

新型高效能广播发射天线设计及其性能

程惠媛¹ 程惠芳²

1 内蒙古自治区广播电视传输发射中心乌拉盖077台 2 赤峰广电发射台

DOI:10.32629/etd.v6i5.16857

[摘要] 本文聚焦新型高效能广播发射天线的设计与性能研究,结合当前广播传输对天线能效、覆盖范围的实际需求,深入分析传统广播发射天线在能效、稳定性等方面存在的不足。系统探索新型天线的设计原理与关键技术,重点优化天线的结构参数与信号传输机制,通过科学的性能测试方法验证其实际效能。旨在为广播通信领域提供性能更优、能耗更低的天线解决方案,解决传统天线难以适配数字广播技术发展的问题,推动广播传输技术的整体升级与可持续发展。

[关键词] 新型广播发射天线; 高效能设计; 天线性能; 结构参数; 信号传输

中图分类号: TJ27+3 文献标识码: A

Design and Performance of a New High-Efficiency Broadcast Antenna

Huiyuan Cheng¹ Huifang Cheng²

1 Wulai 077 Station of Inner Mongolia Autonomous Region Radio and Television Transmission and Transmission Center

2 Chifeng Radio and Television Transmission Station

[Abstract] This article focuses on the design and performance research of a new type of high-efficiency broadcast transmission antenna. Combining with the current practical requirements for antenna energy efficiency and coverage range in broadcast transmission, it deeply analyzes the shortcomings of traditional broadcast transmission antennas in terms of energy efficiency, stability, and other aspects. The system explores the design principles and key technologies of a new type of antenna, focusing on optimizing the structural parameters and signal transmission mechanism of the antenna, and verifying its actual effectiveness through scientific performance testing methods. Aiming to provide antenna solutions with better performance and lower energy consumption for the field of broadcasting communication, solve the problem of traditional antennas being difficult to adapt to the development of digital broadcasting technology, and promote the overall upgrade and sustainable development of broadcasting transmission technology.

[Key words] New type of broadcasting transmitting antenna; Efficient design; Antenna performance; Structural parameters; signal transmission

引言

广播发射天线是广播通信系统的核心组成部分,其性能直接影响信号覆盖范围、传输质量与能耗水平,对广播服务的稳定性与经济性具有重要意义。随着数字广播技术的快速发展,传统广播发射天线逐渐暴露出能效低、信号稳定性不足、适应复杂环境能力弱等问题,无法满足当前广播传输对高效能、广覆盖、低损耗的需求。研发新型高效能广播发射天线,成为提升广播通信质量、降低运营成本、适配技术升级的关键方向。本文围绕新型高效能广播发射天线的设计思路、技术要点及性能展开研究,明确研究的核心目标与现实意义,为相关技术研发提供理论与实践参考。

1 新型高效能广播发射天线的设计基础与需求分析

1.1 广播传输场景对天线性能的核心需求

广播传输场景多样,不同场景对天线性能有着明确的核心需求。在城市密集区域,需天线具备较强的信号穿透力,以应对高楼遮挡带来的传输阻碍;在偏远乡村地区,重点要求天线扩大覆盖范围,减少信号盲区;在复杂气候区域,天线需具备良好的抗风、抗雨、抗腐蚀能力,保障长期稳定运行。同时,所有场景均对天线能效提出要求,需在保证传输质量的前提下,降低能耗,符合绿色通信发展趋势。这些需求共同构成新型高效能天线设计的核心导向。

1.2 传统广播发射天线的技术局限与不足

传统广播发射天线在长期应用中逐渐显现出明显的技术局限与不足。从能效来看,传统天线能量转换效率较低,大量电能可在传输与辐射过程中损耗,增加运营成本;在信号稳定性方面,传统天线对外部环境变化敏感,遇到恶劣天气或电磁干扰时,信号易出现波动甚至中断;在频段适配性上,传统天线多为单频段设计,难以满足当前多频段广播传输的需求,更换或调整频段时需重新更换天线,操作复杂且成本高。这些不足严重制约了广播传输技术的进一步发展。

1.3 新型高效能天线设计的理论依据与技术框架

新型高效能天线设计以电磁辐射理论、信号传输理论为核心理论依据,通过对电磁波传播规律、能量转换机制的深入研究,为天线结构与性能优化提供理论支撑。其技术框架涵盖多学科融合内容,包括射频技术、材料科学、结构工程等。在该框架下,先明确天线设计的性能指标与应用场景,再结合理论计算确定初步结构方案,随后通过仿真模拟对方案进行优化调整,最后形成完整的设计流程。同时,技术框架还注重与数字广播技术、智能控制技术的结合,确保天线能适配现代广播通信系统的发展需求。

