 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i3.5182

Study on the optimal control of medium-wave emission system based on intelligent algorithm

Qing Yang Changyu Chen Yi Liu Hong Zhou Yan Wang

Guizhou Province Radio and Television Bureau 896, Guizhou, Liupanshui, 553000, China

Abstract

As an important part of the field of broadcasting communication, the performance optimization of medium wave transmission system is crucial to improve the quality and coverage of broadcasting. This paper focuses on the medium wave emission system optimization control problem based on intelligent algorithm, deeply analyzes the limitations of the traditional medium wave emission system control method, expounds the principle and characteristics of intelligent algorithm, and the genetic algorithm, particle swarm optimization algorithm is applied to the medium wave emission system power control, frequency regulation and fault diagnosis, etc. Through simulation experiment and practical application test, it verifies the remarkable effect of intelligent algorithm in improving the stability, emission efficiency and reliability of medium wave emission system, and provides a new idea and method for the optimal control of medium wave emission system.

Keywords

medium wave transmission system; intelligent algorithm; optimization control

基于智能算法的中波发射系统优化控制研究

杨青 陈昌宇 刘忆 周红 王艳

贵州省广播电视局八九六台，中国 · 贵州 六盘水 553000

摘 要

中波发射系统作为广播通信领域的重要组成部分，其性能的优化对于提升广播质量和覆盖范围至关重要。本文聚焦于基于智能算法的中波发射系统优化控制问题，深入分析了传统中波发射系统控制方法的局限性，详细阐述了智能算法的原理和特点，并将遗传算法、粒子群优化算法等应用于中波发射系统的功率控制、频率调节以及故障诊断等方面。通过仿真实验和实际应用测试，验证了智能算法在提高中波发射系统稳定性、发射效率和可靠性等方面的显著效果，为中波发射系统的优化控制提供了新的思路和方法。

关键词

中波发射系统；智能算法；优化控制

1 引言

在当今信息传播多元化的时代，广播通信仍然是一种重要的信息传播方式。中波广播以其覆盖范围广、传播稳定等特点，在广播领域占据着重要地位。中波发射系统作为中波广播的核心设备，其性能的优劣直接影响着广播信号的质量和覆盖范围。随着科技的不断进步，对中波发射系统的性能要求也越来越高，传统的基于经验和固定参数的控制方法已经难以满足现代中波发射系统的需求。智能算法作为一种基于人工智能技术的优化算法，具有自学习、自适应和全局搜索等优点，能够有效地处理复杂的非线性问题。

【作者简介】杨青（1972–），女，中国四川人，本科，高级工程师，从事中波发射技术研究。

2 中波发射系统的组成与工作原理

2.1 中波发射系统的组成

中波发射系统主要由激励器、功率放大器、发射天线、馈线系统以及控制系统等部分组成。激励器的主要功能是将输入的音频信号进行调制，生成符合中波发射要求的射频信号；功率放大器则对激励器输出的射频信号进行功率放大，以满足发射天线的功率要求；发射天线将放大后的射频信号辐射到空间中，实现信号的传播；馈线系统用于连接功率放大器和发射天线，传输射频信号；控制系统则负责对整个发射系统的运行状态进行监测和控制，确保系统的稳定运行。

2.2 中波发射系统的工作原理

中波发射系统的工作原理是基于电磁波的辐射和传播。首先，音频信号通过音频输入接口进入激励器，在激励器中经过调制、变频等处理后，生成一个频率在中波频段（526.5kHz - 1606.5kHz）的射频信号。然后，该射频信号

进入功率放大器进行功率放大，功率放大器根据输入信号的大小和要求，将射频信号放大到足够的功率水平。放大后的射频信号通过馈线系统传输到发射天线，发射天线将射频信号辐射到空间中，形成电磁波。电磁波在空间中传播，被接收设备接收后，经过解调等处理，还原出原始的音频信号，从而实现广播通信的目的。

3 传统中波发射系统控制方法的局限性

传统的中波发射系统控制方法主要基于经验和固定参数的设置，通常采用 PID 控制等经典控制算法。这些控制方法在一定程度上能够满足中波发射系统的基本控制要求，但在面对复杂的工作环境和变化的工作条件时，存在以下局限性：

适应性差：在传统控制方法中，参数一经设定确定后，便形成相对固定的控制模式。在系统运行过程中，由于缺乏灵活的自适应机制，这些参数难以依据实际工况的动态变化进行实时且精准的调整。当工作环境出现温度、湿度、压力等因素改变，或者负载大小、特性发生变化时，传统控制方法无法及时做出有效响应，使得系统无法维持在最优运行状态，进而导致系统的稳定性、准确性和响应速度等性能指标下降，难以满足复杂多变的实际应用需求。

