

## 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**

(Cuestión UIT-R 226/8)

(2000)

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 de la gran anchura de banda necesaria 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;
- c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad según se especifica en el número S4.10 del RR y que no se pueden aceptar interferencias perjudiciales;
- d) 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 unos 1 GHz);
- e) 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 entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por radares del servicio de radiodeterminación;
- f) que se precisan características técnicas y de explotación representativas de sistemas que funcionan en las bandas atribuidas al servicio de radiodeterminación, para determinar la viabilidad de introducir nuevos tipos de sistemas;
- g) 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 sirvan 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.

NOTA 1 – Esta Recomendación será revisada cuando se disponga de información más detallada. Los trabajos de estudios de compatibilidad entre radares en la banda 2 700-2 900 MHz y los sistemas IMT-2000 ya han empezado en el UIT-R.

---

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

## 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 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 acoplo de interferencia electromagnética entre sistemas de radares de alta potencia y otros servicios. Estos mecanismos de acoplo de interferencia son la sobrecarga a la entrada del receptor y las emisiones del transmisor de radar acopladas en la banda de paso de FI del receptor. A continuación se trata de los 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 de 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:

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

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 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 acoplo 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 acoplo 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 Acoplo producido por la emisión del transmisor de 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 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,  $I_T$ .

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

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:

- $B_{IF}$ : anchura de banda de 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).

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

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 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)

$L_R$ : 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).

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:

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

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

donde:

$B_R$ : anchura de banda a 3 dB del receptor (Hz)

$B_T$ : anchura 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:

$T$ : anchura del impulso modulado en frecuencia (s)

$B_C$ : anchura de banda del transmisor modulado en frecuencia para la anchura 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 de radar, se calculará la envolvente de emisión de radar para tiempos nominales de subida y de bajada de 0,1  $\mu$ 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 de 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 acoplos indirectos, teniendo en cuenta las alturas de antena y el terreno, cuando sea necesario. Si la potencia de cresta calculada de los impulsos de 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.

NOTA 1 – Se han documentado casos de interferencia para emisiones del transmisor del radar que producen degradación del receptor por acoplo del haz principal del radar. Por lo tanto, se recomienda que se utilice la ganancia del haz principal del radar para evaluar la máxima posibilidad de interferencia producida por emisiones del transmisor del radar en la banda de paso de FI del receptor.

### 3 Interferencia a radares proveniente de sistemas de otros servicios

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,  $I_T$ .

$$I_T = I/N + N \quad (12)$$

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:

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

$NF$ : factor de ruido del receptor.

Si no se dispone de una relación específica  $I/N$  del radar que se está analizando (véanse las Recomendaciones UIT-R pertinentes), se utilizará una relación  $I/N$  de  $-6$  dB. Cuando están presentes interferencias múltiples, la relación  $I/N$  admisible depende del número de interferencias y de su geometría, y es necesario evaluarla en el proceso de análisis de cada caso. El factor de agregación puede ser importante en el caso de ciertos sistemas de comunicaciones de alta densidad. Si se recibiera interferencia de onda continua desde la mayoría de las direcciones acimutales, sería necesario mantener una relación  $I/N$  más baja. Una alternativa para ajustar la relación  $I/N$  para efectos de agregación consiste en utilizar un modelo agregado automatizado según la Recomendación UIT-R M.1316.

Se puede utilizar la ecuación (13) para determinar si sistemas de otros servicios pueden funcionar a determinadas distancias de los radares, separados en frecuencia por una cierta cantidad.

$$I = P_T + G_T + G_R - L_T - L_R - L_P - FDR_{IF} \quad (13)$$

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 1) (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).

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 utilizará una caída de selectividad de 80 dB por década a partir de la anchura de banda a 3 dB.

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. Si la potencia de cresta calculada de la estación no deseada a la entrada del receptor del radar,  $I$ , supera el nivel umbral en el que se degradan las prestaciones del receptor,  $I_T$ , deben tomarse las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad.

NOTA 1 – La mayoría de las antenas de los radares de radiodeterminación barren  $360^\circ$  en acimut para ángulos importantes de elevación. Sin embargo, algunas antenas de sistemas de radar barren por sectores, 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.

---