

船舶电力系统无功优化过程的自适应粒子群算法应用

刘金浦

(黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475004)

摘 要: 随着现代船舶工业的需要, 船载用电设备的数量越来越多, 船舶电力系统的容量也越来越大。船载用电设备在提高船舶自动化水平的同时, 也对船舶电力系统的稳定性、安全性、节能性等提出更高要求。其中, 船舶电力系统网络的无功损耗问题一直是相关领域的研究重点。电力系统的无功优化是指当系统的结构参数、负载等保持不变的情况下, 通过改善船舶电力系统电源的电压等参数, 调节电网的潮流计算, 无功优化对提高船舶电力系统的供电效率, 降低事故发生率等有重要的作用。本文系统的介绍了自适应粒子群算法, 并将该粒子群寻优算法应用到船舶电力系统的无功优化过程中, 对于改善电力系统的无功优化过程有重要的意义。

关键词: 电力系统; 无功寻优; 自适应粒子群算法

中图分类号: U665.26 **文献标识码:** A

文章编号: 1672 - 7649(2017)11A - 0085 - 03 **doi:** 10.3404/j.issn.1672 - 7649.2017.11A.029

Application of adaptive particle swarm optimization in reactive power optimization of ship power system

LIU Jin-pu

(Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China)

Abstract: With the needs of modern shipbuilding industry, the number of shipboard power equipment is more and more, and the capacity of marine power system is also increasing. The shipboard electric equipment has raised the requirement of the stability, safety and energy saving of the ship power system while improving the automation level of the ship. Among them, the reactive power loss of the shipboard power system network has always been the focus of research in related fields. Reactive power optimization of power system is that when the structure parameters, the system load remains unchanged, the parameters of the ship power system to improve the power supply voltage regulator, power flow calculation, reactive power optimization to improve the power supply efficiency of ship power system, reduce the accident rate plays an important role in. This paper introduces the system of adaptive particle swarm optimization algorithm and the particle swarm optimization algorithm is applied to reactive power optimization of ship power system, to improve the power system reactive power optimization process has important significance.

Key words: power system; reactive power optimization; adaptive particle swarm optimization (PSO) algorithm

0 引 言

船舶工业迅速发展, 船载自动化设备的装机量日益提高, 在改善船舶工作效率, 提高船舶工作人员生活质量的同时, 对船舶电力系统的安全性、稳定性提出更高要求。电力系统的无功损耗是功率损耗的主要形式, 因此, 针对船舶电力系统进行无功优化, 不仅有助于减少电力系统的电能浪费, 降低电力系统运营成本, 还可以改善电力系统的供电质量, 具有重要的

意义^[1]。

近年来, 针对各种非线性系统的优化策略层出不穷, 其中, 粒子群优化算法 PSO 是一种性能较优越的智能算法。粒子群优化算法的精度高, 收敛速度快, 特别适用于干扰因素较多、不确定性较强的系统优化问题^[2]。

本文系统介绍粒子群优化算法的原理, 建立船舶电力系统的拓扑结构图, 在此基础上对船舶电力系统的无功优化问题进行研究。

收稿日期: 2017 - 09 - 27

作者简介: 刘金浦 (1979 -), 女, 工程硕士, 讲师, 主要从事自动控制方面研究。

1 船舶电力系统无功优化的研究与发展现状

舰船电力系统主要由柴油电机、配电网、输电网和负载组成,本文建立了船舶电力系统网络的拓扑结构如图 1 所示。

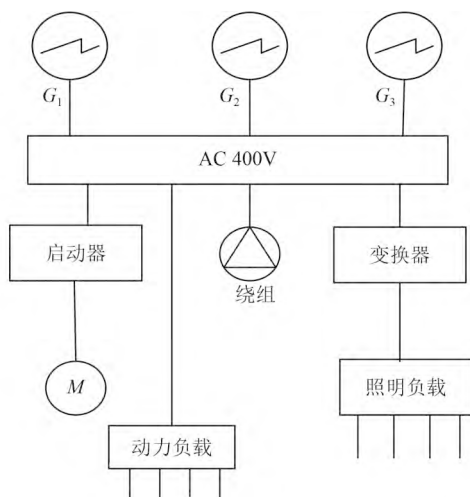


图 1 船舶电力系统结构图

Fig. 1 Ship power system structure diagram

下面分别对电力系统的各部分进行介绍:

1) 发电机

船舶电力系统的发电机主要是柴油机组和蓄电池,此外,太阳能发电装置和风力发电装置近年来的装机量也有了明显的提升。

2) 配电装置

配电装置的主要作用包括发电机的电能保护、分配和控制等,又可以细分为配电板、控制电路、电容器、转换器等^[3]。其中,配电装置的电容器无功功率与节点电压的关系如下式:

$$P_0 = \frac{V^2}{X_0},$$

式中: V 为节点电压; X_0 为电容器的容抗, $X_0 = \frac{1}{\omega C}$ 。

3) 输电网

输电网是整个船舶电力系统的电缆和电线的总称。

2 自适应粒子群算法的电力系统无功优化

2.1 无功优化数学模型的建立

本文主要研究船舶电力系统的无功优化问题,建立船舶的无功优化模型如下:

$$\begin{cases} f_1(u, x) = 0, \\ f_2(u, x) \leq 0, \\ \min g(u, x). \end{cases}$$

式中: x 为状态变量; f_1 为目标函数; f_2 为约束函数。在船舶电力系统无功优化时,主要针对下面几个方面:

1) 系统的无功补偿量最小

$$\min f_0 = \min \sum_{i=1}^n (\alpha_0 \times Q_0) + \alpha_1 \times P_0,$$

式中: α_0 为某节点的无功补偿系数; Q_0 为补偿节点的容量; α_1 为有功补偿系数; P_0 为电力系统的有功损耗。

2) 电力系统发电费用最低

$$\min f_1 = \min \sum_i G_i P_i,$$

式中: G_i 为电力系统第 i 台发电机组的发电效率; P_i 为第 i 台发电机组的输出功率。

2.2 自适应粒子群算法研究

随着计算机技术和控制算法的发展,自适应粒子群优化算法 (PSO) 逐渐发展起来。自适应粒子群优化算法的核心是群体中的信息提取和智能优化^[4]。

自适应粒子群优化算法的流程如图 2 所示。

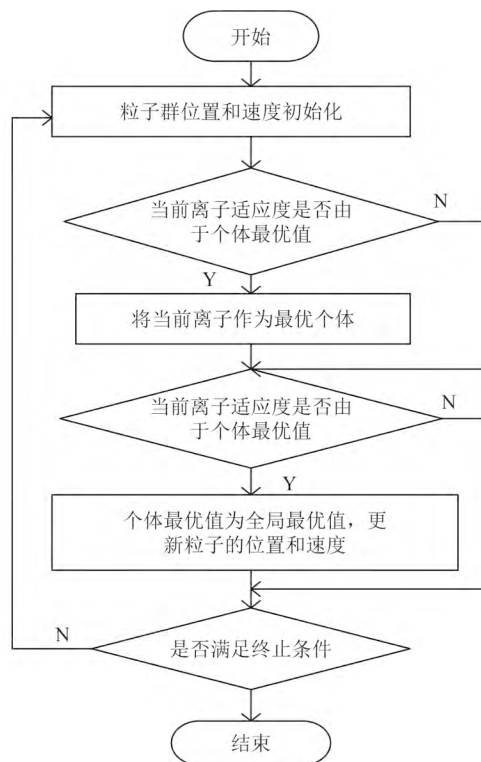


图 2 自适应粒子群优化算法流程图

Fig. 2 Flow chart of adaptive particle swarm optimization algorithm

如图 2 所示, 自适应粒子群优化算法将系统分散为无数个微粒, 并进行粒子位置的初始化。

自适应粒子群优化的过程如下:

1) 初始化粒子位置和种群的迭代次数, 定义粒子间的相对距离如下式:

$$l = \sum_{d=1}^n (x_i - x_j)^2,$$

式中, d 为粒子的维数。

2) 进行粒子的适应度值评估。

3) 确定微粒的全局最优值 P 和个体位置最优值 P_{\max} 。当粒子的适应度低于最优值 P_{\max} 时, 进行下一个粒子的比较; 若当前粒子高于最优值 P_{\max} , 则将当前粒子的适应度作为新的最优值。

粒子适应度值的调整按下式进行:

$$\delta = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-12(8\delta_i - 0.6)}}, & P \leq P_{\max}, \\ \frac{1}{1 + e^{-12(8\delta_i - 0.6)}}, & P > P_{\max}. \end{cases}$$

4) 粒子的速度和位置参数更新, 保障位置参数的区间在最高和最低限制值之内。

5) 判断迭代次数。

2.3 基于粒子群优化算法的电力系统无功优化

本文在电力系统无功优化数学模型的基础上, 利用自适应粒子群算法对无功损耗进行了优化。

为了验证该优化算法的效果, 本文采用了 Matlab 软件平台对优化结果进行仿真, 并定义仿真过程的惯性权重函数为 Sphere 函数^[5]。该函数如下:

$$g(x) = \sum_{i=1}^n x_i^3, \quad i \in (1, 200),$$

设定惯性权重的初始值 $\omega_0 = 0.6$, 粒子的种群规模为 $N=4\ 000$, 维数 $D=26$ 。在 Matlab 软件平台的优化前后电网的损耗仿真结果如图 3 所示。

图中曲线 1 为未优化的电网损耗, 曲线 2 为基于自适应粒子群优化的电网损耗。可见, 基于粒子群优化的电网无功损耗相对较小, 且随着迭代次数的增

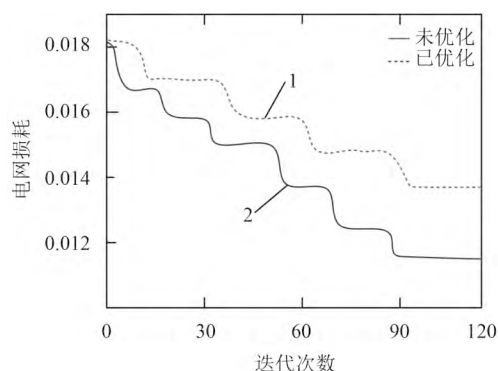


图 3 优化前后电网损耗的仿真结果图

Fig. 3 Simulation results of grid loss before and after optimization

加, 两者的无功损耗均呈现减小的趋势。

3 结 语

随着现代船舶工业发展, 导航、照明、装卸等自动化设备的装机量越来越多, 对船舶电力系统的要求也不断提高。电力系统的无功优化是通过改善船舶电力系统电源的电压等参数, 提高船舶电力系统的供电效率, 减低供电成本。本文系统的介绍了自适应粒子群算法的原理和步骤, 并利用该算法对船舶电力系统进行了无功优化, 并对优化结果做了基于 Matlab 的仿真。

参考文献:

- [1] 陈雁, 孙海顺, 文劲宇, 等. 改进粒子群算法在船舶电力系统网络重构中的应用[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(3): 29-34.
- [2] 冯鸿. 电力系统自动化的发展与新技术的应用[J]. 北京电力高等专科学校学报:自然科学版, 2012, 29.
- [3] 施伟锋, 包艳, 周左哈, 等. 电力推进船舶电力系统多功能故障监视报警装置研发[J]. 电测与仪表, 2015, 52(6): 82-88.
- [4] 汪波. 蚁群算法在船舶电力故障系统中的应用研究[J]. 舰船科学技术, 2016(10): 43-45.
- [5] 包斌斌. 提升船舶电气自动化的现代化进程——“2011 中国船舶电气技术发展高峰论坛”在沪召开[J]. 造船工业, 2011: 24-26.