

有源噪声调制干扰的仿真及性能分析

曲婧华

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:有源噪声调制干扰是对雷达系统干扰的重要组成部分,对有源噪声调制干扰中的射频噪声干扰、噪声调幅干扰、噪声调频干扰、噪声调相干扰进行了理论分析,基于 Matlab 进行了仿真,并对仿真结果做出了相应的分析,为干扰条件下雷达系统仿真及其性能评估提供了参考。

关键词:有源噪声调制干扰;仿真;分析

中图分类号: TN972 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2006)01-0044-03

有源噪声调制干扰就是用噪声或类似噪声的干扰对载波的幅度、频率、相位进行调制。一般来说,如果目标信号幅度与噪声幅度相比,超过检测门限,则可以保证在一定虚警概率条件下达到一定的检测概率,即可发现目标,否则不能发现目标。如何进行干扰条件下雷达系统仿真及其性能评估是有重要意义的,本文基于 Matlab 对其进行分析。

1 遮盖性干扰的仿真

1.1 射频噪声干扰的仿真

窄带随机过程可以用下式表示:

$$J(t) = U_n(t) \cos[\omega_j t + \phi(t)] \quad (1)$$

以此式表示的噪声干扰称为射频噪声干扰。其中:包络函数 $U_n(t)$ 服从瑞利分布;相位函数 $\phi(t)$ 服从 $[0, 2\pi]$ 均匀分布,且与 $U_n(t)$ 相互独立;载频 ω_j 为常数,且远大于 $J(t)$ 的谱宽。设采样频率为 1 MHz,干扰载频为 0.3 MHz,干扰带宽为 0.2 MHz,仿真 100 个采样点。射频噪声干扰的时域和功率谱图如图 1 所示。

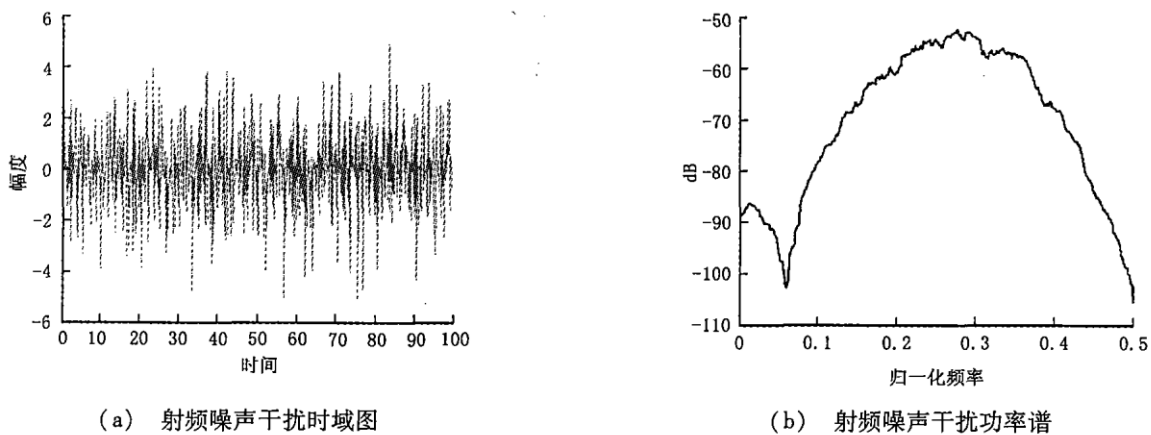


图1 射频噪声干扰仿真结果

从图中可以看出,射频噪声干扰是一种遮盖性较好的干扰样式,但实际中较难得到大的干扰功率,所以

收稿日期:2006-06-05

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2004F21)

