

构建透明电网,助力能源革命

核心阅读

“透明电网”比“电力物联网”等概念的含义更加广泛和深刻,既涵盖相关关键技术,也包括体制机制的内容,今后将进一步发展为“透明电力系统”“透明能源系统”,其终极目标是形成零边际成本的能源互联网,届时电力(能源)的存储和使用方式将更加方便,也更高效率。

■陈皓勇

当前,能源互联网已经成为我国能源电力领域热点。同时,电力(能源)系统数字化已成全球趋势。智能电网、能源互联网技术的快速发展,以及电力市场改革、新能源革命引发的电力系统信息大爆炸,导致海量的电力设备、电器以及用户需要数据连接和先进信息通信技术(以下简称“ICT”)的支撑。目前在电力(能源)系统信息通信理论与技术方面比较热门的研究有:信息物理系统、物联网、无线传感器网络等。在此背景下,中国工程院院士李立涅首次提出“透明电网”的概念:即把现代信息通信技术与电网相结合,在电网上安装小微智能传感器,让电力系统的各个环节展示出来,包括电源信息透明、网络信息透明、市场信息透明、设备状态透明、运行状态透明、交易状态透明等等,最终实现自由数据采集、自由数据存储、自由数据获取、自由智能分析。它可以让社会各方广泛参与电力生产、传输、消费等各环节,协同促进能源电力的清洁低碳、安全高效发展。

透明电网概念的提出主要受到两件事的启发:第一件是以色列农业运用了大量信息技术、计算机技术、数据通信技术、传感器技术、自动控制技术、自动控制理论、运筹学、人工智能等,极大提高了农业生产效率。第二件是交通系统的路况可以清晰、透明地展现在网络上,行车路线可以规划,也可随时调整。这些也可以应用于电网。但是,“透明电网”比“电力物联网”等概念的涵义更加广泛和深刻,既涵盖相关关键技术也包括体制机制的内容,今后将进一步发展为“透明电力系统”“透明能源系统”,其终极目标是形成零边际成本的能源互联网,届时电力(能源)的存储和使用方式将更加方便,也更高效率。因此,透明电网理念的提出和相关技术的发掘将实现电力(能源)系统的“状态全面感知、信息深度透明、运行高度智能”,促使电力科学的研究范式从基于模型的分析/仿真科学到数据驱动的计算科学转变,将影响到未来电力系统生态乃至能源行业生态,并对世界能源发展产生重要影响。

实现能源互联网的关键是在现有可再生能源发电与智能电网技术的基础上,进一步加强物理层、信息层与价值层的互联。相应地,透明电网也是以现代信息通信技术(如小微智能传感器)为支撑,实现电网物理层和价值层的透明化。

有助于实现能源互联网物理层透明化

以泛在的小微智能传感器为基础,配合电力系统传统的测量终端,构建泛在传感网络,随时随地反映电网内外状态的即时变化,实现对电流、电压等电量状态,以及重力、压力、光照、温度、声音、图像等非电量状态的全面数据获取和及时高效传递。目前可以预见的目标有:第一,电网运行参数(包括电网运行工况、电源情况、负荷情况等)透明化,为政府规划提供决策依据、为电网生产运行和电能供需方市场交易提供所需的电网运行状况信息;第二,将电力设备基础信息透明化,如将设备健康状态(包括设备变位视频图像、数据记录,以及操作电源信号等)提供给设备厂家作为检修评估和给科研机构作为研究发展之用;第三,将电网公共事业信息透明化,如将公共资源信息(包括变电站视频监控、架空线路雷电预警、充电桩占用情况等)提供给公安消防、气象台、广大电动汽车用户共享以完善安全监控范围、辅助天气预报、支持有序高效充电等。

设备层透明化致力于将融合传统电气设备单元与信息通信技术,将单一、离散的设备状态、控制信号整合提升为综合性强、连续性好、透视度高、内涵齐全、应用场景众多、数字化程度高的信息流。信息流可供多元用户多维多层次使用,对于将电网功能从单一供电转化为多元能源枢纽有着重要意义:第一,通过整合电网控制信号与信息流,有效结合源荷状态、线路实际可载流量等网络受限因素,推演受限断面和事故预想情况,制定调度控制策略,实现电网智能化运行控制,降低网络损耗,提高发电机组的利用水平,促进清洁能源优先消纳。第二,通过加装小微智能传感器设备,提高单一设备的控制与

反馈能力,赋予设备本身强交互、智能化、自适应的特性,进而实现设备集群化/分散化以及模块化/个体化的多样化控制保护策略。对于实现区域电网自适应调节、提高区域电网故障后自愈能力、配电网源荷互融、小微分布式能源自由并网、多种能源形式协同优化等有极大促进作用。第三,强化电网对公共资源的优化配置能力。将空置充电桩、储能等设备信息提供给用户共享,利用电力系统所掌握的公共资源信息,结合电力市场价格的引导作用,指导广大用户采用最佳用电方式,实现电网削峰填谷、用户优惠购电等多赢局面。

