

基于改进膜优化算法的微电网能量优化仿真研究

曹超杰

成都工业学院 自动化与电气工程学

DOI: 10.12238/jpm.v4i6.6033

[摘要] 本文针对微电网的能量优化调度问题,将新型遗传算法 NSGA-II 与膜计算相结合,提出改进的膜优化算法来求解微电网能量优化问题的最优解。加入膜计算提出改进的膜优化算法后,以 2 个测试函数验证了所提算法的可行性,通过 MATLAB 仿真验证所提算法的有效性,并将其与原始 NSGA-II 算法相比较。仿真结果表明,本文所提的改进膜优化算法更有效,能够更好地处理微电网的能量优化问题,提高了微电网的运行管理水平。

[关键词] 微电网;膜优化算法;NSGA-II;能量优化

Simulation Study on Energy Optimization of Microgrid Based on Improved Membrane Optimization Algorithm

CAO Chao-Jie

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

[Abstract] Focus on the energy optimization scheduling problem of microgrids, combined NSGA-II with membrane computing, this article proposes an improved membrane optimization algorithm to solve the optimal solution of microgrid energy optimization problems. After proposing an improved membrane optimization algorithm, the feasibility of the proposed algorithm was verified using two test functions. The effectiveness of the proposed algorithm was verified through MATLAB simulation and compared with the original NSGA-II algorithm. The simulation results show that the improved membrane optimization algorithm is more effective and can better handle the energy optimization problem of microgrids, improving the operational management level of microgrids.

[Key words] Microgrid; Membrane optimization algorithm; NSGA-II; Energy optimization

引言

微电网是一种集发电系统、储能系统、负荷与控制系统于一体的新型网络系统^[1]。它类似于电源可“即插即用”安装灵活、结构简单,能适应不同地理环境下的供电。相较于大电网,微电网有更好的适应性、更低的成本和安装要求,可用于缓解能源分布不均和结构不合理等问题,实现新能源的充分利用和可持续发展。而新能源是能源电力领域实现碳达峰、碳中和目标的主力军,高比例新能源发电接入势在必行,但其强间歇性、随机性又使得微电网的能量优化问题更

加复杂。

综上,本文提出一种改进的膜优化算法,此算法将 NSGA-II 与信息处理能力强、可实现分布式并行计算的膜计算^[2]相结合,最终实现如图 1 所示微电网结构的能量优化运行。



图 1 微电网结构图

1 基于 NSGA2 的膜优化算法

NSGA-II 算法，即快速非支配多目标优化算法并且带有精英保留策略，是一种基于 Pareto 最优解的多目标优化算法^[3]。NSGA-II 算法目前最流行的多目标遗传算法之一，它降低了非劣排序遗传算法的复杂性，具有运行速度快，解集的收敛性好的优点，成为其他多目标优化算法性能的基准。而作为自然计算的新秀——膜计算，其特点是能将多个目标并行运算且各不影响，在拥有原本的计算框架的基础上，同时也继承了进化算法的搜索策略，优势明显。因此，本文考虑将 NSGA-II 算法与膜计算相结合，提出改进的膜优化算法。具体实施思路是将 NSGA-II 算法嵌套进细胞型膜系统的分层结构中，在膜框架中引入 NSGA-II 算法，使得改进 NSGA-II 算法的最优解更优。其基本思想为：在特定基本膜内实现 NSGA-II 算法，利用每一个基本膜中进化规则的并行性同时对目标函数进行计算，极大地提高了计算效率和准确度。

基于 NSGA-II 的膜优化算法流程图如图 2 所示。选用多目标优化标准测试函数 ZTD2, ZTD3 作为本文的测试函数。测试函数与结果如表 1 所示。对比原始解集和加入膜计算改进之后的优化解集，可以看出改进后的算法没有问题，且经过加膜优化后的算法使得解的图像更加连续，得到的解也更优。

