

带遗传算子模拟植物生长算法在 AGC 机组调配 经济性中的应用

黄伟峰, 姚建刚, 韦亦龙, 刘 苏, 汤成艳

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要: 建立 AGC 机组调配调节费用的数学模型, 采用一种带遗传算子模拟植物生长算法(Plant Growth Simulation Algorithm, PGSA), 应用于机组调配经济性研究。为解决完整模拟植物生长过程全局搜索可能速度过慢的问题, 采用最优保留和最差杂交后保留的策略, 可在加速计算速度的同时抑制早熟, 防止陷入局部最优。此外, 为防止新生长点过于聚集, 采用 K-means 聚类算法对机组进行分类, 并在长出新生长点时, 同类机组选择差异性较大的变异方式。对于存在多个最优解, 采用多解平均法, 确保机组调配的公平性。通过计算结果对比验证了该算法的合理性及有效性。

关键词: 遗传算子; 模拟植物生长算法; K-means 聚类算法; AGC 机组; 调配经济性

Application of plant growth simulation algorithm with genetic operators in the economical AGC unit dispatch

HUANG Weifeng, YAO Jiangan, WEI Yilong, LIU Su, TANG Chengyan

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: This paper establishes a mathematic model about the cost of dispatch and regulation of AGC units, uses a plant growth simulation algorithm with genetic operators, and applies the algorithm to the research of economical unit dispatch. In order to tackle the problem of low speed in full-scale search while having full simulation of plant growth, it adopts the method of reserving the best and reserving the better after the hybridization of the worst, which helps to accelerate the calculation speed while restraining precocity and avoiding from local optimum. In addition, to prevent excessive aggregation of growing points, it applies K-means clustering algorithm to classify for the units, and then chooses the variation of bigger otherness for the units of the same kind when growing new growing points. As for the multiple optimal results, it distributes equally for the unit to ensure the equality of units dispatch. By comparing the calculation results, the rationality and validity of this algorithm are verified.

Key words: genetic operators; plant growth simulation algorithm; K-means clustering algorithm; AGC unit; economical dispatch

中图分类号: TM71 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)06-0072-06

0 引言

电力市场建立后, 厂网分离, 两者已成为不同的利益主体, 电力运营机制也发生着相应的变化。传统垂直式管理的体制下, AGC 机组是以无偿形式参与 AGC 服务, 而在电力市场环境下, 厂网均需追求各自的经济效益^[1], 机组调配的方式正在向竞争模式转变^[2-3]。就电网而言, 为维持电网频率及联络线功率稳定, 需调配 AGC 机组参与 AGC 服

务, 实现电网功率平衡。从经济性的角度出发, AGC 机组的调配是在满足电网调节容量及速率需求的前提下, 尽可能降低支付的调节费用^[4-5]。

AGC 机组调配, 包含机组选择与不选择“0”、“1”离散变量和被选择机组参与调节量大小的连续变量^[6-8], 同时可能参调的机组较多, 因此是一个混合非线性、高维^[9]的优化组合问题^[10-12]。目前关于发电市场 AGC 机组功率调配和机组组合问题的处理方法大致有: 优先顺序法、动态规划法^[13]、

遗传算法^[14-15]、粒子群算法^[16-17]、免疫算法^[18]等。本文采用带遗传算子模拟植物生长算法, 兼顾了收敛速度和收敛效果, 采用最优保留和最差杂交后保留的策略, 可在加速计算速度的同时抑制早熟, 防止陷入局部最优; 采用 K-means 聚类算法对机组进行分类, 并将同类机组选择差异性较大的变异方式, 进一步扩大寻优范围; 对于存在多个最优解, 采用多解平均法, 确保机组调配的公平性。

1 AGC 机组调配数学模型^[18]

1.1 目标函数

AGC 机组经济性调配, 即在满足系统运行调节容量和调节速度要求及机组自身约束的前提下, 选择最佳的机组调配组合及调节容量分摊, 使电网总支付的调节费用最低。设 n 为可被调用的机组数, 则再一次调用的总费用(即目标函数)可表示为

$$J = \min \sum_{i=1}^n c_i s_i x_i \quad (1)$$

式中: n 是能够被调用的 AGC 机组数量; c_i 是机组对应的基点出力当日各点发电报价的平均值, 单位元/MWh, 反映机组的价格水平; s_i 为机组参与调节的容量, MW; x_i 表示机组参与调节的状态, “0”表示不参与, “1”表示机组参与调节。

