

地面数字电视广播发射机严格频谱模板测试分析

郭晓明

内蒙古自治区广播电视传输发射中心731台 内蒙古 锡林郭勒盟 011200

摘要: 在深入探讨地面数字电视广播发射机时,系统阐述了其工作原理与构成要素,并强调频谱模板作为评估发射机性能的关键标准。详尽解析了频谱模板测试的前期准备、执行流程及其间需留意的事项。分析测试结果后,明确频谱模板符合性对提升信号质量的关键作用;为助力数字电视广播的高质量传输,提出了优化滤波器设计、调制技术及系统整体效能的策略性建议。

关键词: 地面数字电视;广播发射机;频谱模板测试

1 地面数字电视广播发射机及频谱模板概述

1.1 地面数字电视广播发射机的工作原理与构成

地面数字电视广播发射机是数字电视信号传输系统的核心设备,它负责将经过编码、复用和调制处理的数字电视信号,经过功率放大后,通过天线以电磁波的形式发射到空中,供用户端的数字电视机顶盒接收并还原成音视频信号。其工作原理可以简要概括为信号的数字化处理、调制、功率放大和无线发射四个步骤。在构成上,地面数字电视广播发射机通常由多个功能模块组成,包括输入接口模块、数字信号处理模块、调制器、功率放大器、冷却系统以及控制单元等。输入接口模块负责接收来自前端的数字电视信号;数字信号处理模块则对信号进行编码、复用等处理,以符合传输标准;调制器将处理后的信号调制到特定的射频载波上;功率放大器则将调制后的信号放大到足够的功率水平,以便通过天线远距离发射;冷却系统则确保发射机在高功率运行时的稳定性;控制单元则负责监控发射机的运行状态,实现故障报警和自动保护等功能。

1.2 频谱模板的定义与重要性

频谱模板是指地面数字电视广播发射机在发射信号时,其频谱特性需要满足的一种特定形状和幅度的曲线要求。它规定了发射机在传输带宽内及带外辐射的限制,确保发射信号在规定的频率范围内具有良好的传输性能,同时减少对相邻频道的干扰。频谱模板的制定基于国际和国内的相关标准和规范,是评估发射机性能优劣的重要指标之一。频谱模板的重要性体现在多个方面。首先,它保证了数字电视广播信号的传输质量,使观众能够接收到清晰、稳定的音视频信号。其次,通过限制发射机的带外辐射,频谱模板有助于减少对其他无线通信系统的干扰,维护良好的电磁环境^[1]。另外,频谱模板还促进数字电视广播设备的标准化和规范化生产,推动了

整个行业的健康发展。因此,在地面数字电视广播系统中,频谱模板的测试和验证是不可或缺的重要环节。

2 地面数字电视广播发射机频谱模板测试方法

2.1 测试准备

在进行地面数字电视广播发射机的频谱模板测试之前,充分的测试准备是确保测试结果准确可靠的前提。需要选择合适的测试设备,主要包括高精度的频谱分析仪和稳定的信号源。频谱分析仪用于捕获并分析发射机输出信号的频谱特性,而信号源则用于生成测试所需的模拟或数字信号。这些设备应提前进行校准,以确保其测量精度符合测试要求。校准过程通常包括检查设备的零点和增益设置,通过标准信号源进行校准比对,调整设备至最佳工作状态。同时,为了减少测试环境对测试结果的影响,还需确保测试环境符合标准规定的电磁屏蔽和接地要求。另外,发射机也需要进行预调整与状态确认。这包括检查发射机的电源、散热系统是否正常工作,确认发射机的工作模式与测试要求一致,以及进行必要的预热和稳定性测试,确保发射机在测试过程中能够稳定输出信号。

2.2 测试步骤

步骤一:连接发射机与测试设备

首先,确保地面数字电视广播发射机处于正常工作状态,并已调整至待测试的频道和功率水平;利用高质量的射频同轴电缆将发射机的输出端口与频谱分析仪的输入端口连接起来。为了精确测量并保护频谱分析仪免受可能的射频信号过载,可以在连接路径中适当位置加入衰减器,并根据需要调整衰减量。确保所有连接牢固可靠,无松动或短路现象。

步骤二:设置频谱分析仪的参数

启动频谱分析仪,进入测试准备状态。根据地面数字电视广播发射机的特性和测试要求,逐一设置频谱分析仪

的各项参数：（1）中心频率：输入与发射机工作频道相对应的中心频率，确保频谱分析仪能够准确捕捉并分析该频段的信号。（2）扫描宽度：设置足够宽的扫描范围，以覆盖发射机输出信号的整个频谱区域，通常选择24MHz或更宽，以便全面评估频谱模板的符合性。（3）分辨率带宽：选择一个适当的分辨率带宽值，通常建议设为3.9kHz或更细，以提高频谱测量的精度和分辨率^[2]。（4）视频带宽：调整视频带宽至适当水平，通常为100Hz或更低，用于平滑频谱显示，减少噪声和干扰的影响。（5）平均次数：启用并设置多次平均功能，如100次平均，以提高测量的稳定性和准确性，减少随机波动的影响。