有助于实现能源互联网价值层透明化

在以2015年3月15日中共中央、国务院发布的《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》为标志的新一轮电力体制改革启动之前,我国没有独立的输配电价。销售目录电价体系非常复杂,不同区域、行业、电压等级的销售电价差别很大,内含了购电成本、输配电成本、输配电损耗、政府性基金及附加等,还存在交叉补贴。因此,电网成本不透明一直被人诟病。输配电价改革是新一轮电力体制改革的重要组成部分,2015年以来,国家发展改革委、国家能源局初步建立了覆盖跨省跨区输电工程、区域电网、省级电网、地方电网、增量配电网的全环节输配电价监管制度框架,确定了我国输配电定价的基本思路。透明电网的构建将有利于厘清输配电资产及成本,建立适应于电力体制改革的输配电资产全寿命周期成本管理新模式,助力输配电价的定价与监管。

当前,电力现货市场建设已成为电力体制改革的关键任务之一,电力现货价格也称为实时电价,由电能生产的短期边际成本确定,它是系统总生产成本对某一用户在某一时刻用电量偏导数。在实际电力市场中,实时电价一般由安全约束机组组合、安全约束经济调度等短期运行优化模型求出,得到所谓节点电价或分区电价。

节点电价受三个因素影响:发电边际成本、线路阻塞情况和网损,采用节点电价法不仅可得到计及输电阻塞的发电计划,而且求出的节点电价也为阻塞费用的分摊提供了依据。但是,节点电价在实际应用中存在明显不足,特别是对电网物理参数和运行条件相当敏感(特别是电网阻塞情况对电价会产生明显影响),导致发电商和用户承担过大的电价波动风险。此外,节点电价计算所需的电网参数都属于机密信息,对于市场主体来说,市场出清模型有可能因此成为一个黑箱。因此,如何加强交易的透明性(即合理的信息披露机制)就成为电力市场建设的关键任务之一,也将是透明电网的用武之地。

有助于实现能源革命目标

能源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题,对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。总书记2014年6月13日主持召开中央财经领导小组第六次会议时提出“四个革命、一个合作”的能源安全新战略,从全局和战略的高度指明了保障我国能源安全、推动我国能源事业高质量发展的方向和路径。透明电网将从以下几个方面助力能源革命目标的实现:

首先,透明电网建设可加速推动电气化与信息化深度融合,助力能源消费革命。通过信息化手段,全面提升终端能源消费智能化、高效化水平,推动智慧能源城市建设,推广智能楼宇、智能家居、智能交通、智能物流。培育基于互联网/物联网的能源消费交易市场,推进用能权、碳排放权、可再生能源配额等的网络化、智能化交易,发展能源共享经济模式。促进终端用能电气化、信息化安全运行体系建设,保障安全可靠的能源消费。发展各类新型用电方式,支持新产业、新业态、新模式发展,提高新消费用电水平。

其次,透明电网建设可推进能源生产智能化,助力能源供给革命。促进风电、太阳能发电等可再生能源的智能化生产,推

动化石能源发电的数字化、智能化改造,支持先进储能系统开发。推动电力系统的数字化、智能化建设,并有效对接油气管网、热力管网和其他能源网络,促进多种类型能源网络互联互通和梯级综合利用,建设“源—网—荷—储”协调发展、集成互补的能源互联网。推动能源生产管理和营销模式变革,重塑产业链、供应链、价值链,增强发展新动力。以透明电网为核心,构建基于大数据、云计算、物联网等技术的能源监测、管理、调度信息平台,以及服务体系和产业体系。

再次,透明电网建设能推动智慧能源基础设施建设和装备关键技术、信息通信技术进步,助力能源技术革命。建设完善的智慧能源基础设施,促进ICT设备国产化。持续完善能源大数据平台能力建设,合理规划数据资产分类,开放数据分析与共享服务。提升设备智能感知与数据汇集能力,实现电力系统的万物互联,促进人工智能与传统电力(能源)业务的深度融合。促进数据驱动背景下的电力(能源)基础理论研究,使电力(能源)科学的研究范式从基于模型的分析/仿真科学向数据驱动的计算科学转变,在大电网安全稳定运行、智能电网、大规模新能源接入、综合智慧能源、数字电网、大规模储能等关键技术方面取得突破。

