

# SUPERFICIE EQUIVALENTE RADAR DE BUQUES

## Introducción



En la actualidad los sistemas radar, en cuanto a su complejidad, van desde los relativamente sencillos radares de la policía, para la medida de la velocidad de vehículos, hasta los avanzados sistemas de obtención de imagen radar o de diagnóstico y radares multifunción; sin embargo, todos, por muy complejos que sean, únicamente miden los cambios producidos en la forma de onda de radiofrecuencia cuando interacciona con un cuerpo que dispersa la energía hacia el receptor; dichos cambios se limitan a cuatro dominios: amplitud, polarización, fase y frecuencia.

El propósito real del radar es extraer la información deseada de un blanco de los cambios causados en la onda de RF por la interacción con dicho blanco, y desechar los cambios ocasionados por otras causas. Si se logran dichos objetivos, el blanco puede identificarse como distinto de otros blancos no deseados (*clutter*).

Como primera aproximación a la medida de la reflectividad radar, podemos decir que el objetivo es describir exactamente el mecanismo de interacción entre un blanco y la energía electromagnética que incide sobre él; este problema es complejo, incluso si se ignoran otros factores que afectan a la medida. La interacción del blanco con la onda electromagnética incidente dependerá del número de centros dispersores del blanco, tamaño (en longitudes de onda) y distancia (en longitudes de onda) entre dichos centros dispersores, así como de la polarización relativa de la onda respecto a cada uno de dichos dispersores, si se consideran también otros factores que afectan a la medida, tales como camino de propagación (multitrayecto, conducto, difracción), antena, parámetros del sistema radar, distorsión debida al almacenado de datos, lo que hace que el problema llegue a ser extremadamente complejo. Por tanto, el procedimiento habitualmente empleado es determinar algunos parámetros que describan el mecanismo de interacción; el más importante es la Superficie Equivalente Radar (SER).

## Definición

Cuando un obstáculo es iluminado por una onda electromagnética, la energía se dispersa en todas las direcciones. La distribución espacial de la energía,

depende del tamaño, forma, composición del obstáculo y de la naturaleza y frecuencia de la onda incidente.

La Superficie Equivalente Radar es una medida de la potencia que es devuelta o dispersada en una dirección dada. Esta potencia dispersada se normaliza de tal forma que la disminución de densidad de potencia debida a la expansión esférica no sea un factor interviniente en la SER; por tanto, el propósito de esta normalización es suprimir el efecto de la distancia y llegar a la descripción de una firma del blanco que sea independiente de la distancia entre éste y el centro emisor (radar).

La Superficie Equivalente Radar de un blanco es el área (ficticia) que intercepta tal cantidad de energía que cuando se refleja por igual en todas las direcciones produce un eco en el radar igual al del blanco.

*¿De qué depende la SER de un blanco?*

En la práctica, el eco de un blanco en movimiento casi nunca es constante. Las variaciones en los ecos pueden ser producidas por las condiciones meteorológicas, *clutter*, la estructura lobular del diagrama de radiación de la antena, inestabilidades en el equipo o variaciones en la SER del blanco.

A su vez, la SER es función de:

- La configuración del blanco.
- La frecuencia.
- La polarización de la onda incidente.
- La polarización del receptor.
- La orientación angular del blanco con respecto al campo incidente.
- El ancho de pulso de la radiación incidente.

Con relación a este último punto, cuando la longitud del pulso es tal que es mayor que  $2L/c$ , donde  $L$  es la eslora del blanco y  $c$  la velocidad de la luz, aquél se encuentra iluminado completamente durante un cierto tiempo, esto es, equivalente a como si el blanco estuviese iluminado por una onda continua. Sin embargo, cuando se emplean pulsos muy cortos para iluminarlo, es decir, menor que  $2L/c$ , cada centro dispersor del blanco puede contribuir independientemente a la señal retorno, y la señal recibida está formada por un conjunto de señales separadas en el tiempo. Los pulsos cortos se emplean para identificar dichos centros individuales dentro de un blanco complejo.

### **Necesidad del conocimiento de la SER de un blanco**

El incremento del uso del radar, tanto en aplicaciones comerciales como militares, ha hecho avanzar la tecnología en el campo de la medida de la SER.

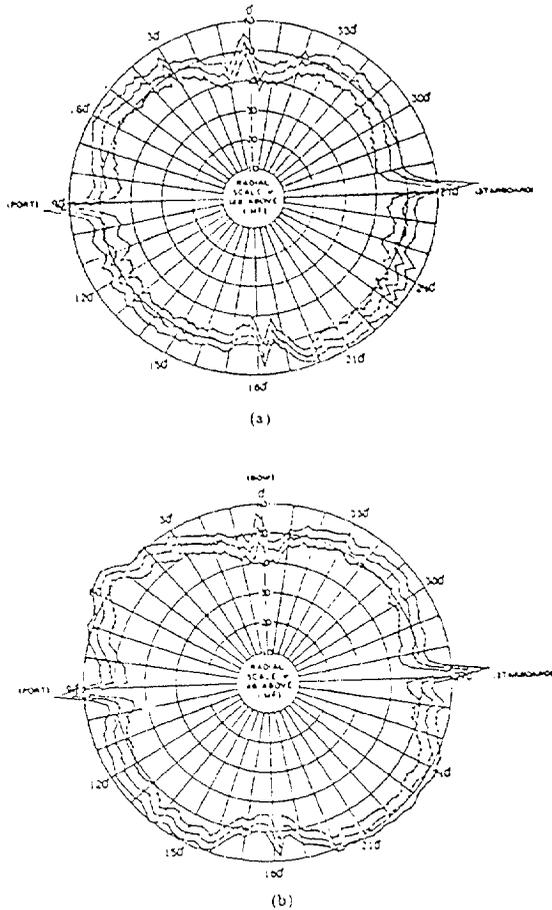


Figura 1.—La figura (a) es la representación polar de la SER media de un buque auxiliar de gran porte medido a 2.8 Ghz., y el diagrama (b) corresponde a una medida efectuada a 9.255, Ghz., ambos para polarización horizontal.