步骤三：进行频谱扫描并记录数据

完成上述参数设置后，启动频谱分析仪的扫描功能，对发射机的输出信号进行全面扫描。在扫描过程中，注意观察频谱分析仪的显示情况，确保频谱曲线稳定且无异常波动。一旦扫描完成，频谱分析仪将显示出发射机输出信号的频谱图。此时，需要利用频谱分析仪的标记功能，在频谱图上标记出关键测试点（如频谱模板规定的上、下边界点），并记录这些点的频谱功率值。还应注意观察频谱模板范围内是否有超出允许限值的频谱泄漏或杂散辐射。最后，将记录的数据与地面数字电视广播的频谱模板标准进行对比分析，评估发射机的频谱特性是否符合规范要求。如果存在不符合项，则需要进一步调整发射机的参数或排查可能的故障源，直至测试结果满足要求为止。

2.3 注意事项

在进行地面数字电视广播发射机频谱模板测试时，必须严格注意以下事项以确保测试结果的准确性和可靠性：第一，要严格控制测试环境，减少外部干扰对测试结果的影响。测试环境应远离电磁辐射源，如大型电子设备、无线电发射台等，以减少电磁干扰。应保持测试区域的清洁和秩序，避免不必要的物品和设备对测试信号产生反射或阻挡。为了确保测试的独立性，建议采用屏蔽室或特定隔离区域进行测试。第二，要注重测试数据的准确性。由于频谱测试可能受到多种因素的影响，如设备稳定性、环境波动等，单次测量结果可能存在误差。建议进行多次测量并取平均值，以提高测试数据的稳定性和可靠性。在每次测量前，应确保发射机和频谱分析仪都已预热至稳定状态，并检查所有连接和设置是否正确无误。第三，要特别关注频谱仪的设置准确性。频谱仪是测试的核心设备，其参数设置直接影响测试结果的准确性。在设置频谱仪时，必须仔细核对每一项参数，如中心频率、扫描宽度、分辨率带宽等，确保它们

与测试要求和发射机特性相匹配。任何细微的参数偏差都可能导致测试结果出现偏差或错误。因此，在测试过程中应不断校核和调整频谱仪的设置，确保其始终处于正确的工作状态。

3 频谱模板测试结果分析

3.1 频谱模板的符合性分析

在完成地面数字电视广播发射机的频谱模板测试后，首要任务是对测试结果进行符合性分析。这一步骤主要涉及将实测的频谱模板曲线与标准规定的频谱模板曲线进行对比。通过细致的对比，可以直观地判断发射机的频谱输出是否符合规范要求。如果实测曲线与标准曲线高度吻合，说明发射机的频谱特性良好，能够有效控制信号在信道外的辐射，减少对其他频段的干扰。若实测频谱模板存在偏差，则需要进一步分析偏差产生的原因。可能的因素包括滤波器的性能不足、发射机内部调试不当、射频链路的匹配问题或是外部环境的电磁干扰等。针对这些潜在原因，可以采取相应的措施进行排查和改进，如更换性能更优的滤波器、重新调试发射机参数、优化射频链路设计等。频谱模板的符合性不仅反映了发射机自身的性能状况，还直接影响到其在实际应用中的表现^[3]。因此，必须高度重视这一环节，确保发射机的频谱输出严格符合标准规定。

3.2 频谱模板的符合性对发射机信号质量的影响

频谱模板的符合性对地面数字电视广播发射机的信号质量具有深远的影响。如果发射机的频谱模板不符合标准要求，可能会导致信号在信道外产生不必要的辐射，进而对相邻频道的信号造成干扰。这种干扰不仅会降低接收端的信号质量，还可能导致信号解码失败或图像失真等问题，严重影响观众的观看体验。为了避免这些不利后果，必须采取有效措施确保发射机的频谱模板符合性。一旦发现频谱模板不符合要求，应立即查明原因并采取措施进行整改。此外，还可以引入先进的信号处理技术，如自适应滤波、数字预失真等，来进一步提升发射机的信号质量。这些技术可以帮助减少信号在传输过程中的失真和噪声干扰，从而提高信号的可靠性和稳定性。通过不断优化和改进频谱模板的符合性，可以显著提升地面数字电视广播发射机的整体性能，为用户提供更加清晰、稳定的电视信号。

