

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1644

Características técnicas y operativas, y criterios para la protección de la misión de los radares del servicio de radiolocalización y radionavegación que funcionan en la banda de frecuencias 13,75-14 GHz

(Cuestión UIT-R 226/8)

(2003)

Resumen

Esta Recomendación ofrece las características técnicas y operativas, y los criterios para proteger los radares de radiolocalización y de radionavegación que funcionan en la banda 13,75-14 GHz. Contiene una descripción detallada del radar de radiolocalización a bordo de barco más común que funciona en esa banda, y un conjunto tabular de características de todos los radares conocidos embarcados, a bordo de aeronave y en tierra que funcionan en dicha banda.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en algunas bandas de frecuencias las características de las antenas, de la propagación de las señales, de la detección del blanco y de la gran anchura de banda de los radares necesarias para cumplir sus funciones son óptimas;
- b) que las características técnicas de los radares del servicio de radiodeterminación están determinadas por la misión del sistema y son muy variables incluso dentro de una banda;
- c) que, desde la CAMR-79, se han modificado o disminuido de categoría un número considerable de atribuciones en el espectro a la radiolocalización y a la radionavegación (equivalente a alrededor de 1 GHz);
- d) que algunas comisiones técnicas del UIT-R están considerando la posibilidad de introducir nuevos tipos de servicios (por ejemplo, de acceso inalámbrico fijos y de alta densidad fijos y móviles) en bandas entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por radares de radiodeterminación y de radionavegación;
- e) que se precisan características técnicas y de explotación de los radares de localización y de radionavegación para determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas en las bandas de frecuencia en las que se explotan los radares;
- f) que también se necesitan criterios de protección de las misiones de los radares con los mismos fines;
- g) que algunos radares de radiolocalización y de radionavegación funcionan en la banda de 13,75-14 GHz y en la de 13,4-13,75 GHz;
- h) que muchas administraciones explotan en todas las regiones del mundo radares de radiolocalización y de radionavegación en plataformas a bordo de aeronave y de barco, así como en tierra por al menos una administración,

recomienda

- 1 que las características técnicas y de explotación de los radares que se describen en el Anexo 1 se consideren representativas de los radares que funcionan en la banda de frecuencias 13,75-14 GHz;
- 2 que se consideren adecuados los criterios para la protección de las características de explotación de dichos radares que figuran en el Anexo 1;
- 3 que dichos criterios se utilicen en el análisis de la compatibilidad entre dichos radares y los sistemas de otros servicios;
- 4 que en presencia de toda señal interferente de onda continua modulada con la mayor parte o la totalidad de su anchura de banda de emisión de 3 dB distribuida en la banda de paso del receptor de radar en la dirección del haz principal, se utilice la relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de la potencia de ruido del receptor de radar, I/N , de -6 dB como criterio de protección contra la interferencia para los radares que se describen en el Anexo 1, en línea con las orientaciones que figuran en la Recomendación UIT-R M.1461.

Este criterio de protección representa el nivel neto de protección si están presentes múltiples fuentes de interferencia. Este valor umbral ha de utilizarse junto con los criterios de protección de toda la misión que se presentan en el Anexo 1.

Anexo 1

Características de los radares de radiolocalización y de radionavegación y criterios para la protección de su misión

1 Introducción

La banda 13,75-14 GHz está atribuida con carácter primario al servicio de localización, al SFS (Tierra-espacio) y a ciertas funciones del servicio de investigación espacial. También está atribuida por algunas administraciones al servicio de radionavegación. El servicio de frecuencias patrón y señales horarias (Tierra-espacio) explota esta banda con carácter secundario.

2 Misión

Los radares que se describen en los § 2 a 5 de este Anexo se utilizan en todo el mundo, principalmente a bordo de los barcos que explotan muchas administraciones. Funcionan en las zonas marinas y costeras y algunos están basados en tierra. Se utilizan para detectar y seguir objetos discretos aéreos y de superficie en aproximación (denominados normalmente en la literatura radar como blancos). Muchos barcos van equipados con varios de estos radares y los radares de este tipo a bordo de un barco no pueden atender a las necesidades de otros barcos, aun cuando estén próximos. Como algunos de los blancos de interés son objetos volantes a muy baja altitud, la banda 13,75-14 GHz ofrece un compromiso ideal entre los fenómenos multitrayecto y la atenuación atmosférica para las características de esta misión. De forma similar, muchos radares a bordo de aeronave y en tierra realizan la misma función que los sistemas de radar de barco.

