

无线电干扰与无线电技术研究

何世鉴

汕尾无线电监测站 广东 汕尾 516600

摘要: 本文深入研究了无线电干扰与无线电管理相关内容。阐述了无线电干扰的类型,包括同频、邻频、互调等干扰,分析了其成因,如设备故障、频谱规划不合理等。探讨了无线电干扰对通信系统、公共安全和经济活动造成的危害。强调了无线电管理的重要性,并从频谱规划与分配、台站管理、监测与检测技术等方面论述了管理的策略与方法,旨在为优化无线电环境提供参考。

关键词: 无线电干扰;无线电管理;频谱资源

引言: 随着无线电技术的广泛应用,无线电干扰问题日益凸显。无线电通信在人们的生活、工作和社会运行中发挥着关键作用,然而,各种类型的无线电干扰给正常的通信和相关活动带来了诸多困扰。深入了解无线电干扰的类型、成因及其危害,探讨有效的无线电管理策略与方法,具有重要的现实意义。

1 无线电干扰的类型与成因

无线电扰动是指在无线电波传播过程中,部分的电磁能量采用了直接耦合或间接耦合的方法而进入了接收系统或通道,从而造成了有用的信息效率降低、数据出现了错误或遗漏,甚至阻碍了正常通讯的实现。根据干扰的发生形式和干扰信号的特性,无线电干扰可以分为多种类型,并且每种类型的干扰都有其特定的成因。

1.1 干扰的类型

(1) 同频干扰: 同频干扰是当无效信号的高频载波和有益信号的高频载波数量相等,但同时也对所有收到在同一频段上有用的信息的接收器产生影响时都叫做同频干扰。干扰信号越大,则接收器的输出信噪比就越低。当干扰信号足够大时,就会引起接收器的阻塞问题。

(2) 邻频道干扰: 邻道干扰是指干扰源发出的信号通过相邻频道的能量对邻道接收机或其通带产生影响,通常简称为邻道效应。这种干扰可能导致接收机的信噪比降低,影响通信的准确性和可靠性。在极端情况下,严重的邻道干扰可能会导致接收机出现短路现象。

(3) 带外干扰: 是指由发射机的谐波传动讯号以及杂散发射,在接收有用信号的连通带内所造成的干扰,亦称为带外干扰。列如,由于发信机的杂散辐射干扰主要位于VHF和UHF之间的中低频区段,在地面通讯设施中特别是基站天馈线的发信机,大都通过晶体振荡器以获得较多的中高频稳定点。由于倍频器和高倍频反相放大器之间的非线性效应,形成了大量的高频谐波,其频

谱范围是 f_0 的1倍、2倍、甚至3倍。这些干扰还可能会在除发信机所占带宽以外附近的几个或多频点上发生。

如图1给出了可通过500MHz进行运算的发射机信号。该检查是在手持式频率分析仪上完成的,表明了基本元器件可以同时500MHz进行工作和在1 000MHz以上产生二次谐波发射。而二次谐波信号也可以影响任何在1 000MHz以上进行作业的无线系统。

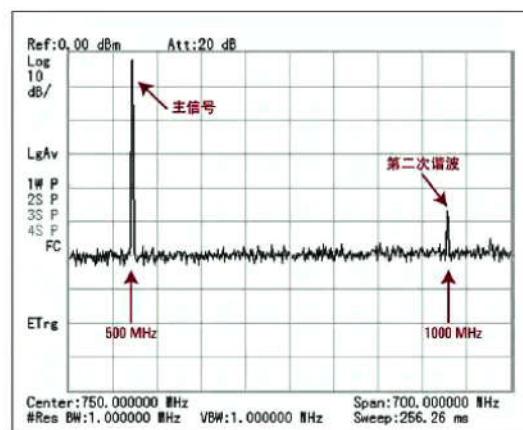


图1 使用500MHz进行滤波的发射机,其输出端发生了第二次谐波。

所以在对发射机谐波中的过滤时有相应的检测要求就非常重要了,它也能够帮助无线电子设备减少对在较高信道中工作的其他系统产生影响。测量无线发射器的谐波时,应当采用具有较系统的基本操作能力至少高出三倍的频谱分析仪^[1]。也因此,当检验在6GHz内完成工作的发射器性能时,还要测量它们在十二GHz时在十八GHz时产生的第二次和第三次谐波。

无线电干扰通常与由于设备故障或其他意外情况可能发生的干扰不同。仅引起干扰的设备受到不同的监管。当操作员在繁忙的频率传输而没有首先检查它是否正在使用,或者无法听到使用该频率的电台时,就会发生无意的

干扰。另一种形式的无意干扰发生在设备意外辐射信号时,例如有线电视最初这两个术语可以互换使用,但现在大多数无线电使用术语干扰来描述故意使用无线电噪声或信号以试图破坏通信(或阻止收听广播),而术语干扰用于描述无意的破坏形式(这更为常见)。

