系数。

2.3 负荷互动效益评估

随着经济的增长和社会的进步,电力需求侧不仅强调电力用户的增产增收,更加注重用户负荷通过智能有序用电降低成本,进而提高整体收益,可表示为:

$$\begin{cases} \max_{D_k} \{ C_s P_{d,k}^{new} - \rho_k P_{d,k}^{new} - C_{opt} D_k - C_{inv} D_k \} \\ s.t. \quad 0 \leq P_{d,k}^{new} \leq \min(T_k, D_k) \end{cases} \quad (5)$$

式中: ρ_k 为节点电价; D_k 为新增负荷容量; C_s 、 C_{opt} 、 C_{inv} 分别为 D_k 的产值、运行、投资价格系数。

作为需求侧负荷的效益评估模型,式(5)在构建负荷约束不等式约束条件下,形成新增变电容量、负荷容量及负荷传输容量三者间的制约关系,并最终构成需求侧收益表达式。

3 多元化双向友好互动体系功能架构

针对高渗透率的清洁能源和电动汽车的大量接入,在确保电力系统可靠性、潮流电压不越限和电能质量的前提下,利用友好互动机制,开展大电网运行与海量柔性微负荷、电动汽车、分布式可再生能源间的友好互动,实现分布式电源的全额友好接入、电动汽车的有序充放电与居民家庭智能用电的需求。多元化双向友好互动体系功能架构主要分为状态感知、数据处理、状态可见、协同优化4个方面,如图3所示。

3.1 状态感知

(1) 区域电网运行状态感知。利用高级量测体系和物联网传感器技术,实现当前区域电网状况的直观全面感知;基于多源信息融合和可视化技术,实现区域电网实时状态评估、风险评估、态势计算及预测和可视化展示。

(2) 用户用电态势感知。利用典型用电场景分类及影响用户用电模式特征因素的分析结果,构建用户用电模式影响机理,通过行为特征、职业习惯等用户行为因素,电价、政策等外部因素,气象等用电环境,电网稳定性及经济性等,实现用户用电态势全景实时感知。

