

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R M.1461-2
(01/2018)**

**Procedimientos para determinar
la posibilidad de interferencia
entre radares que funcionan en
el servicio de radiodeterminación
y sistemas de otros servicios**

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2018

© UIT 2018

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1461-2*

Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios

(Cuestión UIT-R 226/5)

(2000-2003-2018)

Cometido

La presente Recomendación proporciona orientación y procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios.

Palabras clave

Criterios de protección, interferencia, procedimiento, Radar

Siglas/Glosario

- CW: Onda continua
FDR: Rechazo en función de la frecuencia
LNA: Amplificador de bajo ruido
MDP-2: Modulación por desplazamiento de fase binaria
MDP-4: Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura
OFR: Rechazo fuera de frecuencia
OTR: Rechazo en sintonía

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en algunas bandas de frecuencias son óptimas las características de las antenas, de la propagación de las señales, de la detección del blanco y del gran ancho de banda necesario de los radares para cumplir sus funciones;
- 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 de frecuencias;
- c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad según se especifica en el número 4.10 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y que no se pueden aceptar interferencias perjudiciales;
- d) que algunas comisiones técnicas del UIT-R están considerando la posibilidad de introducir nuevos tipos de sistemas (por ejemplo, sistemas de acceso inalámbrico fijos y sistemas de alta densidad fijos y móviles) o de servicios en bandas de frecuencias entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por radares del servicio de radiodeterminación;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), el Comité Internacional Radiomarítimo (CIRM) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

- e) que se precisan características técnicas y de explotación representativas de sistemas que funcionan en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodeterminación, para determinar la viabilidad de introducir nuevos tipos de sistemas;
- f) que se precisan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre radares del servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios,

recomienda

- 1 que, los procedimientos del Anexo 1 se utilicen de orientación para determinar la posibilidad de interferencia entre radares del servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios;
- 2 que las características de los radares incluidas en las Recomendaciones UIT-R pertinentes sean utilizadas para la banda de frecuencias en estudio.

Anexo 1

Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares del servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios

1 Introducción

Se han desarrollado procedimientos de análisis. Debido a la elevada potencia de salida del transmisor (de 50 kW a varios MW) y a la alta ganancia de antena (de 30 a 45 dBi) de los radares del servicio de radiodeterminación (en adelante indicados simplemente como radares), la compatibilidad entre radares y sistemas de otros servicios se determina fundamentalmente analizando los efectos de las emisiones provenientes de radares en los dispositivos de recepción de otros servicios. Por tanto, este procedimiento de análisis trata en primer lugar de los métodos para evaluar la posibilidad de interferencia proveniente de los radares. Además, se trata brevemente la posible desensibilización de los receptores de radar producida por emisiones de otros servicios provenientes de sistemas de onda continua modulada.

Por la naturaleza de las misiones de los radares, muchos son móviles y no se pueden restringir a determinadas zonas de operación. Asimismo, la misión de los radares requiere a menudo agilidad de frecuencia y utilizan la totalidad de la banda atribuida. Pero cuando esté previsto que los radares funcionen en determinadas zonas cerca de otros sistemas, se puede considerar la posibilidad de interferencia utilizando los procedimientos incluidos en esta Recomendación.

2 Interferencia producida por los radares en sistemas de otros servicios

Investigaciones de diversos casos de interferencia han identificado dos mecanismos principales de acoplamiento de interferencia electromagnética entre sistemas de radares de alta potencia y otros servicios. Estos mecanismos de acoplamiento de interferencia son la sobrecarga a la entrada del receptor y las emisiones del transmisor del radar acopladas en la banda de paso de FI del receptor. A continuación se tratan ambos mecanismos de interferencia.

2.1 Sobrecarga en la etapa de entrada del receptor

Este mecanismo de interferencia se produce cuando la energía proveniente de la frecuencia fundamental (emisiones necesarias) de una señal no deseada satura la etapa de entrada del receptor interferido (amplificador de bajo nivel de ruido (ABR) en algunos sistemas), dando como resultado una compresión de la ganancia de la señal deseada suficiente como para degradar las prestaciones del receptor. La sobrecarga de la etapa de entrada del receptor es normalmente el resultado de una selectividad RF inadecuada en la etapa de entrada del receptor interferido.

