

Bài 1 (Radar system): Một radar có chiều cao Anten $h_1 = 15m$ trên mặt đất, theo dõi 1 máy bay có chiều cao $h_2 = 300m$. Bước sóng $\lambda_0 = 10cm$. Radar dùng sóng phân cực ngang nên giá trị hệ số phản xạ bằng -1. Xác định các vùng mà máy bay có thể quan sát được nếu khoảng cách quan sát cực đại trong không gian thẳng đứng là 40km.

Tóm tắt :

$$h_1 = 15m$$

$$h_2 = 300m$$

$$\lambda_0 = 10cm$$

$$r_f = 40km$$

$$\text{Ta có: } v = \frac{4h_1^{3/2}}{\sqrt{2a_e}\lambda_0} = \frac{h_1^{3/2}}{1030\lambda_0} = \frac{(15m)^{3/2}}{1030 \times 0.1m} = 0.564$$

Giá trị $v = 0.564$ không có, nên $v = 0.5$ sẽ gần chính xác.

$$\text{Khi dùng giá trị } v = 0.5 \text{ thì } v = \frac{4h_1^{3/2}}{\sqrt{2a_e}\lambda_0} = \frac{h_1^{3/2}}{1030\lambda_0} \text{ tính lại } h_1 = 13.84m$$

$$\text{Khoảng cách tối thiểu: } d_T = \sqrt{2a_e h_1} = 4122\sqrt{h_1} = 4122\sqrt{15m} = 15.96km$$

$$\text{Khoảng cách tối đa: } r_f = \frac{40km}{15.96km} \approx 2.5d_T$$

Mức công suất thu radar tăng với F^4 nên mức công suất liên tiếp trên giá trị chênh nhau 6dB.

Giá trị S_0 là mức tín hiệu ngưỡng với bước sóng có nhãn 2. Giá trị theo công

$$h_2 / h_1 = 300m / 15m = 20$$

Giao với bước sóng thực nghiệm có nhãn 2.8 thì khoảng cách $d = 4.15d_T$ với mức CS $(S_0 - 6)dB$.

Giao với bước sóng thực nghiệm có nhãn 4 thì khoảng cách $d = 4.35d_T$ với mức CS $(S_0 - 12)dB$.

Giao với bước sóng thực nghiệm có nhãn 2 thì khoảng cách $d = 3.6d_T$ với mức CS $S_0 dB$.

Khi mức tiêu tín hiệu:

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 2.8 tín hiệu c c i $d = 3.3d_T$ với mức CS $(S_0 - 6)dB$.

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 4 tín hiệu c c i $d = 3.2d_T$ với mức CS $(S_0 - 12)dB$.

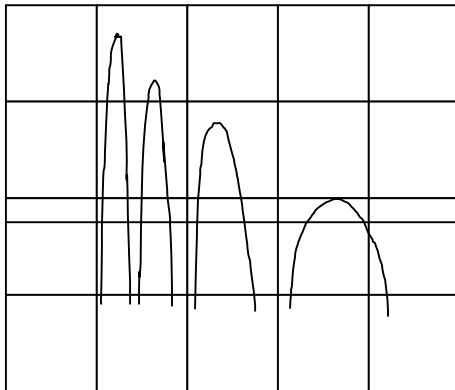
Khi mức tiêu tín hiệu:

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 2.8 tín hiệu c c i $d = 2.85d_T$ với mức CS $(S_0 - 6)dB$.

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 4 tín hiệu c c i $d = 2.8d_T$ với mức CS $(S_0 - 12)dB$.

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 2 tín hiệu c c i $d = 2.7d_T$ với mức CS S_0dB .

Giao với bước sóng thích hợp có nhận 1.4 tín hiệu c c i $d = 2.55d_T$ với mức CS $(S_0 + 6)dB$.



Khoảng cách c c i radar là $2.5d_T$. S_0 là tín hiệu nhiễu c c i khoảng cách là $2d_T$.