最后,透明电网建设有助于加快形成企业自主经营、消费者自由选择、商品和要素自由流动的电力(能源)市场体系,助力能源体制革命。促进完善的电力、油气、煤炭以及用能权等能源交易市场建立,确立公平开放透明统一的市场规则。打破地区封锁、行业垄断,建立主要由市场决定价格的机制。促进竞争性环节价格的全面放开和公开公平竞争,建立科学合理的信息披露机制,加强对市场价格的事中事后监管,规范价格行为。透明电网助力政府定价成本监审,推进定价公开透明,完善政府在重要民生和推进网络型自然垄断环节的价格监管制度。落实和完善社会救助、保障标准与物价上涨挂钩的联动机制,保障困难群众基本用能需求。

(作者供职于华南理工大学电力经济与电力市场研究所)

“水光互补”有四大问题值得关注

■袁康龙 黄豫 刘平

国家发展改革委 国家能源局关于《风光水火储一体化》“源网荷储一体化”的指导意见(征求意见稿)提出,存量水电基地可结合送端水电出力特性、新能源特性、受端系统条件和消纳空间,研究就近打捆新能源电力的“一体化”实施方案。水光互补发电是“风光水火储一体化”的主要形式之一,目前西南地区已开展了相关项目规划或前期工作。3月,云南省提出科学有序推进300万千瓦光伏建设,有意在楚雄等光照资源条件较好的地区布局水光互补发电项目。6月底,国家能源局综合司发布《关于公布2020年光伏发电项目国家补贴竞价结果的通知》,贵州120万千瓦和广西10万千瓦水光互补光伏发电项目拟纳入2020年光伏发电国家竞价补贴范围项目名单。科学推广水光互补发电,对促进可再生能源高质量发展、提高电力系统运行效率、推动能源绿色低碳转型具有重要意义。

水光互补发电的可靠性和稳定性明显提升

水光互补发电是充分利用水电站已有送出线路通道和水电机组快速调节能力,将光伏发电和水电机组电力联合打捆送出,提高线路通道利用率,减少光伏发电波动性影响,降低系统备用。水光互补发电控制主要包括AGC和AVC控制。

其中,AGC控制是在保证水电机组和光伏发电设备安全可靠运行的前提下,综合考虑光伏发电出力预测、水库调度、水电机组运行工况和耗量特性等因素,实现有功和频率自动调节。控制原理是将光伏电站视为水电站一台不可调节的机组,通过水电机组的快速调节平滑光伏出力波动,满足光伏发电需求,同时保证总出力符合调度控制要求。此外,AGC控制设置了水电机组联

合振荡区和动作阈值,确保水电机组出力在合理范围,减少因光伏频繁波动而增加的调节次数。

AVC控制则是通过协调光伏电站动态无功补偿装置和水电机组无功调节能力,联合实现无功和电压自动控制。根据电压或无功控制指令,系统优先调用光伏电站无功补偿设备,在难以满足要求的工况下再采用水电机组参与无功调节,提高水电机组运行可靠性和稳定性。

当前发展水光互补发电需重视四个问题

尽管水光互补发电优势明显,但目前仍有多问题值得关注。

一是水光容量配比问题。水光互补发电可减少光伏直接并网对系统的影响,但也降低了水电机组调节能力和运行灵活性。因此,合理的水光容量配比是发挥水光互补发电优势和作用的关键。应基于土地资源、环境保护、流域航运及防洪要求,结合水库库容、水电机组调节性能、电力消纳空间、负荷特性、系统调峰需求及送出通道容量等条件,统筹确定光伏发电容量。此外,在五补控制系统中,水电机组联合振荡区等参数设置应与光伏发电容量相匹配,以免影响水光互补发电运行效果。

二是消纳与接入系统问题。西南地区的大中型水电站以220千伏及以上电压等级并网为主,电力一般需经超高压输电至负荷中心消纳。对于光伏电站接入系统来说,应首先分析清楚电力消纳方向,详细论证光伏电站直接与大中型水电站打捆送出的必要性。若近区具备消纳空间和送出条件,则优先考虑光伏电站通过低电压等级接入周边站点;若近区无消纳空间或不具备送出条件,对各类外送方案进行充分的技术经济比较后,可推荐光伏电站接入高电压等级的水电站升压站,通过水电站已有线路打捆送出。

三是与常规电源协调问题。光伏发

电以水光互补形式大规模发展,将挤占常规电源的电量空间,导致部分机组低效运行,加剧电源企业间的利益冲突。由于目前电力市场辅助服务机制尚未完善,常规电源的基础支撑作用若被削弱,将影响电力系统安全稳定运行。因此,需统筹水光互补发电与常规电源协调发展。

四是对电网运行影响问题。西南地区光伏大规模并网将对黔西南、黔西北、滇西北等电力外送断面持续造成压力。随着大量的电力电子元器件接入系统,可能导致转动惯量下降、短路容量支撑不足、次同步谐振等新问题,影响电网安全稳定运行。

