

计及环境成本的跨省输电发电权交易及敏感性分析

傅鸿浩^{1,2,3}, 蔡国田^{1,2}, 赵黛青^{1,2}

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广东 广州 510640;

2. 中国科学院可再生能源重点实验室, 广东 广州 510640; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 在将环境成本全部计入发电成本的基础上, 构建跨省输电合同双方火电机组发电权交易模型, 并以西电东送南通道的贵州和广东为例, 计算环境成本对交易收益的影响; 通过敏感性分析研究主要不确定性因素对交易收益的影响程度, 并基于此确定交易的可行区域。结果表明: 不计环境成本时, 广东火电机组受外来电力影响的负荷可通过交易全部得到利用, 交易双方均获得收益; 计及环境成本之后, 广东 1000 MW 机组参与交易的收益增加, 300 MW 以下机组无法参与交易, 所有机组的总交易收益降低; 计及环境成本的单位煤耗成本及其省间差异分别是影响最大的正面因素和负面因素, 可交易电量的降低量和输电损耗主要影响广东 300 MW 机组参与交易的收益, 在这 4 个因素发生使收益降低的变动时, 广东 300 MW 机组参与交易的可行性最先变化。

关键词: 跨省; 输电; 合同双方; 火电; 发电权交易; 敏感性分析; 模型; 成本

中图分类号: TM 73

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.09.017

0 引言

2012 年, 西电东送至广东的电量达到广东电力消费的 24%, 已成为广东省电力供应的重要组成部分。送电量由政府间框架协议的固定交易模式决定, 在推动西电东送南通道的发展的同时^[1], 也使受电方广东在电力宽松时期, 为接受外来电力而限制本省火电机组的负荷, 导致南方区域内大小容量机组利用小时数倒挂。2012 年的 1—4 月、11 月和 12 月, 贵州 300 MW 以下机组受益于本省水电外送, 等效负荷率大于广东省 1000 MW 以上机组^[2-3]。

发电权交易能够促进低能耗、低成本的机组替代高能耗、高成本的机组发电, 降低总能耗和成本^[4]。因此, 如果能够在西电东送南通道送受电双方火电机组间开展发电权交易, 那么就可以额外增加双方的收益。

目前国内发电权交易研究着重于发电权交易机理研究、多种目标下的交易模型设计^[4]、考虑多种因素的模型完善^[5-6]、跨省发电权交易模型设计及修正^[7]、交易后的安全校核^[8]等方面。当前考虑与跨省输电合同相关的发电权交易的研究, 仅限于对南方电力市场各送电方之间的省间合约转让机制进行初步探讨^[1], 未构建模型, 也未研究合同送电方和受电方之间的发电权交易, 而此种发电权交易具有其特殊性, 需要进一步研究。

火电厂排放的污染物对环境产生影响, 也影响

人类的健康^[9]。环境成本对污染物造成的损失进行货币量化, 包括企业为减少排放, 安装环保设备、采取环保活动的成本和排放造成的环境污染对健康、农业等造成的损失 2 个部分, 主要计量方法为欧盟的 ExternE 方法和美国的 EXMOD 方法^[10]。本文考虑的环境成本为第二部分, 即排放造成的损失, 其没有由生产者或消费者承担, 并未计入发电成本。随着发电企业环保要求的日趋严格, 这部分环境成本将在发电成本中得到体现, 从而影响发电权交易的结果, 甚至使交易无法进行。此外, 不同省份的煤价和电价也存在较大差异, 可能会影响发电权交易的可行性。

因此, 本文首先构建跨省输电送受电双方火电机组发电权交易模型, 然后研究计及环境成本对发电权交易结果的影响, 并通过敏感性分析研究主要因素变化对交易收益的影响及不同情况下发电权交易的可行性。

1 发电权交易模型和算法设计

1.1 发电权交易模型

以社会效用最大化为目标的发电权交易模型的目标函数为:

