

综合能源服务生态平台构建方法及架构

汪 振,何 斌,杨 彪,冯 发,孙 皓,王 标

(南方电网综合能源有限公司,广州 510075)

Research on building synthesis energy ecological platform for large-scale network collaboration and data intelligent application

WANG Zhen, HE Bin, YANG Biao, FENG Fa, SUN Hao, WANG Biao

(China Southern Power Grid Synthesis Energy Co., Ltd., Guangzhou 510075, China)

摘要:在新时代电力体制改革背景下,南方电网提出向智能电网运营商、能源产业价值链整合商、能源生态系统服务商转型,并构建开放合作、互利共生的能源生态系统。研究了能源大生态下的综合能源服务生态发展趋势;提出建设综合能源生态平台的方法和架构;综合分析生态平台形成的政策环境及平台所需的基础设施;从产品思维和服务思维向平台思维、平台型企业组织形态的变化。

关键词:能源生态;综合能源;平台型企业;共生型组织

Abstract: Under the background of power system reform in the new era, China Southern Power Grid proposes to transform into smart grid operators, energy industry value chain integrator and energy ecosystem service providers, and build an open, cooperative and mutually beneficial energy ecosystem. The ecological development trend of integrated energy services under the energy ecology is focused on, and the methodology and architecture of how to build an integrated energy ecological platform is put forward. The policy environment for the formation of the ecological platform and the infrastructure needed for the platform are comprehensively analysed. Product thinking and service thinking are changed to platform thinking and platform-based enterprises.

Key words: energy ecology; integrated energy; platform enterprises; symbiotic organizations

中图分类号:TK019;TM715 文献标志码:B

0 引言

能源企业从生产型向综合服务型转变已经成为全球性趋势。国家电网提出打造枢纽型企业、平台型企业、共享型企业,构建坚强智能电网和泛在电力物联网;南方电网向智能电网运营商、能源产业价值链整合商、能源生态系统服务商转型,并建设开放合作、互利共生的能源生态系统。新一轮电力体制改革为综合能源服务的发展创造了良好的政策环境,以“云-大-物-移-智”为代表的先进科技加速推动能源产业变革,最终满足全社会日趋多样化的能源服务需求。综合考虑政策环境、市场需求、技术支撑等因素,未来竞争将不仅是单个产品与服务的竞争,而是平台与平台之间的竞争,因此构建综合能源服务生态平台将是大势所趋,我国综合能源服务发展前景将更为广阔。

1 综合能源服务的生态环境

1.1 良好的政策环境

我国能源发展已进入从总量扩张向提质增效转变的全新阶段。在“十三五”能源变革新时代的背景下,发展现代服务型能源经济是建设现代能源经济体系、推动能源高质量发展的主要方向。目前我国在能源战略、规划、财政、价格、税收、投融资、标准等诸多领域,已经出台并实施了一系列支持综合能源服务发展的相关政策。国家发布《能源生产和消费革命战略(2016—2030)》引领现代能源经济体系建设,指导能源绿色转型和高质量发展,也为综合能源服务的总体发展指明了方向。随着我国能源体制机制改革加快推进中“四个革命、一个合作”的深入开展,可以预期未来综合能源服务发展的政策环境将进一步趋好。

1.2 广阔的市场前景

“十三五”期间,我国先后出台了能源、电力、油气、可再生能源发展、北方地区清洁供暖等阶段性专项规划,以及节能减排、电能替代、互联网+智慧能源、储能技术和产业发展等专门的工作方案、指导意见

收稿日期:2019-04-28;修回日期:2019-06-27

基金项目:南方电网公司科技项目(KJCG-2018-0207)

This work is supported by Science and Technology Project of Southern Grid (No. KJCG-2018-0207)

