

第八章 干扰机构成及干扰能量计算

§ 8.1 干扰机的基本组成和主要性能要求

一. 干扰机的基本组成

无线(阵) 侦察接收机 决策 干扰资源 功率合成 天线

1. 遮盖性干扰机的基本组成

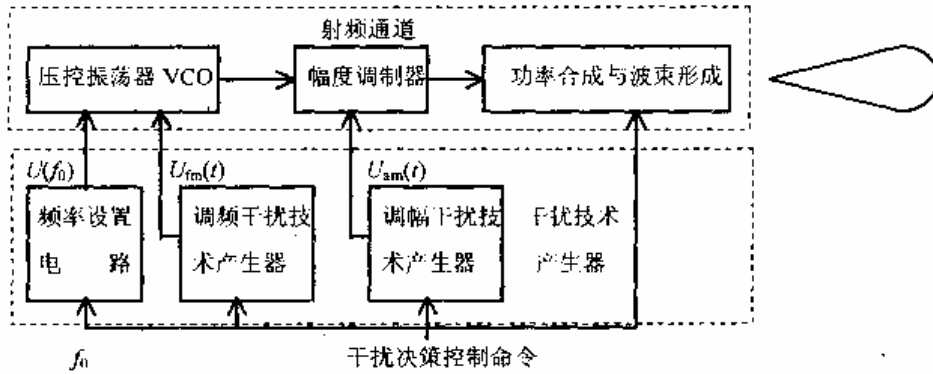


图 8-2 遮盖式干扰资源的基本组成

$f, f_m, A_m, VCO, 功率合成$ 引导式干扰机

2. 欺骗式干扰资源的基本组成

转发式干扰：射频信号存贮

应答式干扰：VCO

二. 性能指标

1. 有效辐射功率 $P_J G_J$ 转发式干扰

$P_J = K_p P_{in}$, 与接收到的雷达信号功率 P_{in} 有关。

2. 干扰频率 B_J, f_j

B_J : 干扰机能够工作的频率范围 f_j : 任意时刻干扰信号能够覆盖的干扰带宽

3. 干扰空间 J, J

J : 干扰波束最大指向范围 J : 任意时刻干扰波束的覆盖范围

4. 引导误差 f

5. 引导时间 $\Delta t_j = \Delta t_p + \Delta t_c$

t_j : 从接收到威胁雷达信号到发出射频干扰信号的时间

6. 多威胁干扰能力

7. 战斗使用性能

§ 8.2 干扰机的有效干扰空间

干扰破坏雷达正常工作的空间范围 有效干扰空间

一. 干扰方程

$$P_{rs} = \frac{P_t G_t \sigma A}{(4\pi R_t^2)^2} = \frac{P_t G_t^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R_t^4} \quad \text{W}$$

$$P_{rj} = \frac{P_j G_j G_t(\theta) \lambda^2 \gamma_j}{(4\pi)^2 R_j^2} \quad \text{W}$$

$$\frac{J}{S} = \frac{P_{rj}}{P_{rs}} = \frac{P_j G_j G_t(\theta) 4\pi \gamma_j R_t^4}{P_t G_t^2 \sigma R_j^2}$$

$$\frac{P_j G_j G_t(\theta) 4\pi \gamma_j R_t^4}{P_t G_t^2 \sigma R_j^2} \geq K_J$$

有效干扰空间

$$G_t(\theta) R_t^4 \geq K_J \frac{P_t G_t^2 \sigma R_j^2}{P_j G_j 4\pi \gamma_j}$$

$G_t(\theta)$: 为雷达天线在干扰方向的增益

γ_j : 干扰信号为圆极化, 雷达天线为线极化

K_J : 压制系数

当目标、雷达、干扰机同方向时, $\theta = 0$, $G_t(\theta) = G_t$, R_t 最小, 也称为 R_{tmin}

γ_j : 干扰信号与雷达天线的极化失配系数

$$R_{tmin} \geq \left(K_J \frac{P_t G_t \sigma R_j^2}{P_j G_j 4\pi \gamma_j} \right)^{\frac{1}{4}}$$

也可写为:

$$P_j G_j \geq K_J \frac{P_t G_t^2 \sigma R_j^2}{G_t(\theta) R_t^4 4\pi \gamma_j}$$

在自卫干扰条件, 干扰机就安装在目标上, $G_t(\theta) \equiv G_t$, $R_t \equiv R_j$,

$$R_t \geq \left(K_J \frac{P_t G_t \sigma}{P_j G_j 4\pi \gamma_j} \right)^{\frac{1}{2}}$$

转发式干扰, 接收到的雷达信号功率

$$P_{in} = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \gamma_r}{(4\pi R_j)^2 L}$$

