

Multi-Constraint Load Optimal Dispatch in Power Plant Based on Genetic Algorithms

Xintong Tang, Xiaoping Ren

Changchun institute of technology, Changchun city, China, 130032

Email: tangxintong.2007@163.com

Abstract: Only load range is restricted in the traditional load distribution. Many constraints are considered for safety. Genetic Algorithms is applied to load dispatch in power plant in multi-constraint. In order to save search time in the allocation, constraints checking is designed before searching for the optimal solution using genetic algorithm. The solutions of not meeting constraints conditions are screening out. And the solutions after genetic operation are examined. Ensuring the high quality initial solutions is obtained. The search range is effectively reduced. The searching probability of the optimal solution is increased.

Keywords: Genetic Algorithms; units; load optimal dispatch

基于GA对多约束条件厂级负荷优化分配

唐昕彤, 任小平

长春工程学院, 吉林省长春市130032

Email: tangxintong.2007@163.com

摘要: 传统的负荷分配中的约束条件只限定负荷的范围, 实际电厂为了安全, 负荷分配时会考虑很多约束条件。本文考虑到机组的启停次数的约束、机组最小连续停运小时数约束和功率速度约束, 应用遗传算法对电厂中机组在多约束条件下进行负荷优化分配, 在分配时为了节约搜索时间, 在利用遗传算法搜索最优解前设计了约束条件的检查项, 将不符合条件的解先筛选出来, 并且将遗传操作后的解也进行了约束条件的检查, 保证初始解具有较高的质量, 可以有效地缩小搜索范围, 加大搜索到较优解的概率。

关键词: 遗传算法; 机组; 负荷优化分配

1 引言

由于厂级机组间的负荷优化分配是在无任何投资情况下进行的节能降耗措施, 因此得到广泛的关注^[1]。厂级间的负荷优化分配是在满足约束条件下使全厂煤耗最低。很多的分配方案中的约束条件只考虑了全厂的负荷约束和单机的负荷约束, 但是实际上约束条件是在保证机组运行安全的前提下, 依据机组所能承受的最大和最小负荷量限制、机组响应能力的限制、正常运行的安全性限制和系统的负荷要求来确定^[2]。

本文是对传统意义下的负荷优化中的约束条件进行了修正, 除了负荷的约束外还考虑了各机组启停次数约束、各机组最小连续停运和连续运行小时数约束、功率速度约束多个约束条件, 提出了多约束条件下

的负荷优化分配模型。考虑到数学模型的复杂性, 采用了遗传算法进行负荷优化分配^{[3][5]}。

2 多约束负荷优化分配的数学模型和求解

2.1 目标函数模型

对于火电机组负荷优化的目标就是在外界负荷一定的情况下电厂的总的煤耗率最小。这就需要知道机组的煤耗量与负荷特性曲线, 该曲线是通过热力实验中获取的数据及厂家提供的性能参数拟合出的, 经过修正求出单台机组的煤耗量与所带负荷的二次函数表达式, 具体的数学模型如下:

$$\min B(P) = \sum_{j=1}^n B_j(P_j) \quad (1)$$

式中: $B(P)$ 为全厂的煤耗特性曲线; $B_j(P_j)$ 第

j 台机组的煤耗特性曲线; n 为全厂机组参加带负荷的台数。

2.2 约束条件

1) 全厂总负荷约束

对于电厂来说首要的任务是满足外界负荷的需要, 并且由于电能的不能够储存, 因此各台机组的负荷 P_j 的总和应该等于外界给定的总负荷 P , 即:

$$P = \sum_{j=1}^n P_j \quad (2)$$

式中, P 为全厂的机组的总负荷; P_j 为第 j 台机组的负荷。

2) 单机负荷的约束

传统的负荷分配方法一般只考虑到全厂的约束条件, 最后有可能使单机的负荷超出机组实际的工作范围。机组的实际负荷范围是考虑到机组的长期最大出力 and 锅炉燃烧的稳定性, 即机组的最大负荷应为额定负荷 $P_{j\max}$, 最小负荷为锅炉不投油情况下的稳定负荷 $P_{j\min}$ ^[4]。因此:

$$P_{j\min} < P_j < P_{j\max} \quad (3)$$

3) 机组启停次数约束

由于机组的频繁启停不仅影响机组的安全性也影响了机组的经济性, 因此在程序中设计一个数组用来存储一定时间内各个机组启停的总数, 如果在这一时段内该机组的累计启停次数大于该机组允许启停次数, 则不允许该机组启动或停止, 即:

$$\sum_{j=1}^n |U_{jt} - U_{j(t-1)}| \leq M \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