见等,这些规划类、指导类政策文件,提出了能源消费总量和强度双控、电气冷热等能源输配网络基础设施建设、热电冷三联供等各类分布式能源发展、电能替代、智慧能源发展、储能发展等方面的阶段性目标、重点领域和工作任务以及综合保障措施,不仅为综合能源服务指明了具体发展方向和重点发展领域,同时为综合能源服务创造了巨大的市场需求。

从当下能源服务的实际业务看,无论是国网、南网,还是新奥、华润,其能源服务业务的出发点,更多的是传统的合同能源管理、分布式能源(或者热电联产)、储能、分布式光伏等项目投资,以及部分的电力服务(如:配电运维服务)、少数试验性微电网(多能互补+调度控制)。如果将这类单一能源服务视作一个“点”,面向某一领域的能源服务则串联成一条“线”,整个能源服务板块算是一个“面”。从战略的角度看,上述这些业务只是简单叠加到综合能源服务,未能发挥“点-线-面”规模效应。

要发挥综合能源服务整合优势,必须整合不同的能源服务,降低成本,创造更多的利润增长点,形成规模效应,建立一个包含了多个“面”的综合能源服务“体”。以电力销售、天然气销售、节能服务、集中供热、分布式光伏五个业务市场为例,目前国内至少涵盖了总额约4.58万亿~4.93万亿元的市场,预计2020年国内市场潜力至少可增长至6.47万亿~7.34万亿元规模。综合能源服务市场潜力巨大,背后是万亿级别的能源市场,是有资格成为一个与电商零售经济体相提并论、并衍生出足够庞大的生态经济体。

1.3 综合能源生态的短板

目前综合能源业务已有众多利好政策和市场需求,但要构建生态经济体,必须克服目前存在问题。

1.3.1 传统业务模式无法应对市场差异性

综合能源服务是一个非常碎片化的市场。以节能业务为例,实际上包含了建筑、暖通、照明、围护结构、管理节能等多个细分专业领域,以及各种工业节能领域的细化市场。当企业踏入这“万亿级”综合能源服务市场,将发现每一个细分领域各有其逻辑和生态,各有其竞争对手和技术要素,而每个细分市场都无法用组织化、集团化的创新业务去打动,即使在行业内做了统一规划,在面对市场变化时,也难以细分落实。

1.3.2 交织不够,网络稀疏

以面向工业领域的节能服务为例,目前大多数项目侧重的是投资,背后的逻辑是面向节能资产的全生命周期管理,贯穿了规划、设计、投资、建设、运营等各个点,而且和其他线条(如:配电资产管理、能效服务)等形成更为紧密的“点”与“点”的耦合,造就密集的网络效应。但是,目前各家综合能源服务公司更多的还是关注投资,这是长期以来“重投

资、轻服务”的经营惯性所致。

1.3.3 业务封闭,缺乏连接

回顾大型电商零售经济体的发展历史,它们大多以一条零售线催生多“点”发育,延伸出多条业务“线”,并逐步蔓延形成“面”,向“体”的方向发展。其主要成功之处在于:开放与互动,帮助“点”与“线”的连接,扩大网络广度,加强网络密度。以电商战略视角审视现有综合能源服务,其困境就在于目前各家综合能源服务企业还是抱着“以我为主”的态度,缺乏一个统一的平台与用户需求的连接与互动。然而,真正的经济体一定是开放的、互动的、活跃的。

2 构建综合能源服务生态平台

综合能源服务的能源产业价值链符合“微笑曲线”(见图1)的价值分布,高价值点在于曲线两端,前端是以能源技术为核心的研发能力,后端是面向用户的综合解决方案。构建一个连接用户与产品服务、整合各类服务商与产品供应商的综合能源平台就是形成能源生态的基础。