3 Características técnicas

Las características del sistema de radiolocalización que aquí se indican representan el tipo predominante de radar a bordo de barco con funcionamiento en la banda 13,75-14 GHz. El Cuadro 4 del Apéndice 1 a este Anexo ofrecen las características de otros sistemas de radar a bordo de aeronaves, de barco y en tierra que funcionan en la banda 13,75-14 GHz. Las características de los § 2 a 5 de este Anexo deben utilizarse en los estudios de compartición con estos radares a bordo de barco, y deben emplearse las características del Apéndice 1 con los otros tipos de radares.

3.1.1 Potencia del transmisor/potencia radiada

El transmisor es un klystron con potencia de cresta de salida de 30 kW (45 dBW). Las pérdidas de búsqueda entre el transmisor y la antena son de -5 dB; las pérdidas de seguimiento entre el transmisor y la antena son de -4 dB.

3.1.2 Búsqueda

La potencia isotrópica radiada equivalente máxima de búsqueda (dBW) = potencia de cresta del transmisor (dBW) – pérdidas de la línea de transmisión (dB) + ganancia de la antena (dBi):

p.i.r.e. máxima del haz 1 = $45 - 5 + 31,5 = 71,5$ dBW;

p.i.r.e. media = $57,2$ a $54,9$ dBW¹;

p.i.r.e. máxima de los haces 2, 3 y 4 = $45 - 5 + 28,5 = 68,5$ dBW;

p.i.r.e. media = $54,2$ a $51,9$ dBW¹.

3.1.2.1 Formas de onda de búsqueda

El sistema de búsqueda utiliza un transmisor/receptor coherente para el procesamiento del indicador digital de blancos móviles.

3.1.2.1.1 Modo de frecuencia de repetición de impulsos reducida

Anchura del impulso: $2,2$ μ s codificado en fase con segmentos de $0,2$ μ s

Intervalo de repetición de impulsos: mínimo = 60 μ s; máximo = 100 μ s

Ciclo de trabajo: máximo = $3,7\%$ ($-14,3$ dB); mínimo = $2,2\%$ ($-16,6$ dB).

3.1.2.1.2 Modo de frecuencia de repetición de impulsos elevada (ecos parásitos)

Anchura del impulso: $0,2$ μ s

Intervalo de repetición de impulsos: entre 10 y 14 μ s.

3.1.3 Seguimiento

p.i.r.e. de cresta para seguimiento (dBW) = potencia de cresta del transmisor (dBW) – pérdidas de la línea de transmisión (dB) + ganancia de antena (dBi):

p.i.r.e. máxima de seguimiento = $45 - 4 + 38,5 = 79,5$ dBW;

p.i.r.e. de adquisición media = $62,5$ a $61,0$ dBW¹;

p.i.r.e. de seguimiento media = $59,5$ a $58,0$ dBW¹.

¹ Las potencias medias indicadas aquí se refieren a periodos de tiempo iguales a una fracción de un segundo y no deben compararse con el límite de la p.i.r.e. del número 5.502 del Reglamento de Radiocomunicaciones que se aplica a un periodo de tiempo de un segundo.

3.1.3.1 Forma de onda de seguimiento

El sistema de seguimiento utiliza un transmisor/receptor coherente para el procesamiento de impulsos Doppler.

Anchura del impulso: 0,2 μ s en adquisición; 0,1 μ s en seguimiento

Intervalo de repetición de impulsos: entre 10 y 14 μ s

Ciclo de trabajo: adquisición 2% (-17 dB) a 1,4% (-18,5 dB);
seguimiento 1% (-20 dB) a 0,7% (-21,5 dB).

3.2 Nivel del ruido del receptor de radar y pérdidas

N = Ruido térmico del receptor de radar = -134 dBW en una anchura de banda de 10 MHz.

Éste es el nivel de ruido en un entorno terrenal con una anchura de banda de referencia de 10 MHz sin ningún ruido del receptor añadido.

NF = Factor de ruido del radar = 5 dB.

Nivel de ruido del receptor = -129 dBW (10 MHz de anchura de banda).