G_r : 干扰机接收天线的增益

γ_r : 雷达信号与干扰机接收天线极化失配系数

转发式干扰机的增益:

$$K_F = \frac{P_j}{P_{in}} > \frac{K_J 4\pi \sigma L}{G_j G_r \gamma_j \gamma_r \lambda^2}$$

二. 干扰机的时间计算 动态博弈

引导时间 t_j

1. 固定频率 低威胁 $\Delta t_j = 20 - 50 \text{ s}$; 高频率 $\Delta t_j \leq 1 - 100 \text{ ms}$

2. 频率慢变化雷达 机械调频 $\Delta t_j \approx 0.1-10 \text{ ms}$ 瞄准干扰

3. 频率捷变雷达 $R_j < R_t$

$$\frac{c}{2} \Delta t_j \leq R_t - R_j$$

若考虑雷达信号脉宽

$$\frac{c}{2} \Delta t_j \leq R_t + \frac{c}{2} \tau - R_j$$

4. 时分功率管理方式

$$\frac{c}{2} \Delta t_j + R_j \leq R_t \leq \frac{c}{2} (\Delta t_j + \tau_j) + R_j$$

5. 转发式干扰

$$\Delta t_{\min} \leq \frac{\tau}{2 \sim 5} \approx 30 \sim 100 \text{ ns}$$

§ 8.3 干扰机的收发隔离和效果监视

干扰和侦察隔离，观察干扰效果。使干扰机发射的干扰信号不影响自身侦察接收机的正常工作，称为干扰机的收发隔离。收发隔离是效果监视的前提和保证。干扰机中突出的困难在于：干扰机发射和侦收往往是和同距离或近距离、同频率、同方向、同时间、同带宽的，且干扰机的辐射功率很大，往往高于侦收设备的灵敏度。隔离不好，有可能自发自收，有可能降低侦察接收机的实际灵敏度，减少侦察作用距离。

一. 收发隔离

$$g = 10 \lg \frac{P_j}{P_r} \text{ dB}$$

P_j : 干扰发射天线功率

P_r : 接收天线处功率

门限：

$$g_j = 10 \lg \frac{P_j}{P_{r\min}} \text{ dB}$$

$g \geq g_j = 100-150 \text{ dB}$ 可以保证不会发生收发自激，但不能保证侦收设备实际灵敏

度不降低。

降低 g 的方法：

1. 降低耦合

(1) 增大收发天线间的间距 (2) 侧向辐射 (3) 左右旋圆极化 (4) 进行吸收处理

2. 分时工作

$$\frac{t_w}{T_w} \leq 1\% \sim 5\%$$

二. 效果监视

1. 信号环境

2. 被干扰信号

3. 干扰信号

§ 8.4 射频信号存储 (RFM) 技术

一. 技术要求

1. 工作频率范围 B_f 瞬时带宽 B
2. 存储脉宽 t_s 储频精度 f 射频信号存储器两种工作方式：示样脉冲、全脉

$$\text{冲} \quad |\Delta f| \leq \frac{1}{2t_s}$$

3. 最小输入信号功率 $S_{i\min}$ 动态范围 D_c 输出信噪比 S/N

$$D_c = 10 \lg \frac{S_{i\max}}{S_{i\min}} \text{ dB}$$

4. 信号保存时间 T_c 复用输出次数 N

二. 模拟储频计数 (ARFM)

$$\begin{cases} \prod_{i=1}^4 K_i \geq 1 \\ 2\pi f \tau_c = 2\pi k, \tau_c = \sum_{i=1}^4 \tau_i \end{cases}$$

输出信号频率与输入信号频率的误差 $|\Delta f| \leq \frac{1}{2t_s}$

三. 数字储频计数(DRFM)

1. 幅度取样 DRFM

单通道：

经过上、下变频后的输入信号频率范围为 $[f_0 - \Delta B/2, f_0 + \Delta B/2]$

$$f_0 > \frac{3}{2} \Delta B$$

$$f_c > 2 \left(f_0 + \frac{\Delta B}{2} \right) = 2f_0 + \Delta B$$

待入得： $f_c > 4\Delta B$

$$(S/N)_q \approx 6.02 \times n + 1.76 \text{ dB}$$

双通道： $f_c > \Delta B$

2. 相位取样 DRFM K bit

$$(S/N)_q = 10 \lg(3K^2)$$

§ 8.5 载频移频技术

1. TWT 相移放大器

$$\Delta\phi = \Delta\phi_0 - KU_L \quad 0 \leq U_L \leq U_{L,\max} \quad U_L \text{ 线性变化}$$

2. 数字移相器

$$\Delta f_{d_j} = \frac{f_{ck}}{2^M}$$

$$f_{d_j} = N\Delta f_{d_j} \quad N = -2^{M-1}, \dots, 2^{M-1}$$

ex : 1 , 3