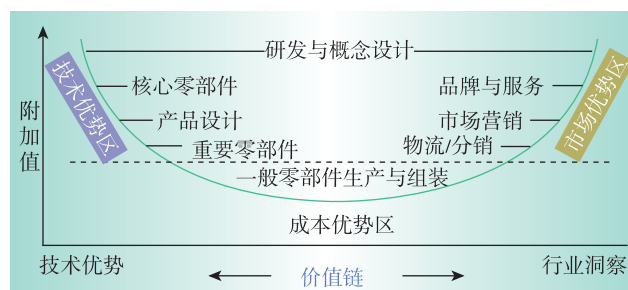


图1 综合能源产业的微笑曲线

Fig. 1 Smile curve of the integrated energy industry

2.1 生态平台业务架构

参照现有成熟型互联网平台企业“前-中-后台”整体业务架构:前台一般是用户触点,即用户直接使用或交互的系统,如:各类App,需要快速响应用户需求;后台一般是公司核心资源的管理系统,如:ERP系统,主要解决企业管理效率问题,但往往不能迅速支撑前台响应需求。为解决现有“前台+后台”平台化企业架构失衡的问题,互联网平台企业在靠近用户端设立中台,一方面服务前台创新需求,另一方面归整技术、管理资源,提取关键数据,减轻后台管理负担。

引申到能源层面,创新的综合能源平台需要在线连接能源生产与消费各环节的人、机、物,成为能源流、业务流以及资金流的承载者。平台不仅需要为生态提供各类基础设施和环境,以赋能方式让参与者在平台上交互创新,用极低的“引燃点”和极高的效率驱动生态发展,还需要搭建创新的数据中台,建立协同机制以及相适配的业务环境。其中,

中台底层设施需要结合云计算、大数据、物联网、移动互联网的先进技术,建立可共享的各种资源和协作设施的基础平台,本研究认为基础设施至少需要三大基础支撑中台:SaaS业务服务平台、支付与信用平台、能源物联网平台。见图2。

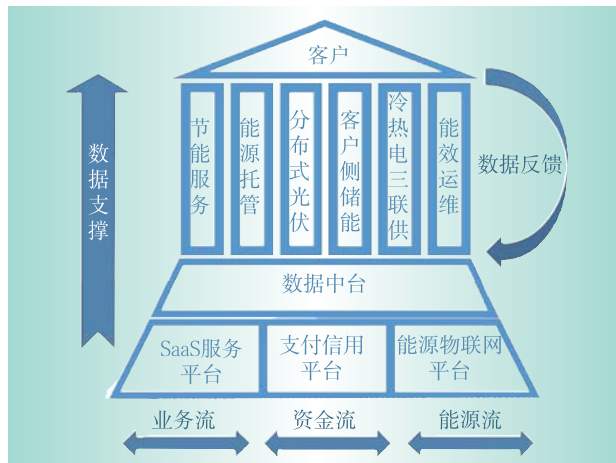


图2 综合能源生态平台框架设计图

Fig. 2 Design of integrated energy ecology platform framework

以上三大基础设施可将业务流、资金流、能源流在线化可视化。搭建SaaS平台作为支撑,将业务流程、实施过程管控、运营维护管理、大数据分析和决策评价等业务进行在线化、数据化、智能化。开放电网支付体系接口,为平台各方提供在线支付、开具电子发票等服务,并根据用户的支付行为,为用户画像,融合客户用能信息,逐步构建客户信用体系。有了信用体系,平台就可以延伸出多种金融行为。随着物联网技术发展,能源在线计量、设备与环境在线监控变得成本更低、连接更可靠、获得数据的维度更多,通过这些大数据的分析,可以发展出智能优化系统、智能决策系统等。基础设施不仅为平台所用,还应具备开放接口,与其他第三方系统进行业务数据交换,日益丰富完善综合能源生态。

数据中台将各综合能源业务和数据汇总整理,把客户与业务产生的数据全部重新定义、计算、储存,以标准化方式存放在中台数据中心。将来任何前台业务需要调用数据,都会形成统一的数据库,而且在使用数据过程中所有变化都会被中台跟踪,将来所取得的任何具有附加值的信息都能在中台上共享。这种集成、开放的平台将催生各种创新的数据服务商,通过数据分析,挖掘数据价值,为用户提供数据增值服务。

