

7.3. Equazione del radar

L'equazione del radar è una relazione che lega i parametri del radar e permette di valutare l'influenza dei diversi parametri sulle caratteristiche del radar stesso.

La forma fondamentale è la seguente:

$$P_r = \frac{P_i G_t \sigma A_a}{16\pi^2 R^4} \quad (\text{XXI.7.1})$$

con P_r : potenza in ricezione; P_i : potenza degli impulsi trasmessi; G_t : guadagno dell'antenna; σ : area equivalente dell'oggetto riflettente; A_a : area di antenna; R : distanza dell'oggetto dall'antenna.

La XXI.7.1 può essere ricavata nel modo seguente.

Se P_i è la potenza degli impulsi trasmessi e l'antenna ha guadagno G_t , la densità di potenza S_o nei punti di irradiazione massima è:

$$S_o = \frac{P_i}{4\pi R^2} G_t$$

La potenza P' reirradiata da un bersaglio a distanza R è perciò:

$$P' = \frac{P_i G_t}{4\pi R^2} \sigma$$

in cui σ è l'area equivalente dell'oggetto riflettente, dipendente dalle caratteristiche fisiche e geometriche dell'oggetto stesso.

La potenza reirradiata si distribuisce su una superficie sferica, ed in corrispondenza dell'antenna del radar, ora ricevente, si ha una densità di potenza:

$$S_r = \frac{P_i G_t \sigma}{4\pi R^2} \frac{1}{4\pi R^2} = \frac{P_i G_t \sigma}{16\pi^2 R^4}$$

La potenza P_r captata dall'antenna ricevente è uguale al prodotto della densità di potenza per l'area equivalente di antenna A_a e quindi vale:

$$P_r = \frac{P_i G_t \sigma A_a}{16\pi^2 R^4}$$

come si voleva dimostrare.

La XXI.7.1 è spesso scritta anche nel seguente modo:

$$P_r = \frac{P_i G_t G_r \lambda^2 \sigma}{64 \pi^3 R^4} \quad (\text{XXI.7.2})$$

con λ : lunghezza d'onda del segnale trasmesso; G_r : guadagno dell'antenna ricevente. Infatti l'area equivalente d'antenna A_a è:

$$A_a = \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \quad (\text{XXI.7.3})$$

e sostituendo la XXI.7.3 nella XXI.7.1 si ottiene la XXI.7.2.

7.4. Portata del radar e frequenze impiegate

A) Portata

Per portata di un radar si intende la distanza massima alla quale può essere rivelata la presenza di un oggetto di area equivalente σ . Essa dipende dalle caratteristiche del ricevitore, ed in particolare dalla potenza minima P_{\min} che il ricevitore è in grado di rivelare. Dalla XXI.7.2 si ha:

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_i G_t G_r \lambda^2 \sigma}{64\pi^3 P_{\min}}} \quad (\text{XXI.7.4})$$

con P_{\min} : potenza minima che il ricevitore è in grado di rivelare; R_{\max} : portata del radar.

Nel caso comune di $G_r = G_t = \frac{4\pi A_a}{\lambda^2}$, si ha:

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_i A_a^2 \sigma}{4\pi \lambda^2 P_{\min}}} \quad (\text{XXI.7.5})$$

Dalla XXI.7.5 si deduce che, per aumentare la portata, occorre impiegare antenne di grande area, lavorare a frequenze elevate e quindi con λ molto piccole, ed aumentare la potenza degli impulsi. Si osserva però che P_i compare in ragione della radice quarta, mentre A_a e λ compaiono in ragione della radice quadrata; di conseguenza, per raddoppiare la portata, occorre moltiplicare per sedici la potenza degli impulsi, mentre per ottenere lo stesso risultato è sufficiente quadruplicare l'area dell'antenna o impiegare una lunghezza d'onda quattro volte più piccola.

B) Frequenze impiegate

Le bande di frequenza comunemente impiegate sono indicate con lettere; le più comuni sono le seguenti:

UHF:	300 ÷ 1000 MHz
L	: 1 ÷ 2 GHz
S	: 2 ÷ 4 GHz
C	: 4 ÷ 8 GHz
X	: 8 ÷ 12,5 GHz
K_u	: 12,5 ÷ 18 GHz
K	: 18 ÷ 26,5 GHz
K_a	: 26,5 ÷ 40 GHz
Millimetriche:	$f > 40$ GHz

La scelta della frequenza è determinata dalla esigenza di avere un elevato guadagno d'antenna, di non richiedere elevata potenza al trasmettitore, di avere buona risoluzione angolare, di contenere l'attenuazione atmosferica.

Per quanto riguarda, in particolare, l'attenuazione dovuta all'atmosfera, si verifica quanto segue: l'attenuazione in atmosfera si fa sentire a frequenze superiori a 16 GHz; la pioggia abbassa questo limite a 2 GHz; le goccioline in sospensione, che si hanno nelle nubi e nella nebbia, producono un'attenuazione predominante sulle altre cause al disotto di 2 GHz.

La scelta della frequenza dipende pertanto dal tipo di radar e dall'uso. Ad esempio, i radar di ricerca a grande portata impiegano le frequenze più basse; infatti alle frequenze più basse si hanno a disposizione trasmettitori che forniscono potenze elevate ed inoltre l'attenuazione dell'atmosfera si fa sentire di meno. Le frequenze più elevate sono impiegate nei radar ad inseguimento; infatti in questo caso è necessario un diagramma di irradiazione stretto, per cui il guadagno dell'antenna deve essere elevato e quindi è necessario usare piccole lunghezze d'onda; d'altra parte non sono, in genere, necessarie potenze elevate, e quindi i trasmettitori disponibili sono in grado di soddisfare le esigenze di potenza richieste.