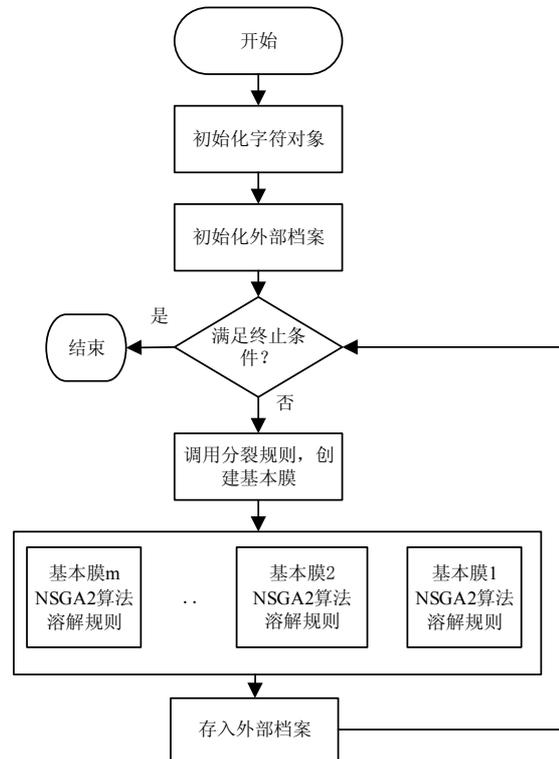


图 2 基于 NSGA-II 的膜优化算法流程图

表 1 测试函数与结果

测试函数	原始解集	改进后的优化解集
ZTD2		
ZTD3		

2 实验过程及结果分析

本次研究对象是如图 1 所示的小型微电网系统，包含多种新能源发电、储能装置和负荷。正常情况下，微电网以并网模式运行，在满足微电网系统约束条件的前提下再结合经济性可靠性和环保性的条件，建立了微电网运行成本和环境成本最小、额外效益最大的综合多目标优化调度目标函数，如公式 (1) 所示。

$$\min CT = \sum_{t=1}^T \sum_i^N CDG_{i,t} + CEX(t) + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^F a_j \sum_{i=1}^N b_{ij} PDG_{i,t} - C_{pv} P_{pv} + C_{wt} P_{wt} \quad (1)$$

其中，CT 为微电网运行成本、微电网环境成本及微电网额外效益之和，即综合成本。T 为微电网在调度周期段的总时间；N 为分布式电源类型数目；CDG_{i,t} 为分布式电源 i 在 t 时刻的发电成本费用；CEX(t) 为 t 时刻微电网与大电网电能交互费

用。F 为污染物排放类型包括 CO₂、SO₂、NO_x。a_j 是处理第 j 种污染物的单位成本 (元/kg)；b_{i,j} 是不同分布式电源输出 PDG_{i,t} 电能时所释放第 j 种污染物的排放系数 (g/kW)。C_{p_v} 和 C_{w_t} 分别为光伏发电和风力发电的单位补贴价格，分别取 0.1 元/kW 和 0.2 元/kW；P_{p_v} 和 P_{w_t} 分别为 t 时段光伏发电和风力发电的发电功率。

$$CDG_{i,t} = K_{r,i} \times PDG_{i,t} + \frac{C_{IDG,i}}{8760 \times PDG_{r,i} \times fdg_{c,i}} \times \frac{d(1+d)^u}{(1+d)^u - 1} \times PDG_{i,t} + k_{u,i} \times PDG_{i,t} \quad (2)$$

其中，K_{r,i} 第 i 个分布式电源的单位燃料成本，PDG_{i,t} 为第 i 台分布式电源在 t 时刻的发电功率。C_{IDG,i} 是第 i 台分布式电源的安装成本；PDG_{r,i} 是第 i 台分布式电源的额定功率；fdg_{c,i} 是第 i 台分布式电源的容量因子；d 是分布式电源的折旧率，取值为 0.1；u 是分布式电源的使用寿命。

$$CEX(t) = \sum_{t=1}^T [CB(t) \times P_{BEX}(t) - CS(t) \times P_{SEX}(t)] \quad (3)$$