除搭建框架基础设施外,综合能源生态平台最重要2个驱动力就是网络协同与数据智能。二者机制不同却相辅相成,网络协同推动数据智能发展的同时,数据智能也成为网络协同扩张不可或缺的决策支撑,共同构成了生态平台的双螺旋。如图3。

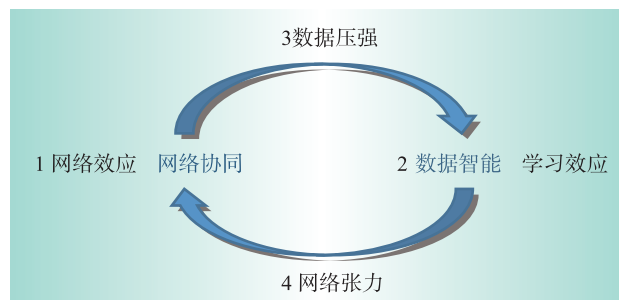


图3 网络协同和数据智能的“双螺旋”驱动

Fig. 3 “Double helix” driver for network collaboration and data intelligence

2.2 生态平台驱动之一:网络协同

综合能源生态平台是一个复杂的综合能源产业协同网络,通过大规模、多角色、实时的交流互动与协同,为客户特定场景的提供定制化解决方案,创造生态平台的新价值。“开放边界”与“直连互动”是协同网络的关键。生态平台一方面为能源服务商开放连接端口,调动各类产品与服务数据,“开放边界”作用使服务商在线化、跨区域协同成为可能;另一方面,平台利用在线信息同步、共享的网络机制,让客户的需求信息在服务商之间适时、多方、多角度的互动沟通,让客户便捷迅速选择到合适能源产品与服务,交易双方产生“直连互动”的作用。

网络协同效应是当今成功互联网企业的最大价值源泉。第一,平台的网络信息分享从传统的串联走向并联,网络协助平台同时处理海量能源供求信息,实现海量服务商与客户的实时互动;第二,网络协同使综合能源服务从相对封闭的体系走向开放,使综合能源产品与服务做到实时动态的全局优化,使客户实现个性化、低成本、快速度等全新的价值体验;第三,随着综合能源产业规模扩张与价值链延伸,单一企业管控模式将无法适应生态的高效率信息处理,平台衍生各类第三方服务商做增值业务,社会化的协同模式将产生更大价值。

2.3 生态平台驱动之二:数据智能

未来的能源服务将迎来全面智能化,数据智能将是综合能源服务的另一驱动引擎,将现有综合能源服务产业数据化、算法化、产品化。

2.3.1 数据化

数据化是指人和物连接互联网之后产生的一系列行为作为数据记录,是广泛联接的结果。目前,综合能源服务领域存在巨大的数据空白,这种空白导致了现有的产业生态无法顺利发育。虽然市场上没有先例可循,但其核心还是在于如何寻找数据化的“原动力”,从客户资源庞大的数据流中提取价值,形成“数据-商业价值”的初始互动,推动价值不断扩大,并且融合到网络协同的生态。通过资源共享共用,促进数据化发育,推动能源生态价值

共创,不仅需要创新的物联网技术和数字化的用能设备,也需要依靠交易端的决策驱动,更需要当下的数据价值变现机制挖掘。

2.3.2 算法化

掌握数据不等于掌握价值,如何运用数据创造价值才是关键。算法化是指用人工智能的方法,挖掘数据价值,替代人进行决策与行动。算法化可以为综合能源产业赋能,让数据智能提升决策的效率,通过对大规模数据的分析,代替现有人工投资决策、用能匹配决策、操作运维决策等,将综合能源产业大数据转化成价值。