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij} Q_{ij} \quad (1)$$

约束条件为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n Q_{ij} \leq Q_j - Q_{j0} \\ \sum_{j=1}^m Q_{ij} \leq Q_i \\ U_{ij} = P_{si} - P_{lj} - C_{ij} > 0 \end{cases} \quad (2)$$

收稿日期: 2013-07-22; 修回日期: 2014-06-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41001084)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China (41001084)

其中, P_{si} 为卖方 i 的报价; P_{bj} 为买方 j 的报价; C_{ij} 为交易成本; Q_{ij} 为卖方 i 和买方 j 成交的电量; U_{ij} 为卖方 i 和买方 j 交易产生的收益; Q_i 为卖方 i 可交易的总电量; Q_{j0} 和 Q_j 分别为买方 j 的实际发电量和考虑机组检修、备用、送出受限等因素后的机组发电能力, $Q_j - Q_{j0}$ 为买方 j 的可交易电量; n, m 分别为卖方和买方的数量。

为了保证公平, 双方的报价按照收回因发电权交易产生的成本确定, 交易间的收益 U_{ij} 在交易双方平均分配。

1.2 基于跨省输电合同的发电权交易模型设计

本文研究的跨省输电合同双方火电机组发电权交易的买方为合同原受电方, 卖方为原送电方, 与省内发电权交易相比, 有以下特征:

- 可节约输电费用, 交易成本为负值;
 - 可节约输电损耗, 交易后总发电量降低, 从而降低买方的发电成本;
 - 不同省份的煤价和上网电价存在差异;
 - 不同省份的环境成本存在差异。
- 构建模型需要考虑上述四方面特征。
双方按成本报价如下。

a. 卖方 i 因发电权交易产生的成本为其少发 Q_{ij} 电量的机会成本。交易前卖方 i 多发单位电量的收益为:

$$I_{i0} = P_{ci} - (f_{i0}P_{ci} + P_{wi}) \quad (3)$$

其中, P_{ci} 为卖方 i 的上网电价; f_{i0} 为交易前卖方 i 的发电煤耗; P_{ci} 为卖方 i 的煤价; P_{wi} 为卖方 i 发单位电量的水费; $f_{i0}P_{ci} + P_{wi}$ 为交易前卖方 i 发单位电量的动态成本。

则卖方 i 的报价为:

$$P_{si} = P_{ci} - I_{i0} = f_{i0}P_{ci} + P_{wi} \quad (4)$$

b. 考虑省间的煤价差:

$$P_{cj} = P_{ci} + \Delta P_{ij} \quad (5)$$

其中, P_{cj} 为买方 j 的煤价; ΔP_{ij} 为买方 j 与卖方 i 的煤价差。

交易前买方 j 发电的动态成本为:

$$C_{j0} = Q_{j0}(f_{j0}P_{cj} + P_{wj}) = Q_{j0}[f_{j0}(P_{ci} + \Delta P_{ij}) + P_{wj}] \quad (6)$$

交易减少输电损耗 K_{ij} , 则买方 j 增加的发电量为 $(1 - K_{ij})Q_{ij}$, 交易后买方 j 发电的动态成本为:

$$C_j = [Q_{j0} + (1 - K_{ij})Q_{ij}][f_j(P_{ci} + \Delta P_{ij}) + P_{wj}] \quad (7)$$

其中, f_j 为发电权交易后买方 j 的发电煤耗; P_{wj} 为买方 j 发单位电量的水费。

则买方 j 按增加的发电动态成本报价为:

$$P_{bj} = (C_j - C_{j0})/Q_{ij} = (1 - K_{ij})[f_j(P_{ci} + \Delta P_{ij}) + P_{wj}] - (f_{j0} - f_j)(P_{ci} + \Delta P_{ij})Q_{j0}/Q_{ij} \quad (8)$$