1.2 约束条件

AGC 机组调配的约束条件包括: 系统所需调节容量、调节速度及机组自身调节容量上下限。

1) 电网所需调节容量约束条件

$$\sum_{i=1}^n s_i x_i \geq s_{\text{need}} \quad (2)$$

式中, s_{need} 为某一时刻系统需要参与调节的总调节量。

2) 电网所需速率约束条件

$$\sum_{i=1}^n v_i x_i \geq v_{\text{need}} \quad (3)$$

式中: v_{need} 为某一时刻系统所需 AGC 调节速率; v_i 为机组 i 的调节速率。

3) 机组自身调节容量上下限约束条件

$$s_{i\text{min}} \leq s_i \leq s_{i\text{max}} \quad (4)$$

式中, $s_{i\text{min}}$ 、 $s_{i\text{max}}$ 为机组自身可供调节容量上、下限。

2 模拟植物生长算法^[19-21]

模拟植物生长算法是在深入研究植物的生长过程的基础上提出的, 可较好地解决整型规划问题。植物的生长过程描述: 从树根节点开始, 生长出第一个主干, 主干上的生长点可能不止一个, 可

根据各个生长点形态素分配的浓度的大小, 以概率的形式来决定下一个优先生长的生长点的位置。生长后的生长点上长出枝干, 枝干上又包含着若干新生长点, 植物形态素在所有生长点上进行浓度重新分配, 再次根据形态素浓度来决定下一生长点的位置, 如此反复, 将形成一棵布满整个生长空间的树。

模拟植物生长算法是模拟植物树干、树枝不断生长, 直至长满整个生长空间的过程来搜索全局最优解。植物生长的内在动力及向光性作用力体现在光源影响着形态素的分配, 继而影响着茎、枝干繁殖生长的方向。将整个生长空间视为解的可行域, 光源为全局最优解, 整个植物的长势将呈现出向光性。

根据植物学中的形态素浓度理论建立不同光线强度环境下按照全局最优的方式向着光源快速生长的动力模型。植物形态素分配的理论模型可描述为: 每个生长点(茎和枝干上生长点)与树根节点(视为参照点)向光函数进行比较, 差值表示该生长点所受光照的强度, 淘汰光照强度为负的生长点, 并将形态素按光照强度比例在各生长点之间分配。根据上述理论模型, 可分别得出茎和枝干生长点形态素浓度的计算公式。假设 M 表示茎长, 茎上有 k 个生长点表示为 $S_M = (S_{M1}, S_{M2}, \dots, S_{Mk})$, 每个生长点 k 各自的形态素浓度值大小可表示为 $P = (P_{M1}, P_{M2}, \dots, P_{Mk})$; 植物树枝的单位长度为 m ; 树枝上有 l 个生长点表示为 $S_m = (S_{m1}, S_{m2}, \dots, S_{ml})$, 各生长点形态素浓度值是 $P_m = (P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{ml})$, 下面给出了茎、枝上生长点形态素浓度值计算公式。

$$P_{Mi} = \frac{f(S_{Mi}) - f(x_0)}{\sum_{i=1}^k (f(S_{Mi}) - f(x_0)) + \sum_{j=1}^l (f(S_{mj}) - f(x_0))} \quad (5)$$

$$P_{mj} = \frac{f(S_{mj}) - f(x_0)}{\sum_{i=1}^k (f(S_{Mi}) - f(x_0)) + \sum_{j=1}^l (f(S_{mj}) - f(x_0))} \quad (6)$$

式中: x_0 表示初始原点; 实际应用中 $f(*)$ 可表示为各生长点的目标函数值。

由以上两个公式可以得出: 一棵植物上所有的生长点的形态素浓度相加之和为 1。

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l (P_{Mi} + P_{mj}) = 1 \quad (7)$$

形态素浓度确定后, 茎、枝上共包含 $k+l$ 个生长点, 即 $(x_1, x_2, \dots, x_{k+l})$, 其各自的形态素浓度分别为 $(p_1, p_2, \dots, p_{k+l})$ 。接下来随机生成一个 $[0, 1]$ 之间的数字, 用来选择下一次生长的新生长点。将所有生长点形态素浓度按照大小顺序叠加排在 $[0, 1]$ 的数轴上, 如图 1 所示。