以智能运维决策为例,人工智能算法实时分析设备运行数据、状态数据和其他关联数据,自动形成运维策略,生成任务单,根据系统中服务商的排名、综合得分情况,自动决策分派任务单给具体服务商和服务团队,根据运维数据反馈和客户评价反馈,给出服务质量评分,并自动生成结算单,形成一个智能决策的闭环系统。

2.3.3 产品化

综合能源服务产品的特点服务化、定制化,如何把这种服务以标准化、产品化方式呈现给客户是数据智能的核心。以节能技术为例,目前市场上节能服务公司上万家,节能技术上千种,如何将这些技术与服务转化为数据化产品将是生态平台考虑的重点,平台不但要主动了解客户用能需求,还要快速迭代服务产品,提升客户用能体验。

综上所述,数据智能帮助综合能源产业快速迭代,数据化、算法化、产品化使得能源服务的反馈闭环成本更低、效率更高,成为自动运转的颠覆性工具。

3 以平台化思维重构企业

3.1 平台思维

掌握好平台思维是构建平台型企业的基础。平台思维要求企业不仅以产品和服务作为第一,而是平台优先策略,要超越企业边界思考整个综合能源生态的构建和发展。打造平台和生态系统,需要更系统性、更完整地理解客户能源需求、强化客户黏性的行为,其本质目的是提高综合能源服务的范围、深度、品质和水平。未来综合能源行业的生态将是数字化的生态,是融入互联网大数据、人工智能的综合能源产业,平台的能源数据会重组产业架构,产业经济转化成生态经济。

3.2 构建平台型企业

南方电网提出,南方电网的竞争策略,要由产品、服务战略,上升为平台战略、生态构建,在平台上构筑生态。参照现有成熟型互联网平台企业,综合能源服务的平台型企业分3个维度(精准服务、网

络协同、数据智能)实施构建。

3.2.1 以“精准服务”为目标建立供需双方交流的平台(单一维度平台)

综合能源服务的平台化的商业模式,连接了“供给侧”与“需求侧”,并同时满足这两侧的价值需求。对服务供应方,其价值主张是提供开放共享的能源接入,以及相应的供需对接服务;对服务的需求方,主要是精准满足客户用能需求,并且实现服务交付。

目前单一维度的平台模式已在各类能源服务电商、电动汽车服务平台上建成,但是最大的问题在于平台的厚度不够,模式相对单一,尤其是部分轻量化运营的平台,线下能力较弱,对客户的粘性不够,容易带来同质化竞争。如:电动汽车服务平台,车主需求是便捷快速的充电服务,并不在乎服务平台的品牌。

3.2.2 以“网络协同”为目标建立能源服务供给侧的协作平台(二维度平台)

平台针对客户个性化的用能需求,在供给侧构建各类服务协作,产生网络协同效应。协作分为3种类型。

一是专业协作,即“点-线”的协作,将原来一个“点”的服务,组建2个点以上的服务“线”。如:客户有用电量需求,“点”服务只提供电能表安装,而“线”服务则提供电能表安装、采集平台、能耗数据管理等,激发多个专业的供给侧协作。

二是平面协作,即“点-线-面”协作,构建服务平面(或领域)。如:将“用能设备管理线”和“生产系统线”、“能源交易线”相互协作,基于设备运行计划和负荷预测的仿真建模,通过需求管理的方式响应电力市场价格信号。如图4。

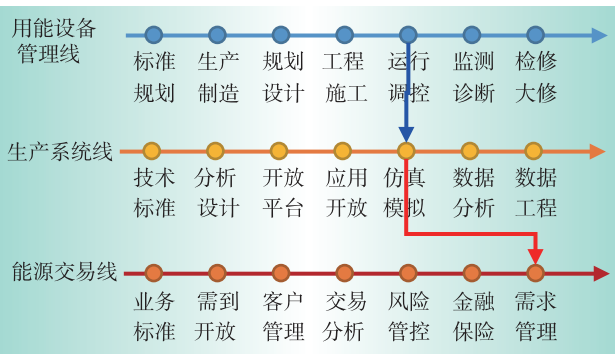


图4 平面协作图

Fig. 4 Plane collaboration diagram

三是生态协作,即“点-线-面-体”协作,多个服务平面构建综合能源生态体系。在冷、热、电、水、煤、气、生物质等多个服务的平面协作上,不同的面之间的“点-线”也相互交织协作,构建了一个非常复杂的三维生态协作体。如:发电企业可将“电力系统线-热力系统线”之间协作,响应燃料交易价格信号。如图5。