G i CS tín hiệu có thể quan sát c tín hiệu là S_m

$$(2/2.5)^4 S_0 = 0.4096 S_0 \text{ hay } -10 \log \left(\frac{S_m}{S_0} \right) = -10 \log \left(\frac{2}{2.5} \right)^4 = 3.88 dB$$

Vì CS thu t l v i r^{-4} nên $\frac{S_1}{S_0} = \left(\frac{r_0}{r_1} \right)^4$

Giới thiệu Anten luôn hướng tới mục tiêu và lợi ích Anten giảm 10dB khi lệch góc 6° khi hướng max, giới thiệu tia tới và tia phản xạ giảm biên độ $\sqrt{10}$ lần thì có thể bắt qua giao thoa. Tìm khoảng cách bắt qua giao thoa.

Khi $\psi + \psi_1 = 6^\circ$ thì :

$$\tan(\psi_1 + \psi) = \tan 6^\circ$$

$$\frac{\tan \psi_1 + \tan \psi}{1 - \tan \psi_1 \tan \psi} = \tan 6^\circ$$

$$\text{Thay : } \tan \psi_1 = \frac{h_2 - h_1}{d}$$

$$\tan \psi = \frac{h_2 + h_1}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{h_2 - h_1}{d} + \frac{h_2 + h_1}{d}}{1 - \frac{h_2 - h_1}{d} \cdot \frac{h_2 + h_1}{d}} = \tan 6^\circ$$

$$\Leftrightarrow \frac{2h_2 d}{d^2 - (h_2^2 - h_1^2)} = \tan 6^\circ$$

$$\text{Giới thiệu : } d = 5.73 \text{ km} = 0.36 d_T$$

Bài 2 (FM communication link) : Một trạm phát FM có Anten phát chiều cao $h_2 = 80 \text{ m}$.

Lợi ích Anten là 5, công suất phát 500W. Anten thu có chiều cao $h_1 = 10 \text{ m}$. Tần số hoạt động là 100MHz. Tìm cường độ trường E (V/m) tại khoảng cách 8.1mi từ đài phát.

Giới thiệu tín hiệu từ Anten 10m :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \text{ MHz}} = 3 \text{ m}$$

$$v = \frac{h_1^{3/2}}{1030 \lambda_0} = \frac{10^{3/2}}{1030 \times 3} \approx 0.01$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{80}{10} = 8$$

$$d_T = 4122\sqrt{h_1} = 4122\sqrt{10} \approx 13.03km \approx 8.1mi$$

$$\Rightarrow d = d_T$$

Tỉ lệ này cho biết khi $h_2/h_1 = 8$ và $d = d_T$ thì CS thu được cân bằng trong không gian tự do
khoảng cách $r_f = 4d_T$

$$P_{ib} = \frac{|E|^2}{2Z_0} = \frac{P_t \cdot G}{4\pi r^2}$$

$$E = \sqrt{\frac{2Z_0 \cdot P_t \cdot G}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{2Z_0 \cdot P_t \cdot G}{4\pi (4d_T)^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 120\pi \cdot 500W \cdot 5}{4\pi (4 \times 13.03km)^2}}$$

$$E = 7.43 \frac{mV}{m}$$

Bài 3 (Microwave communication link) : Trong microwave communication link Anten được
gắn trên các tòa nhà có chiều cao 35m so với mặt đất. Bước sóng làm việc là 10cm. Tìm khoảng
cách tối thiểu để CS tín hiệu không nhiễu loạn trong không gian tự do. Tính là tìm hiệu suất
lệch lệch F=1.

$$v = \frac{h_1^{3/2}}{1030\lambda_0} = \frac{35^{3/2}}{1030 \times 0.1m} \approx 2.01$$

Nếu dùng công thức giao thoa trên mặt phẳng :

$$F = 2 \left| \sin \left(\frac{\pi}{2} v \xi \right) \right| = 2 \left| \sin \left(\pi \frac{h_2/h_1}{d/d_T} \right) \right| = 2 \left| \sin \left(\pi \frac{d_T}{d} \right) \right| = 1$$

$$\Rightarrow \left| \sin \left(\pi \frac{d_T}{d} \right) \right| = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow d = 6d_T$$

Nhưng $h_2 = h_1$ khoảng cách tối thiểu là $2d_T$. Không thể dùng công thức giao thoa trên mặt phẳng
phẳng phải dùng công thức giao thoa trên mặt cầu.