Éste es el nivel incluyendo el ruido añadido del receptor.

L_{RF} = Pérdidas de la línea de transmisión de RF entre la antena del radar y el preamplificador = 2 dB.

Por tanto, el nivel de ruido total del sistema de recepción referido al puerto de antena y expresado en una anchura de banda de referencia de 10 MHz es:

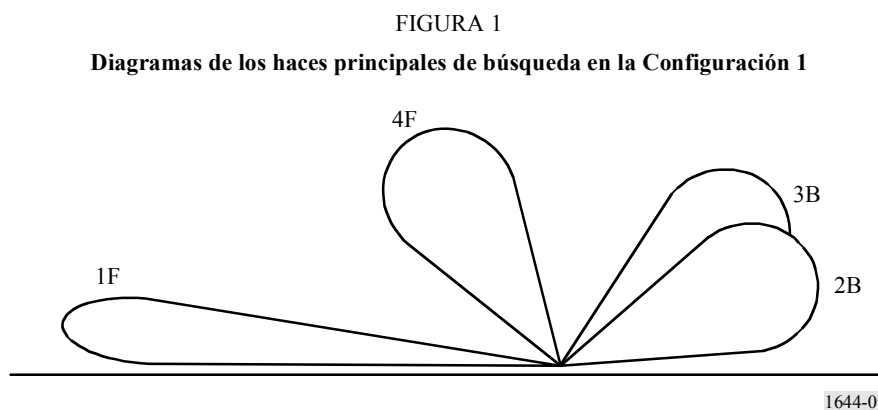
$$-129 + 2 = -127 \text{ dBW}$$

3.3 Características de la antena

Cada uno de estos radares contiene dos conjuntos separados de antena. Un conjunto de antenas se utiliza para la función de búsqueda y la otra antena se utiliza para las funciones de adquisición y seguimiento.

3.3.1 Antenas de búsqueda

La cobertura en elevación de la Configuración 1 se logra utilizando una antena de 10° centrada en 4,5° (1F) y una antena de 20° (4F) centrada en 60°, mirando las dos al frente, y dos antenas de 20° centradas en 20° (2B) y 40° (3B), ambas mirando al frente. La Fig. 1 presenta el diagrama compuesto de la cobertura en elevación con todas las antenas superpuestas. El Cuadro 1 enumera los parámetros de las antenas de búsqueda.



La velocidad de rotación en acimut es de 540°/s. En los radares con dos sistemas, cada radar da una cobertura de 310° en acimut.

CUADRO 1

Parámetros de la antena de búsqueda – Configuración 1

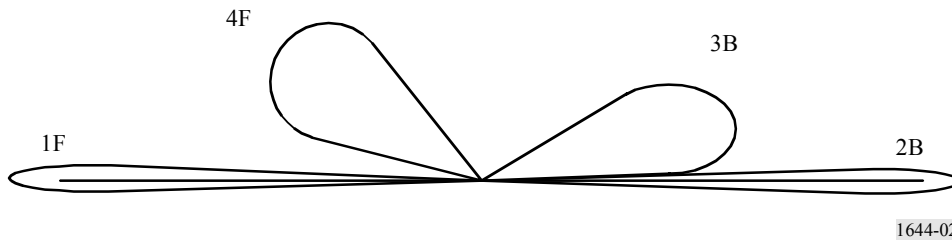
| Posición de la antena | Apertura del haz en elevación (grados) | Centro del haz en elevación (grados) | Ganancia (dBi) | Anchura del haz en acimut (grados) |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1F | 10 | 4,5 | 31,5 | 2,2 |
| 2B | 20 | 20 | 28,5 | 2,2 |
| 3B | 20 | 40 | 28,5 | 2,2 |
| 4F | 20 | 60 | 28,5 | 2,2 |

La cobertura en elevación de la Configuración 2 se logra utilizando dos antenas de 2,5° centradas en 0° (1F y 2B) y dos antenas de 10° (3B y 4F) centradas en 6,25 y 16,25 respectivamente. La Fig. 2 presenta el diagrama compuesto de cobertura en elevación con todas las antenas superpuestas. El Cuadro 2 enumera los parámetros de las antenas de búsqueda.

La velocidad de rotación en acimut es 540°/s. En los barcos con dos sistemas cada radar da una cobertura de 310° de acimut.