买方 i 和卖方 j 交易的收益为:

$$U_{ij} = P_{si} - P_{bj} - C_{ij} = [P_{wi} - (1 - K_{ij})P_{wj}] + [f_{i0} - (1 - K_{ij})f_j + (f_{j0} - f_j)Q_{j0}/Q_{ij}]P_{ci} - [(1 - K_{ij})f_j + (f_{j0} - f_j)Q_{j0}/Q_{ij}]\Delta P_{ij} - C_{ij} \quad (9)$$

从式(9)可以看出交易的结果与各省的上网电价及其差异无关。

1.3 计及环境成本的模型修正

未考虑环境成本时, 单位煤耗的成本即为煤价。利用环境成本对煤价及机组之间的煤价差进行修正, 使之真正体现机组单位煤耗的总成本:

$$P'_{ci} = P_{ci} + P_{wi} \\ P'_{cj} = P_{cj} + P_{wj} = P'_{ci} + \Delta P'_{ij} \quad (10)$$

其中, P'_{ci} 和 P'_{cj} 分别为卖方 i 和买方 j 修正后的煤价; P_{wi} 和 P_{wj} 分别为卖方 i 和买方 j 未计入发电成本的环境成本; $\Delta P'_{ij}$ 为修正后的煤价差。

代入式(9)可相应得到修正后的收益 U'_{ij} 。

1.4 算法设计

本文中将发电权买方和卖方的位置及输电方固定, 可近似认为交易成本 C_{ij} 为定值。交易收益的大小由双方的报价决定, 可使用“高低匹配”的方法进行买卖双方之间的撮合^[4]。

2 以广东和贵州为例的模型求解

2.1 计算数据

根据 2011 年各月电力调度中心直调并网发电机组等效负荷率报表中的机组数据, 可确定广东火电机组负荷受外来电力影响的量。如表 1 所示, 选取受影响量最大的 2011 年 2 月为计算月份, 将容量大于等于 1000 MW、大于等于 600 MW 小于 1000 MW、

表 1 计及环境成本前、后买卖双方申报数据

Tab.1 Bidding data with and without environmental cost

机组 编号	申报电量/ (kW·h)	报价/[元·(kW·h) ⁻¹]	
		不计环境成本	计及环境成本
I	16 459	0.203	0.358
II	49 141	0.206	0.362
III	72 368	0.215	0.379
IV	18 117	0.251	0.443
1	6 087	0.228	0.396
2	6 158	0.228	0.395
3	6 192	0.228	0.395
4	6 015	0.229	0.397
5	6 776	0.210	0.364
6	6 510	0.211	0.366
7	7 039	0.209	0.363
8	9 795	0.210	0.364
9	9 152	0.212	0.368
10	15 597	0.209	0.362
11	14 715	0.210	0.364
12	14 605	0.211	0.365
13	14 761	0.210	0.364
14	14 845	0.210	0.364
15	14 948	0.210	0.363
16	11 838	0.218	0.378

大于等于 300 MW 小于 600 MW、小于 300 MW 的 4 个容量等级的火电机组看成 4 个大的火电机组,记为机组 I、II、III、IV,作为发电权买方,与作为卖方的贵州的火电机组进行交易,每个大机组的可交易电量为其受外来电力影响的电量。同时,根据 2011 年 2 月贵州省电力调度中心直调并网发电机组等效负荷率报表中的数据按电量与广东机组可交易电量匹配、煤耗由高到低的原则,选取机组参与交易,共 16 台。

计算所需的部分数据如表 2 所示,表中省间输电损耗率 K_{ij} 取天生桥至广东交、直流线路的平均损耗。贵州到广东的输电费用为 0.092 元/(kW·h)。

表 2 计算所需部分数据
Tab.2 Partial data required for calculation

参数	取值	参数	取值
P_{ij}	855 元/t	K_{ij}	5.63 %
P_{ci}	640 元/t	C_{ij}	-0.051 元/(kW·h)
P_{wj}	燃煤费用的 2%		