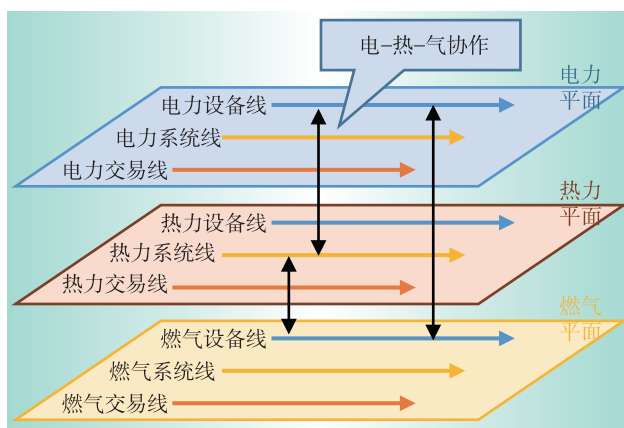


图5 生态协作图

Fig. 5 Ecological collaboration diagram

3.2.3 以“数据智能”为目标建立精准专业协作的平台(三维度平台)

平台引入物联网技术发展,带来更多的能源、设备数据,从物的数据中更多挖掘出客户个性化服务需求。如:当客户存在较大的谐波源(通过监测数据获得),导致设备绝缘提前老化(通过试验数据或者在线监测获得),有必要进一步治理。这些潜在问题如果没有相应的数据支持,可能对用户来说是无法发现的,更无法量化评估损失与收益模型。

数据智能与生态协同结合,带来真正网络化的智能协作方式和自动化的运行方式。二维平台协作方式更多的是依赖于人与人之间的相互交互,未来需要专业的需求侧管理服务方介入,双方通过电商交易平台去实现需求对接,而“数据智能”将替代现有的用能(能源费用)优化的服务团队,原有服务公司将转变成专业的能源数据优化服务公司,平台将成为基于“数据智能”的精益化服务协作网。如图6。

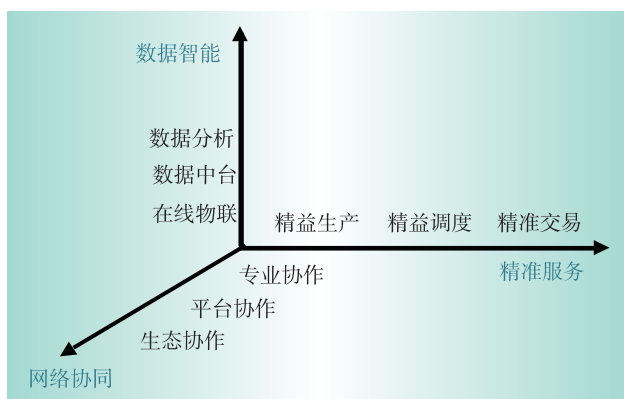


图6 构建平台企业的3个维度

Fig. 6 3 dimensions of platform enterprise structure

构建平台的3个维度是相辅相成,相互促进的递进关系,任何一个维度上的发展,都会带来另外2个维度的变化。比如:“数据智能”的维度延伸、需求侧管理深入,必然带来“精准服务”的水平提升和“网络协同”深度增加。而更多的专业协作,又会催生出更丰富的服务产品,去对应客户更个性化的服