FIGURA 2

Diagramas de los haces principales de búsqueda en la Configuración 2



CUADRO 2

Parámetros de la antena de búsqueda – Configuración 2

| Posición de la antena | Apertura del haz en elevación (grados) | Centro del haz en elevación (grados) | Ganancia (dBi) | Anchura del haz en acimut (grados) |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1F | 2,5 | 0 | 37,5 | 2,2 |
| 2B | 2,5 | 0 | 37,5 | 2,2 |
| 3B | 10 | 6,25 | 31,5 | 2,2 |
| 4F | 10 | 16,25 | 31,5 | 2,2 |

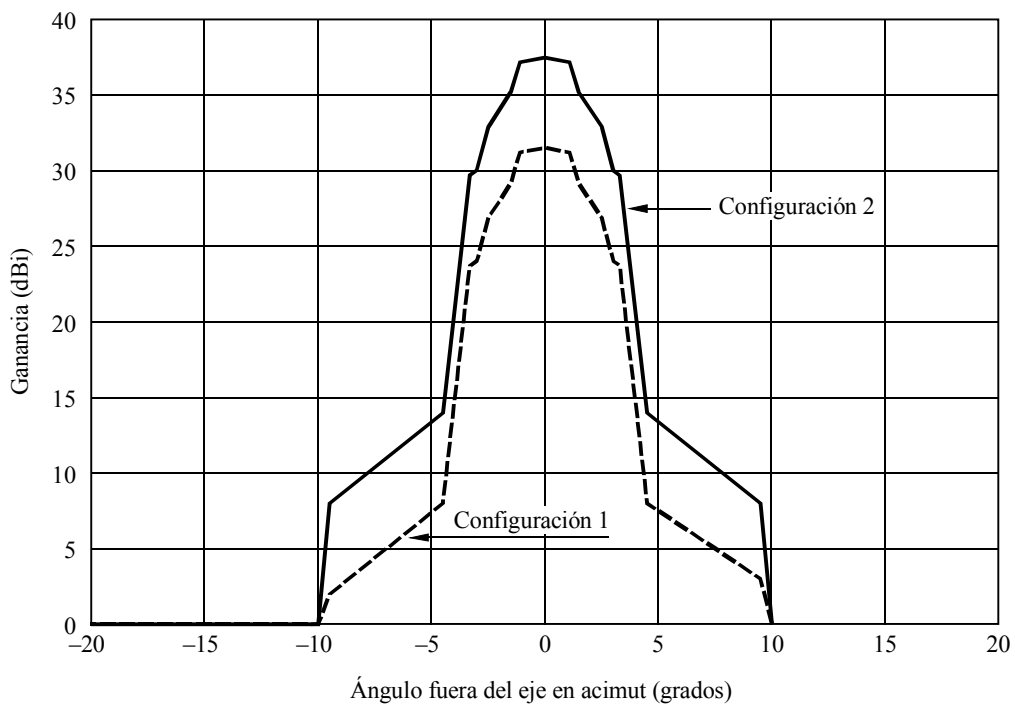
CUADRO 3

Ganancia fuera del eje de la antena del radar en acimut

| Ángulo respecto al eje (grados) | Ganancia en la Configuración 1 (dBi) | Ganancia en la Configuración 2 (dBi) |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| -180 | 0 | 0 |
| -10 | 0 | 0 |
| -9,5 | 2 | 8 |
| -4,5 | 8 | 14 |
| -3,3 | 23,7 | 29,7 |
| -3 | 24 | 30 |
| -2,5 | 26,9 | 32,9 |
| -1,5 | 29,2 | 35,2 |
| -1,1 | 31,2 | 37,2 |
| 0 | 31,5 | 37,5 |
| 1,1 | 31,2 | 37,2 |
| 1,5 | 29,2 | 35,2 |
| 2,5 | 26,9 | 32,9 |
| 3 | 24 | 30 |
| 3,3 | 23,7 | 29,7 |
| 4,5 | 8 | 14 |
| 9,5 | 3 | 8 |
| 10 | 0 | 0 |
| 180 | 0 | 0 |

FIGURA 3

Diagramas de ganancia del haz 1F de la antena del radar de búsqueda



3.3.2 Antena de seguimiento

La antena de seguimiento es un segmento de parábola con alimentador de cuatro bocinas mono-pulso, que da una anchura del haz en elevación de $1,2^\circ$ y una anchura del haz en acimut de $2,4^\circ$; la ganancia es de 38,5 dBi y los niveles de los lóbulos laterales están a más de 20 dB por debajo del lóbulo principal. Cuando se diseña para la adquisición de un blanco, la antena ejecuta un diagrama por puntos de tamaño limitado y pasa al seguimiento cuando se detecta el blanco.