输电费的定价目标是回收电网建设投资、运行和维护的成本,并对电网使用者提供前瞻性的经济信息^[11]。电网的折旧为固定成本,不受输电量的影响,占总输电成本的 40%,输电的内部收益率按 8% 计算^[12]。为保证电网的收益在交易前后不变,需对电网因交易产生的损失进行补偿,则交易成本为:

$$C_{ij} = -0.092 \times (1 - 40\%) \times (1 - 8\%) = -0.051 [\text{元}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$$

文献[10]在计算燃煤发电产生的 SO₂、NO_x、CO₂ 和烟尘的排放量的基础上,利用 ExternE 方法分区域计算机组排放这 4 种污染物损害人类健康、建筑材料和农作物而产生的未计入发电成本的环境成本。其中,燃煤机组的数据为装机容量 500 MW,年利用小时 6000 h,电厂效率 38%,煤中硫含量 1%,灰分 28%,除尘效率 99%,脱硫效率 95%。计算得到广东和贵州的燃煤机组的单位煤耗的环境成本分别为 $P_{iy}=660.7$ 元/t 和 $P_{iw}=474.8$ 元/t。

此外,因获取单个电厂的煤耗特性曲线较困难,本文假设同一容量等级的机组的煤耗特性曲线的形状相同,参考文献[13]中的拟合公式,按照设计煤耗同比例确定各机组拟合公式,则有:

$$\begin{aligned} f_{p0} &= f_p(Q_{p0}/Q'_p) \\ f_{q0} &= f_q(Q_{q0}/Q'_q) \\ f_q &= f_q(Q_q/Q'_q) \end{aligned} \tag{11}$$

其中, Q'_p 和 Q'_q 分别为机组 p 和机组 q 的设计产能。

如表 1 所示,计及环境成本后,按式(4)和式(8)计算得到的各机组的报价在原报价的基础上增加约 0.15 元/(kW·h)。

2.2 计及环境成本对交易结果的影响分析

从式(9)和式(10)中可以看出,环境成本对发电权交易的结果有正反两方面的影响:第一,发电权交易会降低煤耗,减少排放总量,计及环境成本会增加单个交易的收益;第二,广东机组单位煤耗的环境成本高于贵州机组,计及环境成本会降低单个交易的收益。

如图 1 所示,不计环境成本时,广东机组通过与贵州 16 台机组进行 19 次交易,即可使受外来电力影响而限制的负荷全部得到利用。在机组 I 和机组 II 参与的前 6 次交易中,因计及环境成本而增加的收益为正,但依交易次序递减。在第 7 次及之后的交易中,计及环境成本会降低交易的收益,且降低量依交易次序递增,最终使得机组 IV 参与的第 18 次和 19 次交易无法进行。

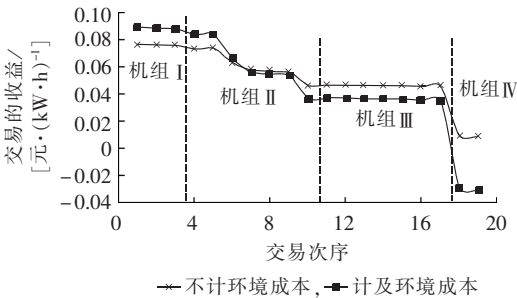


图 1 计及环境成本前后的收益

Fig.1 Profits with and without environmental cost
发电权交易产生的总收益为:

$$I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij} Q_{ij} \tag{12}$$

根据图 1 中的交易结果计算,考虑环境成本后,所有交易的总收益将减少 9%,由 8072.2 万元减少到 7364.4 万元。

3 敏感性分析

3.1 主要敏感性因素选择

式(9)等号右侧的第一项为替代发电减少的水费,第二项为煤耗减少节约的燃煤费用,第三项为因地区间煤价差而导致的成本上升,第四项为节约的输电费用。除第三项减少收益外,其余三项将增加收益。同理可知修正后的 U'_{ij} 的计算公式中各项的影响。各项的主要不确定性因素为广东机组可交易电量 $Q_j - Q_{j0}$ 的降低量、修正后的煤价 P'_{ci} 、修正后的煤价差 $\Delta P'_{ij}$ 和输电损耗 K_{ij} 。