(1) 人为干预:人为干预可包括对无线电设备干扰和非无线电装置干扰。非无线电电子检测设备干扰还包括了对工程、科学、医学等方面的电子测量设备干扰,对电力网干扰等。而为了避免设备对无线电与电子计量学专业环境所造成的不良影响,在国标中也已对设备正常工作时的总辐射允许值进行了规范。所以,无线电设备扰动在各种无线电扰动中,都占据了很大的比重。(2) 自然现象:自然干扰来源于自然界现象,但是无法控制的。主要有天电干扰、太阳扰动、宇宙干扰等。

2 无线电干扰的危害

2.1 对通信系统的影响

无线电干扰对通信系统的影响是多方面的,主要包括降低通信质量和导致通信中断。

2.1.1 降低通信质量

无线电干扰主要通过两种方式影响通信质量:邻道干扰和互调干扰。邻道干扰出现在二个或多个相邻频段的信道间互相影响,一般是由通道选择不合理或接收滤波器特性不佳而造成的。相互协调干扰则是指若干个不同频段的无线电信号在非线性器件上相互作用,形成了若干频谱分量,而这种较新的频谱成分可能会影响正常的无线电信号。

2.1.2 导致通信中断

在某些极端情况下,无线电干扰可能严重到足以阻断通信的进行。例如,大功率无绳电话和擅自扩大功率的广播电视发射机等干扰源,可能会分布于城市或农村,对航空通信形成威胁,甚至可能导致飞行安全受到危害。此外,干扰还可能导致管制部门严重关注的其他无线电干扰,从而影响到航班的正常运营。

2.2 对公共安全的威胁

无线电干扰对公共安全的威胁主要体现在以下几个方面:

(1) 影响紧急救援通信:无线电干扰可能会干扰紧急救援通信系统,这包括但不限于消防、警察、医疗急救等关键公共服务的通信网络。例如,干扰可能导致救援队伍与指挥中心的通信中断,贻误宝贵的救援时机。

(2) 干扰航空导航:航空导航通信是确保航班安全的关键因素之一。无线电干扰可能会对航空通信导航频率造成干扰,影响飞机航向、速度等信息的精确性,增加飞

行风险。如果导航系统发生故障或误差超过了允许范围而飞行员未及时察觉,可能会偏离既定航线,甚至导致严重的安全事故。

2.3 对经济活动的冲击

无线电干扰对经济活动的冲击主要体现在以下几个方面:

(1) 行业运营中断:无线电干扰可能引起关键行业的运营中断,包括飞机无线电导航定位、列车运行管理和指挥调整、水上遇险救援等。有害干扰可以造成无法准确接收有用信息和准确命令,对公民生命财产安全构成危险。此外对广播、通讯、气象、供电等领域无线电工作的影响还会严重干扰行业工作安全和经济活动。(2) 生产力下降:无线电干扰还可能导致生产设备的运行不稳定或停止运行,进而降低生产力[2]。例如,对高速公路、通信、电力、通信、广播等业务系统的影响,可能会造成高速公路列车的调度混乱,公路的暂时封闭,供电抢修的延迟,以及电信业务的暂停。这些情况都会导致经济损失,并可能影响企业的生产和经营计划。(3) 投资信心受损:严重的无线电干扰可能会损害投资者对特定地区或行业的信心。如果投资者认为某个地区的无线电环境不稳定,他们可能会犹豫投资新的无线电通信设备或在此设立分支机构。这将进一步限制经济的增长和发展。

3 无线电管理的重要性

无线电管理对于现代通信和众多依赖其技术的应用场景至关重要。它涉及无线电频谱的合理分配、使用监管以及确保各类无线电业务之间不产生有害干扰等一系列技术和操作层面的问题。第一,无线电管理是确保通信质量的关键。无论是手机通话、电视广播还是Wi-Fi网络,它们都需要在没有干扰的条件下运作。无线电管理机构通过规划和分配频率,确保各个应用之间互不冲突,从而维持通信的清晰和稳定。第二,无线电管理促进了频谱资源的有效利用。随着无线通信技术的发展,可用频谱资源的需求越来越大。无线电管理机构通过先进的管理和技术手段,如频谱共享和动态频谱接入技术,使得有限的频谱资源能够得到更高效的利用。第三,无线电管理对于国家安全具有重要意义。在紧急情况下,如自然灾害或重大事故,可靠的通信网络是至关重要的。无线电管理机构确保应急服务和救援部门能够快速、高效地建立起通信链路,从而协调响应行动。第四,无线电管理还支持了广泛的商业应用和服务。例如,在广播业和移动通信业,精确的频率规划和分配有助于企业向客户提供高质量的服务。在航空和航海领域,准确的导航信号和通信频道对于安全运营至关重要。