Trường hợp $h_2 = h_1 \Rightarrow S_1 = S_2$ và $T = \sqrt{h_2/h_1} = 1$

$$S = \frac{d}{d_{T_1} + d_{T_2}} = \frac{d}{2d_T} = S_1$$

H s i u ch nh c ng tia :

$$D = \left(1 + \frac{4S_1 S_2^2 T}{S(1 - S_2^2)(1 + T)} \right)^{-1/2} = \left(1 + \frac{d^2}{2d_T^2(1 - d^2/4d_T^2)} \right)^{-1/2} = \left(\frac{1 - d^2/d_T^2}{1 + d^2/d_T^2} \right)^{1/2}$$

$$\xi = \frac{h_2/h_1}{d/d_T} (1 - S_1^2)(1 - S_2^2) = \frac{h_2/h_1}{d/d_T} \left(1 - \frac{d^2}{4d_T^2} \right)^2$$

$$\Rightarrow F = \left[(1 + D)^2 - 4D \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} v \xi \right) \right]^{1/2} = 1$$

$$(1 + D)^2 - 1 = 4D \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} v \xi \right)$$

$$\Rightarrow \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} v \xi \right) = \frac{D + 2}{4}$$

Gi i b ng ph ng pháp s : $d = 1.36d_T$

$$D = 0.47$$

$$\xi = 0.21$$

$$V y : d = 1.36d_T = 1.36 \times 4122 \sqrt{h_1} = 1.36 \times 4122 \sqrt{35} = 33.17 km$$

Bài 4 (Microwave link with unequal tower heights) : Cho $h_1 = 35m$, $h_2 = 50m$, $\lambda_0 = 10cm$.

Xác nh l i ng kho ng cách $d = 50km$.

Ta có :

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} \left[a_e (h_1 + h_2) + \frac{d^2}{4} \right]^{1/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \left[8497km (35m + 50m) + \frac{(50km)^2}{4} \right]^{1/2} = 42.38km$$

$$\Phi = \cos^{-1} \left[\frac{2a_e (h_1 - h_2)}{p^3} \right] = \cos^{-1} \left[\frac{2 \times 8497km \times (35m - 50m) \times 50km}{(42.38km)^3} \right] = 1.739 rad$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + p \cdot \cos \left(\frac{\Phi + \pi}{3} \right) = \frac{50km}{2} + 42.38km \cdot \cos \left(\frac{1.739 + \pi}{3} \right) = 22.625km$$

$$d_2 = d - d_1 = 50km - 22.625km = 27.375km$$

$$S_1 = \frac{d_1}{d_T} = \frac{d_1}{\sqrt{2a_e h_1}} = \frac{22.625km}{\sqrt{2 \times 8497km \times 35m}} = 0.9277$$

$$S_2 = \frac{d_2}{d_T} = \frac{d_2}{\sqrt{2a_e h_1}} = \frac{27.375km}{\sqrt{2 \times 8497km \times 50m}} = 0.9391$$

$$T = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} = \sqrt{\frac{35}{50}} = 0.8367$$

$$S = \frac{S_1 T + S_2}{1 + T} = \frac{0.9277 \times 0.8367 + 0.9391}{1 + 0.8367} = 0.9339$$

$$J(S, T) = (1 - S_1^2)(1 - S_2^2) = (1 - 0.9277^2)(1 - 0.9391^2) = 0.01646$$

$$K(S, T) = \frac{(1 - S_2^2) + T^2(1 - S_1^2)}{1 + T^2} = \frac{(1 - 0.9391^2) + 0.8367^2(1 - 0.9277^2)}{1 + 0.8367^2} = 0.12685$$

$$\tan \psi = \frac{h_1 + h_2}{d} K(S, T) = \frac{35m + 50m}{50km} \times 0.12685 = 2.16 \times 10^{-4}$$

ψ nh xem h s ph n x b ng -1.

