

改进粒子群膜优化算法在微电网经济运行中的应用

吴玉波 林志文

(成都工业学院 自动化与电气工程学院 成都市 611730)

DOI:10.12238/jpm.v3i3.4699

[摘要]本文以解决微电网经济运行问题为研究目标,采用改进的粒子群膜优化算法。将粒子群算法与具有强大的信息处理、推理和建模能力的膜计算相结合,得到改进的粒子群膜优化算法。通过 MATLAB 仿真验证所提算法的可行性,并将其与传统粒子群算法相比较。仿真结果显示,利用粒子群膜优化算法进行微电网经济运行计算,得出的 24 小时成本比用粒子群算法少,表明本文所提算法更有效,能够更好地处理微电网的经济运行问题。

[关键词]微电网; 粒子群算法; 膜计算; 经济运行

中图分类号: 文献标识码 A

Application of Improved Particle Swarm Membrane Optimization Algorithm in Economic Operation of Microgrid

WU Yu-bo; LIN Zhi-Wen;

(School of Automation and Electrical Engineering, Chengdu Technological University, Chengdu 611730, China)

Abstract: An improved particle swarm membrane optimization algorithm is used to solve the problem of microgrid economic operation in this paper. Combined particle swarm algorithm with membrane computing which has powerful information processing, reasoning and modeling capabilities, the improved particle swarm optimization algorithm is proposed. Then, the feasibility of the proposed algorithm is verified by MATLAB simulation and compared with the traditional particle swarm optimization algorithm. The simulation results show that the 24-hour cost calculated by the proposed algorithm is less than that by the traditional particle swarm optimization algorithm, so the proposed algorithm is more effective and can better process the economic operation of microgrid.

Key words: Microgrid; Particle swarm optimization; Membrane computing; Economic operation

0 引言

全球资源陷入匮乏,且火力发电造成的污染十分严重,因此人们将目光转向发电更加环保低碳的新能源发电并提出了微电网的概念。微电网是由分布式发电单元、负荷、储能装置和对应的控制装置等组成的小型控制系统,可根据用户不同的负荷需求提供适合的电能并确保供电质量和可靠性^[1]。

微电网中的电源多种多样,此时各个电源的出力优化就显得尤为重要。微电网就有了新的研究方向:微电网的经济运行。微电网的经济运行是用来调整各个电源使的出力比从而降低系统总的运行成本^[2],但如何调整好微电网中的电源,负荷,储能以及其与大电网之间的平衡使得微电网能够以较低的成本运行是研究的重点。

综上所述,本文提出一种改进的粒子群膜优化算法,此算法将粒子群算法与具有强大的信息处理、推理和建模能力的膜计算相结合,最终实现微电网的经济运行。

1 粒子群膜优化算法

粒子群算法是现在使用较广泛的算法,是在 1995 年的时候由 Eberhart 博士和 Kennedy 博士提出^[3]。虽然粒子群算法能够得到近似的最优解,但是却也存在容易陷入局部最优的问题。为了解决该缺点,本文将粒子群算法和膜计算相结合,然后再考虑发电费用,污染防治费用,运行维护费用以及大电网交互费用等,建立微电网经济运行的优化模型。新算法提高了收敛的速度以及寻优的范围,不易于陷入局部最优^[4]。

本文通过粒子群膜优化算法来计算在不同的时间段不同的电源出力情况,做到尽可能的降低运行成本。实现粒子群膜优化算法的步骤如下:

(1) 最开始需要做的就是让算法保持初始状态,并且形成细胞膜结构。

(2) 接着是运行初始化的算法,将产生的随机量传输到膜结构中,保证每个膜都要有随机量。

(3) 最后是在得到随机量的膜内运行算法，得出最优结果。

具体的操作有以下步骤：

(1) 首先要做的就是对参数进行设置：惯性因子大小，变异的概率，变量的个数，外膜的迭代次数 K，种群的规模，内膜的迭代次数等。

(2) 根据最开始设计的微电网对其内部的电源的大小进行设定。

(3) 开始进行随机设定，每个电源依据随机原则产生随机功率。

(4) 计算粒子的适应值，然后对所有粒子的适应度进行统计。

(5) 将随机产生的功率值输入到每个膜当中，将这个值作为内膜的初始值。

(6) 进行重要的迭代寻优：在各个基本膜内部计算粒子的适应度，迭代设定好的次数，记录基本膜内的最优值。迭代过程就是在空间内随机的选取位置，然后计算到最优位置的距离，下一次所有粒子朝该处移动，在计算位置再移动，重复设定次数，或者达到最优的位置。

