

基于海鸥膜优化算法的风光储微电网经济运行研究

李俊杰 于文萍* 邱姿溢

成都工业学院 电气与电子工程学院, 中国·四川 成都 611730

摘要: 新能源因为可再生、绿色低碳等特点引起了社会的广泛关注,但是新能源的稳定性差、经济性较低以及利用率比较低等问题依然存在。标准海鸥算法具有数学模型简单易实现的优点,然而其收敛速度较慢,容易陷入局部最优解。膜计算具有高度并行性、能够灵活适应不同问题的需求、强大的计算能力等优点,本文将海鸥算法和膜计算相结合,利用膜计算独特的并行结构,提出了改进的海鸥膜优化算法,并采用了3个测试函数初步验证了海鸥膜优化算法的正确性和可行性。采用海鸥膜优化算法对微电网的经济运行问题进行求解,实验结果表明,海鸥膜优化算法在性能方面比原始海鸥算法更优,求解精度和收敛速度明显提升,降低了微电网的整体运行成本。

关键词: 微电网; 经济运行; 海鸥算法; 膜优化算法

Research on the Economic Operation of Wind/Solar/Storage Microgrid Based on Seagull Membrane Optimization Algorithm

Li Junjie, Yu Wenping*, Qiu Ziyi

School of Electrical and Electronic Engineering, Chengdu Technological University, China Sichuan Chengdu 611730

Abstract: Renewable energy has attracted widespread attention in society due to its renewable, green, and low-carbon characteristics, but problems such as poor stability, low economic efficiency, and low utilization rate still exist. The standard seagull algorithm has the advantage of a simple and easy to implement mathematical model, but its convergence speed is slow and it is prone to getting stuck in local optima. Membrane computing has the advantages of high parallelism, flexible adaptation to different problem requirements, and powerful computing power. This paper combines the Seagull algorithm with membrane computing, and proposes an improved Seagull membrane optimization algorithm using the unique parallel structure of membrane computing. Three test functions are used to preliminarily verify the correctness and feasibility of the Seagull membrane optimization algorithm. The seagull membrane optimization algorithm is used to solve the economic operation problem of microgrids. The experimental results show that the seagull membrane optimization algorithm is better in performance than the original seagull algorithm, with significantly improved solution accuracy and convergence speed, reducing the overall operating cost of microgrids.

Keywords: Microgrid; Economic operation; Seagull algorithm; Membrane optimization algorithm

0 引言

随着全球能源需求量的持续增长和对传统化石能源的过度消耗,能源危机与环境污染的问题日益严峻。为了实现能源的可持续发展,世界各国积极推动对可再生能源的开发和利用。在微电网经济运行中,采用智能优化算法计算微电网的经济性问题,能够有效提高微电网的经济效益,减少微电网的经济运行成本。文献^[1]通过采用遗传算法,引入了交叉因素与变异因素,建立了多目标优化模型,保障了微电网的经济运行。海鸥算法(Seagull Optimization Algorithm, 简称 SOA)是一种受到自然界海鸥群体智能行为启发的元启发式优化算法^[2],具有全局搜索能力强、收敛速度快且易于实现的优势,但存在后期易陷入局部最优、参数敏感且高维问题下稳定性不足的问题。而膜计算具有

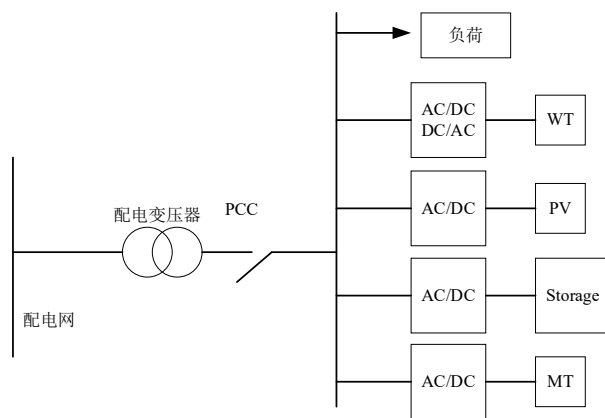


图1 风光储微电网结构图

高效处理复杂数据的能力和灵活多变的结构的特点^[3], 本文将膜计算与海鸥算法相互结合, 进一步提高算法的性能

和适用性，称为改进的海鸥膜优化算法（Seagull Membrane Optimization Algorithm，简称 MOA）。典型的风光储微电网如图 1 所示，将改进的海鸥膜优化算法应用于求解其经济运行问题，旨在降低微电网运行的经济成本。

