

清洁能源跨省跨区消纳交易机制可行性及效益分析

高博¹ 孙永超² 羊静³

1. 国网江苏省电力公司, 江苏 南京 210024;
2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072;
3. 国网四川节能服务有限公司, 四川 成都 610021)

摘要: 近年来, 中国环境治理和能源供给形势依然严峻。发展清洁能源和能源合理配置是缓解目前环境能源严峻形势的战略措施。然而目前由于中国步入经济新常态, 电力需求放缓, 清洁能源装机仍保持较快增长, “三北”地区可再生能源消纳及弃风弃光问题愈加严重。在新一轮电改快速推进的背景下, 完善清洁能源跨省跨区消纳和交易机制, 提高受端地区接纳清洁能源的积极性是近期缓解“弃风弃光”问题的主要措施。提出了通过跨区发电权交易将省内机组部分基数电量计划以一定价格转让给西部电厂发电的新机制, 得出了该机制下实现交易主体经济共赢的条件。并从西部装机现状、交易通道和可交易量三方面深入分析了该交易机制的可行性。最后以华东某火电厂和西北某新能源电厂为例, 从交易方式和收益分析等方面进行了算例分析, 分析结果表明该机制在满足共赢条件下能够实现交易主体在经济效益和社会效益上的双共赢。

关键词: 清洁能源; 跨省跨区消纳; 交易机制; 交易通道; 交易模拟

Abstract: In recent years, the situation of environment treatment and energy supply are still severe in China. Developing clean energy and disposing energy properly are strategic measures to alleviate the serious condition of energy and environment. But due to the new circumstances of economy in China, the demand of electricity has slowed down. However the capacity of clean energy has maintained rapid growth, the consumption of renewable energy in "three north" area has become a problem and the abandon of wind and solar power is more serious in China. In the new round of power system reform, it is important to complete trans-provincial and trans-regional consumption and transaction mechanism of clean energy to stimulate the initiative of receiving power grid to consume clean energy, which will solve the serious problem mentioned above. A new transaction mechanism is proposed which is to transfer certain capacity of base power generation plan from local power plan to western power plan at certain price through trans-regional generation right trade. The condition for transaction subjects to achieve win-win is obtained. Further the feasibility of transaction is studied deeply as viewed from western power generation installation status, transaction channel and potential transaction capacity. Taking some thermal power plants in East China and some new energy power plants in northwestern area for example, transaction simulation is carried out in transaction pattern, benefit analysis and so on. The results of transaction simulation show that the mechanism can achieve win-win of all transaction subjects in both economic benefits and social benefits under the condition mentioned above.

Key words: clean energy; trans-provincial and trans-regional consumption; transaction mechanism; transaction channel; transaction simulation

中图分类号: TM7 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2017)03-0082-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2017.03.018

0 引言

中国长期存在能源资源分布和能源需求不均衡的问题, 能源资源主要分布于北部和西部, 用电需求则集中于东部、南部。发展清洁能源, 实现能源资源大范围配置是实现国家能源战略, 助力经济社会发展的需要。与此同时, 近年来, 中东部地区雾霾等环境问题突出, 国家高度重视, 要求加快重点输电通道

建设, 加大向重点区域跨区送电规模, 缓解人口稠密地区大气污染防治压力^[1]。另一方面, 随着中国步入经济新常态, 电力需求持续放缓, 清洁能源装机仍保持高速发展, 东北、华北、西北这些“三北”地区的可再生能源消纳及弃风弃光问题愈加严重; 同时, 受端地区用电增速的放缓趋稳, 地方机组装机规模的继续增长, 区外来电对地方机组发电利用小时、电厂效益等带来一定影响。

综合以上因素, 在目前的市场环境下, 探索创新

交易机制 积极争取政策支持 利用市场化手段化解区外来电消纳与地方电厂效益的矛盾 协调清洁发展与稳定发展的关系 将可能成为满足各方重点关切与合理利益 综合实现社会效益、经济效益的一个有效途径。因此在新一轮电改快速推进的背景下,完善清洁能源跨省跨区消纳和交易机制,不仅能够促进“三北”地区清洁能源产业发展,还能提高受端地区接纳清洁能源的积极性。