用 U'_I 、 U'_{II} 、 U'_{III} 和 U'_N 分别表示计及环境成本后,广东机组 I—IV 参与的排序最高的发电权交易的收益。当此交易收益不大于 0 时,对应等级容量机组参与的其他发电权交易的收益均小于 0,该容量等级机组不具备与贵州机组发电权交易的可行性。基

于此,本文研究 U'_I 、 U'_II 、 U'_III 和 U'_IV 对 4 个不确定因素的敏感性,并确定不同情况下的交易结果和交易可行性。

3.2 可交易电量的降低对交易结果的影响

如图 2 所示,当其他因素不变时,随着可交易电量 $Q_j - Q_{j0}$ 的降低量小于 40%,各容量等级机组参与的交易的收益上升,但增加量较小;当 $Q_j - Q_{j0}$ 降低量超过 40% 时, U'_III 因为交易次序的改变,大幅度增加,其他容量等级机组收益变化不大;当 $Q_j - Q_{j0}$ 下降超过 70% 时, U'_IV 随 $Q_j - Q_{j0}$ 下降量的增加快速增长,但直到下降幅度超过 85% 时,交易才具有可行性,此时交易量过小,不予考虑,其他容量等级机组收益变化不大。

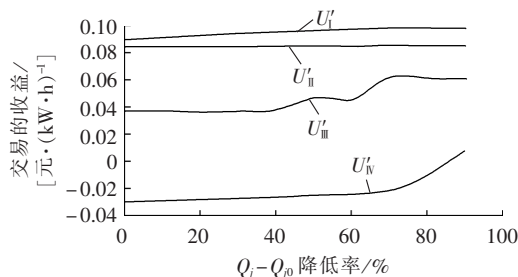


图 2 可交易电量的降低对收益的影响

Fig.2 Impact of tradable electricity reduction on profit

因此,可交易电量下降量的影响主要体现在其下降 40% 后,增加 300 MW 容量等级机组参与交易的收益。

3.3 修正后的煤价对交易结果的影响

如图 3 所示,当其他因素不变时,广东各容量等级机组参与的交易的收益与修正煤价 P'_{ci} 同向变动,且受其影响量随机组容量的增大而递增。煤价和环境成本变化的综合影响使 P'_{ci} 每升高 10%, U'_I 增加最多,为 0.013 元/(kW·h), U'_IV 增加最少,仅为 0.004 元/(kW·h)。

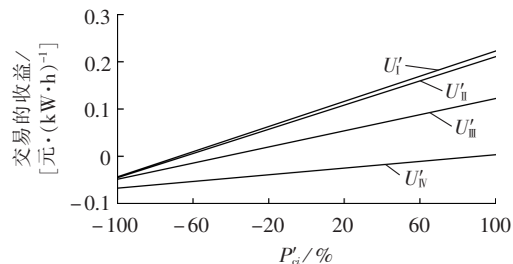


图 3 修正后的煤价对收益的影响

Fig.3 Impact of revised coal price on profit

当其他因素不发生变化, P'_{ci} 上升 80% 时,广东的容量小于 300 MW 的机组才能够参与交易; P'_{ci} 分别下降 40%、69% 和 70% 之后, U'_II 、 U'_III 和 U'_IV 依次变为负值,在此之前,对应容量等级的机组均能参与交易。

3.4 修正后的煤价差对交易结果的影响

如图 4 所示,当其他因素不变时,广东各容量等级机组参与的交易的收益对修正后的煤价差 $\Delta P'_{ij}$ 的敏感性基本一致,与其反向变动,即省间煤价差和环境成本差异的变化的综合影响使 $\Delta P'_{ij}$ 每升高 10%,各交易的收益分别下降约 0.01 元/(kW·h)。