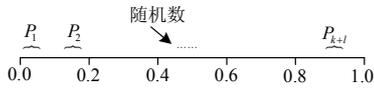


图 1 形态素浓度状态空间

Fig. 1 State space of morphactin concentration

如果随机刚好处于 P_i 内，则生长点 i 即为下一生长周期的新生长点。 k 和 l 随着生长出新枝而不断变化，新枝长出后，刚长出的新枝的生长点将从生长集合中删除，新生长出的枝干上的所有生长点将被加入到生长集合中，如此反复执行，直到没有新的枝干长出，最后形成一棵具有趋光特性的完整植物。

3 带遗传算子的改进策略

基本模拟植物生长算法在每一个生长周期都将新增加的生长点纳入生长点集。随着生长周期的增加，生长点集的数量将大量增加，并进入下一生长周期，这将严重影响算法的计算速度，并不适应 AGC 机组调配快速性的要求。为此，本文认为可以选择最优保留的策略，将每个生长周期里面最优的前 N 个生长点形成一个新的生长点集，以控制计算的数量，缩短计算时间；但这样可能无法保证对全局变量寻优，为此针对 AGC 机组调配的特性，提出选择 W 个最差的生长点进行交叉计算，形成另一生长点集，将两生长点集合并，进入下一生长周期。这样既保证了计算速度，又可以扩大生长点搜索的范围，避免陷入局部最优。同时当算法迭代过程中当前最优值连续出现 K 次最优时，为防止出现生长点过于聚集，在长出新生长点时引入基于 K-means 聚类算法的变异算子。对所有 AGC 机组进行 K-means 聚类，将机组分成若干类，每次生长周期在基点处长出新生长点时(即逐个改变机组选择， n 个机组形成 n 个新生长点，可视为基因变异的过程)，同类机组以差异较大的概率进行选择变化，这样可避免同类机组选择变化亦趋亦步，生长点空间过于聚集，陷入局部最优。同时，为防止重复计算，将计算过的生长点函数值存入数据库中，方便存取。具体算法流程如图 2 所示。基于 K-means 变异算子新生长点选择步骤：

- (1) 初始随机选取 k 个聚类质心： c_1, c_2, \dots, c_k ；(k 值可由调度人员根据 AGC 机组情况而定)；
- (2) 计算每个 AGC 机组(属性包括：调节速率、容量上、下限)到各簇中心的距离，到各簇中心的距离常采用欧式距离，以邻近距离最短原则聚类到各簇中去；
- (3) 计算所有点的坐标平均值，并将平均值作