2.1.1 Evaluación de la posibilidad de sobrecarga en la etapa de entrada del receptor

El valor umbral de entrada para el que aparece la sobrecarga de la etapa de entrada del receptor es una función del nivel de 1 dB de compresión de ganancia (saturación) y de la ganancia de la etapa de entrada del receptor o del ABR. Concretamente:

$$T = C - G \quad (1)$$

donde:

- T : valor umbral de entrada para el que aparece sobrecarga en la etapa de entrada del receptor (dBm)
- C : nivel para 1 dB de compresión de ganancia (saturación) de la etapa de entrada del receptor o del ABR (dBm)
- G : ganancia en la etapa de entrada del receptor o del ABR en la frecuencia fundamental del radar (dB).

Por ejemplo, si los receptores utilizan ABR con ganancias de 50 a 65 dB y tienen un nivel de compresión a 1 dB de salida de +10 dBm, la gama de valores para T es de -55 dBm a -40 dBm, en función de la ganancia del ABR.

La posibilidad de interferencia producida por sobrecarga de la etapa de entrada del receptor existirá siempre que:

$$IT = T - FDR_{RF} \quad (2)$$

donde:

- I_T : nivel de cresta de la señal radar a la salida de la antena o a la entrada del receptor que produce sobrecarga en la etapa de entrada del receptor (dBm)
- T : valor umbral de entrada para el que aparece sobrecarga en la etapa de entrada del receptor (dBm)
- FDR_{RF} : rechazo en función de la frecuencia (FDR) fundamental del radar proveniente de cualquier selectividad RF anterior al amplificador de RF del receptor (ABR) o inherente al propio amplificador de RF (ABR).

Se puede utilizar la ecuación (3) para determinar si es probable la sobrecarga de la etapa de entrada del receptor cuando los radares funcionan a determinadas distancias de otras estaciones y están separados en frecuencia por un cierto valor:

$$I = P_T + G_T + G_R - L_T - L_R - L_P \quad (3)$$

donde:

- I : potencia de cresta de los impulsos radar, a la frecuencia fundamental del radar, a la salida de la antena receptora o a la entrada del receptor (dBm)
- P_T : potencia de cresta del transmisor del radar (dBm)
- G_T : ganancia del haz principal de la antena del radar (véase la Nota 1) (dBi)

- G_R : ganancia de la antena del receptor en la dirección de la estación de radar sometida a análisis (dBi)
- L_T : pérdidas de inserción en el transmisor de la estación de radar (dB) (se supone 2 dB)
- L_R : pérdidas de inserción en el receptor interferido (dB)
- L_P : pérdidas en el trayecto de propagación entre las antenas transmisora y receptora (dB).

Al determinar las pérdidas en el trayecto de propagación, se utilizarán modelos de propagación adecuados y un posible acoplamiento indirecto teniendo en cuenta las alturas de las antenas y el terreno, cuando sea necesario. Si la potencia de cresta calculada de los impulsos de radar, a la frecuencia fundamental, I , supera el valor umbral en el que aparece sobrecarga en la etapa de entrada del receptor, I_T , es necesario tomar medidas para asegurar la compatibilidad.

NOTA 1 – Se han documentado casos de interferencia de emisiones transmitidas por radares que producen sobrecarga en la etapa de entrada del receptor por acoplamiento en el haz principal del radar. Por lo tanto, se recomienda que se utilice la ganancia en el haz principal del radar para evaluar la máxima posibilidad de interferencia producida por la sobrecarga de la etapa de entrada del receptor.

2.2 Acoplamiento producido por la emisión del transmisor del radar

Este mecanismo de interferencia se produce cuando parte de la energía emitida por el transmisor del radar está en la banda de paso de FI del receptor. Esta energía pasa entonces a través de la cadena receptora con poca o ninguna atenuación. Cuando los niveles de emisión del radar en la banda de paso del receptor son altas en relación con el nivel de señal deseado, puede producirse degradación de las prestaciones del receptor.