3.2 数据处理

(1) 统一信息模型。完善公共信息模型架构,覆盖

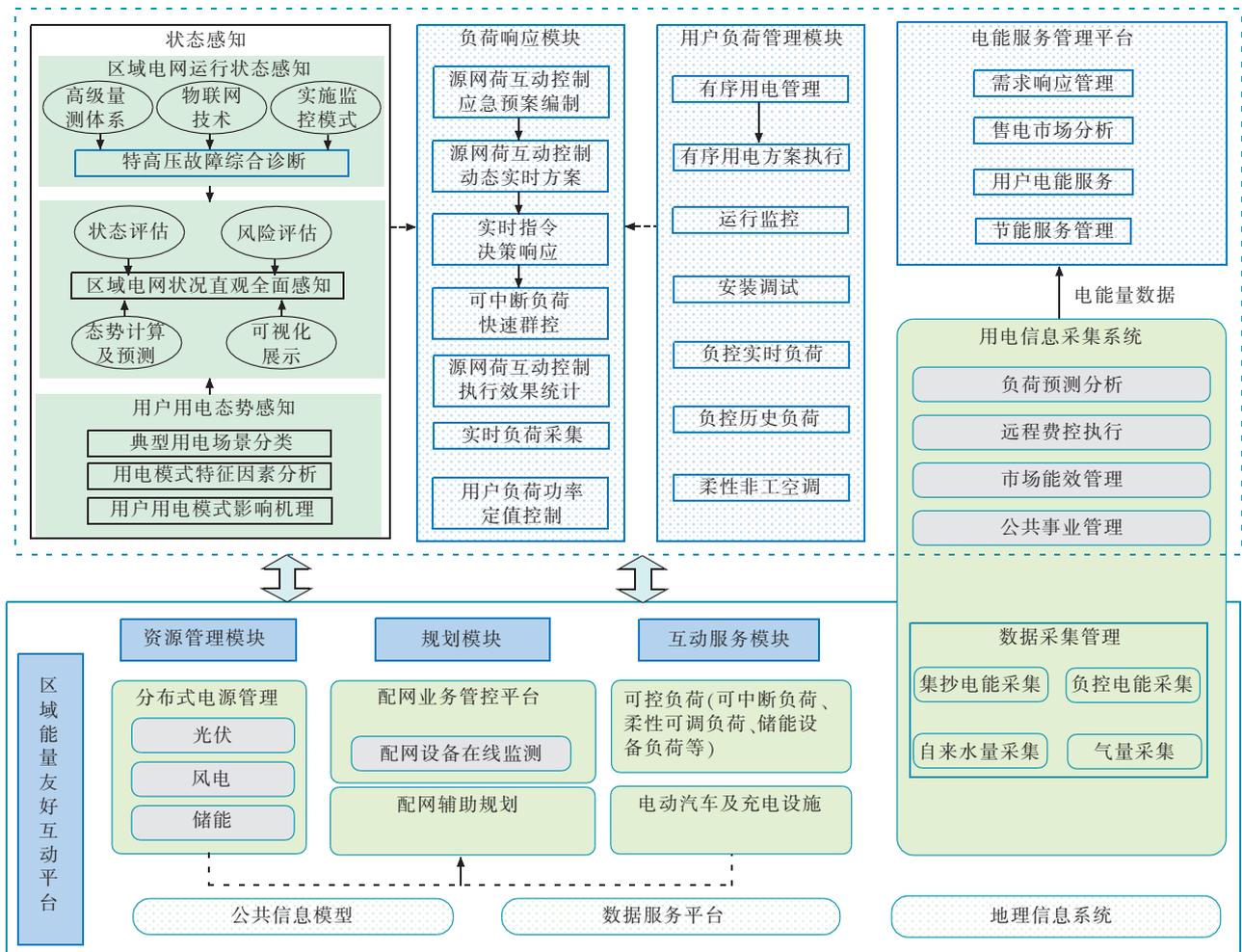


图3 多元化双向友好互动体系功能架构示意图

各类分布式清洁能源系统、电动汽车及充电设施、各类智能负荷终端等在信息模型中的应用。与统一通信规约共同构成电网设备即插即用、设备状态即时可见的基础。

(2) 统一数据交互。包括：电网信息模型和实时数据模型的接口规范，主要用于非实时或准实时的数据访问；实时数据的接口规范，主要用于对实时数据的访问；历史数据的接口规范，主要用于对历史数据的访问；通用消息的接口规范，主要用于事件和报警的传输。

(3) 数据服务平台。基于统一数据模型，整合、优化数据服务组件，融合数据中心，构建统一的数据服务组件和运维管理系统，提高数据平台的管理水平和能力；通过量测设备从配网采集，经过混合网络传输后至大数据平台，并经过数据整合、数据存储、数据处理3个处理步骤统一对外提供服务；完善平台功能，提高大数据平台的数据挖掘技术。

3.3 状态可见

(1) 资源可见。通过对分布式能源的实时信息采集，获取其可用、可调节度，实现可调度资源的在线可见；实时给出分布式电源的定容定址优化，使得分布式电源在电网的接入点和接入容量资源可见；利用新型

智能负控终端，实现用户负荷的分路采集和用户可调控资源的实时可见。

(2) 运行状态可见。通过高级量测布点，实现机组并网、解列、发电出力以及风电/光伏功率预测等运行状态的可见，实现对虚拟电厂、可控负荷的运行状态可见；通过动态建模，实时计算复合目标下的可中断负荷实施方案，实现与大电网故障应急处置的精确匹配，有效提升智能决策能力。

3.4 协同优化

区域能源友好互动平台作为上级电网的支撑，与上级电网的重要互动可实现纵向的交互，为调峰、调频以及紧急故障提供备用；区域能源友好互动平台内具有新能源利用率、网损率、负载率等多个运行优化指标，在不同运行工况下需要协调好区内源网荷的运行方式及水平，以友好互动的形式，提升供电品质；通过友好互动平台的协调控制，实现大规模分布式能源与海量柔性微负荷的友好互动和消纳，提高电网弹性。

4 江苏电网开展多元化双向友好互动实践

江苏实践电网与用户多元化双向友好互动体系，聚合用户负荷、分布式电源、分布式储能资源，为主网

和区域电网的安全经济运行提供有效支撑。

4.1 规范采集标准实施终端升级改造

组织调研营销业务所涉及的新型负控终端、采集终端、智能开关、能效监测终端等采集种类,建立统一完善采集设备的技术规范,制定健全的设备监测与质量监督管理办法,对各类采集设备进行全生命周期管理,提高采集设备运维管理水平。明确具体整改计划,提高负荷控制面。研发及安装智能网荷互动终端设备,采取双光纤通道、GPRS、无线专网等方式,满足用电数据采集和负荷控制要求。