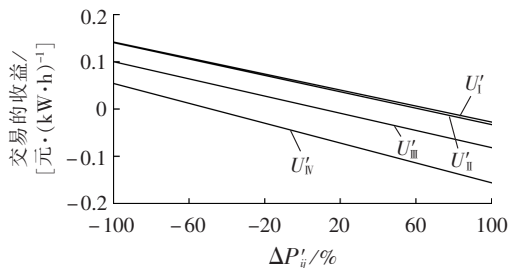


图 4 修正后的煤价差对收益的影响

Fig.4 Impact of revised coal price difference on profit

当其他因素不发生变化, $\Delta P'_{ij}$ 下降 20% 时,广东的容量小于 300 MW 的机组才能参与交易; $\Delta P'_{ij}$ 分别上升 37%、87% 和 92% 之后, U'_II 、 U'_III 和 U'_IV 依次变为负值,在此之前,对应的容量等级的机组均能参与交易。

3.5 多因素敏感性分析

因可交易电量 $Q_j - Q_{j0}$ 的影响相对较小,假设其保持当前值不变,分别将 U'_I 、 U'_II 、 U'_III 和 U'_IV 的值取为 0,计算其他不确定因素同时变化的使交易可行的临界值。此外,特高压输电的线损是超高压的 20%~50%^[14],为简化分析,只考虑输电损耗 K_{ij} 下降 50% 的情况。

如图 5 所示, P'_{ci} 和 $\Delta P'_{ij}$ 同时变化时,在各临界线以上的区域为发电权交易的可行区域。可行区域的大小随参与交易的广东机组容量的增大而增大。广东 300 MW 容量等级机组参与的交易的临界线最靠近基准情况,当 P'_{ci} 负向变动,或 $\Delta P'_{ij}$ 正向变动,或两者同时发生时,该容量等级机组参与交易的可行性最先改变,使交易不可行。

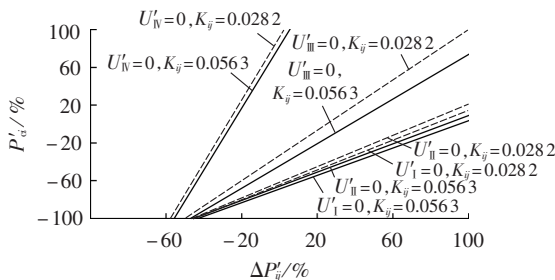


图 5 P'_{ci} 、 $\Delta P'_{ij}$ 、 K_{ij} 对收益的影响

Fig.5 Impact of P'_{ci} , $\Delta P'_{ij}$ and K_{ij} on profit

输电损耗 K_{ij} 下降 50% 后,各可行区域均减小,变化最显著的为广东 300 MW 容量等级机组参与交易的可行区域。

4 结论

送受电双方的发电权交易可部分补偿外来电力给广东火电机组带来的负荷及收益损失,补偿比例受环境成本影响。

a. 不计环境成本时,广东火电机组少的负荷可通过发电权交易全部得到利用,交易双方均获得收益。

b. 计及环境成本会增加广东 1000 MW 机组参与的发电权交易的收益,但增加量随机组容量的降低而递减,使广东 300 MW 机组不能参与交易,全部机组参与交易获得的总收益降低 9%。

c. 考虑环境成本的单位煤耗成本及其省间差异分别是影响最大的正面和负面因素,可交易电量的降低量和输电损耗主要影响广东 300 MW 容量等级机组参与交易的收益。

d. 参与交易的广东机组的容量越低,交易可行区域越小。在主要因素发生使收益降低的变动时,广东 300 MW 容量等级机组参与交易的可行性最先变化。

e. 本文未研究发电权交易的电网安全和供电质量等方面的约束,对此应开展进一步研究。

参考文献:

- [1] 张森林,孙延明,张尧. 南方电力市场省间合约转让与置换交易机制研究[J]. 电网技术,2012,36(12):262-268.
ZHANG Senlin,SUN Yanming,ZHANG Yao. Research on mechanism of inter-provincial contract transfer and replacement transaction in South China electricity market[J]. Power System Technology,2012,36(12):262-268.
- [2] 国家能源局南方电监局. 广东省电力调度中心 2012 年 1—12 月直调并网发电机组等效负荷率报表[EB/OL]. (2011-12-16).
http://nfj.nea.gov.cn/html/72/dynamic_display_11.html,2012.
- [3] 国家能源局南方电监局. 贵州省电力调度中心 2012 年 1—12 月直调并网发电机组等效负荷率报表[EB/OL]. (2011-12-16).
http://nfj.nea.gov.cn/html/72/dynamic_display_12.html,2012.
- [4] 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.
SHANG Jincheng. Generation right exchange theory and its applications based on energy-saving and emission-reducing:part one generation right exchange theory[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(12):46-52.
- [5] 周明,赵颖,李庚银. 发电权交易对电网输电服务成本的影响[J]. 电网技术,2010,34(1):134-138.
ZHOU Ming,ZHAO Ying,LI Gengyin. Impacts of generation rights transaction on transmission service cost[J]. Power System Technology,2010,34(1):134-138.
- [6] 卢志刚,陈静思. 计及网损的发电权交易报价修正方法[J]. 电网技术,2010,34(3):146-149.
LU Zhigang,CHEN Jingsi. A method to modify quoted price of generation right tradeoff considering network loss[J]. Power System Technology,2010,34(3):146-149.
- [7] 于琪,张晶,王宣元,等. 区域发电权交易网省协调优化模式研究[J]. 电力自动化设备,2013,33(3):90-95.

YU Qi,ZHANG Jing,WANG Xuanyuan,et al. Coordinated optimization between regional and provincial grids for regional generation right trade[J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(3):90-95.

- [8] 龙军,郑斌,郭小璇,等. 一种求解环境经济发电调度的交互式多目标优化方法[J]. 电力自动化设备,2013,33(5):83-88.
LONG Jun,ZHENG Bin,GUO Xiaoxuan,et al. Interactive multi-objective optimization of environmental and economic power generation scheduling[J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(5):83-88.
- [9] 艾东平,鲍海,杨以涵. 用于发电权交易安全校核的发电机有功功率线性分布因子算法[J]. 电力自动化设备,2010,30(12):42-46.
AI Dongping,BAO Hai,YANG Yihan. Algorithm of generation linear distribution factors for security analysis of generation rights trade[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(12):42-46.
- [10] 丁淑英,张清宇,徐卫国,等. 电力生产环境成本计算方法的研究[J]. 热力发电,2007(2):1-3.
DING Shuying,ZHANG Qingyu,XU Weiguo,et al. Study on calculation method of environmental costs for power generation[J]. Thermal Power Generation,2007(2):1-3.
- [11] 李振杰,李芙蓉,袁越. 考虑短期运行成本的输电网过网费定价策略[J]. 电力自动化设备,2013,33(8):21-28.
LI Zhenjie,LI Furong,YUAN Yue. Pricing strategy of transmission network wheeling cost considering short-term operational cost[J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(8):21-28.
- [12] 刘振亚,张启平. 国家电网发展模式研究[J]. 中国电机工程学报,2013,33(7):1-10.
LIU Zhenya,ZHANG Qiping. Study on development mode of national power grid of China[J]. Proceedings of the CSEE,2013,33(7):1-10.
- [13] 魏学好,李瑞庆,陈宇晨. 具有节能减排内核的电力市场新模式[J]. 电力系统自动化,2009,33(15):25-28.
WEI Xuehao,LI Ruiqing,CHEN Yuchen. A new electricity power market model embedding core function of energy-saving and emission-reduction[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(15):25-28.
- [14] 周浩,余宇红. 我国发展特高压输电中的一些重要问题的讨论[J]. 电网技术,2005,29(12):1-9.
ZHOU Hao,YU Yuhong. Discussion on several important problems of developing UHV AC transmission in China[J]. Power System Technology,2005,29(12):1-9.