2.2.1 Evaluación de la posibilidad de interferencia para emisiones del transmisor del radar

El paso inicial para evaluar la compatibilidad consiste en la determinación del nivel de señal en el que empiezan a degradarse las prestaciones del receptor, I_T .

$$I_T = I/N + N \quad (4)$$

donde:

I/N : relación interferencia/ruido a la entrada del detector (salida de FI) necesaria para mantener un criterio de calidad aceptable (dB)

N : nivel de ruido inherente al receptor (dBm)
 $(N = -144 \text{ dBm} + 10 \log B_{IF} \text{ (kHz)} + NF$

o

$N = -168,6 \text{ dBm} + 10 \log B_{IF} \text{ (kHz)} + 10 \log T$

donde:

B_{IF} : ancho de banda FI del receptor (kHz)

NF : factor de ruido del receptor (dB)

T : temperatura de ruido del sistema (K).

Asimismo, el nivel de señal en el que un receptor se empieza a degradar, I_T , se puede calcular utilizando la ecuación (5):

$$I_T = C - (C/I) \quad (5)$$

donde:

- C : nivel de señal de la portadora deseada a la salida de la antena (entrada del receptor) (dBm)
- C/I : relación portadora/interferencia a la entrada del predetector (salida de FI) necesaria para mantener un criterio aceptable de calidad (dB).

Se puede utilizar la ecuación (6) para determinar si es probable la interferencia de emisiones del transmisor del radar cuando los radares funcionan a determinadas distancias de otras estaciones y se encuentran separados en frecuencia por ciertos valores.

$$I = P_T + G_T + G_R - L_T - L_R - L_P - FDR_{IF} \quad (6)$$

donde:

- I : potencia de cresta de los impulsos del radar a la entrada del receptor (dBm)
- P_T : potencia de cresta del transmisor del radar sometido a análisis (dBm)
- G_T : ganancia del haz principal de la antena del radar sometido a análisis (véase la Nota 2) (dBi)
- G_R : ganancia de la antena del receptor en la dirección de la estación de radar sometida a análisis (dBi)
- L_T : pérdidas de inserción en el transmisor de la estación de radar (dB)
- L_R : pérdidas de inserción en el receptor interferido (dB)
- L_P : pérdidas en el trayecto de propagación entre las antenas transmisora y receptora (dB)
- FDR_{IF} : rechazo dependiente de la frecuencia producido por la curva de selectividad de FI del receptor en el espectro emitido por el transmisor no deseado (dB).

NOTA 2 – Se han documentado casos de interferencia para emisiones del transmisor del radar que causan degradación del receptor por acoplamiento del haz principal del radar. Por tanto, se recomienda utilizar la ganancia del haz principal del radar para evaluar el potencial máximo de la interferencia producida por emisiones del transmisor de radar en la banda de paso de FI del receptor.

El valor FDR que se debe utilizar en la ecuación (6) se puede determinar a partir de la Recomendación UIT-R SM.337. El FDR puede constar de dos términos, el rechazo en sintonía (OTR, *on-tune rejection*) y el rechazo fuera de frecuencia (OFR, *off-frequency rejection*), es decir, el rechazo adicional que se produce cuando el radar y el receptor no están en sintonía.

$$FDR_{IF}(\Delta f) = OTR + OFR(\Delta f) \quad (7)$$

Para onda continua y señales de impulsos codificados en fase, el factor de rechazo en sintonía viene dado por:

$$OTR = 0 \quad \text{para } B_R \geq B_T \quad (8)$$

$$OTR = 20 \log (B_T/B_R) \text{ para } B_R < B_T \quad (9)$$

donde:

- B_R : ancho de banda a 3 dB del receptor (Hz)
- B_T : ancho de banda a 3 dB del transmisor (Hz).

Para señales de impulsos modulados en frecuencia (*chirped pulsed signals*), el factor de rechazo en sintonía viene dado por:

$$OTR = 0 \quad \text{para } B_C/(B_R^2 T) \leq 1 \quad (10)$$

$$OTR = 10 \log (B_C/(B_R^2 T)) \quad \text{para } B_C/(B_R^2 T) > 1 \quad (11)$$

donde:

T : ancho del impulso modulado en frecuencia (s)

B_C : ancho de banda del transmisor modulado en frecuencia para la ancho del impulso, T (Hz).