4.2 聚合用户资源实现负荷分类管理

全面开展用户智能互动负荷分类调研,掌握典型用电行业负荷特性和灵活互动能力分析,构建用户侧负荷控制资源库。一是具备快速响应能力的工业用户可中断负荷;二是具备及时响应能力的空调温控和电动汽车等海量柔性负荷;三是具备有效响应能力的需求响应负荷,在未来3至5年内具备约电网尖峰负荷5%的响应能力;四是具备快速响应能力的集中式和分布式储能负荷,试点实现具备大规模储能能力的储能虚拟电厂。

4.3 智能网荷控制支撑电网应急处置

建立大规模多元化双向友好互动系统,将实时控制部分功能部署在与调度自动化系统进行对接,在电网与用户间进行控制指令和运行信息的实时交互,提升负荷控制的精确性。利用先进的信息化、通讯及控制技术,实现多层次、分批次的协调和精准控制,满足新型电力供需结构的各种类型灵活互动、应急处置及事故恢复要求。

4.4 基于“互联网+”打造友好互动平台

基于“互联网+”全面提升电网生产、经营、管理和服务水平,构建能源供给及服务新模式,提高能源利用效率,推动节能减排。建立完善需求响应机制,通过虚拟电厂技术聚合各类负荷响应资源,实现用户与区域电网/主网间的互动,有效支撑电网安全稳定经济运行;通过虚拟同步发电机技术,实现分布式新能源与储能的互动,有效提升分布式新能源的消纳水平。

5 结束语

针对江苏电网新型供需结构的时代背景,着重阐述了当前电力供给侧与需求侧的显著特征,建立了电源、电网、负荷三方积极参与的友好互动效益评估模型,在各方共赢的整体收益分析基础上,提出了适应新型电力供需的多元化友好互动体系,研究了应用体系实践的主要功能架构,为江苏电网开展多元化友好互动实践提供有效支撑。

服务于江苏大规模清洁能源、电动汽车新型负荷

接入、海量柔性微负荷灵活互动的需求,江苏电网大力开展弹性电网的安全、稳定、经济、高效运行新模式,为适应新型电力供需结构发展提供了新的解决思路,为承接全球能源互联网战略落地江苏、落实“两个替代”战略、提升电网品质提供全面支撑。

参考文献:

- [1] 孙秋野,王冰玉,黄博南,等. 狭义能源互联网优化框架及实现[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(18): 4571-4580.
- [2] 颜庆国,薛溟枫,范洁,等. 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): 48-54.
- [3] 丁伟,袁家海,胡兆光. 基于用户价格响应和满意度的峰谷分时电价决策模型[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(20): 10-14.
- [4] 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.
- [5] 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(12): 1-6.
- [6] 杜红卫,鲁文,赵浚婧. 城市配电网源网荷互动优化调度技术研究及应用[J]. 供配电, 2016(1): 45-50.
- [7] GALUS M D, WARAICH R A, NOEMBRINI F, et al. Integrating Power Systems, Transport Systems and Vehicle Technology for Electric Mobility Impact Assessment and Efficient Control [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012, 3(2): 934-949.
- [8] 徐智威,胡泽春,宋永华,等. 基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电策略[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(22): 3638-3646.
- [9] 张永旺,赵伟,肖勇,等. 基于分层架构的大规模电动汽车有序充电仿真平台[J]. 电网技术, 2014, 39(1): 55-62.
- [10] ANTONIO G, SINMONE P, ANTONIO V, et al. Bidding Wind Energy Exploring Wind Speed Forecasts [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2016, 31(4): 2647-2656.
- [11] 薛禹胜,雷兴,薛峰,等. 关于风电不确定性对电力系统影响的评述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(29): 5029-5040.
- [12] 黄伟,刘健,魏昊焜,等. 分布式光伏电源极端可接入容量极限研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3): 22-28.
- [13] IKEGAMI T, OQIMOTO K, KUDO K, et al. Balancing Power Supply-demand by Controlled Charging of Numerous Electric Vehicles [C]. 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference. Greenville, USA: IEEE Computational Intelligence Society, 2012: 1-8.
- [14] 颜庆国,薛溟枫,陈楚. 有序用电价值评价体系下的用户避峰价值模型[J]. 电气应用, 2014, 33(23): 125-129.