4 无线电管理的策略与方法

4.1 频谱规划与分配

频谱规划与分配是无线通信系统中至关重要的环节，而动态频谱管理则是实现高效频谱利用的核心技术。在传统的频谱规划与分配中，频率通常是静态分配给特定服务或用户，这导致了资源的低效利用。相比之下，动态频谱管理通过实时监控和分析频谱使用情况，实现了频谱资源的动态分配和优化。这种方法的核心在于提高频谱的利用效率，同时保证服务质量（QoS）。动态频谱管理的关键技术之一是频谱感知，即通过技术手段实时监测频谱的使用状态。这种感知可以通过传感器、无线电监测设备等来获取频谱使用的实时信息，进而为后续的动态决策提供基础数据。基于这些实时的频谱信息，动态频谱管理采用了智能算法进行频谱分配和共享。这种分配不仅考虑频段和频道的利用效率，还兼顾到用户的实时需求和干扰情况。例如，通过动态地分配可用频率、选择最佳的频率资源以及调整功率和带宽等，可以实现对突发流量的快速响应，保证通信的质量。动态频谱管理还涉及频谱交易和共享机制的建立。通过市场机制，如频谱拍卖、租赁、共享等方式，可以实现频谱资源的灵活配置和交换。这种方式不仅促进了频谱资源的有效配置，还有助于激发市场的活力和技术的创新。

4.2 台站管理

无线电管理部门对无线电台（站）的设立和使用实施严格的登记和审批流程。这规定所有电台（站）使用者必须递交书面申请，并完成电台（站）审批手续，从而获得电台执照。审批过程中，管理部门会检查无线电设备是否满足国家技术规范，操作人员是否了解无线电管理规定，并具备相应的业务能力和操作资格，以及电台（站）的设立是否符合必要的网络设计需求和工作环境安全。登记与审批完成后，无线电管理机构还会对电台（站）的使用情况进行持续的监督与检查。这涉及对电台（站）的工作频率、呼号、执照有效期等信息的查验，以及对电台（站）操作行为的监控，确保其不会产生有害干扰。此外，监督与检查还包括对电台（站）的物理安全性的评估，防止设备被非法改动或用于非法目的。为了实现有效的台站管理，管理机构通常会建立一套完善的监测系统，包括但不限于国家无线电监测中心和各级无线电监测站。这些机构运用先进的监测设备和技术，对无线电频谱的使用情况进行实时监控，及时发现和处理潜在的干扰问题^[3]。除了常规的监督与检查外，管理机构还应定期对已登记的电台（站）进行复查，以确保其持续符合各项管理要求。对于不符合规定的情况，管理机构有权采取警告、罚款、吊销电台执照等措

施，以维护无线电频谱的有序利用。

4.3 监测与检测技术

监测是一项技术活动，涉及探测、搜索和截取无线电信号，并对其进行深入分析，以识别、监控以及获取诸如技术参数、工作特征和辐射源位置等信息。这项活动是无线电管理的核心，对于保障无线电业务的正常运行至关重要。

4.3.1 常用监测设备与手段包括：

（1）频谱分析仪：用于扫描指定频段内的信号，显示信号的频率、功率等参数。

（2）无线电定向设备：用于确定无线电信号的来向，帮助追踪信号源。

（3）监听设备：用于接收和解析无线电信号的内容，以便于了解信号用途和通信内容。

（4）测向仪：通过比较不同天线接收到的信号强度来确定信号的方向，进一步辅助定位干扰源。

4.3.2 干扰源定位技术：

在无线电监测过程中，干扰源定位是一项关键技术。它涉及对异常信号的快速识别和追踪，以确保及时排除潜在的通信障碍。常用的干扰源定位技术包括：

（1）比幅测向体制：通过比较不同天线接收到的信号强度来确定电波入射方向。

（2）比相测向体制：利用天线元测量电波在空间的相位关系来确定入射方向。

（3）多谱测向体制：通过分析接收天线旋转时产生的多普勒频移来确定电波入射方向。

综合运用这些监测设备和技术，无线电管理者可以实现对无线电频谱的实时监控，及时发现并处理干扰源，确保无线电业务的高效稳定运行。

结束语

无线电干扰问题不容忽视，有效的无线电管理至关重要。通过合理的频谱规划与分配、严格的台站管理以及先进的监测与检测技术，能够显著减少无线电干扰的影响。未来，应持续关注技术发展，不断完善无线电管理体系，以保障无线电频谱资源的合理利用和无线电通信的稳定可靠，促进社会的持续发展和进步。

参考文献

- [1]史历.无线电干扰与无线电管理分析[J].电脑迷,2020.(14).
- [2]岳新东.信号分析技术在无线电干扰查处中的应用[J].中国无线电,2022(.5):66-67.
- [3]先巴才旦.无线电监测测向系统电磁干扰查处实践与研究[D].西安电子科技大学,2023.