El cálculo del rechazo fuera de frecuencia, OFR, necesita las características de la respuesta de FI del receptor y del espectro emitido por el transmisor de radar. El UIT-R ha indicado métodos para calcular las características del espectro de emisión para radares de impulsos de onda continua y modulados en frecuencia. Si no se dispone de información sobre las características de los tiempos de subida y de bajada del transmisor del radar, se calculará la envolvente de emisión del radar para tiempos nominales de subida y de bajada de 0,1 μ s. Los niveles de emisiones no esenciales provenientes de transmisores de radar dependen del dispositivo de salida del transmisor. En la Recomendación UIT-R M.1314 se incluyen niveles de emisiones no esenciales representativas para diversos dispositivos de salida del radar. Puesto que muchos radares tienen potencias de transmisión y ganancias de antena elevadas, se pueden necesitar grandes separaciones de frecuencia y bandas de guarda para asegurar la compatibilidad.

Al determinar las pérdidas en el trayecto de propagación, se utilizarán modelos de propagación adecuados y posibles acoplamientos indirectos, teniendo en cuenta las alturas de antena y el terreno, cuando sea necesario. Si la potencia de cresta calculada de los impulsos del radar, a la entrada del receptor, I , superan el valor umbral en el que se degradan las características del receptor, I_T , deberán tomarse medidas para asegurar la compatibilidad.

3 Interferencia a radares proveniente de sistemas de otros servicios

Introducción

Existen dos mecanismos primarios de interferencia por acoplamiento electromagnético entre el sistema de radar y las señales interferentes de otros servicios. El primer mecanismo es causado por la sobrecarga de la etapa de entrada que causa saturación, y la generación de productos de intermodulación. El segundo son las emisiones interferentes dentro de la banda de paso de FI del receptor, que produce la desensibilización y degradación del funcionamiento y reduce la calidad global de la salida de datos del radar.

3.1 Sobrecarga de la etapa de entrada del receptor

3.1.1 Saturación de la etapa de entrada

Este mecanismo de interferencia se produce cuando la energía de una señal no deseada satura el ABR de la etapa de entrada el receptor del radar provocando la compresión de ganancia de la señal deseada, lo que es suficiente para degradar el funcionamiento de los receptores de umbral de entrada en el cual se produce la sobrecarga de la etapa de entrada determinado por el nivel de 1 dB de compresión de ganancia (saturación) y la ganancia de la etapa de entrada del receptor. En el caso de un receptor de radar con un ancho de banda de RF de la etapa de entrada, B_{RF} , y 1 dB de potencia de compresión, $P_{1 \text{ dB}}$ (dBm) la potencia de interferencia total dentro de B_{RF} que entra al receptor del radar no debe exceder de:

$$P_{I, RF \text{ máx}} = P_{1 \text{ dB}} + k_{sat} = C - G + k_{sat} \quad \text{dBm} \quad (12)$$

donde:

- $P_{I, RFm\acute{a}x}$: potencia de interferencia total máxima admitida dentro del ancho de banda de RF (dBm)
- k_{sat} : margen de saturación (dB), que ha de ser determinado individualmente para cada radar y tipo de interferencia (k_{sat} es generalmente negativo)
- $P_{1\text{ dB}}$: se define como el punto de compresión a 1 dB de potencia de entrada (dBm), es decir, cuando la ganancia de toda la cadena del receptor ha disminuido en 1 dB
- C : nivel a 1 dB de compresión de ganancia (saturación) de la etapa de entrada del receptor o del o ABR (dBm)
- G : ganancia en la etapa de entrada del receptor en la frecuencia fundamental de la fuente de interferencia potencial (dB).

Por ejemplo, si los receptores usan ABR con ganancia de 60 dB y tienen un nivel de compresión a 1 dB de salida de +10 dBm, el valor para $P_{1\text{ dB}}$ es $10 - 60 = -50$ dBm.