1 改进的海鸥膜优化算法

如图 2 所示为海鸥膜优化算法的流程图。首先，初始化膜结构，确定膜的类型为分层结构，设置海鸥种群、膜数量以及最大迭代次数，通过计算每个个体的适应度，将海鸥种群均匀地分布到每个子膜中。其次，每个子膜内独立进行且并行操作，主要包括迁徙行为、攻击行为以及信息传递，得到了最优个体，通过将得到的前 10% 的最优个体和相邻子膜之间进行替换，收集所以膜的局部最优解，选择适应度最高的个体。最后，判断迭代次数是否达到最大迭代次数，如果达到最大迭代次数，则输出全局最优解，如果没有达到最大迭代次数，则进行再一次循环，直到满足输出条件。

如表 1 所示为原始海鸥算法和海鸥膜优化算法两种算法通过三个测试函数得出的最优解，可以看出，海鸥膜优化算法在收敛速度、全局搜索能力以及容易跳出局部最优

解等多个方面性能更加优越。

表1 两种算法在不同基准函数优化结果表

函数	维度	算法	最优值
Sphere函数	30	SOA	0.00015
		MOA	0.00009
Rastrigin函数	30	SOA	5.2341
		MOA	2.8765
Ackley函数	30	SOA	0.5432
		MOA	0.3241

2 目标函数及仿真分析

经济性目标函数 F 主要考虑的是各机组的安装与燃料燃烧成本 C_1 、运行维护成本 C_2 以及与大电网交互成本 C_3 ，满足功率平衡以及各单元上下限的约束条件。

$$F = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1)$$

$$C_1 = \sum_{t=1}^T \left(\left(\sum_{i=1}^N \frac{T}{T_{imax}} C_{ibuild} \right) + f_{MT}(t) \right) \quad (2)$$

$$f_{MT}(t) = Q \frac{1}{C} \frac{P_{MT}(t)}{\eta_{MT}} \quad (3)$$

式中， T_{imax} 是机组 i 的使用寿命， C_{ibuild} 为机组 i 的安装成本， $f_{MT}(t)$ 是 t 时刻微型燃机的燃料成本。 Q 为天然气的单位成本， C 为天然气的低热值， $P_{MT}(t)$ 的输出功率值， η_{MT} 是微型燃机的输出效率。