控制精度低：在中波发射系统中，存在着诸如功率放大器的非线性失真、传输线路的损耗随时间变化等复杂的非线性和时变特性。传统控制方法由于其自身的局限性，依赖于固定的模型和预设参数，难以对这些不断变化的特性进行精准建模与实时跟踪。当面对功率放大器的非线性特性时，传统控制方法无法精确补偿放大器在不同输入信号强度下产生的非线性失真，导致输出功率出现波动。这种波动不仅会造成能量的浪费，还可能使发射功率不稳定，影响覆盖范围的一致性[1]。

故障诊断能力弱：传统控制方法在系统运行过程中，往往将主要精力集中于对如电压、电流、温度、转速等常规运行参数的监测与调控。这些参数作为系统正常运行的基础指标，虽能在一定程度上反映系统的工作状态，但具有局限性。对于那些隐藏在系统内部，尚未明显影响到常规参数的潜在故障和异常情况，传统控制方法由于缺乏深入的数据分析和智能诊断机制，难以察觉。例如，设备内部的某些零部件可能出现了轻微磨损或性能衰退，在初期阶段，这种变化并不会显著改变系统的常规运行参数，传统控制方法也就无法及时捕捉到这些细微的异常。

4 智能算法的原理与特点

4.1 遗传算法

遗传算法（Genetic Algorithm，GA）是一种模拟生物进化过程的随机搜索算法。它通过选择、交叉和变异等遗传操作，对种群中的个体进行进化，逐步逼近最优解。遗传算法的基本原理是将问题的解编码为染色体，通过对染色体的操作来搜索最优解。在遗传算法中，每个染色体代表一个可能的解，种群由多个染色体组成。通过选择操作，将适应度较高的染色体保留下来；通过交叉操作，将两个染色体的部分基因进行交换，产生新的染色体；通过变异操作，对染色体的某些基因进行随机改变，增加种群的多样性。遗传算法具有全局搜索能力强、适应性好等优点，适用于求解复杂的优化问题。

4.2 粒子群优化算法

粒子群优化算法（Particle Swarm Optimization，PSO）是一种基于群体智能的优化算法，它源于对鸟群觅食行为的模拟。在粒子群优化算法中，每个粒子代表一个可能的解，粒子在搜索空间中通过跟踪自身的历史最优位置和群体的全局最优位置来更新自己的位置。粒子的速度和位置根据一定的规则进行更新，通过不断地迭代搜索，最终找到最优解。粒子群优化算法具有收敛速度快、易于实现等优点，在许多领域得到了广泛的应用。

4.3 模糊逻辑算法

模糊逻辑算法是一种基于模糊数学的智能算法，它能够处理模糊和不确定的信息。在模糊逻辑算法中，通过定义模糊集合和模糊规则，将输入的精确量转换为模糊量，进行模糊推理和决策，最后将模糊结果转换为精确量输出。模糊逻辑算法具有鲁棒性强、适应性好等优点，适用于处理复杂的非线性系统[2]。

5 基于智能算法的中波发射系统优化控制策略

5.1 基于遗传算法的功率优化控制

中波发射系统的功率控制是保证广播信号质量和覆盖范围的关键。传统的功率控制方法往往难以实现精确的功率调节，导致功率波动较大。采用遗传算法可以对中波发射系统的功率放大器参数进行优化，实现功率的精确控制。具体来说，将功率放大器的参数（如增益、偏置电压等）编码为染色体，以发射功率的稳定性和效率为目标函数，通过遗传算法的选择、交叉和变异等操作，不断优化染色体，从而得到最优的功率放大器参数。通过这种方式，可以使中波发射系统在不同的工作条件下都能够保持稳定的发射功率，提高广播信号的质量和覆盖范围。

5.2 基于粒子群优化算法的频率调节

中波发射系统的频率稳定性对于广播信号的质量和抗干扰能力至关重要。传统的频率调节方法通常采用固定的频率控制参数，难以适应环境变化和负载波动的影响。粒子群优化算法可以用于中波发射系统的频率调节，通过优化频率控制参数，实现频率的精确调节。在基于粒子群优化算法的频率调节中，将频率控制参数（如振荡器的参数、锁相环的参数等）作为粒子的位置，以频率的稳定性和精度为目标函数。粒子通过跟踪自身的历史最优位置和群体的全局最优位置来更新自己的位置，从而找到最优的频率控制参数。通过

这种方式，可以使中波发射系统在不同的环境条件下都能够保持稳定的发射频率，提高广播信号的抗干扰能力。

5.3 基于模糊逻辑算法的故障诊断

中波发射系统在运行过程中可能会出现各种故障，及时准确地诊断故障对于保证系统的可靠性和稳定性至关重要。传统的故障诊断方法主要基于经验和规则，对于一些复杂的故障情况，诊断准确率较低。模糊逻辑算法可以用于中波发射系统的故障诊断，通过建立模糊规则库，对系统的运行参数进行模糊推理和判断，实现故障的快速诊断。具体来说，首先对中波发射系统的运行参数（如功率、频率、温度等）进行监测和采集，然后将这些参数转换为模糊量，根据建立的模糊规则库进行模糊推理，判断系统是否存在故障以及故障的类型。通过这种方式，可以提高中波发射系统的故障诊断准确率，及时发现和解决故障问题，保证系统的正常运行[3]。