3.4 Modificaciones planificadas del sistema de radiolocalización

La detección radar de objetos con ángulos de elevación reducidos se mejora aumentando la ganancia de la antena en el horizonte, mediante la utilización de las formas de onda de búsqueda existentes. Se transmitirán niveles mayores de la p.i.r.e., centrando el haz de exploración en el horizonte, de la siguiente manera:

p.i.r.e. de cresta $< 2^\circ$ de elevación = 79 dBW: p.i.r.e. media = 64 dBW (modo de búsqueda)

p.i.r.e. de cresta $> 2^\circ$ de elevación = 79 dBW: p.i.r.e. media = 59 dBW (modo de seguimiento).

La apertura modificada de la antena de búsqueda es idéntica a la apertura de la actual antena de seguimiento. La antena de búsqueda modificada sólo se utiliza por debajo de una elevación de 2° . En los sistemas de hoy en día, la antena de seguimiento es la fuente de la p.i.r.e. de cresta máxima y media (79 dBW y 59 dBW, respectivamente). En el radar modificado, la p.i.r.e. de cresta se mantendrá en 79 dBW, pues las aperturas de seguimiento y de búsqueda con elevación reducida serán las mismas, aunque la p.i.r.e. media por debajo de 2° (búsqueda) aumente debido a las grandes anchuras del impulso utilizadas en la búsqueda respecto a las utilizadas en seguimiento.

4 Características operacionales

4.1 Tiempo de radiación del sistema

Para los barcos/sistemas desplegados, cuando los barcos transitan por zonas potencialmente peligrosas, los sistemas deben radiar de forma continua.

4.2 Distribución geográfica del sistema de radiolocalización

Actualmente se utilizan aproximadamente 800 radares de este tipo. Hasta el momento, por lo que se refiere a la interacción con los satélites geoestacionarios, puede suponerse que los radares están distribuidos uniformemente sobre la superficie marítima de la Tierra y que un tercio de ellos es visible para un satélite geoestacionario. No obstante, a nivel local pueden funcionar hasta 70 de estos radares en una zona de 200 km^2 y situarse a 1 km de distancia del horizonte del radar.

El número de radares que funcionan en la banda 13,75-14 GHz es de unos 333.

La probabilidad, P_c , de que un único transmisor del SFS funcione en la misma frecuencia de un radar determinado con funcionamiento en la banda 13,75-14 GHz es aproximadamente de:

$$P_c = BW/250$$

donde BW es la anchura de banda de la fuente interferente (MHz).

La probabilidad de que el espectro de emisión de una fuente interferente se superponga con la banda de paso de uno o más radares a bordo de una agrupación de barcos puede ser mucho más elevada que dicho valor.

4.3 Gama de alturas de antenas de radiolocalización

La altura de la plataforma de montaje del sistema varía entre 3 y 36 m sobre la línea del mar. La antena de búsqueda está a unos 5 m sobre la plataforma y la antena de seguimiento a unos 4 m sobre ella.

5 Criterios para la protección de la misión del radar

5.1 Requisitos de vigilancia

Este dispositivo de radiolocalización no es del tipo tradicional de radiolocalización de vigilancia, sino una parte integrante de un sistema de armamento mayor que protege a los barcos contra amenazas exteriores. Su utilización se rige por el entorno de la amenaza. La demanda de utilización es del 100% cuando funciona en las proximidades de las costas.

5.2 Umbral de interferencia

La Recomendación UIT-R M.1461 – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios, contiene información sobre el nivel umbral de la potencia de interferencia que ha de utilizarse en los cálculos del potencial de interferencia causada a los radares.