务需求,最终打造成客户粘性极高的平台型企业。

4 构建共生型组织

综合能源平台型企业需要“共生型组织”来与之相适应。共生型组织在组织内部减少了管理层级,破除了传统组织中自上而下的垂直结构,简化了繁琐的管理层级,将权力下放至业务前端,又有强大的中台为之服务,让组织内部的灵活性和流动性变得更加容易,让组织成员感受到更多的自主与发展空间,让内部KPI考核外部化。

在组织外部,共生型组织展示出更大的连接与互动,让基于顾客价值创造的组合更高效、更快地响应需求变化。这样建立起的组织灵活而敏捷,富有柔性和创造性,能够根据环境的变化迅速做出调整。此外,共生型组织具有极强的可塑性,善于接受变化,并于适应变化做出调整。

综合能源共生型组织以客户的价值主张为基础。从价值主张的核心出发,客户的用能需求是共生型组织的核心,向客户提供的产品和服务是整个平台最大的KPI。

5 结束语

新一代的综合能源服务平台企业,将利用创新模式和技术更加贴近消费者,深刻理解客户需求,利用大规模网络协同和数据智能,快速迭代产品与服务,构建崭新的能源生态系统。

电力企业在转型综合能源服务商的过程中,面对的是“万亿级”综合能源市场规模以及千万家中小企业客户挑战,原有的围绕重资产的封闭产业体系必然不能适应新发展形势的要求。电网企业必须从原有产品思维、服务思维向平台思维转变,将现有的“点-线-面”业务重新整合成“体”,并构建综合能源服务的生态平台,打造共生型组织形态,成为综合能源生态的服务商与能源产业价值链的整合商。D

参考文献:

- [1] 曹重. 南方电网开展综合能源服务的实践及成效[J]. 电力需求侧管理, 2016, 18(3): 1-4.
CAO Zhong. The practice and results of the Southern Power Grid to carry out comprehensive energy service [J]. Power Demand Side Management, 2016, 18(3): 1-4.
- [2] 陈春花. “共生”才有未来 共生型组织构建全攻略[J]. 中外管理杂志, 2018(11): 98-101.
CHEN Chunhua. “Symbiosis” is the future, overall strategy for the construction of symbiotic organizations [J]. Chinese and Foreign Management Journals, 2018(11): 98-101.

- [3] 何平,刘聪,迟福建,等. 电网企业向综合能源服务供应商转型的理论基础与实践路径[J]. 供用电, 2018, 35(10):58-63,84.
HE Ping, LIU Cong, CHI Fujian, et al. The theoretical basis and practical path of power grid enterprises' transition into integrated energy service providers[J]. Distribution & Utilization, 2018, 35(10):58-63, 84.
- [4] 刘云厚. 高标准建设泛在电力物联网 构建智慧培训生态圈[N]. 国家电网报, 2019-03-28(3).
LIU Yunhou. Construction of intelligent training ecosystem with high standard ubiquitous in power Internet of things[N]. State Grid News. 2019-03-28(3).
- [5] 王秀强. 国家电网为什么高调做综合能源服务商?[J]. 能源, 2017(11):55.
WANG Xiuqiang. Why state grid should be a high-profile integrated energy service provider? [J]. Energy Journal, 2017(11):55.
- [6] 胡万程,王志明. 迈步向前 整合能源产业价值链[J]. 中国电业, 2018(12):18-19.
HU Wancheng, WANG Zhiming. Stepping forward to integrate energy industry value chain[J]. China Electric Power, 2018(12):18-19.
- [7] 葛雅洁. 平台型企业间的竞争战略——以阿里巴巴为例[J]. 价值工程, 2019(8):44-46.
GE Yajie. The Competitive strategy among platform enterprises: take alibaba for example [J]. Value Engineering, 2019(8):44-46.
- [8] 曾鸣. 构建综合能源系统[N]. 人民日报, 2018-04-09(7).
ZENG Ming. Constructing integrated energy system [N]. The People's Daily, 2018-04-09(7).
- [9] 王成山. 以泛在电力物联网建设推动能源生产和消费革命[N]. 国家电网报, 2019-03-22(1).
WANG Chengshan. Promoting energy production and consumption revolution through the construction of ubiquitous power Internet of things [N]. State Grid News 2019-03-22(1).
- [10] 汤芳. 以综合能源服务为着力点加快推动能源消费转型升级[N]. 中国经济时报, 2019-02-22(5).
TANG Fang. Speeding up the transformation and upgrading of energy consumption with integrated energy services as the focus [N]. China Economic Times, 2019-02-22(5).
- [11] 周伏秋. 综合能源服务发展前景与趋势[J]. 中国能源, 2019, 41(1):4-7, 14.
ZHOU Fuqiu. Prospects and trends of integrated energy services [J]. Energy Of China, 2019, 41(1):4-7, 14.
- 作者简介:**
汪振(1983),男,安徽黄山人,硕士研究生,主要从事综合能源服务市场和技术研究;
何斌(1979),男,广东广州人,本科,主要从事综合能源服务市场研究;
杨彪(1981),男,四川南充人,本科,主要从事综合能源服务市场开拓;
冯发(1977),男,海南澄迈人,本科,主要从事综合能源服务市场研究;
孙皓(1985),男,甘肃平凉人,硕士研究生,主要从事综合能源服务市场开拓;
王标(1981),男,广东罗定人,本科,主要从事综合能源服务市场开拓。
- (责任编辑 徐文红)