(7) 将内膜得到的最优值传输回外膜，外膜在对其进行比较，得到最优值，然后再将这个最优值输入回基本膜。

(8) 重复 (6) 和 (7) 的步骤直到外膜的迭代次数完成。

算法确定后还需要对其进行测试，这里选用 3 个 Benchmark 函数对算法进行检测。其中，测试的种群数量为 10，迭代次数为 500，权重 w 取 0.9，学习因子 c_1 取为 0.8、 c_2 为 0.9，另外对粒子群膜优化算法，外膜迭代 50 次，内膜迭代 10 次，D 是维度数取 50，得到最优值、最差值，并进行比较。测试函数与结果见下表 1。根据测试结果可以看出粒子群膜优化算法有着比粒子群算法更好的优化效果。

表 1 测试函数与结果

算法	函数表达式	定义域	最优值	最差值
粒子群算法	$f_1 = 6D + \sum_i^D x_i$	[-5.12, 5.12]	105	131
粒子群膜优化算法			98	122
粒子群算法	$f_2 = \sum_i^D \frac{\sin(10\pi x_i)}{10\pi x_i} $	[-0.5, 0.5]	1.97	2.483
粒子群膜优化算法			1.762	2.359
粒子群算法	$f_3 = \sum_i^D x_i^2$	[-5.12, 5.12]	289.1526	413.9258
粒子群膜优化算法			271.3715	351.0738

2 实验过程及结果分析

本次研究对象是一个小型微电网系统，包含清洁能源发电，燃料电池和蓄电池等。在与大电网连通的情况下，使用粒子群膜优化算法对微电网进行优化，得到适合出力比，做到降低成本。所优化的目标函数如 (1) 所示。

$$C_{\min} = C_p * \frac{1}{LHV} \sum_0^Q \frac{P_Q}{\phi_Q} + \sum_{t=1}^T \{A_{buy} P_b - B_{sell} P_s\} \quad (1)$$

其中，天然气的价格 C_p 为 2.1 元/立方；天然气低热值 LHV 为 9.7kWh/立方； P_Q 是燃料电池或微型燃气轮机 (MGT) 在这段时间内的输出功率； $\phi_Q = 0.0023 P_Q + 0.6735$ ， ϕ_Q 是燃料电池或 MGT 的效率。T 为总的时段数， A_{buy} 表示买电的数量， P_b 表示买电电价； B_{sell} 表示卖电的数量， P_s 表示卖电电价。卖电电价和买电电价不同的时段价格不同。N 代表的是污染物种类，P(n) 表示污染物的种类，an 表示重量，En 表示治理费用。 g_x 是发电量和运行维护之间的成本函数，P(t) 表示电源发电量。

本次仿真直接利用算法根据负荷的预测，来进行功率的分配，分配好每个分布式电源的出力情况，再根据出力的情况进行功率的输出，最后根据分布式电源的输出功率进行成本的计算。首先需要做的就是对算法进行参数设定：学习因子 c_1 位 0.8，学习因子 c_2 为 0.9；惯性权重为 0.8；基本膜迭代次数

取 10，外膜迭代次数取为 50，在外膜迭代 25 次时基本确定最优方案。

对微电网的模型进行 24 小时的模拟运行，这时电网是处于并网状态，内部的需求由大电网和分布式电源共同满足。其中，各个分布式电源、蓄电池、大电网出力以及负荷大小情况如图 1 和 2 所示，图 3 和图 4 分别为粒子群膜算法和改进的粒子群膜优化算法所计算出的微电网 24 小时运行成本。