2 新型高效能广播发射天线的关键设计技术

2.1 天线辐射单元的结构优化设计

天线辐射单元是决定天线辐射性能的核心部件,其结构优化设计至关重要。设计过程中,需结合电磁辐射特性,对辐射单元的形状、尺寸、材质进行优化。例如,采用多单元阵列结构替代传统单一辐射单元,通过调整单元间距与排列方式,增强信号辐射强度与方向性;选择低损耗、高导电率的新型材料制作辐射单元,减少能量在辐射过程中的损耗;对辐射单元表面进行特殊处理,提升其抗腐蚀、抗老化能力,延长使用寿命^[1]。这些结构优化措施能有效提升天线的辐射效率与整体性能。

2.2 信号传输路径的低损耗设计技术

信号传输路径的低损耗设计技术是提升天线能效的关键环节。在设计中,首先优化传输线路的材质选择,采用高纯度铜材或光纤材料,降低信号在传输过程中的电阻损耗与介质损耗;其次,对传输线路的结构进行优化,减少线路弯折次数,避免因线路不规则导致的信号反射与损耗;同时,在信号接口处采用精密连接技术,提升接口匹配度,减少信号在接口处的泄漏与衰减。此外,还可在传输路径中加入信号放大与补偿模块,对损耗的信号进行及时补充,确保信号能高质量传输至辐射单元。

2.3 天线适配不同频段的宽频化设计方法

为满足多频段广播传输需求,新型高效能天线需采用宽频化设计方法。首先,通过对天线辐射单元与馈电网络的协同设计,使天线能在较宽频段内保持良好的阻抗匹配,减少频段切换时的信号损耗;其次,引入频率可调谐技术,在天线结构中加入可调谐元件,如变容二极管、可调电容等,通过控制元件参数变化,实现天线工作频段的灵活调整;同时,利用仿真软件对不同频段下天线的性能进行模拟分析,根据分析结果对设计方案进行优化,确保天线在各工作频段内均能保持稳定的传输质量与较高

的能效,实现对多频段广播信号的有效覆盖^[2]。

3 新型高效能广播发射天线的性能优化策略

3.1 基于能效提升的天线参数调整策略

基于能效提升的天线参数调整策略需围绕影响天线能效的关键参数展开。首先调整天线的输入阻抗参数,通过匹配网络设计,使天线输入阻抗与馈电系统阻抗保持一致,减少信号反射损耗,提升能量利用率;其次优化天线的辐射效率参数,通过调整辐射单元结构与排列方式,增强有用信号的辐射强度,降低无用辐射;同时,对天线的工作电压与电流参数进行优化,在保证正常工作的前提下,减少冗余电能消耗。此外,还可引入智能功率控制技术,根据实际传输需求动态调整天线输出功率,进一步提升能效。

3.2 增强信号覆盖均匀性的优化方案

增强信号覆盖均匀性的优化方案需从天线方向性与覆盖范围调控两方面入手。在方向性优化上,采用自适应波束赋形技术,通过调整天线阵列中各辐射单元的相位与幅度,使天线波束能根据覆盖区域地形与用户分布情况灵活调整,避免出现信号重叠或盲区;在覆盖范围调控上,结合地理信息系统,对覆盖区域进行精准划分,根据不同区域的传输需求,调整天线的辐射角度与功率分配,确保每个区域都能接收到强度适宜的信号。同时,在信号薄弱区域设置辅助中继设备,进一步弥补覆盖漏洞,提升整体覆盖均匀性。

3.3 适应复杂环境的天线抗干扰性能优化

适应复杂环境的天线抗干扰性能优化需从硬件设计与信号处理两方面采取措施。在硬件设计上,采用电磁屏蔽技术,在天线外壳与内部电路之间增加屏蔽层,减少外部电磁干扰对天线工作的影响;选择抗干扰能力强的电子元件,提升天线内部电路的稳定性;对天线结构进行加固设计,增强其抗风、抗震、抗腐蚀能力,适应恶劣自然环境^[3]。在信号处理方面,引入抗干扰信号算法,通过对接收信号的滤波、解调与纠错处理,剔除干扰信号,恢复有用信号;同时,采用频率捷变技术,在遇到强干扰时,快速切换工作频段,保障信号传输不中断。

4 新型高效能广播发射天线的性能测试方法

4.1 天线能效指标的量化测试方法

天线能效指标的量化测试需在标准测试环境中进行,采用专业测试设备开展。测试前,先对测试环境进行校准,确保无外部电磁干扰且温度、湿度等环境参数符合标准。测试时,通过功率计测量天线的输入功率与辐射功率,计算能量转换效率,作为核心能效指标;同时,记录天线在不同工作功率下的能耗数据,绘制能耗-功率曲线,分析其能效变化规律;此外,还需测试天线在长期连续运行状态下的能效稳定性,通过持续监测输入输出功率,判断能效是否随运行时间出现衰减。所有测试数据需多次测量取平均值,确保量化结果的准确性与可靠性。