基于对电力市场主体走访和调研,提出了通过跨区发电权交易,将省内机组部分基数电量计划以一定价格转让给西部电厂发电的交易机制,从而在实现大资源优化配置的同时,保证省内电厂的经济效益^[2-3]。下面首先介绍了清洁能源跨区、跨省消纳的新机制,并在分析跨省交易的基础上,从网、源两方面即清洁能源西部装机现状和跨区联络线通道建设情况的基础上,探讨了交易机制的可行性。最后以实际电厂为例,从交易方式、交易组织、交易价格、结算方式和收益分析等方面进行了交易模拟,模拟结果表明该机制能同时保证清洁资源优化配置和受端电厂经济效益。

1 清洁能源跨省跨区消纳交易机制

清洁能源跨省跨区消纳交易机制涉及到东部化石能源发电厂、西部清洁能源电厂、电网公司、政府4个主体。其交易机制如图1所示。

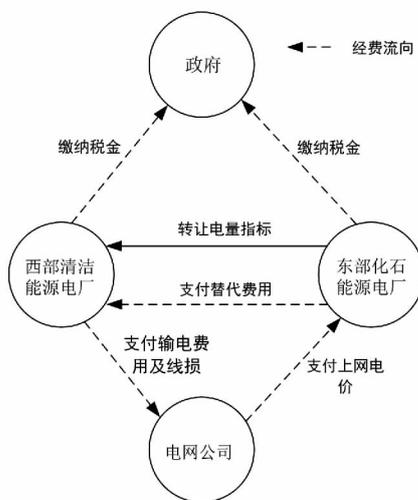


图1 清洁能源跨区跨省消纳交易机制

如图1所示,清洁能源跨省跨区消纳交易机制的核心是在电网公司安全校核前提下^[4-5],东部化石能源电厂将部分基本电量指标转移给西部清洁能

源电厂,以实现清洁能源跨省跨区消纳。

而转移的电量中涉及的费用流动关系,可表述如下:

1) 电网公司依然按照上网标杆电价,向东部化石能源电厂支付上网费用;

2) 东部化石能源电厂根据双方协商结果,向西部清洁能源电厂支付电量上网费用(称为替代费用);

3) 由于电量跨区远距离输送而产生的过网费用及线损由西部清洁能源电厂承担;

4) 东部化石能源电厂、西部清洁能源电厂按照相关规定向政府交纳相应税金。

由此可见,转移电量 W_T 后,东部化石能源电厂获得的税前收益为

$$E_{proA} = (P_{g2A} - P_{A2B}) W_T \quad (1)$$

式中: E_{proA} 为东部化石能源电厂在转移电量后产生的利润; P_{g2A} 为上网标杆电价; P_{A2B} 为替代电价。

而西部清洁能源电厂获得的税前收益为

$$E_{proB} = (P_{A2B} - P_{costB} - P_{net}) W_T \quad (2)$$

式中: P_{costB} 为西部清洁能源电厂每度电的成本; P_{net} 为过网费及线损^[6-8]。

电厂缴纳17%的增值税。东部、西部地区政府获得税收 P_{rateA} 及 P_{rateB} 分别达到

$$P_{rateA} = E_{proA} \times 17\% \quad (3)$$

$$P_{rateB} = E_{proB} \times 17\% \quad (4)$$

如果不进行电量转移,则东部化石能源电厂获得的税前收益为

$$E'_{proA} = (P_{g2A} - P_{costA}) W_T \quad (4)$$

式中: E'_{proA} 为东部化石能源电厂自己生产 W_T 电能所得到利润; P_{costA} 为东部化石能源电厂每度电的成本。

而在此情况下,西部清洁能源电厂获得的税前收益为

$$E'_{proB} = 0 \quad (5)$$

由此可以估算出,东部、西部地区政府获得税收 P'_{rateA} 及 P'_{rateB} 分别达到

$$P'_{rateA} = E'_{proA} \times 17\%$$

$$P'_{rateB} = E'_{proB} \times 17\% \quad (6)$$

为了实现新机制下各方经济共赢,需要满足

$$E_{proA} > E'_{proA}$$

$$E_{proB} > E'_{proB}$$

$$P_{rateA} > P'_{rateA}$$

$$P_{rateB} > P'_{rateB} \quad (7)$$

联立求解以上各式,可以得到实现各方经济共赢的条件为

$$P_{costB} + P_{net} < P_{A2B} < P_{costA} \quad (8)$$

除此之外,新机制还将带来极大的社会效益^[9]。由于开展跨省跨区替代交易,消纳西部清洁能源,变输煤为输电,与国家整体能源战略相一致,能够在更大范围内优化配置资源,为华东地区提升减排绩效创造条件与基础,缓解东部人口稠密地区大气污染防治压力。