Las señales interferentes del tipo de portadora continua con ruido que son características de todos los servicios de comunicaciones convencionales ejercen un efecto de desensibilización prácticamente inalterable en los radares de radiolocalización, independientemente del tipo de onda del radar y del procesamiento de la señal. En consecuencia, la desensibilización está relacionada de forma predecible con la intensidad de la interferencia. En cualquier sector acimutal por el que llegue dicha interferencia, su densidad de potencia espectral se añadirá simplemente a la densidad de potencia espectral del ruido térmico del sistema receptor del radar, dentro de una aproximación razonable. Si la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor del radar, en ausencia de interferencia, se denomina N_0 y la interferencia de tipo ruido I_0 , la densidad espectral de la potencia de ruido efectiva resultante es simplemente $I_0 + N_0$.

Un aumento de $I_0 + N_0$ en relación con N_0 de 1 dB aproximadamente, constituiría una degradación significativa del servicio de radiolocalización, aun cuando se produzca únicamente cuando la interferencia se acopla a través del haz principal del radar. Dicho aumento corresponde a una relación $(I + N)/N$ de 1,26, o una relación I/N de unos -6 dB.

Esto se aplica al efecto combinado de múltiples fuentes interferentes cuando están presentes; la relación I/N admisible para una fuente interferente individual depende del número de fuentes interferentes simultáneas y de su geometría, y debe evaluarse en el contexto de un escenario determinado.

Como el umbral de desensibilización de relación I/N -6 dB se aplica cuando se produce la condición de acoplo más intensa, incluido el acoplo a través del haz principal del radar, así como cuando el acoplo es más débil (como cuando se produce a través de los lóbulos laterales en la antena del radar), puede expresarse para un radar particular como un límite de dfp. Si la zona de captura del haz principal de la antena es de $0,5 \text{ m}^2$, el umbral de desensibilización para la interferencia procedente de los transmisores de comunicaciones será de $-164 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ en el

caso de acoplamiento a través del haz principal. Para un acoplamiento por los lóbulos laterales o una combinación del haz principal y lóbulos laterales con procedencia de fuentes múltiples, los valores diversos de la dfp deben ponderarse conforme a los factores pertinentes de supresión de lóbulos laterales y combinarse antes de compararlos con este límite de la dfp. Si se rebasa dicho límite para cualquier dirección de puntería del haz del radar, se degradará de forma inaceptable la cobertura de éste.

El efecto de la interferencia impulsiva es más difícil de cuantificar y depende intensamente del diseño del receptor/procesador y del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias del procesamiento diferencial para el retorno de blancos válidos que se efectúa con sincronismo de impulsos, y los impulsos de interferencia, que generalmente son asíncronos, suelen tener efectos importantes en la repercusión de determinados niveles de interferencia impulsiva. Dichas señales impulsivas no deseadas pueden infligir diversas formas distintas de degradación de la calidad, incluyendo especialmente la generación de blancos falsos. En general, cabe esperar que las numerosas características de los radares de determinación contribuyan a suprimir la interferencia impulsiva de ciclo de trabajo corto, especialmente la que procede de algunas fuentes aisladas. En la Recomendación UIT-R M.1372 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación, figuran técnicas para la supresión de la interferencia impulsiva de ciclo de trabajo corto.

5.3 Criterios de protección generales

A fin de que el radar pueda localizar de forma efectiva y discriminar blancos en presencia de interferencia continua de tipo ruido, no debe rebasarse el nivel umbral anterior de la interferencia combinada de $-164 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ en los radares que se describen en los § 2 a 5. La relación I/N correspondiente de -6 dB guarda correlación con una pérdida de 1 dB en el alcance o en la sensibilidad transversal del radar. Ello es equivalente a una pérdida del 6% en la distancia de cobertura para un blanco de sección transversal radar determinada o a un 26% de aumento en la sección transversal mínima detectable del radar para un determinado alcance, y corresponde al nivel de interferencia máximo que puede tolerarse procedente de toda dirección en el volumen de vigilancia.

6 Resumen tabular de características

Las características de los radares a bordo de barco descritos en los § 2 a 5 se resumen en el Apéndice 1, indicando por separado las funciones de búsqueda y de seguimiento como «Radar A» y «Radar B». Estos radares funcionan en todas las Regiones del UIT-R.