4.2 信号覆盖范围与传输稳定性的测试方案

信号覆盖范围与传输稳定性的测试方案需结合实际应用场景设计。在覆盖范围测试中,采用实地测试与仿真模拟相结合的

方式。实地测试时,在预设的测试区域内选取多个测试点,使用信号强度测试仪测量各点的信号强度,绘制覆盖范围图,确定信号覆盖边界与盲区位置;仿真模拟则通过专业软件构建测试区域的地理模型与电磁环境模型,模拟天线信号传播过程,与实地测试结果相互验证。在传输稳定性测试中,持续监测天线在不同时间段、不同环境条件下的信号传输参数,如信号幅度、频率偏差、误码率等,分析参数波动情况,评估传输稳定性。

4.3 天线抗干扰能力与环境适应性的测试流程

天线抗干扰能力与环境适应性的测试流程需分阶段有序开展。抗干扰能力测试阶段,先在实验室环境中模拟不同类型的电磁干扰,如射频干扰、脉冲干扰等,监测天线在干扰环境下的信号传输质量,记录误码率、信号中断次数等指标;随后在实际复杂电磁环境中进行现场测试,进一步验证天线的抗干扰性能。环境适应性测试阶段,先将天线置于高低温、湿热、盐雾等模拟环境舱中,测试其在极端气候条件下的工作状态;再进行机械性能测试,如振动测试、冲击测试,检验天线结构稳定性;最后进行长期户外试运行测试,观察天线在自然环境中长时间运行的性能变化,全面评估其环境适应性。

5 新型高效能广播发射天线的应用前景与发展方向

5.1 在数字广播传输系统中的应用场景拓展

新型高效能广播发射天线在数字广播传输系统中具有广阔的应用场景拓展空间。在地面数字电视广播领域,可用于城市、乡村等不同区域的信号覆盖,通过高效率与广覆盖特性,降低运营成本,提升服务质量;在数字音频广播领域,能适应多频段音频传输需求,为车载广播、便携式终端广播接收提供稳定信号;在应急广播系统中,凭借其强抗干扰能力与环境适应性,可在灾害发生时快速搭建临时广播传输链路,及时传递应急信息。此外,还可与智慧社区、智慧城市建设结合,为社区广播、公共信息播报等场景提供支持。

5.2 结合5G技术的天线融合应用探索

结合5G技术的天线融合应用探索是新型高效能广播发射天线的重要发展方向。5G技术具有高速率、低时延、广连接的特点,将新型广播发射天线与5G技术融合,可实现广播信号与5G信号的协同传输。例如,在5G基站建设中,集成新型广播发射天线功能,使基站既能传输5G数据信号,又能播送广播节目,减少基础设施重复建设;利用5G的智能控制技术,实现对广播天线的远

程监控与参数调整,提升天线运行的智能化水平;同时,借助5G的边缘计算能力,对广播信号进行实时处理与优化,进一步提升信号传输质量与覆盖效率。

5.3 未来高效能广播发射天线的技术发展趋势

未来高效能广播发射天线的技术发展将呈现多方向创新趋势。从材料技术来看,将更多采用新型纳米材料、复合材料,进一步降低天线损耗,提升能效与结构稳定性;从智能控制技术来看,将引入人工智能算法,实现天线性能的自适应调整,根据环境变化与传输需求自动优化参数,提升运行智能化程度;从多功能融合来看,天线将向“广播+通信+感知”多功能一体化方向发展,除传输广播信号外,还能具备环境监测、数据采集等功能;从绿色节能来看,将进一步优化能量回收与利用技术,实现天线能耗的最大化降低,符合低碳环保的发展理念。

6 结论

本文围绕新型高效能广播发射天线的设计与性能展开系统研究,分析了广播传输场景对天线的核心需求,指出传统天线的技术局限,明确了新型天线设计的理论依据与技术框架。详细阐述了天线辐射单元优化、低损耗传输路径设计、宽频化适配等关键技术,提出了基于能效提升、覆盖均匀性增强、抗干扰优化的性能策略,构建了全面的性能测试方法,展望了其在数字广播系统、5G融合应用中的前景与未来技术趋势。未来,需进一步加强技术研发与实际应用结合,不断优化设计方案,推动其在广播通信领域的广泛应用,为广播传输技术的高质量发展提供有力支撑。同时,该研究也为相关领域的天线技术创新提供了理论参考与实践思路,助力通信行业绿色化、智能化转型。

[参考文献]

- [1]高楷轩.实用新型广播发射天线的技术构成与技术原理[J].数字传媒研究,2024,41(02):39-41.
- [2]刘开宏.中波广播发射天线的原理与维护措施研究[J].数字通信世界,2021,(08):107-108.
- [3]龚振和.中波广播发射天线原理及其维护[J].西部广播电视,2020,(13):222-223.

作者简介:

程惠媛(1986--),女,蒙古族,内蒙古赤峰市人,本科学士学位,电子工程师、研究方向:电子工程相关专业,广播电视传输发射相关专业。