作者简介:

- 李作锋(1964),男,山东淄博人,高级经济师,从事电力营销管理及负荷响应研究工作;
黄奇峰(1968),男,江苏东台人,研究级高级工程师,从事电力计量及营销管理工作;
杨世海(1976),男,安徽淮北人,高级工程师,从事电力系统运行分析及计量管理工作;
陆子刚(1984),男,江苏常州人,工程师,从事电力系统运行和控制工作。

- [3] 柳赛男,柯映林.一种解决有AGV小车约束的车间智能调度问题的算法[J].中国机械工程,2007,18(15):1810-1813.
- [4] 雷定猷,张兰.AGV系统的调度优化模型[J].科学技术与工程,2008,8(1):66-69.
- [5] 金芳,方凯,王京林.基于排队论的AGV调度研究[J].仪器仪表学报,2004,25(4):844-846.
- [6] 朱琳,范秀敏,何其昌.柔性生产系统配料区多自动导航小车调度优化[J].计算机集成制造系统,2012(6):1168-1175.
- [7] KUSIAK A, CYRUS J P. Routing and Scheduling of Automated Guided Vehicles [J]. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 1995, 9(4):35-42.
- [8] 黄奇峰,蔡奇新,郑飞.超大规模智能电能表自动化检测研究与仿真[J].电测与仪表,2013,50(5):91-94.
- [9] 刘建,黄奇峰,王忠东,等.基于Plant Simulation的AGV输送系统仿真分析及其应用[J].现代制造工程,2013(11):13-15, 19.
- [10] 邵雪松,蔡奇新,黄奇峰,等.电能表自动化检定机器人可靠挂卸表方案设计与实现[J].电测与仪表,2014,51(16A):151-155.
- [11] 黄奇峰,王忠东,蔡奇新,等.电能表自动化检定压接过程动力学仿真分析[J].科技咨询,2013(33):109-110.
- [12] 许海清,黄敏.浅谈电力大数据对信息运行的影响[J].江苏电机工程,2015,34(2):62-65.

作者简介:

- 邵雪松(1987),男,安徽淮南人,博士,从事自动控制和电能表自动化检定技术研究工作;
- 高雨翔(1989),男,江苏南京人,工程师,从事电测量技术和自动控制技术研究工作;
- 宋瑞鹏(1988),男,河南新乡人,工程师,从事电力计量检定技术研究工作;
- 冯泽龙(1981),男,江苏南京人,工程师,从事电力计量和自动控制技术研究工作;
- 帅率(1984),男,江苏南京人,助理工程师,从事电力信息化系统设计研究工作;
- 马吉科(1980),男,甘肃兰州人,从事电力计量检定控制研究工作。

Multi-target Compounded AGV Scheduling System Modeling and Application in Electric Power Metering Calibration

SHAO Xuesong¹, GAO Yuxiang¹, SONG Ruipeng¹, FENG Zelong¹, SHUAI Shuai², MA Jike²

(1. State Grid Key Laboratory of Electric Energy Metering, State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 210019, China; 2. Jiangsu Fangtian Electric Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: This submission proposes a multi-target compounded AGV (Automated Guided Vehicle) scheduling system model based on the driving distance, the task waiting time and the task priority. The model's performance indicator can be optimized automatically through adjusting the weight coefficients of different factors. In order to ensure the maximum efficiency of AGV task execution, the shortest path search strategy is designed according to the A* algorithm. The AGV scheduling model is tested in the electric power metering digital workshop. The results show that the proposed method has good adaptability and replicability.

Key words: AGV; scheduling system; path planning; multi-target compounded; electric power metering calibration

(上接第5页)

Research on a Pluralistic and Friendly Interaction System Adapted for New Power Supply and Demand

LI Zuofeng¹, HUANG Qifeng², YANG Shihai², LU Zigang²

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China; 2. State Grid Key Laboratory of Electric Energy Metering, State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 210019, China)

Abstract: Considering a new power supply-demand relationship for the future power grid, the power supply-demand structure of Jiangsu electric power grid was analyzed, which involved the high penetration of large-scale clean energy integration, the rapid growth of electric vehicles and mass flexible loads of micro-grid. For analyzing friendly interaction among the power supplies, power grid and loads, a comprehensive benefit assessment model was worked up. Based on the overall benefits of all participants using the benefit assessment model built before, it proposed a pluralistic and friendly interaction system adapted for new power supply and demand. The function architecture includes state awareness, data processing, state visibility and collaborative optimization. Finally, the work of study and practice of the pluralistic and friendly interaction system in Jiangsu power grid was introduced in the fields of implementation mode, interaction strategy and the system's application. This work plays an important role in the enhancement of the interaction between power grid and users, the flexible interactive capability of accommodating the electric power generated by renewable energy and the charging load, and reaches an interactive win-win situation for all parties under the application of energy supply-demand linkage.

Key words: new power supply and demand; mass micro-load; friendly interaction; benefit assessment; collaborative optimization