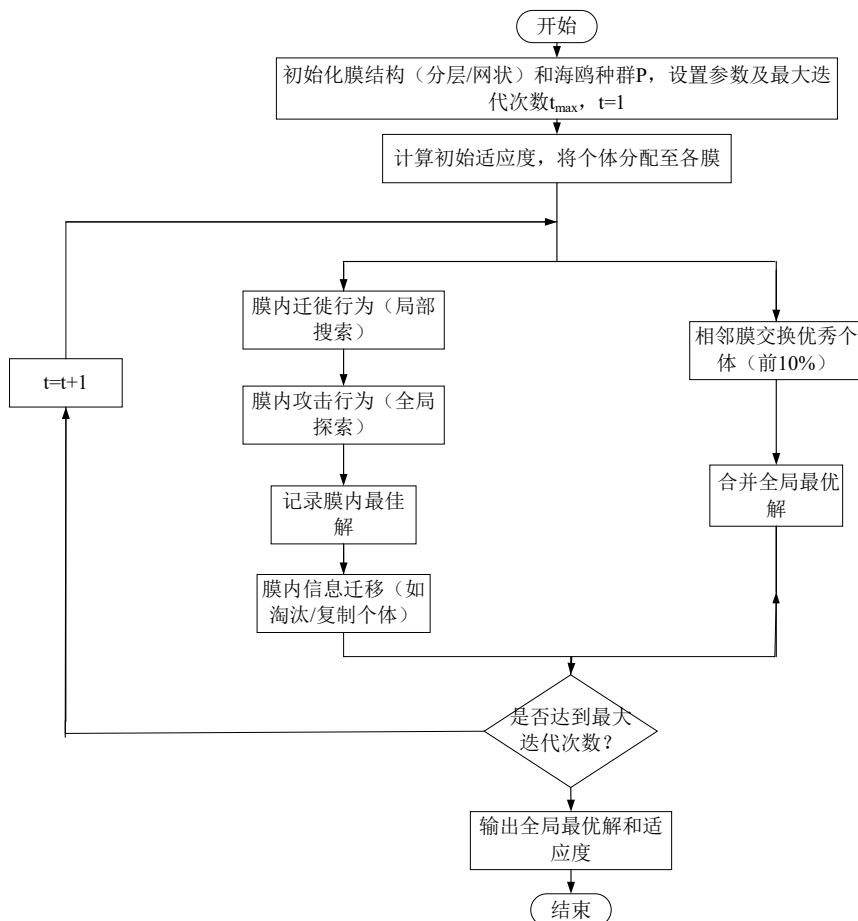


图2 改进的海鸥膜优化算法流程图

$$C_2 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (k_i |P_i(t)|t)$$

(4)

式中， k_i 为机组 i 的运行维护系数， $P_i(t)$ 为 t 时刻机组 i 输出功率， t 为时间间隔。

$$C_3 = C_g(t)P_g(t) - C_s(t)P_s(t)$$

(5)

式中， $C_g(t)$ ， $C_s(t)$ 是微电网分别向大电网系统进行购电和售电的标准价格， $P_g(t)$ ， $P_s(t)$ 是微电网系统购电总量和售电总量。

表2 两种算法仿真结果对比

算法	最优成本（元）
SOA	6446.389
MOA	6000.795

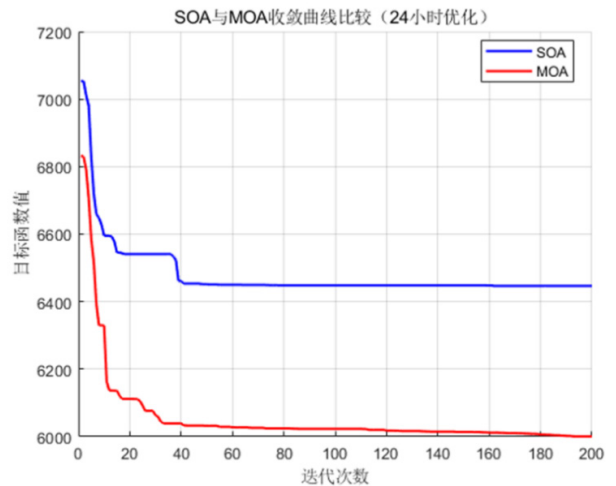


图3 两种算法关于微电网经济运行的收敛曲线对比图

如表 2 所示为两种算法仿真结果对比，可以看出采用海鸥膜优化算法的最优成本比原始海鸥算法的成本更少。如图 3 所示为两种算法关于微电网经济运行的收敛曲线对比图，海鸥膜优化算法的初始种群对于环境的搜索能力比原始海鸥算法性能更好，海鸥膜优化算法也更加容易摆脱

对于局部最优值的束缚。

3 结语

微电网的经济运行是实现其内部分布式电源、储能系统及负荷之间协调优化、降低整体运行成本并提升能源利用效率的关键目标。本文提出了一种改进海鸥膜优化算法，通过 3 个标准测试函数验证了海鸥膜优化算法具有更好的全局搜索能力。尤其在海鸥种群遭遇早熟收敛时，能够有效摆脱对于局部最优解的束缚，同时具备更快的收敛速度和更高的求解精度。随后将其应用到风光储微电网的经济运行目标函数中，得到了相应的仿真结果。通过将原始海鸥算法和改进的海鸥膜优化算法进行对比，由仿真结果可得，改进海鸥膜优化算法所得到的经济运行成本更低，效果更好。

参考文献：

[1] 闫艺龙. 基于 IPM 实数编码遗传算法的微电网经济优化调度[J]. 电气开关, 2024, 62(05): 20-23+27.

[2] 李大海, 熊文清, 王振东. 融合多策略的增强海鸥优化算法[J]. 计算机应用研究, 2023, 40(03): 717-724.

[3] 王涛, 张庆. 计及 FCSNPS 路径寻优的综合能源系统优化调度策略[J]. 西华大学学报 (自然科学版), 2023, 42 (06): 1-13.

基金项目：获得成都工业学院校级大学生创新创业训练计划项目基金支持（项目编号 QM2025018）。

作者简介：李俊杰（1976-），男，汉族，本科，讲师，研究方向：主要从事电气工程教学与研究工作。

* 通讯作者：于文萍（1991-），女，汉族，硕士，讲师，研究方向：主要从事电气工程教学与研究工作。