其中，CB(t) 是 t 时段微电网向大电网输送电能，即微电网单位售电成本；CS(t) 为 t 时段大电网向微电网输送电能，即微电网的单位购电成本；P_{BEX}(t) 和 P_{SEX}(t) 分别表示 t 时段微电网向大电网售电的电量及 t 时段内微电网向主大电网购买电能的电量。

本文以我国南方的某城市郊区的夏季参数^[4]进行仿真，建立含多种分布式电源的微电网系统，周期为一天 24h 小时。其中，种群大小为 500，迭代次数设置为 500 次，交叉比例 0.9，变异概率为 0.1。由表 2 和表 3 可知，在同等条件下，基于 NSGA-II 的膜优化算法比原始 NSGA2 算法得到的最优解更小，在微电网的能量优化方面有更好的效果。

表 2 原始 NSGA-II 算法的仿真结果

	成本/元	功率/kW
最大值	361.3	38.9
最小值	315.6	23.4
综合解	327.4	31.8

上接第 160 页

4.1 可再生清洁能源

经过多年发展，我国的可再生清洁能源技术已经达到了较高的水平，太阳能以及风能等各种新型清洁能源开始得到广泛应用。建筑领域需要利用这一优势，加大各种清洁能源在给排水工程中的利用力度，确保能源问题能够得到有效处理，保证能源节约问题能够达到预期目标^[8]。例如，可通过对太阳能加热水设备的运用，利用太阳能转化为热能的方法，为民众提供热水资源。

4.2 水头应用

水头的科学设计与应用，可以实现良好的节能节水效果。具体对其展开应用过程中，要按照国家相关标准要求，对其展开科学运用，以便实现对系统能源消耗问题的有效控制，减少不必要的环境污染，保证能源利用最大化效果。

4.3 消防用给水以及生活用给水系统设置

消防用给水系统和生活用给水系统，对于水源的压力要求

表 3 基于 NSGA-II 的膜优化算法的仿真结果

	成本/元	功率/kW
最大值	318.9	30.8
最小值	308.9	21.9
综合解	310.7	24.4

3 结论

本文提出了基于改进膜优化算法的微电网能量优化方案，用以解决微电网并网模式下的能量优化问题。首先，通过 2 个标准测试函数验证了本文提出的改进膜优化算法的可行性，收敛的速度和寻优的范围更优。其次，将改进膜优化算法应用到微电网能量优化目标函数中，得到了相应的仿真结果。最后，将改进膜优化算法的结果和原始 NSGA-II 算法优化的结果进行了比较，通过仿真结果可得，改进膜优化算法效果更佳。

参考文献

- [1] 国网能源研究院有限公司. 中国能源电力发展展望[M]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
 - [2] 张葛祥, 潘林强. 自然计算的新分支——膜计算[J]. 计算机学报, 2010, 33(02): 208-214.
 - [3] 张福民, 崔海波等. 基于改进 NSGA-II 算法的微网交互式多目标优化[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 046(012): 24-31.
 - [4] 占缘. 基于改进模拟退火粒子群算法的微电网优化调度[D]. 南昌大学, 2021.
- 基金项目：四川省大学生创新创业训练计划项目 (S202211116031)
- 作者简介：曹超杰(2002-)，男，云南普洱，本科生。

并不相同，如果在进行工程设计时，采用两种系统协调性设计模式，会造成一定量的水资源浪费问题，所以可通过对两种系统单独进行设计的方式，按照具体水源压力要求以及其他方面需要，展开精准设计。设计人员需要保证两个系统各项用水指标能够被控制在要求范围之内，以求达到最优节能节水效果。

5 结束语

虽然我国属于资源大国，但在节能环保方面仍然不能松懈，节能环保理念需要深入到各行各业，通过对各种技术以及手段的有效运用，最大限度对生态环境展开保护，以便为子孙后代创造出更加理想的生存环境。建筑领域需要明确认识到这一点，要加大对给排水工程节能节水技术应用的研究力度，做好技术应用分析以及优化研究，保证整体工程建设能够实现资源利用最大化效果，进而达到良好的节能节水结果，保证给排水工程建设质量。