Es esencial cumplir la ecuación (12) para evitar que el receptor llegue al nivel de saturación o próximo a éste, y mantener así la gama dinámica suficiente para la propia señal de eco del radar. Además, la fracción de potencia de interferencia que cae en la ancho de banda FI del receptor del radar debe satisfacer también los requisitos establecidos en las Recomendaciones de la UIT.

La posibilidad de interferencia producida por sobrecarga de la etapa de entrada del receptor existirá siempre que:

$$I_T > P_{I, RFm\acute{a}x} - FDR_{RF} \quad (13)$$

donde:

- I_T : nivel de la señal de interferencia a la entrada del receptor que causa sobrecarga de la unidad (dBm)
- FDR_{RF} : rechazo dependiente de la frecuencia de la fuente de interferencia producido por cualquier selectividad de RF anterior al amplificador (ABR) RF del receptor o que pueda ser inherente al propio amplificador RF.

La potencia de interferencia recibida, combinada en toda la ancho de banda RF, no debe ser superior al nivel que causa potencia de salida de ese elemento particular en la cadena del receptor que va primero en saturación para retener una separación suficiente por debajo del punto de compresión de 1 dB. Esto es para limitar la reducción de la gama dinámica y evitar productos de intermodulación de tercer orden que rebasen la I/N aceptable en la ancho de banda FI del receptor.

La ecuación (13) se puede utilizar para determinar el nivel de la señal de interferencia a la entrada de la primera etapa del amplificador de la cadena del receptor cuando las fuentes de interferencia funcionan a una determinada distancia de otras estaciones y están separadas en frecuencia por ciertos valores, pero están dentro del ancho de banda RF del receptor:

$$I = P_T + G_T + G_R - L_t - L_R - L_P \quad (14)$$

donde:

- I : potencia de cresta de la señal de interferencia a la entrada del receptor (dBm)
- P_T : potencia de cresta del transmisor fuente de interferencia (dBm)
- G_T : ganancia de la antena de la fuente de interferencia en la dirección del radar analizado (dBi)
- G_R : ganancia de la antena del receptor en la dirección de la fuente de interferencia (dBi)

- L_t : pérdida de inserción en el transmisor (dB)
 L_R : pérdida de inserción en el receptor del radar (dB)
 L_P : pérdida de trayecto de propagación entre las antenas transmisora y receptora (dB).

Para determinar la pérdida por trayecto de propagación se utilizarán modelos de propagación apropiados y el posible acoplamiento indirecto, teniendo en cuenta las alturas de antena y el terreno cuando proceda (véase el § 3.3). Si la potencia calculada de las fuentes de interferencia combinadas rebasa el umbral en el cual se produce la sobrecarga de la etapa de entrada del receptor, I_T , se han de tomar las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad.

3.1.2 Intermodulación

Para un receptor de radar con un gran ancho de banda de etapa de entrada de RF, B_{RF} (definido en el § 3.1.1) y con un ancho de banda FI que suele ser mucho menor, habrá que tener en cuenta el mecanismo de intermodulación de tercer orden, con el efecto de transferir energía de señal de fuera del ancho de banda FI (pero dentro del ancho de banda RF) a dentro del ancho de banda FI.

Cualquier par de portadoras en las frecuencias («tonos») f_1 y f_2 pueden producir productos de tercer orden o $f_3 = 2 * f_1 - f_2$, o $f_3 = 2 * f_2 - f_1$. Cuando f_3 está dentro del ancho de banda FI, se genera potencia de interferencia en sintonía, que es amplificada y procesada por las secciones de FI y de banda de base de los receptores de radar.

Los efectos de intermodulación aumentan significativamente con el nivel de potencia de un solo tono. Un aumento de 10 dB de potencia de un solo tono causa un aumento de 30 dB de potencia de productos de intermodulación. El punto (teórico) donde la potencia de productos de intermodulación de tercer orden comienza a rebasar la potencia de un solo tono amplificada se denomina punto de intercepción de salida de tercer orden ($IP3_{out}$). Para amplificadores ABR RF, como los utilizados en las etapas de entrada de los radares, $IP3_{out}$ está 10 a 15 dB por encima de la potencia de compresión a 1 dB de salida, $P_{1\text{ dB},out}$.