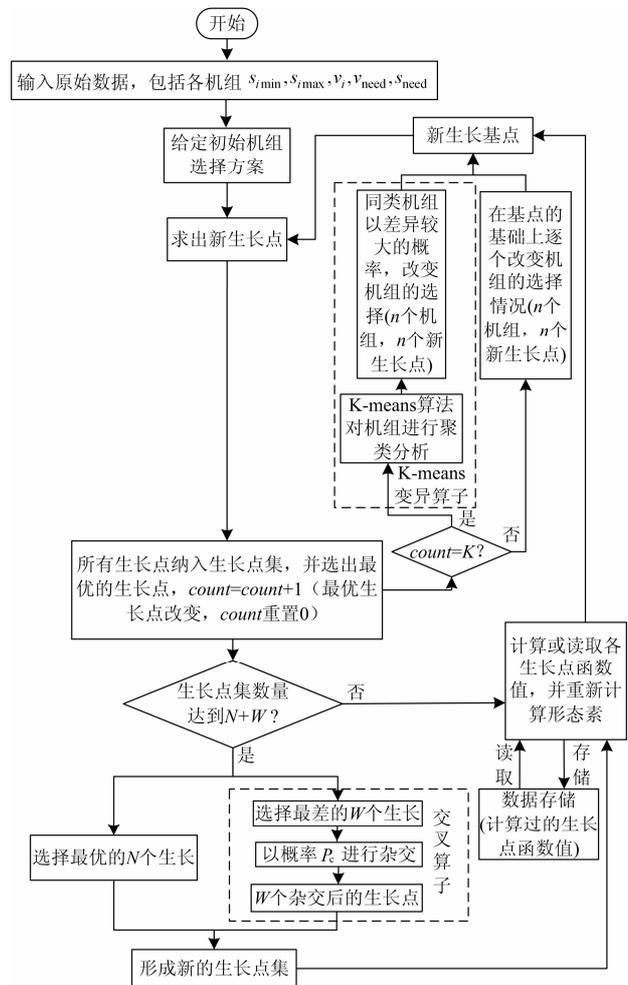


图 2 带遗传算子模拟植物生长算法流程图

Fig. 2 Flowchart of PGSA with genetic operators

为新的聚类中心，反复执行(2)、(3)，直到聚类中心不再进行大范围移动或者聚类次数达到要求为止；

(4) 在新生长基点处生长出新生长点时，同类机组以差异较大的概率进行机组选择的改变。

4 算例分析

为验证本算法性能，采用带遗传算子模拟植物生长算法对文献[18]中电厂(如表 1)进行调配计算。

AGC 机组 K-means 聚类分析结果如表 2 所示。

可以看出 15 台机组可分为 3 类。为验证各算法求解最优值的效果，可进行 20 次试验，并观察最优值的平均值及达到最优值的收敛次数。由于硬件不同，计算时间不具有可比性^[8]。假设某时刻：

$S_{need} = 133 \text{ MW}$, $v_{need} = 33 \text{ MW/min}$, 取 $P_c = 0.8$ 。参考文献[18], 算法最优解平均值和收敛次数如表 3 所示。

对比表中数据表明，带遗传算子模拟植物生长算法每次均可收敛到最优解，且最优解明显优于其

他算法。

表 1 AGC 机组调节参数和报价表

Table 1 AGC unit regulation indices and their bids

机组名称	编号	调节速率/ MW·min ⁻¹	调容上 限/MW	调容下 限/MW	标价/元· (MWh) ⁻¹
锦州 1#	1	5	17	34	126.7
锦州 2#	2	5	17	34	126.7
锦州 3#	3	5	17	34	126.7
锦州 4#	4	6	17	34	126.7
锦州 5#	5	5	17	34	126.7
锦州 6#	6	5	17	34	126.7
新辽电 14#	7	4	17	34	196.87
大连湾 1#	8	4	27.5	55	196.945
大连湾 2#	9	4	27.5	55	278.05
大连湾 3#	10	2	27.5	55	293.995
大连湾 4#	11	4	27.5	55	264.82
丹东 1#	12	3	28	56	210
丹东 2#	13	2	28	56	127.09
清河 5#	14	3	18	36	127.04
清河 8#	15	3	18	36	127.04

表 2 AGC 机组聚类结果

Table 2 Results of AGC unit clustering

机组名称	类别
新辽电 14#, 大连湾 1#, 丹东 1#	1
大连湾 2#, 大连湾 3#, 大连湾 4#	2
锦州 1#, 锦州 1#, 锦州 1#, 锦州 1#, 锦州 1#, 丹 东 2#, 清河 5#, 清河 8#	3

表 3 各种算法收敛次数和最优解

Table 3 Optimal solution and convergence of various algorithms

算法名称	最优解的平均值/元	收敛到最优解次数
标准遗传算法	2.656×10 ⁴	9
混沌遗传算法	2.363 4×10 ⁴	17
改进免疫算法	1.776 7×10 ⁴	20
带遗传算子模拟植物	1.685 7×10 ⁴	20

将遗传算法^[17]、自适应粒子群^[17]、改进免疫算法^[18]与带遗传算子模拟植物生长算法的调配结果进行对比, 如表 4、表 5 所示。

由对比结果可知, 改进免疫和带遗传算子模拟植物生长算法较遗传及自适应粒子群算法具有更强的全局最优解搜索能力; 但改进免疫算法跟遗传算法、自适应粒子群算法一样均存在机组分配不公

