

基于 Matlab 的三阶互调干扰仿真分析

Simulation Analysis of Third-Order Intermodulation Interference Based on Matlab

曹译元

Yiyuan Cao

中国民用航空华北地区空中交通管理局 中国·北京 100621

CAAC North China Regional Air Traffic Management Bureau, Beijing, 100621, China

摘要: 随着民航事业的不断发展和航班流量的增加, VHF 频率点在地空通讯的使用当中越来越多, VHF 台站及相应发射机也越来越多。另外, 由于部分 VHF 台站在建站时, 没有对频率进行合理的规划, 民航内部频率传输对民航通信造成的干扰也不容忽视。其中, 互调干扰的影响尤为严重。

Abstract: With the continuous development of civil aviation and the increase in flight traffic, more and more VHF frequency points are used in ground-to-air communication, and the number of corresponding launching stations is gradually increasing. In addition, due to the lack of effective frequency unified planning, the interference caused by civil aviation internal frequency transmission to civil aviation communications cannot be ignored. Among them, the influence of intermodulation interference is particularly serious.

关键词: 频率传输; 仿真分析; 互相干扰

Keywords: frequency transmission; simulation analysis; mutual interference

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2534

1 互调干扰的产生机理

1.1 互调干扰产生的原因

在甚高频通信系统中, 由于发射机和接收机内部电路的非线性, 当不同频率的信号进入这些电路时, 这些电路因非线性的原因, 会产生出有用信号的高次谐波, 这些谐波分量又会通过非线性电路进行混频, 当混频后的信号与有用信号频率接近时, 便会通过接收机滤波器被接收机所接收, 进而形成干扰, 这种干扰被称为互调干扰, 互调干扰分为发射机互调干扰、接收机互调干扰。

除了上述两种互调干扰, 外部环境也是互调干扰的原因之一, 如自然环境、天气状况、外部电台等因素。甚高频发射与接收系统包括很多硬件, 例如馈线、天线、主机, 这些硬件之间大多是靠物理接头连接, 当这些物理连接的连接点接触不良时, 就会在强电场的作用下产生干扰。

1.2 互调干扰的危害

第一, 对发射机的危害。在理想情况下, VHF 发射机在工作时, 其内部电路的频率即为谐振频率, 也就是说, 其工作频率处于输出电路的最佳谐振点上。当有互调干扰产生时, 电

路工作频率偏离谐振频率, 导致有效功率损耗, 这可能会使发射机的寿命降低。

第二, 损失有效功率。在甚高频通信中, 发射机的发射功率包括工作频率功率和互调频率功率。当存在互调干扰时, 互调频率功率会增加, 在总功率不变的情况下, 有效功率会降低, 从而影响发射机的正常工作。

第三, 对电磁环境的危害。多个不同频率的 VHF 发射机由于相互混频的原因会产生很多互调频率。这些频率的数量会随着发射机的增多而增多, 这就导致台站上方存在大量无序频谱, 从而形成高阶互调干扰。

1.3 互调干扰信号模型分析

VHF 甚高频设备中非线性器件的输出电流 i_c 与输入电压 u 之间的关系如公式(1)所示:

$$i_c = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 \quad (1)$$

式中, a_i 为比例常数, 通常情况下 $a_1 > a_2 > a_3, \dots$ 。

当有两个信号 $A \cos \omega_1 t$ 、 $B \cos \omega_2 t$ 共同作用在接收机的非线性元件上时, 其接收信号如公式(2)所示:

$$u = A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t \quad (2)$$

【作者简介】曹译元(1996~), 女, 河北沧州人, 助理工程师, 从事通信、空管技术保障研究。

则失真项表示为:

$$\sum n a_n (A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t)^n \quad (3)$$

式中, $n=2, 3, 4, 5, \dots$ 。

公式(3)展开后的每个失真项中都有 ω_1 和 ω_2 的 n 次谐波分量 ($n \gg 3$), 这些谐波分量与接收机的中心频率差距较大, 由于会被接收机滤波器滤除, 因此不属于互调频率。当 $n \geq 2$ 时, 公式(3)中的失真项可以出现很多频率的组合, 特别是 $n=3$ 时, 会出现 ω_1 和 ω_2 都接近于有用信号的频率 ω_0 , 很容易满足以下条件:

$$2\omega_1 - \omega_2 \approx \omega_0 \text{ 或 } 2\omega_2 - \omega_1 \approx \omega_0 \quad (4)$$