式中, U_{jt} 第 j 台机组在第 t 时刻的状态; M 为调度周期内每台机组的最大允许启停次数。

为了减少遗传算法的计算量, 和减少机组因为频繁启停而引起的启动煤耗量, 在算法的设计中在满足各种约束条件的情况下, 尽量减少负荷状态的频繁变化。

4) 机组最小连续停运小时数

考虑到机组的安全性与经济性, 在程序设计时设计机组最小停运时间的限制, 其数学模型如下:

$$(U_{jt} - U_{j(t-1)}) \times \sum_{j=t-T}^{t-1} (1 - U_{ij}) \geq T \quad (5)$$

式中, T 为调度周期内每台机组的最小连续停运时间。

5) 功率速度约束

$$-\tau_{dj} \times 60 \leq (P_{jt} - P_{j(t-1)}) \leq \tau_{uj} \times 60$$

$$t = 1, 2, \dots, T \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$P_{Rij} \leq \tau_{uj} \times 60$$

$$t = 1, 2, \dots, T \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

式中, τ_{dj} 和 τ_{uj} 分别为发电机组 j 输出功率的允许的最大下降速度和最大上升速度。 P_{Rij} 为机组 j 的旋转备用率。

3 应用遗传算法进行负荷分配

遗传算法以其简单通用, 鲁棒性强; 群体搜索策略和群体中个体的信息交换, 搜索不依赖于梯度信息; 对数学模型的要求不高等特点, 适用于处理传统搜索方法难于解决的复杂和非线性问题^[6]。

3.1 遗传算法分配负荷

为了使群体具有多样性, 在初始化的设置时可以将参数设置的大一些, 但是这样会使搜索的时间变长。^[7]由于解群体的个体要求满足约束条件, 像机组组合这样包含大量约束条件的问题, 完全由随机方法产生一个可行解将浪费大量搜索的时间, 为解决这一问题, 设计了解群的约束条件的检查, 除了对初始解得约束条件检查外还应包括对遗传操作后产生的解群的约束条件的检查。并且在约束条件检查时采用了硬约束形式, 即如果不满足约束条件则重新产生初始解, 这样能保证初始解具有较高的质量, 可以有效地缩小搜索范围, 加大搜索到较优解的概率^[6]。

利用遗传算法的负荷分配流程如下:

3.2 约束条件的处理

在初始解进行约束条件检查时应逐一进行检查, 当有约束条件不满足时就强行重新产生初始种群; 当进行完遗传操作后的种群不满足终止条件进行重新迭代前先进行约束条件的检查, 当有不满足约束条件的解时, 将其先行筛除^[7]。

1) 启停次数的约束处理

从安全性和经济性角度出发, 机组不可能频繁的启停, 负荷增加时运行的机组尽量不停; 减负荷时停运

的机组不启动。

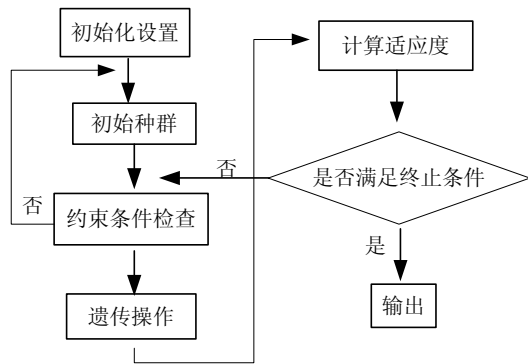


图1 遗传算法的流程

2) 机组最小停运的小时数

因为机组在启动时需要消耗的一定的燃料，并且机组的安全性受到威胁，不能随意停运和启动机组，因此设定机组停运的最小小时数。当机组的停运时间小于允许的最小停运时间，则机组不启动，当机组停运的时间大于允许的最小停运时间，在根据外界负荷的要求再决定是否启动该机组。