4 地面数字电视广播发射机频谱模板优化的探讨

4.1 滤波器设计的优化

在地面数字电视广播发射机的频谱模板优化中，滤波器设计的优化是至关重要的一环。滤波器的性能直接决定了发射机输出信号的频谱形状和带外抑制能力。因

此,提升滤波器的设计水平是优化频谱模板的关键措施之一。(1)需要关注滤波器的带外抑制能力。带外抑制能力越强,滤波器对信道外频谱的抑制效果就越好,从而能够有效减少对其他频段的干扰。为了提升带外抑制能力,可以采用更高阶数的滤波器设计,或者引入更先进的滤波算法。同时,滤波器的材料选择和制造工艺也是影响带外抑制能力的重要因素,需要严格把控这些环节,确保滤波器的性能达到最优。(2)优化滤波器的通带特性也是不可忽视的。滤波器的通带特性决定了信号在滤波器内部的传输效率和质量。为了减小信号失真,滤波器应具备良好的通带平坦度和相位线性度。这意味着在通带范围内,滤波器的幅频特性和相频特性应尽可能保持稳定,以避免信号在滤波过程中发生形变或相位偏移。为了实现这一目标,可以采用更加精细的滤波器设计方法和制造工艺,确保滤波器的通带特性符合设计要求。

4.2 发射机调制的优化

通过改进调制技术,可以进一步减少发射机的带外辐射,从而提升频谱模板的符合性。可以采用先进的调制技术来降低带外辐射。例如,采用正交频分复用(OFDM)等现代调制技术,可以有效降低信号在频谱边缘的辐射功率,从而减少对相邻频道的干扰。OFDM技术通过将高速数据流分散到多个正交的子载波上进行传输,不仅提高了频谱利用率,还显著降低了带外辐射水平。调整调制参数以适应不同的传输环境也是优化发射机调制的重要手段;在实际应用中,发射机可能面临不同的传输环境和信道条件^[4]。为了适应这些变化,可以灵活调整调制参数,如子载波间隔、符号周期、调制阶数等,以优化发射机的传输性能。通过合理的参数配置,可以在保证信号质量的同时,进一步降低带外辐射水平,提升频谱模板的符合性。

4.3 系统级优化的考虑

在地面数字电视广播发射机频谱模板优化的过程中,系统级优化是不可或缺的一环。这不仅仅局限于发射机本身,而是需要将发射机与接收机乃至整个传输系统视为一个整体进行综合考虑和优化。发射机与接收机

的联合优化是实现系统级优化的重要手段;由于发射机负责信号的生成和发送,而接收机则负责信号的接收和解码,两者之间的性能和匹配程度直接影响着整个系统的传输质量和效率。因此,在优化频谱模板时,需要充分考虑发射机与接收机的相互作用,通过调整发射机的调制方式、功率控制、频谱特性等参数,使得发射出的信号能够更好地被接收机捕获和解码,从而提升整个系统的性能。另外,整个传输系统的性能提升也是系统级优化的重要目标。传输系统包括发射机、传输介质(如空气、光纤等)、接收机等多个环节,任何一个环节的性能瓶颈都可能限制整个系统的性能。因此,在优化频谱模板时,还需要从整个传输系统的角度出发,制定性能提升策略。这包括选择合适的传输介质、优化传输路径、提升接收机的灵敏度、增强信号的抗干扰能力等,以确保整个传输系统的高效、稳定运行。通过系统级的综合考虑和优化,可以进一步提升地面数字电视广播发射机的频谱模板符合性,为用户提供更高质量的电视信号。

结束语

综上所述,地面数字电视广播发射机频谱模板的测试与优化是数字电视广播系统质量保证的关键环节。通过严格的测试和科学的优化措施,可以显著提升发射机的频谱模板符合性,减少对其他无线通信系统的干扰,确保观众接收到清晰、稳定的电视信号。随着技术的不断进步和标准的持续更新,未来在频谱模板优化方面仍需不断探索和创新,以推动数字电视广播事业的持续健康发展。

参考文献

- [1]康建华,马洪平.地面数字电视广播发射机严格频谱模板测试分析[J].广播与电视技术,2024,51(5):71-75. DOI:10.16171/j.cnki.rtbe.2024005015.
- [2]蒋进玲.数字时代广播电视无线发射技术相关问题的探讨[J].通讯世界,2020(9):72-73.
- [3]扈广义.1kW地面数字电视广播发射机故障分析与维护[J].数字传媒研究,2021(10):57-61.
- [4]范潇匀.移动数字电视广播发射技术分析[J].西部广播电视,2019,443(03):207.