作者简介:



傅鸿浩

傅鸿浩(1988-),男,江西新余人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统经济运行与分析(E-mail:fuhh@ms.giec.ac.cn);

蔡国田(1975-),男,湖南宜章人,副研究员,博士,主要研究方向为经济地理和能源战略(E-mail:caigt@ms.giec.ac.cn);

赵黛青(1957-),女,江苏南京人,研究员,博士研究生导师,博士,主要研究方向为能源战略和低碳经济发展等。

(下转第 111 页 continued on page 111)

et al. Optimal network reconfiguration of large-scale distribution system using harmony search algorithm[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2011, 26(3): 1080-1088.

[16] 岳炭. 粗粒度并行遗传算法的计算性能及其研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2008.

YUE Kan. Study on the computation performance and application of the coarse-grained parallel genetic algorithms[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008.

[17] 葛少云, 刘自发, 余贻鑫. 基于改进禁忌搜索的配电网重构[J]. 电网技术, 2004, 28(23): 22-26.

GE Shaoyun, LIU Zifa, YU Yixin. An improved tabu search for reconfiguration of distribution systems[J]. Power System Technology, 2004, 28(23): 22-26.

[18] BARAN M E, WU F F. Optimal capacitor placement on radial distribution systems[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1989, 4(1): 725-734.

作者简介:



胡 卫

胡 卫(1989-),男,湖南娄底人,硕士研究生,从事配电网自动化研究(E-mail: 331511645@qq.com);

黄 纯(1966-),男,湖南沅江人,教授,博士研究生导师,博士,从事配电系统自动化、电能质量分析与控制研究(E-mail: yellowpure@hotmail.com)。

Distribution network reconfiguration based on artificial cultivated hybrid

HU Wei¹, HUANG Chun¹, SUN Yanguang², JIA Tianyun², CHEN Zhufeng¹, LING Liyuan¹

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410012, China;
2. Automation Research and Design Institute of Metallurgical Industry, Beijing 100071, China)

Abstract: An algorithm based on biological ACH(Artificial Cultivated Hybrid) is proposed for the economic reconstruction of distribution network. A base loop set of the distribution network is found and coded to form a chromosome set. Each chromosome evolves in its optimal direction first, and the evolution directions are then guided by the chromosome hybridization with a certain probability until the global optimum is searched. Measures are taken, such as shortening chromosome length, performing parallel evolution, etc., to quickly find the global optimum, avoid the local optimum and efficiently balance the relationship between local convergence and global optimization. A method based on the branch classification is proposed for the complete repair of infeasible solutions. The simulative results of IEEE 33-bus system and IEEE 69-bus system demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed algorithm.

Key words: electric power distribution; reconfiguration; artificial cultivated hybrid; genetic algorithms; infeasible solution; repair; chromosome; optimization

(上接第 105 页 continued from page 105)

Generation right trade of trans-province power transmission considering environmental cost and sensitivity analysis

FU Honghao^{1,2,3}, CAI Guotian^{1,2}, ZHAO Daiqing^{1,2}

(1. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;
2. Key Laboratory of Renewable Energy, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: A model of thermal power unit generation right trade between two parties of trans-province power transmission contract is built with the environmental cost as a part of generation cost and the impact of environmental cost on the trade profit is calculated for Guizhou and Guangdong in south channel for sending power from west to east China. The sensitivity analysis is adopted to analyze the impact of main uncertainty factors on the trade profit and determine the feasible trade areas. Results show that, without the environmental cost, all the thermal power units of Guangdong can operate through the generation right trade and both parties get profit; with the environmental cost, the trade profit of Guangdong 1 000 MW units increase while the total trade profit decrease because its units below 300 MW are out of the trade; with the environmental cost, four main factors influence the trade profit of Guangdong 300 MW units, including the unit coal price, its difference between provinces, the amount of tradable electricity reduction and the power transmission loss. When the variation of the four factors makes the trade profit decreasing, the trade feasibility of Guangdong 300 MW units is influenced first.

Key words: trans-province; electric power transmission; contract parties; thermal power; generation right trade; sensitivity analysis; models; costs