如公式(4)所示, ω_1 和 ω_2 的线性组合与有效频率接近时, 就可以进入接收机滤波器的通带, 这两个组合频率的干扰会对接收机造成很大的危害, 称为三阶互调干扰。由于三阶以上互调干扰对频率的影响很小, 本文主要针对三阶互调干扰进行仿真分析。

1.4 Matlab 仿真

如式 3 所示, 当 $n=3$ 时,

$$u(t) = \sum_{i=0}^3 a_i (A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t)^i \quad (5)$$

本文以华北扇区的频率为例, 假设在用频率为 133.65MHz、134.05MHz、134.45MHz、由于 $2 \times 134.05 - 134.45 = 133.65$ 。因此, 当 134.05 与 134.45 同时使用时, 由于 3 阶互调的影响, 133.65 频率可以收到上述两个频率的声音。

令 $A=1, B=1, a_1=1, a_2=0.01, a_3=0.003, f_1=2134050000, f_2=134450000$ 。

通过 matlab 仿真可得失真项时域图如图 1 所示:

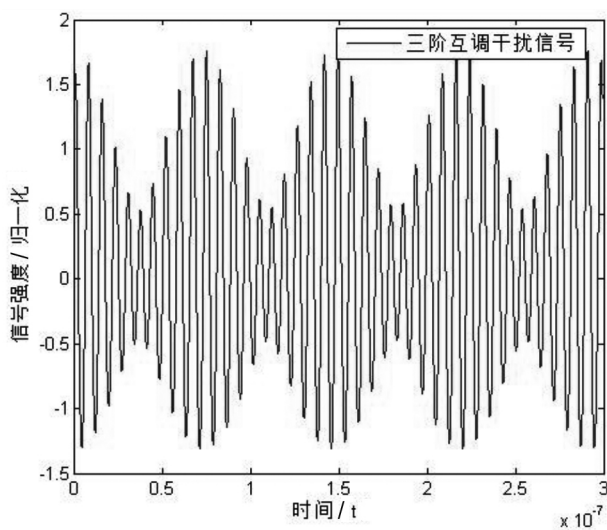


图 1 失真项时域图

对失真项进行 FFT 变换, 将失真项与在用信号频谱图进行对比, 对比结果如图 2 所示:

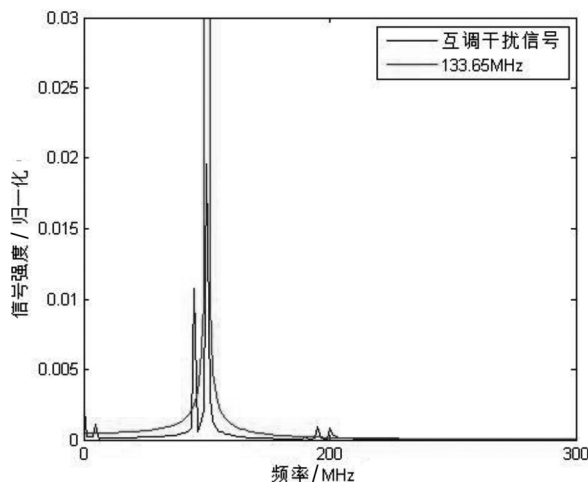


图 2 对比结果

由图 2 可知, 当 120.35MHz、134.05MHz 同时使用时, 两个频率经过三阶互调产生的信号与 133.65MHz 在同一频段内, 在实际使用过程中, 会很大程度影响管制员接受信号的质量。

2 互调干扰的防治措施

在设置台站频率时, 应尽量避免可产生互调干扰的频率设置在同一台站。当一个台站不可避免地要设置两个频率, 而这两个频率恰好又会产生互调干扰时, 在配置发射机与天线时, 上述两个频率应尽量不共用一根天线, 且这两个频率的天线距离应尽可能远。

对于现有的甚高频台站, 可以根据算法找出造成互调干扰的频率, 如果两个频率在同一根天线上, 应尽快把两频率拆分到不同天线上, 减少串扰的可能性。如果无法消除, 可以将两个互调干扰频率中的一个迁移到其他甚高频台站。

3 结语

随着民航事业的不断发展, 中国的航班流量越来越大, VHF 频率点在民航地空通讯中也越来越多。为了满足频率覆盖要求, VHF 发射机的数量也在逐渐增加。在 VHF 前期建设中, 由于缺乏有效的频率统一规划, 使得互调干扰对地空通信造成的影响越发严重。本文阐述了互调干扰产生的原因, 说明了互调干扰产生的危害, 建立了三阶互调的数学模型, 以华北地区使用的频率为例, 通过 matlab 对互调干扰的信号进行了仿真, 并提出了避免互调干扰的方法。