Generalmente, el objetivo para los sistemas (aviones, buques, etc.) comerciales es hacerlos trabajar lo mejor posible, por lo que es importante la mejora de la reflectividad; por el contrario, el interés de los sistemas militares es hacerlos menos vulnerables al radar y, por tanto, el objetivo es reducir su reflectividad radar. También son importantes para aplicaciones militares la clasificación e identificación, ya que en condiciones adversas puede que el radar sea el único sistema capaz de operar y, por tanto, debe poder separar blancos amigos de enemigos (imagen radar) sin la ayuda de otros sistemas, tales como ópticos o infrarrojos, aunque esto último se sale del ámbito del presente artículo.

La necesidad de reducción de la SER y la clasificación de blancos han creado, a su vez, la necesidad de contar con sistemas de medida y sistemas para la obtención de imagen radar de alta resolución.

La medida de la SER de un blanco puede ser entendida por una gran variedad de razones, entre las que cabe destacar:

1. Especificar el valor de la SER de un blanco para contrastar con las predicciones hechas sobre modelo.
2. Proporcionar una base de datos para la valoración de las características del blanco frente a otros sensores.
3. Por razones de diagnóstico, tales como identificar los puntos del blanco que más contribuyen a la SER total.
4. Reducción de la SER del blanco mediante las técnicas adecuadas (modificaciones estructurales o recubrimientos con material absorbente radar), a la vista del apartado anterior, mejorando así el «factor de ventaja».
5. Poder definir, en su caso, las contramedidas activas (*chaff*) para anular la capacidad de los sensores y armas enemigos.

Dado que la SER de un blanco es una variable que interviene de una forma decisiva en la ecuación del alcance radar y, por tanto, en la detectabilidad de dicho blanco frente a sensores enemigos, resulta importante para buques de guerra ya construidos la realización de los puntos 2 y 3 y, como consecuencia, del 4.

## **Tipos de medidas**

En teoría, el campo reflejado y, por tanto, la superficie equivalente radar, puede determinarse resolviendo las ecuaciones de Maxwell, aplicando las apropiadas condiciones de contorno. Desgraciadamente, el cálculo de la superficie equivalente por medio de las ecuaciones de Maxwell sólo puede hacerse para las formas más sencillas, y no es fácil obtener soluciones válidas en un gran margen de frecuencias.

La superficie equivalente radar de blancos complejos, tales como buques, aviones, etc., son funciones complicadas y, por tanto, deben ser medidas experimentalmente. Estas medidas pueden desarrollarse en dos campos que afortunadamente conducen a los mismos resultados:

- Medidas efectuadas sobre blancos reales en su medio natural.
- Medidas efectuadas en cámara anecoica sobre modelos a escala.

Independientemente de la medida en sí, existe la posibilidad de la predicción de la SER de un buque mediante simulación informática, lo cual permite obtener una estimación de su valor durante la fase de diseño.

## Conclusiones

Parece incuestionable la necesidad del conocimiento y, por tanto, de la medida y/o predicción de la SER de los buques de guerra.

Aunque como se ha dicho antes, se puede llegar a conocer la SER mediante técnicas de predicción; la variabilidad de ésta a lo largo del ciclo de vida de un buque, debido a las variaciones en la disposición general (introducción de nuevos equipos o armas, bajas de equipos obsoletos, etc.), hace imprescindible que la Armada cuente con un sistema de medida capaz de hacer mediciones de alta resolución o que, por el contrario, subcontrate dichas mediciones.

Si la Armada se decidiese por la adquisición de un equipo de medidas, se evitaría que terceras partes interviniesen en la medida, con lo que se garantizaría la confidencialidad de los datos obtenidos. Si además el equipo de medida es producto de un desarrollo nacional dirigido por la Armada, se asegura la propiedad y el conocimiento por parte de ésta del *software* de tratamiento de señal empleado, además de evitar la dependencia exterior. Si el equipo de medida se diseña a base de instrumentación de laboratorio existente en el mercado, su precio sería competitivo con relación a otros ofertados por empresas del sector y fácilmente actualizable.

Por otro lado, la selección apropiada del equipo de medida debe permitir tanto la medición sobre buques en la mar como la de modelos a escala en cámara anecoica que verifiquen las predicciones hechas mediante simulación durante las fases de diseño y construcción de un buque, es decir, el equipo debe ser versátil y fácilmente transportable.

En definitiva, la Armada debe contar con un equipo de medida que además cumpla, entre otros, con los siguientes requisitos:

- Capacidad de medir en alta resolución.
- Ser producto de un desarrollo nacional y gestionado por la Armada.
- Versátil.
- Fácilmente transportable.
- Económico.

José Francisco PÉREZ-OJEDA Y PÉREZ



(Ing.)

## BIBLIOGRAFÍA

- C. CURRIE, Nicholas: *Radar Reflectivity Measurement. Techniques & Applications*. Artech House, 1989.
- KNOTT, Eugene F.; SHAEFFER, John F., y TULEY, Michael J.: *Radar Cross Section. Its Prediction, Measurement and Reduction*. Artech House, 1985.