3) 功率速度的约束的处理

如果已知每台机组输出功率在当前状态下的最大允许上升速度和最大允许下速度，则对于已投入运行的机组，可以计算出系统最大的上升和下降速度。如果满足功率速度约束，则重新生产可行解。

4 结论

- 1) 提出了多约束条件的负荷优化分配模型，这样更满足电厂中为了安全运行的生产实际。
- 2) 在进行优化时设置了约束条件的检查，使优化过程缩短，提高了得到最优解的概率。
- 3) 求解的过程的关键在于如何处理约束条件问题。

References(参考文献)

- [1] Jiang Song, Zhang Guang. Research on optimal load dispatch among thermal power plant units based on partial swarm algorithm[J]. Modern Electric Power, 2006, 23(1):52-56(in Chinese). 姜松, 张光. 基于粒子群算法的火电厂机组负荷优化分配研究[J]. 现代电力, 2006, 23(1) 52-56.
- [2] Shen Congqi, Gui Yishu, Fang Jiong. Study of optimal load distribution in power plant and its control method. [J]. East China Electric Power, 2005, 33(3): 18-22(in Chinese). 沈从奇, 归一数, 方炯. 火电厂全厂负荷优化分配及其控制方式的研究 [J]. 华东电力, 2005, 33(3):5-22.
- [3] Li Xuebin. Study of multi-objective optimization and multi-attribute decision making of economic load dispatch problem[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(35): 102-107(in Chinese). 李学斌. 火电厂厂级负荷分配的多目标优化和决策研究[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(35): 102-107.
- [4] Wang Zhiguo, Liu Jizhen, Tan Wen, et al. Research and discussion of optimal load distribution in power plant based on speediness[J]. Modern Electric Power, 2006, 23(2): 68-71(in Chinese). 王治国, 刘吉臻, 谭文, 等. 基于快速性的火电厂厂级负荷优化分配研讨[J]. 现代电力, 2006, 23(2): 68-71.
- [5] Chen Haonan, Zhang Kaoshe, Shang Xifan. Evolutionary optimal method of power plant system unit commitment problem[J]. Proceedings of CSEE, 1999, 19(2):9-13(1n Chinese). 陈皓勇, 张靠社, 上锡凡. 电力系统机组组合问题的系统进化算法[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(2):9-13.
- [6] Chen Yanqiao, Ni Min, Liu, Jizhen et al. Application of real-code genetic algorithm to economic load dispatch in power plants[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(20): 107-112(in Chinese). 陈彦桥, 倪敏, 刘吉臻, 等. 实数编码的遗传算法在厂级负荷优化分配中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(20): 107-112.
- [7] Bi Weihong, Ren Hongmin, Wu Qingbiao. A new elitist strategy in genetic algorithms[J]. Journal of Zhejiang University, 2006, 33(1): 32-35(in Chinese). 毕惟红, 任红民, 吴庆标. 一种新的遗传算法最优保存策略 [J]. 浙江大学学报, 2006, 33(1):32-35.
- [8] Hou Yunhe, Xiong Xinliang, Wu Quwu, et al. Economic dispatch of power systems based on generalized ant colony optimal method[J]. Proceedings of the CSEE 2003.23(3):59-64. 侯云鹤, 熊信良, 吴趣武, 等. 基于广义蚁群算法的电力系统经济负荷分配[J]. 中国电机工程学报, 2003.23(3):59-64.
- [9] Zuo Hao, Chen Kunwei, Hong Chao, et al. Refined genetic algorithms to optimize of the unit commitment[J]. Proceedings of EPSA, 2001. 13(2):16-19(in Chinese). 左浩, 陈昆薇, 洪潮, 等. 机组负荷最优分配的改进遗传算法 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2001, 3(2): 6-19.