的问题, 即同样的机组所分配到的调节容量却不同。

表 4 各算法 AGC 机组调配结果

Table 4 AGC selection results based on various algorithms

机组编号	遗传		自适应粒子群		改进免疫		带遗传算子模拟植物	
	参调容量/MW	选择	参调容量/MW	选择	参调容量/MW	选择	参调容量/MW	选择
1	20.58	1	18.195 3	1	18.585 2	1	19.166 7	1
2	17	1	18.951 1	1	20.414 8	1	19.166 7	1
3	17	1	17.000 0	1	22.118 4	1	19.166 7	1
4	17	1	17.000 0	1	17.005 7	1	19.166 7	1
5	17	1	17.000 0	1	17.682	1	19.166 7	1
6	17	1	17.353 8	1	19.107 9	1	19.166 7	1
7	0	0	17.000 0	0	17.291 6	0	0	0
8	0	0	27.500 0	0	36.789 5	0	0	0
9	27.5	1	27.500 0	1	28.229 3	0	0	0
10	0	0	55.000 0	0	48.192 7	0	0	0
11	0	0	27.500 0	0	42.125 9	0	0	0
12	0	0	28.000 0	0	45.309 4	0	0	0
13	0	0	28.000 0	0	37.213 6	0	0	0
14	0	0	18.000 0	0	18.084 1	1	9	1
15	0	0	18.000 0	0	32.485 9	0	9	1

表 5 各算法结果比较

Table 5 Comparison of the results among various algorithms

算法	调节成本/元	参调容量/MW	调节速度/ MW·min ⁻¹
遗传	16 870.2	133.08	35
自适应粒子群	16 859.0	133	35
改进免疫	16 857.2	133	34
带遗传算子模拟植物	16 857.2	133	34

5 结论

带遗传算子模拟植物算法生长算法, 主要原理为模拟植物生长过程及其趋光性, 方法简单, 容易理解。同时采用遗传算法交叉、变异的思想, 将交叉算子应用于生长点集保留策略, 将 K-means 变异算子应用于新生长点选择方式, 充分扩大了最优解的搜索范围, 较好地解决了为加快计算速度选择最优生长点保留的策略可能导致陷入局部最优的缺点。此外, 模拟植物生长算法是在机组组合方式确定的情况, 采用线性规划法进行机组最优调配, 有利于机组之间均匀分配。而遗传算法、粒子群算法、

免疫算法等人工智能算法采用的是随机搜索寻优, 仅仅以支付费用作为寻优的目标函数并未考虑机组之间分配的公平性, 容易导致结果最优、但分配不均的问题。

参考文献

- [1] 王娟娟, 李卫东, 赵闻蕾, 等. 电力市场中 AGC 辅助服务的成本研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 56-60.
WANG Juanjuan, LI Weidong, ZHAO Wenlei, et al. Overview of AGC ancillary service costs in electric market[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(24): 56-60.
- [2] 林万菁. 发电侧电力市场 AGC 机组调配研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2004.
LIN Wanjing. Research of AGC unit dispatch in the power market of generation side[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004.
- [3] 谭忠福, 董力通, 刘文彦, 等. 发电机组污染排放约束条件下电量互换合作博弈优化模型[J]. 电工技术学报, 2012, 27(5): 246-250.
TAN Zhongfu, DONG Litong, LIU Wenyan, et al. A cooperation game optimization model for energy generating interchange between power generation units with environment emission constraints[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(5): 246-250.
- [4] 姚鹏, 张靠社, 周树, 等. 自动发电控制(AGC)服务调配应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(21): 120-125.
YAO Peng, ZHANG Kaoshe, ZHOU Shu, et al. The application of research of AGC service allotment[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(21): 120-125.
- [5] 周永灿, 李杨, 王蓓蓓. 电力市场环境 2 种调度方法对 AGC 机组调配的影响[J]. 电网技术, 2010, 34(7): 154-159.
ZHOU Yongcan, LI Yang, WANG Beibei. Impact of two dispatching methods on AGC unit dispatch in electricity market environment[J]. Power System Technology, 2010, 34(7): 154-159.
- [6] 杨林峰, 简金宝, 韩道兰, 等. 机组组合问题的超立方锥松弛模型及其求解方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(7): 252-260.
YANG Linfeng, JIAN Jinbao, HAN Daolan, et al. A hyper-cube cone relaxation model and solution for unit commitment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(7): 252-260.
- [7] 谢俊, 李振坤, 章美丹, 等. 机组调峰的价值量化与费用补偿[J]. 电工技术学报, 2013, 28(1): 272-276.
XIE Jun, LI Zhenkun, ZHANG Meidan, et al. Peaking value quantification and cost compensation for generators[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(1): 272-276.
- [8] 张宁宇, 高山, 赵欣. 一种考虑风电随机性的机组组合模型及其算法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(5): 22-28.
ZHANG Ningyu, GAO Shan, ZHAO Xin. An unit commitment model and algorithm with randomness of wind power[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(5): 22-28.
- [9] 许丹, 夏少连, 丁强, 等. 基于启发式混合整数规划法求解大规模机组组合问题[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(21): 1-6.
XU Dan, XIA Shaolian, DING Qiang, et al. Fast unit commitment based on heuristic mixed integer programming[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(21): 1-6.
- [10] 张宁宇, 高山, 赵欣. 一种求解机组组合问题的快速拉格朗日松弛法[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(19): 47-53.
ZHANG Ningyu, GAO Shan, ZHAO Xin. A fast lagrangian relaxation method for unit commitment[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(19): 47-53.
- [11] 吉鹏, 周建中, 张睿, 等. 改进量子进化混合优化算法在溪洛渡电站机组组合中的应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(4): 84-91.
JI Peng, ZHOU Jianzhong, ZHANG Rui, et al. Study of unit commitment in Xiluodu based on a hybrid optimization algorithm of improved quantum evolution algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(4): 84-91.
- [12] 雷啸鹏, 江岳文, 温步瀛, 等. 一种用于 AGC 机组调配的混沌多 Agent 双重粒子群算法[J]. 电网与清洁能源, 2013, 29(6): 10-15.
LEI Xiaopeng, JIANG Yuewen, WEN Buying, et al. A chaos multi Agent dual particle swarm optimization algorithm for AGC unit dispatchment[J]. Power System Protection and Clean Energy, 2013, 29(6): 10-15.
- [13] 杨国城. 基于动态规划算法的电力调度优化分配软件的设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
YANG Guocheng. The design and implementation of dynamic algorithm in power dispatch optimization