$$v = \frac{h_1^{3/2}}{1030\lambda_0} = \frac{35^{3/2}}{1030 \times 0.1m} \approx 2.01$$

$$D = \left(1 + \frac{4S_1 S_2^2 T}{S(1 - S_2^2)(1 + T)} \right)^{-1/2} = \left(1 + \frac{4 \times 0.9277 \times 0.9391^2 \times 0.8367}{0.9339 \times (1 - 0.9391^2) \times (1 + 0.8367)} \right)^{-1/2} = 0.262$$

$$\xi = \frac{h_2 / h_1}{d / d_T} (1 - S_1^2)(1 - S_2^2) = \frac{h_2 / h_1}{d / \sqrt{2a_e h_1}} (1 - S_1^2)(1 - S_2^2)$$

$$\xi = \frac{50m / 35m}{50km / \sqrt{2 \times 8497km \times 35m}} (1 - 0.9277^2)(1 - 0.9391^2) = 0.01147 \text{ rad}$$

$$F = \left[(1 + D)^2 - 4D \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} v \xi \right) \right]^{1/2} = \left[(1 + 0.262)^2 - 4 \times 0.262 \times \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \times 2.01 \times 0.01147 \right) \right]^{1/2} = 0.739$$

V y : F=0.739

Bài 5 (AM broadcasting system) : Máy thu radio AM có Anten v òi s vòng dây $N=400$, tỉ t
đi n lõi $A=50\text{ cm}^2$, t c m $L=200\mu H$, h s ph m ch t $Q=100$, $\Delta f = 10\text{ kHz}$, tính CS
sóng t i có t s $S/N=100$. Tính CS phát c n thì t n u gi s Anten phát có l i b ng 1,
t n s làm vi c 1 MHz , t d n i n t t ($\sigma = 10^{-2} S / m$), cho th c a $|A_s|$ theo kho ng cách
s p. Bi t c tr ng nhi u thu $F=4$, nhi t nhi u trung bình c a Anten $T_A = 10^9 K$

Ta có :

$$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2\pi \times 1\text{ MHz}}{3 \cdot 10^8} = \frac{2\pi}{300}$$

i n tr b c x :

$$R_a = \frac{k_0^4 \cdot A^2 \cdot N^2 \cdot Z_0}{6\pi} = \frac{(2\pi / 300)^4 \times (50\text{ cm}^2)^2 \times 400^2 \times 120\pi}{6\pi} = 1.54 \times 10^{-5} \Omega$$

$$r = \frac{L\omega}{Q} = \frac{2\pi \times 1\text{ MHz} \times 200 \cdot 10^{-6}}{100} = 4\pi (\Omega)$$

$$\eta = \frac{R_a}{R_a + r} = \frac{1.54 \times 10^{-5}}{1.54 \times 10^{-5} + 4\pi} = 1.22 \times 10^{-6}$$

T s S/N : $\frac{P_r}{P_n} = 100$

Mà :

$$P_{rec} = \frac{\lambda_0^2}{4\pi} 1.5\eta P_{inc} = 100P_n = 100k\Delta f [(F - \eta)T_0 + \eta T_A] \approx 100k\Delta f (FT_0 + \eta T_A)$$

$$P_{inc} = \frac{4\pi \times 100k\Delta f (FT_0 + \eta T_A)}{\lambda_0^2 \times 1.5\eta}$$

$$P_{inc} = \frac{4\pi \times 100 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 10^4 \text{ Hz} (4 \times 300^0 K + 1.22 \times 10^{-6} \times 10^9)}{(300\text{ m})^2 \times 1.5 \times 1.22 \times 10^{-6}} = 2.55 \times 10^{-13} \text{ W / m}$$

$$P_{inc} = \frac{|E|^2}{2Z_0} \Rightarrow E = \sqrt{2Z_0 P_{inc}} = \sqrt{2 \times 120\pi \times 2.55 \times 10^{-13} \text{ W / m}} = 43.8 \mu V / m$$

Gi thi t Anten b c x ng h ng.

$$P_{inc} = \frac{P_{trans}}{4\pi d^2} 4|A_s|^2$$

Kho ng cách s :
$$p = \frac{k_0 d \omega \epsilon_0}{2\sigma} = \frac{\pi d}{180 \times 300}$$

$$\Rightarrow d = 17189p \text{ (m)} \text{ hay } d = 10.7p \text{ (mi)}$$

Theo th t i p=18 thì $|A_s|^2 = 10^{-4}$

$$P_{trans} = \frac{4\pi d^2}{2|A_s|^2} P_{inc} = \frac{4\pi \times (17189 \times 18m)^2}{2 \times 10^{-4} m^2} 2.55 \times 10^{-12} W = 7679W$$

ây là CS phát kh thi. N u gi m d 2 l n còn 96.5 mi (p=9) $\Rightarrow |A_s| = 0.05$.