Las características de los otros radares de los diversos tipos se incluyen en el Apéndice 1 como radares C, D, E, F y G, y comprenden los radares a bordo de barco o en tierra o los instalados en aeronaves. Los datos disponibles sobre los radares C, D, E, F y G son muy limitados, aunque la existencia de estos tipos de radares puede ser importante. Al igual que con los radares descritos en los § 2 a 5 de este Anexo, los criterios de protección para esos otros radares en presencia de señales de comunicaciones de tipo ruido corresponden a una relación I/N de -6 dB que puede expresarse como nivel de dfp con arreglo al Cuadro 4 del Apéndice 1 del presente Anexo. Al igual que los radares A y B, la interferencia recibida por los lóbulos laterales y/o de fuentes múltiples debe ponderarse conforme a los factores de supresión de lóbulos laterales y combinarse de forma adecuada antes de efectuar la comparación con los niveles de la dfp.

Apéndice 1 al Anexo 1

CUADRO 4

| Características | Radar A Seguimiento | Radar B Búsqueda | Radar C | Radar D | Radar E | Radar F | Radar G Seguimiento |
|--|----------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Tipo de plataforma (en aeronave, a bordo de barco, en tierra) | A bordo de barco | A bordo de barco | A bordo de barco | En aeronave | En aeronave | En aeronave | En tierra |
| Tipo de servicio Radiolocalización: RL Radionavegación: RN | RL | RL | RL | RL ⁽¹⁾ | RL ⁽¹⁾ | RL | RL |
| Gama de sintonía (GHz) | 13,75-14 | 13,75-14 | Dentro de 13,75-14 | Dentro de 13,75-14 | Dentro de 13,75-14 | Dentro de 13,75-14 | Dentro de 13,75-14 |
| Modulación (sin modulación, impulsos, segmentos, código en fase) | Sin modulación | Sin modulación y código en fase | Impulsos | No facilitada | No facilitada | No facilitada | Pulsos no modulados |
| Potencia del transmisor a la antena (dBW) | 41 | 40 | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 40 | 46 (nominal) |
| p.i.r.e. media (dBW) | 59,5 (62,5 en adquisición) | 63 (actualmente ≤ 58,2) | Aproximadamente 59 | No facilitada | No facilitada | 41,4 (nominal) | 44,6-48,4 |
| p.i.r.e. de cresta (dBW) | 79,5 | 79 | >60 | >40 | >50 | 71 (nominal) | 81 |
| Anchura mínima del impulso (μs) | 0,1 | 0,2 | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 0,6 | 0,085 |
| Anchura máxima del impulso (μs) | 0,2 | 2,2 | No facilitada | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 0,11 |
| Tasa mínima de repetición de impulsos (pps) | 71 400 | 10 000 (2,2 μs de anchura de impulso) 60 000 (2 μs de anchura de impulso) | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 1 800 | 2 700 |

CUADRO 4 (Continuación)

| Características | Radar A Seguimiento | Radar B Búsqueda | Radar C | Radar D | Radar E | Radar F | Radar G Seguimiento |
|---|----------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Tasa máxima de repetición de impulsos (pps) | 100 000 | 14 000 (2,2 μ s de anchura de pulso) 100 000 (2 μ s de anchura de pulso) | No facilitada | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 3 300 |
| Ciclo de trabajo mínimo en transmisión (%) | 0,7 | 2,2 | No facilitado | No facilitado | No facilitado | 0,11 ⁽²⁾ | $2,295 \times 10^{-2}$ |
| Ciclo de trabajo máximo en transmisión (%) | 2,0 | 3,7 | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | $3,795 \times 10^{-2}$ |
| Anchura de banda de segmentos (MHz) | No aplicable | No aplicable | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable |
| Anchura del subimpulso codificado en fase (μ s) | No aplicable | 0,2 | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable |
| Relación de compresión | No aplicable | 11:1 | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable o no facilitada | No aplicable |
| Anchura de banda de emisión en RF (MHz): -3 dB -20 dB | 10 No facilitada | 5 No facilitada | No facilitada No facilitada | No facilitada No facilitada | No facilitada No facilitada | No facilitada No facilitada | No facilitada |
| Dispositivo de salida (klystron, ...) | Klystron | Klystron | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | Magnetron |
| Tipo de diagrama de antena (lápiz, abanico, cosecante cuadrado, etc.) | Haz de lápiz | Haz abanico | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | Haz de lápiz |
| Tipo de antena (reflector, sistema en fase, sistema de ranuras, ...) | Reflector parabólico | Sistema de ranuras | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | Sistema de ranuras |