2 机制可行性研究

长距离大容量电能传输是目前清洁能源跨省消纳的主要方式,集中的大容量清洁能源电厂更利于长距离大容量电能传输,因此清洁能源跨省跨区交易的可行性分析主要包括西部装机现状、交易通道和可交易量。

2.1 装机规模及电厂分布

目前在西部省份(甘肃、宁夏、内蒙、新疆、青海)装机规模较大的有华能、国电、华电、大唐等发电集团,总装机容量均超过15 000 MW,而华润、神华等发电集团装机较小,总装机容量均小于5 000 MW。

2.1.1 风、光新能源

风、光新能源装机主要分布于甘肃、宁夏、内蒙、新疆等省份,其中风电容量较大,上述几大集团装机总容量约28 200 MW;光伏容量较小,总容量约3 500 MW。各集团装机比较分散,在单个省装机不超过2 000 MW。

2.1.2 火电

火电主要分布于甘肃、宁夏、内蒙、新疆等地,基本都是燃煤发电。各集团在青海装机很小。

综上所述,由于西北地区风电大规模装机,所以在能源跨省跨区交易中,风电具有较强的可行性。

2.2 交易通道分析

清洁能源跨省跨区交易通道依托于跨区联络线,目前的跨区联络线建设现状如图2所示。

根据现有网架,西北电网(甘肃、宁夏、新疆)向华东负荷中心送电,可通过德宝直流、灵宝背靠背直流等通道从西北电网送电至华中电网(西南省份隶属华中电网),再通过锦苏特高压直流、龙政直流等通道送电至华东电网。

由于高压直流通道输送水电的高峰均在每年的

6月初到10月末,而西部风电资源的良好风况出现在每年的春、秋二季,具有较好的时间差效益,这对于有效利用高压通道资源,开展跨省跨区新能源替代火电,实现错峰输电、电源互济非常有利。

与此同时,可以看到若内蒙向华东负荷中心送电,需先从蒙东/蒙西电网送电至华北电网,再从华北电网送电至华中电网,最后从华中电网送电至华东电网,跨越区域电网较多,送电经济性较低,暂不考虑。

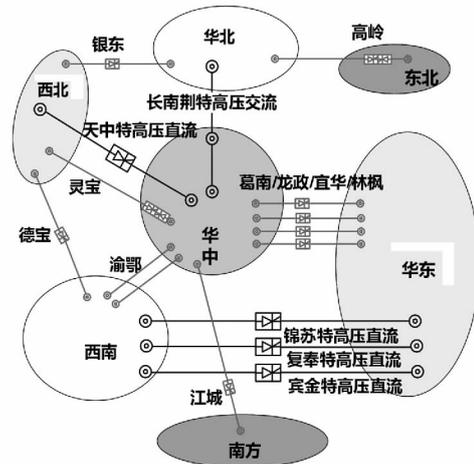


图2 跨区联络线通道示意图

2.3 可交易量分析

按照风电、光伏平均每月的总利用小时在130 h左右测算,几家西部装机较大发电集团在上述省份风、光总装机容量均在6~10 GW之间,每月可交易量上限约在800~1 300 GWh(按装机容量×月平均利用小时预计)。

各集团在上述省份装机较为分散,单个省份装机容量基本不超过2 GW,若以省为单位考虑(因许多集团的子公司或分公司管理范围在单个省),几家西部装机较大发电集团每月可交易量上限不超过260 GWh(2 GW×130 h相当于平均负荷360 MW,此负荷水平对省内电力平衡影响不大)。几家规模较大发电集团在上述省份火电装机总量在12~24 GW之间,可交易空间均较大。

3 算例分析

以华东某火电厂与西北某新能源电厂为例,模拟跨省跨区风火替代交易。

3.1 电厂情况介绍

华东某火电厂(以下简称“A火电厂”)现有火电装机1320 MW(4台330 MW)。同集团在西北某省拥有全资子公司B风力发电公司(以下简称“B风电厂”),已建成风电装机1000 MW。