(上接第71页)

- [9] 张昕,张勇,钱伟杰,等. 基于简化零空间内点法 VSC-HVDC 离散化最优潮流的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017(18):15-23.
ZHANG Xin, ZHANG Yong, QIAN Weijie, et al. Research on the optimal power flow of VSC-HVDC based on the simplified null space interior point method [J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(18):15-23.
- [10] HE Y, YAN M, SHAHIDEHPOUR M, et al. Decentralized optimization of multi-area electricity-natural gas flows based on cone reformulation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2018, 33(4):4 531-4 542.
- [11] 余娟,杨燕,杨知方,等. 基于深度学习的概率能量流快速计算方法[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(1):22-30.
YU Juan, YANG Yan, YANG Zhifang, et al. Fast probabilistic energy flow analysis based on deep learning [J]. Proceeding of the CSEE, 2019, 39(1):22-30.
- [12] GLOROT X, BORDES A, BENGIO Y. Deep sparse rectifier neural networks [C]//Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, Fort Lauderdale, USA, IEEE, 2011: 315-323.
- [13] 韩佶,苗世洪,李超,等. 计及相关性的电-气-热综合能源系统概率最优能量流[J]. 电工技术学报, 2019, 34(5):1 055-1 067.
HAN Ji, MIAO Shihong, LI Chao, et al. Probabilistic optimal energy flow of electricity-gas-heat integrated energy system considering correlation [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2019, 34(5):1 055-1 067.
- [14] 郑一鸣,何文林,孙翔,等. 基于油色谱超立方映射的电力变压器缺陷援例诊断模型[J]. 电力工程技术, 2017, 36(4):48-53.
ZHENG Yiming, HE Wenlin, SUN Xiang, et al. Case based power transformer defects diagnose model using hypercube mapping of oil chromatography [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(4):48-53.
- [15] 赖联有,许伟坚. 基于零相位误差滤波的局部放电故障识别[J]. 电力工程技术, 2018, 37(3):73-77.
LAI Lianyou, XU Weijian. Recognition of partial discharge faults using zero phase error filtering [J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(3):73-77.
- 作者简介:**
董波(1980),男,江苏连云港人,本科,工程师,研究方向为业扩报装技术、综合能源服务;
崔景侠(1983),男,江苏徐州人,本科,工程师,研究方向为电能替代、综合能源服务;
徐纬河(1991),男,江苏连云港人,硕士研究生,助理工程师,研究方向为电机高效控制、综合能源服务。
- (责任编辑 邵海雯)