En el caso de múltiples señales portadora, el fenómeno de intermodulación hasta el 5º orden es una fuente de interferencia que cabría tomar en consideración.

La potencia de interferencia que corresponde con productos de intermodulación de tercer orden de fuera a dentro del ancho de banda FI ha de ser tratada como interferencia en sintonía, es decir, debe estar en combinación con la potencia de interferencia que entra directamente en el ancho de banda FI y satisface los requisitos establecidos para la relación I/N en la Recomendación UIT-R pertinente.

3.2 Degradación de la sensibilidad

El efecto de desensibilización en radares de radiodeterminación de otros servicios producido por una modulación de onda continua o de tipo ruido está probablemente relacionado con su intensidad. En cualquiera de los sectores de acimut de los que proviene este tipo de interferencia, su densidad espectral de potencia puede, con una aproximación razonable, simplemente sumarse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor de radar.

El paso inicial para evaluar la compatibilidad consiste en la determinación del nivel de señal en el que empiezan a degradarse las prestaciones del receptor del radar, I_T .

$$I_T = I/N + N \quad (15)$$

siendo:

- I/N : relación interferencia/ruido a la entrada del detector (salida de FI) necesaria para mantener un criterio de calidad aceptable (dB)

N : nivel de ruido inherente al receptor (dBm)

$$N = -114 \text{ dBm} + 10 \log B_{IF} \text{ (MHz)} + NF$$

donde:

B_{IF} : ancho de banda FI del receptor (MHz)

NF : factor de ruido del receptor (dB).

Se puede utilizar la ecuación (15) para determinar si sistemas de otros servicios pueden funcionar a determinadas distancias de los radares, separados en frecuencia por una cierta cantidad.

$$I = P_T + G_T + G_R - L_T - L_R - L_P - FDR_{IF} \quad (16)$$

donde:

I : potencia de cresta de la señal no deseada a la entrada del receptor del radar (dBm)

P_T : potencia de cresta del transmisor no deseado sometido a análisis (dBm)

G_T : ganancia de la antena del sistema no deseado en la dirección del radar sometido a análisis (dBi)

G_R : ganancia de la antena de la estación de radar en la dirección del sistema sometido a análisis (véase la Nota 3) (dBi)

L_T : pérdidas de inserción en el transmisor (dB)

L_R : pérdidas de inserción en el receptor del radar (dB)

L_P : pérdidas en el trayecto de propagación entre las antenas transmisora y receptora (dB)

FDR_{IF} : rechazo dependiente de la frecuencia producido por la curva de selectividad FI del receptor en el espectro emitido por el transmisor no deseado (dB).

NOTA 3 – La mayoría de las antenas de los radares de radiodeterminación barren 360° en acimut para ángulos importantes de elevación. Sin embargo, algunas antenas de sistemas de radar efectúan un barrido por sectores o aleatorio, aunque la plataforma del radar se puede normalmente orientar hacia cualquier acimut. La interferencia a sistemas de radar aparece generalmente cuando el haz principal de la antena del radar apunta hacia la señal no deseada. Por lo tanto, se debe utilizar normalmente el haz principal del radar en el análisis. En algunos casos particulares, el haz principal del radar puede no iluminar la estación que interactúa (por ejemplo, supresión de un sector), en cuyo caso se utilizará el nivel de lóbulo lateral de la antena correspondiente.

El valor FDR que debe utilizarse en la ecuación (13) se puede determinar a partir de la Recomendación UIT-R SM.337. El cálculo del FDR, necesita las características de la respuesta selectiva de FI del receptor y las del espectro emitido por el transmisor del radar. Si no se conoce la respuesta de selectividad FI del receptor, se debe utilizar una caída de selectividad de 80 dB por década a partir de la frecuencia del borde del ancho de banda a 3 dB hasta el umbral de selectividad de 70 dB que es el nivel de fondo.