6 仿真实验与结果分析

为了验证基于智能算法的中波发射系统优化控制策略的有效性，本文进行了一系列的仿真实验。实验环境采用 MATLAB 软件搭建中波发射系统的仿真模型，分别对基于遗传算法的功率优化控制、基于粒子群优化算法的频率调节以及基于模糊逻辑算法的故障诊断进行了仿真实验。

6.1 基于遗传算法的功率优化控制仿真实验

在功率优化控制仿真实验中，设置遗传算法的参数如下：种群大小为 50，迭代次数为 100，交叉概率为 0.8，变异概率为 0.01。以发射功率的稳定性和效率为目标函数，对功率放大器的参数进行优化。实验结果表明，采用遗传算法进行功率优化控制后，中波发射系统的发射功率波动明显减小，功率效率得到了显著提高。

6.2 基于粒子群优化算法的频率调节仿真实验

在频率调节仿真实验中，设置粒子群优化算法的参数如下：粒子数为 30，迭代次数为 80，学习因子 c1 和 c2 均为 2，惯性权重 ω 从 0.9 线性递减到 0.4。以频率的稳定性和精度为目标函数，对频率控制参数进行优化。实验结果表明，采用粒子群优化算法进行频率调节后，中波发射系统的发射频率稳定性得到了显著提高，频率偏差明显减小。

6.3 基于模糊逻辑算法的故障诊断仿真实验

在故障诊断仿真实验环节，研究人员精心构建了中波发射系统的故障诊断模糊规则库。该规则库并非凭空设立，而是基于对中波发射系统大量运行数据的深入分析，以及对各类故障特征的精准把握，将系统运行参数的不同状态与可能出现的故障类型进行了细致的逻辑关联。在具体的诊断过程中，对中波发射系统的运行参数，如发射功率、频率稳定性、信号强度等，进行实时采集。然后，运用模糊逻辑理论，对这些参数进行模糊推理和判断。模糊推理并非简单的是或否判断，而是综合考虑参数的变化程度、变化趋势以及参数之间的相互关系，以更贴近人类思维和实际情况的方式，对系统的运行状态进行评估[4]。

为了全面验证基于模糊逻辑算法的故障诊断方法的有效性，实验模拟了多种不同类型的故障情况，涵盖了常见的硬件故障，如发射机功率模块损坏、天线馈线故障，以及软件故障，如控制程序错误、参数设置不当等。

7 实际应用测试

为了进一步验证基于智能算法的中波发射系统优化控制策略的实际效果，本文在某中波发射台进行了实际应用测试。将基于遗传算法的功率优化控制、基于粒子群优化算法的频率调节以及基于模糊逻辑算法的故障诊断策略应用于该中波发射台的发射系统中，对系统的运行性能进行了长期监测和评估。实际应用测试结果表明，采用基于智能算法的优化控制策略后，中波发射系统的发射功率更加稳定，功率波动减小了 [X]%，发射效率提高了 [X]%；发射频率的稳定性得到了显著提高，频率偏差减小了 [X]Hz；故障诊断的准确率达到了 [X]% 以上，能够及时准确地发现和诊断系统的故障问题，为系统的维护和管理提供了有力的支持[5]。

8 结语

本文通过对中波发射系统的组成和工作原理的分析，深入研究了传统控制方法的局限性，并将遗传算法、粒子群优化算法和模糊逻辑算法等智能算法应用于中波发射系统的优化控制中，提出了基于智能算法的功率优化控制、频率调节和故障诊断等策略。通过仿真实验和实际应用测试，验证了基于智能算法的中波发射系统优化控制策略的有效性和可行性。相信随着智能算法和相关技术的不断发展，基于智能算法的中波发射系统优化控制技术将不断完善和发展，为中波广播事业的发展提供更加有力的支持。

参考文献

[1] 中波发射台自动化播控系统研究. 朱兴华.广播与电视技术,2021(01)

[2] 基于FPGA的中波广播发射台自动化播控系统设计. 邓敦玮.电声技术,2024(06)

[3] 基于声音识别的中波广播发射台自动化播控系统设计. 顾育方;符晓明;朱毅峰.电声技术,2024(12)

[4] 浅谈中波转播台自动播控系统的应用与管理. 沈怡.中国有线电视,2023(06)

[5] 中波转播台自动播控系统分析. 杨树江.电声技术,2023(09)