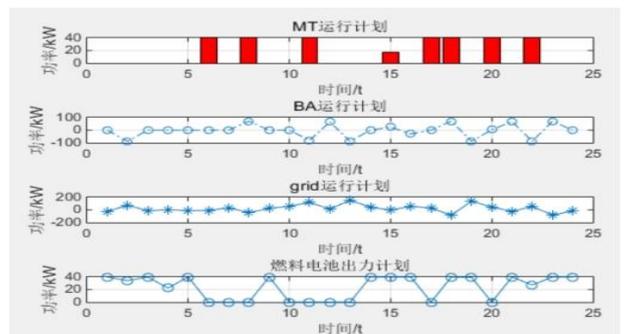


图 1 电源、蓄电池及大电网出力情况

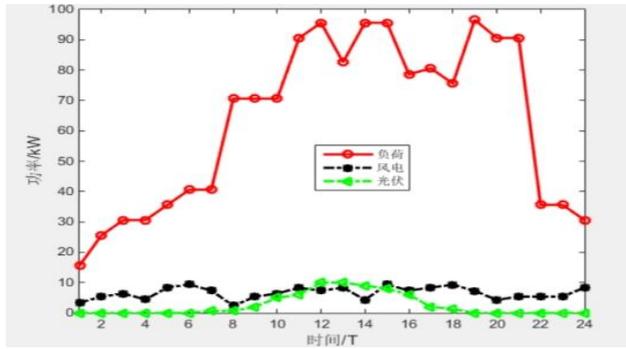


图2 风光出力 and 负荷大小

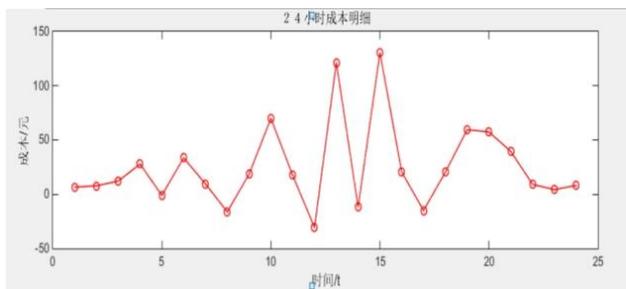


图3 粒子群膜算法计算 24 小时成本

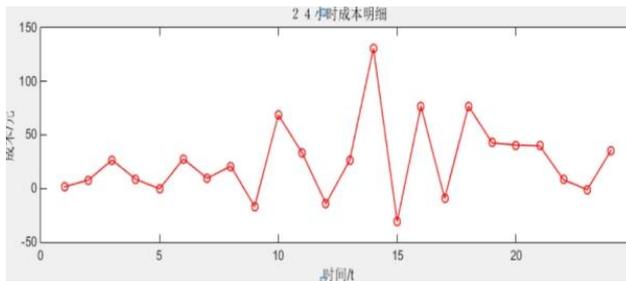


图4 粒子群算法计算 24 小时成本

由图2可知最高小时费用为130.6113元,最低费用为-30.71226元,24小时总成本为599.422元。其中防治污染费用为72.9038元,维护费用为96.3566元,电网交互为318.1571元,发电成本为112元。由图3可以看出最高小时费用是130.7078元,最低费用为-30.7981元,24小时的总费用为

610.2878元。其中防治污染费用为70.421元,维护费用为102.3167元,与大电网交互为323.5501元,发电成本为114元。

从上面得到的两个结论可以得出,粒子群膜优化算法比单纯的粒子群算法在微电网的经济优化方面有更好的效果,且这次实验中粒子群膜优化算法的微电网经济运行结果费用少了10.8658元。

3 结论

本文提出了基于粒子群膜优化算法的微电网经济运行方案,用以解决微网工作情况下的经济运行优化问题。采用该算法,在MATLAB中对微电网在一天中的运行进行了仿真求解,对一天中每一小时的成本进行了分析,并且将粒子群膜优化算法的结果和传统粒子群算法优化的结果进行了比较。通过最终的结果验证了文中提出的优化算法的可行性,也验证了该算法具有可以提高收敛的速度以及寻优的范围,不易于陷入局部最优的优点。不仅为微网的经济运行提供了新的技术手段,也为后续对于微网经济运行的研究开辟了新的思路。

参考文献

- [1]郭林莹. 微电网经济运行研究综述[J]. 中国科技纵横, 2012, 35(01): 145-150.
 - [2]孙文健. 光伏储能微电网经济运行优化策略研究[D]. 山东大学, 2015.
 - [3]黄晨, 张靠社. 基于量子粒子群算法的微电网优化调度[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(02): 72-76.
 - [4]李建勇. 粒子群优化算法研究[D]. 浙江大学, 2004.
- 作者简介: 吴玉波(2000-), 男, 重庆合川, 本科生。
林志文(2000-), 男, 福建福州, 本科生。