- allocation software[D]. Xi'an: Xidian University, 2011.
- [14] 李媛媛, 宋永华, 魏少岩. AGC 机组调配经济性的混沌遗传算法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(14): 17-21.
LI Yuanyuan, SONG Yonghua, WEI Shaoyan. Research of chaos genetic algorithm on AGC units dispatchment[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(14): 17-21.
- [15] 李卫东, 吴海波, 武亚光, 等. 电力市场下 AGC 机组调配的遗传算法[J]. 电力系统自动化, 2003, 29(15): 20-24.
LI Weidong, WU Haibo, WU Yaguang, et al. Application of genetic algorithm to AGC service dispatch in a deregulation power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 29(15): 20-24.
- [16] 王亚军, 房大中. 基于粒子群优化算法的 AGC 机组调配研究[J]. 继电器, 2007, 35(17): 58-61.
WANG Yajun, FANG Dazhong. Research on AGC units dispatch based on particle swarm optimization algorithm[J]. Relay, 2007, 35(17): 58-61.
- [17] 周霞, 吴英俊. 基于自适应粒子群优化算法的 AGC 机组调配研究[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(1): 1-4.
ZHOU Xia, WU Yingjun. Research on AGC units dispatch based on adaptive particles warm optimization algorithm[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2009, 28(1): 1-4.
- [18] 王建国, 丛聪, 韩娜, 等. AGC 机组调配经济性的改进免疫算法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(18): 32-36.
WANG Jianguo, CONG Cong, HAN Na, et al. Research of improved immune algorithm for economic AGC unit dispatch[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(18): 32-36.
- [19] 李彤, 王春峰, 王文波, 等. 求解整数规划的一种仿生态类全局优化算法—模拟植物生长算法[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(1): 76-85.
LI Tong, WANG Chunfeng, WANG Wenbo, et al. A global optimization bionics algorithm for solving integer programming—plant growth simulation algorithm[J]. System Engineering-Theory & Practice, 2005, 25(1): 76-85.
- [20] 丁雪枫, 尤建新. 模拟植物生长算法与应用[M]. 上海: 上海人民出版社, 2011.
- [21] 唐海波, 叶春明. 基于模拟植物生长算法的车间调度问题研究[J]. 机械科学与计算, 2010, 29(11): 1581-1585.
TANG Haibo, YE Chunming. Application of plant growth simulation algorithm to solving job shop scheduling problem[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2010, 19(11): 1581-1585.

收稿日期: 2014-06-11; 修回日期: 2014-06-25

作者简介:

黄伟峰(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为发电辅助服务、自动发电控制及电网规划; E-mail: 737007845@qq.com

姚建刚(1952-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力市场、负荷预测、配电系统自动化、智能电网等。

(编辑 葛艳娜)