作者简介:曲婧华(1982-),女,山东烟台人,硕士生,主要从事电路与系统研究。

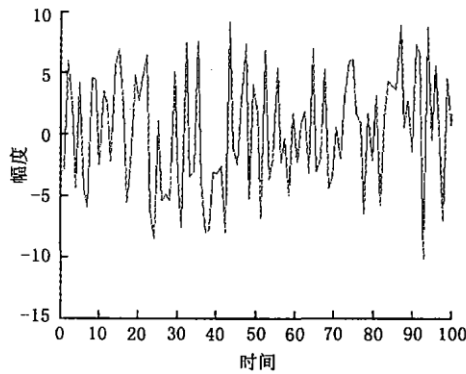
这种干扰形式仅具有理论分析意义。

1.2 噪声调幅干扰的仿真

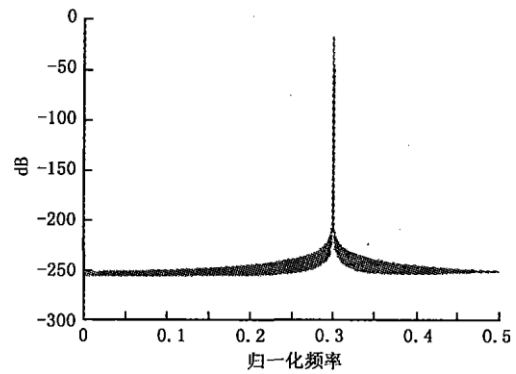
广义平稳随机过程

$$J(t) = [U_0 + U_n(t)] \cos[\omega_j t + \varphi] \quad (2)$$

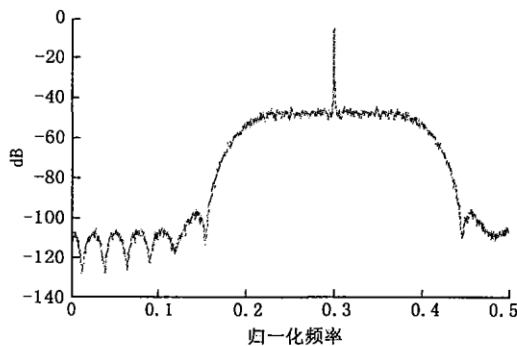
称为噪声调幅(AM)信号。其中:调制噪声 $U_n(t)$ 为零均值、方差为 σ_n^2 , 在区间 $[-U_0, \infty)$ 分布的广义平稳随机过程;相位 φ 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布, 且是与 $U_n(t)$ 相互独立的随机变量; ω_j 为噪声调幅信号的中心频率; U_0 为噪声调幅信号的幅度。仿真参数不变, 利用 Matlab 对式(2)仿真可以得到噪声调幅干扰的时域图如图 2(a)所示, 当对 $U_n(t)$ 不限幅时, 噪声调幅的功率谱如图 2(b)所示, 当对 $U_n(t)$ 限幅, 取最大调制系数 m_A 分别为 0.3 和 3 时噪声调幅的功率谱如图 2(c)、图 2(d)所示。



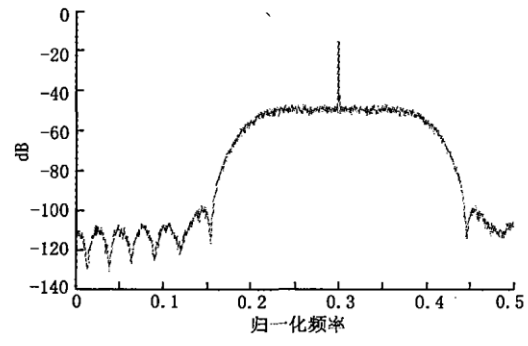
(a) 噪声调幅干扰时域图



(b) 不限幅的噪声调幅功率谱



(c) $m_A = 0.3$ 限幅噪声功率谱



(d) $m_A = 3$ 限幅噪声功率谱

图 2 噪声调幅干扰仿真结果

可以看出改变 m_A 值只是使中心频率处的功率提高了, 实际上 m_A 值一般是不能够大于 1 的, 这与振荡管的特性有关, 一般地, m_A 应小于 1。

1.3 噪声调频干扰仿真

广义平稳随机过程

$$J(t) = U_j \cos[\omega_j t + 2\pi K_{FM} \int_0^t u(t') dt' + \varphi] \quad (3)$$

称为噪声调频干扰, 它是一种噪声调制波干扰。其中: $u(t)$ 是零均值、广义平稳的随机过程; φ 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布, 且与 $u(t)$ 相互独立的随机变量; U_j 为噪声调频信号的幅度; ω_j 为噪声调频信号的中心频率, K_{FM} 为调频斜率。文献[1]对射频噪声干扰的谱特性进行了详细的分析, 得出结论如下:

$$\text{当 } m_{fc} = 1 \text{ 时, } \Delta f_j = \sqrt{2 \ln 2} f_{de} = \sqrt{2 \ln 2} K_{FM} \sigma_n \quad (4)$$

$$\text{当 } m_{fc} = 1 \text{ 时, } \Delta f_j = \frac{\pi f_{de}^2}{\Delta F_n} = \pi n f_{de}^2 \Delta F_n \quad (5)$$

当 m_{fc} 界于上述两种情况之间时, 对于 $m_{fc} \geq 0.75$ 可按式(4)计算, 对于 $m_{fc} \leq 0.75$ 可按式(5)计算。以上各式中, m_{fc} 为有效调频指数, $m_{fc} = K_{FM} \sigma_n / \Delta F_n = f_{de} / \Delta F_n$, f_{de} 为有效调频带宽, Δf_j 为半功率干扰带宽, ΔF_n 为调制噪声带宽, σ_n 为调制噪声方差, P_j 为载波功率。利用 Matlab 对式(3)仿真可以得到调频噪声的时域图如图 3(a)所示, 取有效调频指数 m_{fc} 分别为 0.2 和 1.5 时噪声调频的功率谱如图 3(b)、图 3(c)所示。