CUADRO 4 (Continuación)

| Características | Radar A Seguimiento | Radar B Búsqueda | Radar C | Radar D | Radar E | Radar F | Radar G Seguimiento |
|---|---------------------|--|---|---|---|----------------------------|---------------------|
| Ganancia del haz principal de la antena (dBi): Búsqueda | – | 37,5 (actualmente $\leq 31,5$) | >20 | >20 | >20 | <31 búsqueda o seguimiento | 36 |
| Seguimiento | 38,5 | – | >20 | >20 | >20 | | |
| Anchura del haz de elevación de la antena (grados) | 1,2 | 2,5 y 10 (actualmente 10 y 20. Véanse las p. 5, 6) | No facilitada | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 15 |
| Apertura del haz transversal o acimutal de la antena (grados) | 2,4 | 2,2 | No facilitada | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 0,25 |
| Movimientos del haz | Seguimiento | Exploración de búsqueda programada | Exploración de búsqueda programada Seguimiento | Exploración de búsqueda programada Seguimiento | Exploración de búsqueda programada Seguimiento | No facilitado | Seguimiento |
| Tasa de exploración horizontal de la antena (grados/s) | Sigue el blanco | 540 | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: sigue el blanco | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: sigue el blanco | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: sigue el blanco | No facilitada | 60 |
| Tipo de exploración horizontal de la antena (continua, aleatoria, 360°, sectorial, etc.) (grados) | Sigue el blanco | Continua en 180 | Seguimiento: sigue el blanco | Búsqueda: no facilitado Seguimiento: sigue el blanco | Búsqueda: no facilitado Seguimiento: sigue el blanco | No facilitado | 360 |
| Tasa de exploración vertical de la antena (grados/s) | No aplicable | No aplicable | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: no aplicable | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: no aplicable | Búsqueda: no facilitada Seguimiento: no aplicable | No facilitada | No aplicable |

CUADRO 4 (Fin)

| Características | Radar A Seguimiento | Radar B Búsqueda | Radar C | Radar D | Radar E | Radar F | Radar G Seguimiento |
|---|---------------------|-----------------------|--|--|--|---------------------|------------------------|
| Tipo de exploración vertical de la antena (continua, aleatoria, 360°, sectorial, etc.) (grados) | No aplicable | Exploración por pasos | Búsqueda: no facilitado Seguimiento: no aplicable | Búsqueda: no facilitado Seguimiento: no aplicable | Búsqueda: no facilitado Seguimiento: no aplicable | No facilitado | No aplicable |
| Niveles de los lóbulos laterales (SL) de la antena (primer SL y SL distante) | -18,5 dB | -15,5 dB | No facilitados | No facilitados | No facilitados | No facilitados | -23 dB o inferior |
| Altura de la antena (m) | 41 | 41 | 5-20 | ≤ 12 000 | ≤ 12 000 | No facilitada | 34,5 a 280 |
| Anchura de banda de FI a 3 dB del receptor (MHz) | 10 | 10 | No facilitada | No facilitada | No facilitada | No facilitada | 14 (nominal) |
| Umbral de la dfp de desensibilización (dB(W/(m ² · 4 kHz)) | -164 | -164 | -165 | -145 | -155 | -156 ⁽³⁾ | -164,7 |
| Número de sistemas Zona geográfica | 800 Mundial | 800 Mundial | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | 18 (Región 3) |
| Nivel de ruido del receptor (10 MHz de anchura de banda) | -129 dBW | -129 dBW | No facilitado | No facilitado | No facilitado | No facilitado | Estimado -124,7 dBW |

⁽¹⁾ Radares limitados al entorno marítimo.

⁽²⁾ El ciclo de trabajo se calcula a partir de la anchura del pulso y de la tasa de repetición de pulsos indicada.

⁽³⁾ Se trata de una estimación calculada a partir de la «sensibilidad del radar a la interferencia» es igual a -143 dBW y suponiendo que la anchura de banda del receptor es $= 1/(0,6 \mu s) = 1,666 \text{ MHz}$. El valor correcto puede diferir significativamente respecto a éste si se utiliza la modulación intrapulsos, pero dicha modulación se utiliza raramente en pulsos de sólo 0,6 μs de anchura.