CS phát gi m i l h s $\left(\frac{0.01}{0.05}\right)^2 \times 0.25 = 0.01$ còn 76.8W

Bài 6 (Citizen's-band communication link) : Xét h th ng các Anten là các Anten râu trên xe car, t n s ho t ng $f=27\text{MHz}$. CS phát $P_t = 5W$, l i c a Anten $G=1$, c tr ng nhi u thu $F=4$, r ng b ng thu $\Delta f = 5\text{kHz}$, h ng s i n môi c a t $\kappa' = 12$, d n i n c a t $\sigma = 5.10^{-3} S/m$, nhi t nhi u trung bình c a Anten $T_A = 10^4 K$

Kho ng cách s :

$$p = \frac{\pi d / \lambda_0}{\sqrt{\kappa'^2 + (\sigma / \omega \epsilon_0)^2}} = \frac{\pi d / \lambda_0}{\sqrt{12^2 + \left(\frac{5.10^{-3}}{2\pi \times 27.10^6 \cdot \frac{10^{-9}}{36\pi}}\right)^2}} = 0.25 \frac{d}{\lambda_0}$$

$$p = 0.25 \times \frac{d}{3.10^8 / 27\text{MHz}} = 0.0225d$$

Bi u th c suy hao $|A_s| = \frac{2+0.3p}{2+p+0.6p^2} - \sqrt{\frac{p}{2}} e^{-0.6p} \sin b$ ch x y ra cho m t t ph ng v i

$$d \leq 50(mi) \times \frac{1}{f^{1/3}(MHz)}$$

$$d_{\max} = \frac{50(mi)}{f^{1/3}(MHz)} = \frac{50}{27^{1/3}} = 16.7(mi) = 26.88km$$

$$p = 0.0225 \times 26.87km \approx 0.6km = 600m$$

$$p \gg 1 \Rightarrow |A_s| = \frac{2+0.3p}{2+p+0.6p^2} \approx \frac{0.5}{p} = \frac{5}{6} \times 10^{-3} = 8.83 \times 10^{-4}$$

CS thu :

$$P_{rec} = \frac{P_t}{4\pi d^2} |2A_s|^2 \frac{\lambda_0^2}{4\pi} G = \frac{5}{4\pi (16.7mi)^2} \times 4 \times (8.84 \times 10^{-4})^2 \times \frac{(100/9)^2}{4\pi} \times 1 = 1.52 \times 10^{-14} W$$

ây ta dùng $d/\lambda_0 = 4p$.

CS nhĩ u :

$$P_n = k\Delta f [T_A + (F-1)T_0] = 1.38 \times 10^{-23} \times 5kHz \times [10^4 + 3 \times 300] = 7.52 \times 10^{-16} W$$

T s S/N :

$$\frac{S}{N} = 10 \log \left(\frac{P_{rec}}{P_n} \right) = 10 \log \left(\frac{1.52 \times 10^{-14}}{7.52 \times 10^{-16}} \right) \approx 13 dB \text{ hay } 20.21 \text{ n.}$$

Bài 7 : Cho $\psi_i = \frac{\pi}{4}$, $N = 2.10^{10} / m^3$. Tính f_{max}

$$N = \frac{f^2 \cos^2 \psi_i}{81} \Rightarrow f_{max} = \sqrt{\frac{81N}{\cos^2 \psi_i}} = \frac{9\sqrt{N}}{\cos \psi_i} = \frac{9\sqrt{2.10^{10}}}{\cos \frac{\pi}{4}} = 1.8 \times 10^6 Hz$$

V y : $f_{max} = 1.8MHz$

Bài 8: Xác nh góc b c x và t n s cho tr m vô tuy n sóng ng n. Gi s tr m sóng ng n c thì t l p ph sóng kho ng cách 4200 mi , chi u cao o h '=300km. Cho l p F ban ngày $N = 5.10^{11} / m^3$