3.3 Criterios de protección

En casos generales, una señal de otro servicio que resulta de una relación I/N por debajo de -6 dB es aceptable por los usuarios de radares para señales del otro servicio con ciclo de trabajo alto (por ejemplo, onda continua, MDP-2, MDP-4, semejante a ruido, etc.). Una relación I/N de -6 dB resultante de una $(I + N)/N$ de 1,26, o aproximadamente un aumento de 1 dB de la potencia de ruido del radar. En algunos casos, una relación I/N de -6 dB puede no ser apropiada, y pueden necesitarse estudios más detallados o mediciones de compatibilidad para evaluar la interferencia desde el punto de vista de la repercusión operacional en el funcionamiento del radar. En el caso de sistemas de radares que funcionan en banda de frecuencias, para los cuales existen Recomendaciones UIT-R

sobre las características del radar y criterios de protección, se debe consultar la Recomendación¹ pertinente para la orientación específica en relación con los criterios de protección.

El efecto de la interferencia por impulsos es más difícil de cuantificar y depende en gran medida del diseño del receptor/procesador y del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias de procesamiento diferenciales para devolución de blancos válidos, con impulsos sincronizados e interferencia por impulsos, que suelen ser asíncronos, a menudo tienen efectos importantes en la recepción de niveles dados de interferencia por impulsos. Varias formas diferentes de degradación del funcionamiento pueden ser motivadas por esta desensibilización. Su evaluación será un objetivo para el análisis de las interacciones entre tipos de radares específicos. En general, cabe esperar que muchas características de los radares de radiodeterminación ayuden a suprimir la interferencia por impulsos de ciclos de trabajo bajos, especialmente unas pocas fuentes aisladas. Las técnicas de supresión de esta interferencia figuran en la Recomendación UIT-R M.1372 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones del servicio de radiodeterminación.

Cuando están presentes múltiples fuentes de interferencia, no se modifican los criterios de protección de I/N recomendados (porque dependen del tipo de receptor de radar y de sus características de procesamiento de la señal). Sin embargo, el nivel de interferencia total que llega al receptor del radar (que ha de ser comprobado contra los criterios de protección de I/N recomendados), depende del número de fuentes de interferencia, de su distribución espacial y de su estructura de señal, y tiene que ser evaluado en un análisis de la combinación de un caso dado. Si se recibiese interferencia de varias direcciones en acimut, un análisis de agregación tiene que acumular las contribuciones simultáneas de todas estas direcciones, recibidas por el haz principal y/o los lóbulos laterales de la antena del radar, para llegar a los criterios de protección de I/N reales.

4 Elección del modelo de propagación

Para determinar la pérdida en el trayecto de propagación, se utilizarán modelos de propagación adecuados y el posible acoplo indirecto, teniendo en cuenta las alturas de las antenas y el terreno, cuando sea necesario. En el caso general, no se ha de tener en cuenta el apantallamiento ofrecido por el terreno u obstrucciones industriales. En casos específicos de compartición, cuando se dispone de datos exactos, es posible efectuar un análisis del trayecto y cálculos de pérdida detallados, o cuando la pérdida de trayecto real entre el sitio fuente de interferencia y el radar víctima se ha determinado experimentalmente para todas las frecuencias de interés, esto puede ser aceptado. Si la potencia de cresta calculada de las fuentes de interferencia combinadas a la entrada del receptor del radar, I , rebasa el nivel umbral en el que se degradan las prestaciones del receptor, I_T , deben tomarse las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad.

En el caso de radares utilizados para fines de seguridad, tales como la vigilancia del tráfico aéreo, el modelo de propagación debe tener en cuenta todos los fenómenos de potenciación que, incluso durante cortos periodos, puedan causar el rebasamiento del límite aceptable. Debido a sus requisitos operacionales, los sistemas de radar usados para fines de seguridad de la vida, por ejemplo, vigilancia de aeropuertos, tienen que estar protegidos contra la interferencia durante periodos tanto largos como cortos. Cuando la señal interferente puede ser originada sin que se pueda identificar la ubicación de la fuente en una zona y es de corta duración, se han de tomar precauciones especiales.

¹ Algunas Recomendaciones que contienen características técnicas y criterios de protección para bandas de frecuencias específicas son las siguientes Recomendaciones: UIT-R M.1460, UIT-R M.1462, UIT-R M.1463, UIT-R M.1464, UIT-R M.1465 y UIT-R M.1466.