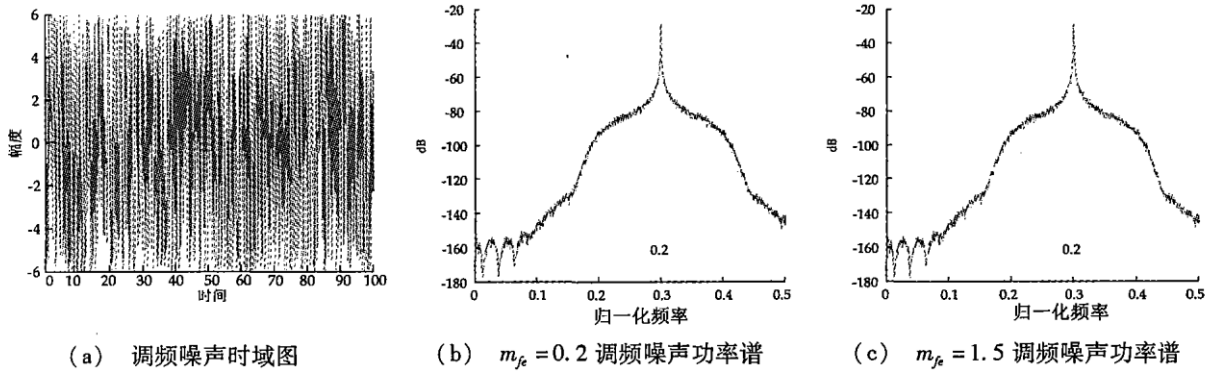


图3 噪声调频干扰仿真结果

从图3可以看出,随着有效调频指数的增大,功率谱随之变宽。

1.4 噪声调相干扰的建模与仿真

广义平稳随机过程

$$J(t) = U_j \cos[\omega_j t + K_{PM} u(t) + \varphi] \tag{6}$$

称为噪声调相干扰。其中:调制噪声 $u(t)$ 为零均值、广义平稳随机过程; φ 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布、且与 $u(t)$ 相互独立的随机变量; U_j, ω_j, W_{PM} 为常数。利用 Matlab 对式(6)仿真可以得到噪声调相干扰的时域图如图4(a)所示,取有效相移 D 分别为 0.001 和 9 时的噪声调相干扰功率谱如图4(b)、图4(c)所示。

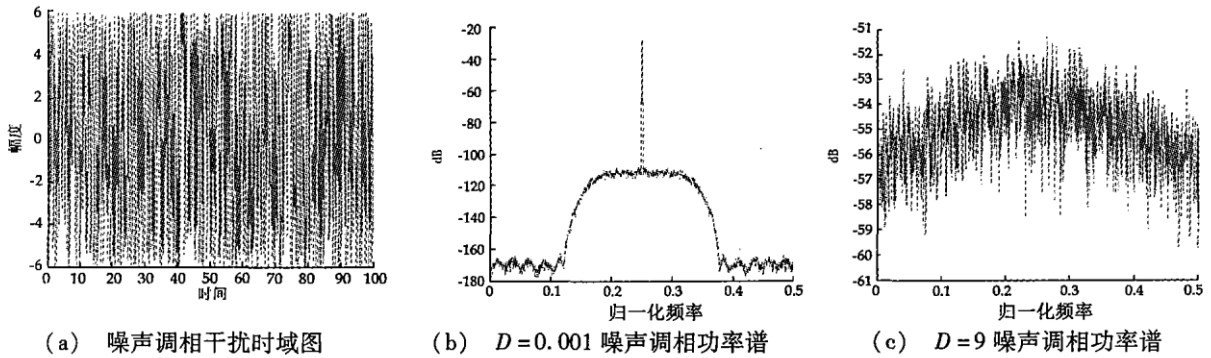


图4 噪声调相干扰仿真结果

从图4(b)、图4(c)可以看出:当有效相移 D 很小时,功率谱在中心频率处为冲击函数,在其周围 $2\Delta F_n$ 带宽内呈均匀分布,且能量集中在中心频率处;当有效相移增加时,中心频率处的能量转化成旁频能量;当有效相移 D 远大于 1 时,能量主要分布在旁频中,频谱宽度展宽,但功率谱降低。

2 结束语

以上几种干扰是遮盖性干扰的基本样式,这几种干扰还可以组合成其他的组合干扰样式,如调幅-调频干扰,调幅-调相干扰等,后两者的产生与调频和调相干扰类似,只是在加以噪声幅度调制即可,由于篇幅的限制,在此不再叙述。

参考文献:

[1] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]. 西安:西安电子科技大学,1999.
 [2] 丁鹭飞,耿富录. 雷达原理[M]. 西安:西安电子科技大学,2002.
 [3] 许波,刘征. Matlab 工程数学应用[M]. 北京:清华大学出版社,2000.

(编辑:田新华)

Simulation and Analysis of Complex Active Noise Modulation Jamming

QU Jing-hua

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: The active noise modulation jamming is an important part of jamming to the radar system. This paper analyzes theoretically and simulates the active noise modulation jamming including RF noise jamming, noise AM jamming, noise FM jamming and noise PM jamming based on Matlab. All the simulation results are analyzed correspondingly.

Key words: active noise jamming; simulation; analysis