按照320 g/kWh煤耗,煤炭入厂标煤电价570元/吨(含税)测算,发电燃料变动成本为0.182元/kWh(含税),再考虑环保等成本(按照0.018元/kWh测算),A火电厂发电边际成本约0.2元/kWh。

而B风电场由于采用可再生能源发电,发电成本较低约为0.02元/kWh,考虑跨省、跨区输电费用及线损暂按0.10元/kWh考虑,B风电厂生产每度电承担的成本约为0.12元/kWh,小于A火电厂生产成本。根据,当替代电价

$$0.12 < P_{A2B} < 0.2 \quad (9)$$

时,新机制下华东火电厂、西北清洁能源电厂和政府多个主体均能实现经济上的共赢。

3.2 交易方式

根据政府年度发电计划,A电厂年度交易电量为800 GWh,标杆上网电价为0.378元/kWh。

现根据协商将其330 MW火电机组的部分基本电量指标约100 GWh转移至B风电场,以可再生的风电机组实现跨省跨区替代。

A火电厂将其330 MW火电机组的部分基本电量指标(标杆上网电价为0.378元/kWh、年度交易电量100 GWh)转移至B风电场以可再生的风电能源跨省跨区替代。替代价格经A火电厂与B风电厂自行协商^[10-11],暂定为0.15元/kWh,满足式(9)要求。

具体发电计划交易月度安排则由电网公司根据A火电厂300 MW机组运行方式需要、输电通道裕度、安全校核等综合考虑,尽量避开丰水期水电满发时段(6~10月)。

3.3 电厂收益分析及纳税分析

3.3.1 电厂收益分析

根据3.1节提供的条件,可以估算出当A电厂将100 GWh电量转移给B电厂后,两个厂的税前收益为

$$\begin{aligned} E_{proA} &= 2280 \text{ 万元} \\ E_{proB} &= 300 \text{ 万元} \end{aligned} \quad (10)$$

而如果100 GWh电量由A厂自行生产,两个厂的税前收益为

$$E'_{proA} = 1780 \text{ 万元}$$

$$E'_{proB} = 0 \text{ 万元} \quad (11)$$

对比式(10)和式(11)可知,采用新机制后A、B两厂的收益均较旧机制有了明显增加。

3.3.2 电厂纳税分析

根据3.1节提供的条件,可以估算出当A电厂将100 GWh电量转移给B电厂后,两个厂的纳税额为

$$\begin{aligned} P_{rateA} &= 387.6 \text{ 万元} \\ P_{rateB} &= 51 \text{ 万元} \end{aligned} \quad (12)$$

而如果100 GWh电量由A厂自行生产,两个厂的纳税额为

$$\begin{aligned} P'_{rateA} &= 302.6 \text{ 万元} \\ P'_{rateB} &= 0 \text{ 万元} \end{aligned} \quad (13)$$

可见,只要A火电厂的替代收益不低于其自己发电的边际成本,则纳税额不会减少,甚至可能增加,这与之前的分析相同。

4 结论

前面提出了一种新的清洁能源跨省跨区消纳交易机制,在电网公司安全校核的前提下,东部化石能源电厂将部分基本电量指标转移给西部清洁能源电厂,以实现清洁能源跨省跨区消纳。在该机制中,电网公司按照上网标杆电价,向东部化石能源电厂支付上网费用;东部化石能源电厂根据双方协商结果,向西部清洁能源电厂支付电量替代费用;而由于电量跨省跨区远距离输送而产生的过网费用及线损由西部清洁能源电厂承担。

分析结论表明,当替代电价高于清洁能源电厂发电成本及过网费、线损总和,并且小于化石能源电厂发电边际成本时,可以实现新机制下东部化石能源电厂、西部清洁能源电厂、政府多个主体在经济效益和社会效益上的共赢。

由于这里仅考虑了跨区发电权交易这一机制的可行性,并未对价格机制进行深入研究。

参考文献

- [1] 李春曦,王佳,叶学民,等.中国新能源发展现状及前景[J].电力科学与工程,2012(4):1-8.
- [2] 尚金成.基于节能减排的发电权交易理论及应用:(一)发电权交易理论[J].电力系统自动化,2009,33(12):46-52. (下转第90页)