加强水光互补高质量发展要从三方面发力

针对上述问题,建议加强规划协同,统筹各方需求,促进水光互补高质量发展。首先,统一开展西南地区大中型水光互补发电规划,推动国土、环保、水利、能源、电网等各方共同参与,统筹考虑资源条件、环境保护、防洪航运、电力消纳送出、电网调峰和安全稳定等要素,实现多目标协同。

同时,完善技术标准,规范管理体系。建议结合电力系统安全稳定导则、水电站和光伏电站设计、水库调度管理等规程规范要求,制定大中型水光互补光伏发电项目的技术标准,明确水光互补合理渗透率、送出电压等级和调度运行等原则和要求,加强规划、设计、建设和运行的规范管理。

此外,还要健全市场机制,促进协调发展。西南地区全额保障性收购可再生能源电量的压力较大,新能源发电的市场价值尚未充分体现。建议坚持市场化原则,积极推动新能源发电参与市场化交易,加快电力辅助服务市场建设,促进源网协调,推动水光互补发电高质量发展。

(作者均供职于南方电网能源发展研究院)

电改争议需及时裁决

■卢彬

新一轮电力体制改革推进至今已五年有余,输配电价、电力市场、电力交易机构、发用电计划放开、售电侧改革、自备电厂监管六大核心配套文件提出的改革方向均取得了一定成效。而增量配电网业务虽然被包含在售电侧改革当中未被单独列出,但其肩负着将市场竞争引入垄断领域、擦开输配电成本神秘面纱的重任,无疑是此轮电力体制改革“前哨阵地”。

增量配电网改革试点至今已公布五批项目名单,越来越多的投资者参与到改革当中,而随着这些项目申报、审批、建设、运行,增量配电网改革在实际推进中面临的一大典型矛盾也愈发清晰:积极参与改革的新兴市场主体与“改革对象”电网公司之间,或在利益划分中发生冲突,或对政策理解出现分歧,却常常缺少一位“法官”来为争议做出裁决。

目前,增量配电网改革试点项目已多达459个,在试点名单之外,以特许经营等方式开展的增量配电网项目也不在少数。增量配电网改革试点的持续推进,固然可以向市场主体对改革工作的关注与信心。但随着参与改革试点项目的持续增加,一方面,参与改革的市场主体鱼龙混杂,项目质量参差不齐,投机者、寻租者混迹其中;另一方面,真正希望投身改革进程的投资者付出了高昂的时间、金钱成本,上述关键问题和矛盾却迟迟没有定论,许多项目进退两难。

“项目名单”越来越长,“问题清单”却不见缩短。纵观近年来增量配电网改革进程,增量配电网项目市场地位不明、定价机制难以保障合理收益、存量资产认定不清等问题从第一批试点项目推进时就已出现,但直到第五批试点发布,上述问题仍未得到有效解决。

增量配电网项目作为基础设施的一部分,本身已经需要承担初期投资高、回报周期长等风险,如果已经暴露的矛盾与冲突迟迟拿不出解决方案,新增的需求没有政策支持、颁布的政策无法实际落地,任何投资者都不会再“迎难而上”。

项目推进中感受到了来自电网公司的巨大阻力。电网企业多年来承担着保障供电安全、支持经济建设的重任,同时存在着成本难以理顺的痼疾,后者正是国家开展增量配电网改革的原因:增量配电网项目将在配电网领域引入竞争,倒逼电网公司降低输配电成本,打通本轮电力体制改革的道路。

增量配电网改革,是电网之过吗?改革势必动摇电网公司的既有利益,其对改革持消极态度再正常不过,其阻力之大,更加反映出改革的必要性。问题的关键在于,要想让新的市场主体分得“蛋糕”,必须依靠监管与政策上的倾斜。然而,负责牵头改革的各职能部门作为理应承担这一规则的“裁判员”,常常引进了重要民生,却没有合理裁决,致使参与增量配电网项目的投资者“孤立无援”。

体育比赛不能没有裁判,这既是为了保障公平,更是为了在争议发生时及时做出判罚,使比赛继续进行。增量配电网改革如果缺少了主管部门的裁决,增量配电网项目该享有的权利得不到保障,电网公司没有履行义务而不受处罚,双方产生纠纷时无处申辩,改革终将陷入僵局。

实际上,类似增量配电网项目的市场地位、权利义务等问题,在国家发改委以及多个省级发改委发布的政策中都早已明确。然而“徒法不足以自行”,政策不能只停留在文件贯彻和会议纪要里,需要管理者担起责任、真抓实干,才能真正作用于改革。

国家层面上,需要通过更加明确、更加可执行的细则,给地方政府明确的授权,使其敢于作为、有法可依;给增量配电网项目明确的准入、运维、退出标准与流程,使其在健全的规则下健康发展。地方层面上,更应认识到增量配电网改革的重要意义,不囿于短期利益之中,当断则断,积极为市场主体完善流程和政策环境,当好“裁判员”。

(作者系本报记者)