N u dùng b c sóng n :

$$h'_{(ft)} = \frac{d^2}{8} = \frac{(4.2 \times 10^6)^2}{8} = 2.2 \times 10^6 (ft) = 670km$$

h' v t quá chi u cao l p F \Rightarrow không kh thi \Rightarrow dùng b c kép

$$d' = \frac{d}{2} = 2100(mi)$$

$$\Rightarrow h' = \frac{d'^2}{8} = \frac{2100^2}{8} \Rightarrow h' = \frac{670}{4} = 167.5km$$

Dùng l p F v i chi u cao h'=300km

Gi i h :

$$\theta = \frac{d'}{2a_e} = \frac{2100}{2 \times 5280} \approx 0.2 \text{ rad}$$

$$\left(1 + \frac{h'}{a_e} - \cos \theta\right) \times \frac{1}{\sin \theta} = \cot \psi_i$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\tan \psi_i} = \left(1 + \frac{300 \text{ km}}{8497 \text{ km}} - \cos 0.2\right) \frac{1}{\sin 0.2}$$

$$\Rightarrow \tan \psi_i = 3.6 \Rightarrow \psi_i = 1.3 \text{ rad} \text{ hay } \psi_i = 74.44^\circ$$

$$\Phi = 180^\circ - \psi_i - \theta$$

$$\text{Góc ng ng} = \Phi - 90^\circ = 90^\circ - \psi_i - \theta = 90^\circ - 74.44^\circ - 11.4^\circ = 4.16^\circ$$

$$f_c = 9\sqrt{N_{th}} = 9\sqrt{5.10^{11}} = 6.36 \text{ MHz}$$

T n s kh d ng c c i :

$$MUF = f_c \sec 74.44^\circ = 6.36 \text{ MHz} \times \sec 74.44^\circ = 11.06 \text{ MHz}$$

Bài 9 (Radar return from rain): Cho h radar có các thông s : CS phát $P_t = 100 \text{ kW} (peak)$,

r ng xung $\tau = 1 \mu s$, l i Anten $G = 30 \text{ dB}$ hay 1000, $\lambda_0 = 3 \text{ cm}$, r ng tia n a CS

$\theta_{1/2} = 0.063 \text{ rad}$. Tính CS thu t á m m a cách $r_0 = 10 \text{ km}$, t c m a $R = 10 \text{ mm/h}$.

$$\langle \sigma_{BS} \rangle = \frac{9.05 \times 10^{-14}}{\lambda_0^4} R^{1.47} = \frac{9.05 \times 10^{-14}}{(3 \text{ cm})^4} \times (10 \text{ mm/h})^{1.47} \approx 3.3 \times 10^6 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

Th tích chi u x :

$$V = c \times \frac{\tau}{2} \times r_0^2 \pi \theta_{1/2}^2 = 3 \times 10^8 \times \frac{1 \mu s}{2} \times (10 \text{ km})^2 \times \pi \times 0.063^2 = 1.87 \times 10^8 \text{ m}^3$$

$$P_r = \frac{\lambda_0^2}{(4\pi)^3} P_t G_{(0)}^2 \frac{\langle \sigma_{BS} \rangle}{r_0^4} V = \frac{(3 \text{ cm})^2}{(4\pi)^3} \times 100 \text{ kW} \times 1000^2 \times \frac{3.3 \times 10^{-6}}{(10 \text{ km})^4} \times 1.87 \times 10^8 = 2.8 \times 10^{-9} \text{ W}$$

Nếu radar đang quan sát mục tiêu có tiết diện radar $S_{BS} = 5m^2$ tại cùng 1 khoảng cách, CS tín hiệu thu được từ mục tiêu :

$$P = \frac{P_t G^2 \lambda_0^2}{(4\pi)^3 r_0^4} S_{BS} = \frac{S_{BS}}{\langle \sigma_{BS} \rangle V_r} P_r = \frac{5 \times 2.8 \times 10^{-9}}{3.3 \times 10^{-6} \times 1.87 \times 10^8} = 2.27 \times 10^{-11} W$$

\Rightarrow Không quan sát được mục tiêu.