图9、图10、图11分别为变流器的PWM线电压、输出A相电流、THD值。可见,PWM线电压为三电平,并具有较好的正弦度。在加载过程中,A相电流过渡平滑,未出现大幅超调,并且电流THD为3.1%,谐波含量小。这说明变流器具有较好的电压、电流特性。

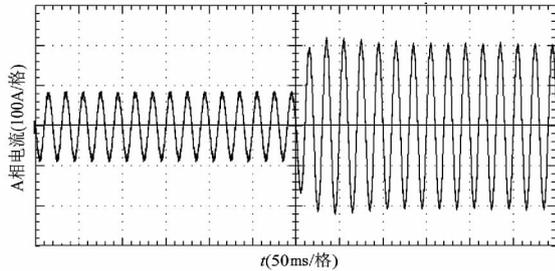


图10 A相输出电流波形

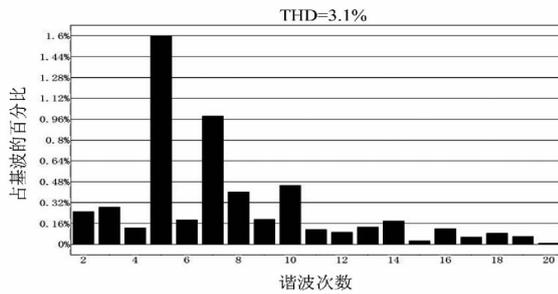


图11 A相电流THD分析

6 结论

对中压风电变流器的T型三电平结构进行了

研究,提出两管IGBT串联的新型结构。此种结构的优点是,降低了单管损耗与IGBT电压型号,给出了IGBT串联均压的方案、保护方案、空间矢量调制原理。最后,建立了3kV电压等级的实验平台,通过电流的加载测试表明,新型变流器拓扑具备良好的电压、电流输出特性,满足风电变流器的设计要求。

参考文献

- [1] 黄伟煌,胡书举,许洪华. 中点钳位型中压三电平风电变流器的损耗分析[J]. 电力系统自动化,2014,38(15):65-70.
- [2] 陈根,王勇,蔡旭. 兆瓦级中压风电变流器的新型串联混合三电平NPC拓扑[J]. 中国电机工程学报,2013,33(9):48-54.
- [3] 查申森,郑建勇. 混合式断路器的IGBT串联均压技术[J]. 电网技术,2010,34(4):177-182.
- [4] Palmer P R, Rajamani H S. Active Voltage Control of IGBTs for High Power Applications[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2004,19(4):894-901.
- [5] 付超,石新春,王毅. 级联型逆变器的空间矢量移相调制方法[J]. 电力电子技术,2005,39(5):51-53.

作者简介:

王小涛(1982),工程师,研究方向为风电机组控制系统开发与测试;

廖丽贞(1984),工程师,研究方向为电网保护系统产品开发及测试。

(收稿日期:2017-01-16)

(上接第85页)

- [3] 尚金成. 基于节能减排的发电权交易理论及应用: (二)发电权交易应用分析[J]. 电力系统自动化,2009,33(13):37-42.
- [4] 王雁凌,邱小燕,许传龙. 以节能降耗为目标的发电权交易阻塞管理模型[J]. 电网技术,2012,36(6):272-276.
- [5] 杨胡萍,左士伟,陈欢. 碳排放约束下考虑静态电压稳定的发电权交易优化[J]. 电网技术,2014,38(11):3011-3015.
- [6] 张粒子,王楠,赵新,等. 发电权交易网损补偿问题剖析[J]. 电网技术,2011,35(3):200-204.
- [7] 黄大为,刘志向,杨春雨,等. 计及网损成本的发电权

交易模式[J]. 电力系统自动化,2010,34(5):38-42.

- [8] 张粒子,王楠,周娜,等. 边际出清机制下区域发电权交易网损补偿方法[J]. 电力系统自动化,2011,35(15):58-63.
- [9] 郑欣,蒋传文,李磊,等. 基于能耗和效益最优的发电权节能降耗分析[J]. 电力系统自动化,2008,32(24):39-42.
- [10] 张午阳. 发电权转让交易中的博弈行为的研究[J]. 华中电力,2005,18(6):1-4.
- [11] 莫莉,周建中,李清清,等. 基于委托代理模型的发电权交易模式[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):30-34.

(收稿日期:2017-02-13)