

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1004*

VALOR MÁXIMO DE LA POTENCIA ISÓTROPA RADIADA EQUIVALENTE TRANSMITIDA HACIA EL HORIZONTE POR LAS ESTACIONES TERRENAS DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE QUE COMPARTEN BANDAS DE FRECUENCIAS CON EL SERVICIO FIJO

(1993)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo comparten ciertas bandas de frecuencias;
- b) que, para evitar interferencias apreciables a los sistemas del servicio fijo, es necesario definir valores máximos admisibles para la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) de las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite hacia el horizonte;
- c) que los valores máximos admisibles de la potencia radiada deberían ser tales que no impusieran restricciones excesivas al diseño de las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite,

recomienda

1. que en las bandas de frecuencias** comprendidas entre 1 y 15 GHz, compartidas entre el servicio fijo por satélite (Tierra-espacio) y el servicio fijo, la p.i.r.e. transmitida en cualquier dirección hacia el horizonte por una estación terrena del servicio fijo por satélite, no rebase los límites siguientes, salvo lo estipulado en el § 4:

$$\begin{aligned} +40 & \text{ dBW en cualquier banda de 4 kHz} & \text{ para } & \theta \leq 0^\circ \\ +40 + 3\theta & \text{ dBW en cualquier banda de 4 kHz} & \text{ para } & 0^\circ < \theta \leq 5^\circ \end{aligned}$$

donde θ es el ángulo de elevación del horizonte desde el centro de radiación de la antena de la estación terrena, medido en grados (positivo por encima del plano horizontal, y negativo por debajo de dicho plano);

2. que en las bandas de frecuencias** por encima de 15 GHz compartidas entre el servicio fijo por satélite (Tierra-espacio) y el servicio fijo, la p.i.r.e. transmitida en cualquier dirección hacia el horizonte por una estación terrena del servicio fijo por satélite, no rebase los límites siguientes, salvo lo estipulado en el § 4:

$$\begin{aligned} +64 & \text{ dBW en cualquier banda de 1 MHz} & \text{ para } & \theta \leq 0^\circ \\ +64 + 3\theta & \text{ dBW en cualquier banda de 1 MHz} & \text{ para } & 0^\circ < \theta \leq 5^\circ \end{aligned}$$

donde θ está definido como en el § 1;

3. que para ángulos de elevación del horizonte superiores a 5° no haya restricciones de la p.i.r.e. transmitida por una estación terrena hacia el horizonte;
4. que los límites dados en los § 1 y 2 puedan rebasarse en no más de 10 dB; sin embargo, cuando la zona de coordinación resultante se extienda al territorio de otro país, el aumento estará sujeto al acuerdo de la administración de dicho país;
5. que el anexo 1 sirva de referencia para la información básica utilizada para determinar los valores máximos admisibles de potencia radiada (véase la nota 2).

Nota 1 – En el artículo S21 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) (números S21.8 a S21.12) se fijan los límites vigentes en las bandas de frecuencias compartidas. Se prosiguen los estudios sobre este asunto que, en el futuro, podrá dar lugar a una Recomendación encaminada a que se revisen los límites. En la fase actual, no se propone modificar los límites estipulados en el RR.

* Las Comisiones de Estudio 4 y 9 de Radiocomunicaciones efectuaron modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

** Las bandas de frecuencias de que se trata figuran en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Nota 2 – En el anexo 1 se trata esencialmente el caso de sistemas analógicos que funcionan en bandas de frecuencias comprendidas entre 1 y 15 GHz. Se requiere ulterior estudio para analizar los casos de los sistemas digitales que funcionan en bandas de frecuencias por debajo de 15 GHz y de los sistemas analógicos y digitales por encima de 15 GHz.

ANEXO 1

Determinación de la potencia, en cualquier banda de 4 kHz, radiada en dirección del horizonte por las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite que compartan bandas de frecuencias por debajo de 15 GHz con el servicio fijo

1. Necesidades de los sistemas del servicio fijo por satélite

Al considerar un límite para la potencia máxima admisible radiada en el plano horizontal por las estaciones terrenas, hay que tener en cuenta las necesidades de los sistemas del servicio fijo por satélite que razonablemente pueden preverse. Hay que incluir los de telefonía multicanal, televisión y radiodifusión sonora. Hay que tener en cuenta que el empleo de canales telefónicos para transmitir señales tales como las de telegrafía, las de datos y las de prueba o de señalización, cuando esta utilización o esta transmisión influye en la potencia máxima que ha de transmitirse en cualquier banda de 4 kHz de anchura. Esta anchura de banda resulta adecuada para la protección de los sistemas de relevadores radioeléctricos analógicos con modulación angular contra las señales interferentes. El límite de potencia así establecido debe corresponder a los distintos métodos de modulación, número de canales telefónicos necesarios y dimensiones de las antenas de las estaciones terrenas que puedan utilizarse. Hay que tener en cuenta asimismo las características de los satélites que se empleen, entre ellas la distribución del ruido y la ganancia de antena de los satélites. Las condiciones de funcionamiento (margen y dispersión de la energía de la portadora) desempeñan también un papel importante en el resultado final.

2. Potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) del haz principal de la estación terrena

Se considera la potencia requerida para dos tipos de sistemas de telefonía multicanal, representativos de los que probablemente necesitarán el mayor valor de potencia en cualquier banda de 4 kHz. Por otra parte, se estima que las condiciones relativas a la televisión con modulación de frecuencia no serán verosímelmente más estrictas que para las transmisiones telefónicas que ocupan una banda de base de la misma anchura, a condición de utilizar técnicas adecuadas de dispersión de energía.

A continuación figuran las ecuaciones generales que sirven para determinar los niveles aceptables de potencia radiada de las estaciones terrenas. Se pueden calcular las potencias reales introduciendo en ellas los valores adecuados de los sistemas de satélites previstos.

2.1 Sistemas de modulación de frecuencia

La potencia total, P_r , requerida de la señal a la entrada de un receptor de satélite viene dada por la fórmula:

$$P_r = S/N + 10 \log(k T b) - P - 20 \log(f_r / f_m) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

donde:

S/N : relación señal/ruido correspondiente a una supuesta contribución de ruido en el trayecto ascendente en una banda de anchura b (generalmente un canal telefónico) (dB)

k : constante de Boltzmann: $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T : temperatura de ruido del sistema de recepción del satélite (K)

b : anchura de banda del canal considerado (Hz). Para un canal telefónico, $b = 3\,100$ Hz

P : mejora debida a la preacentuación (dB)

f_r : valor cuadrático medio (r.m.s.) de la excursión de la señal de prueba (0 dBm0) del canal (MHz)

f_m : frecuencia superior de la banda de base (MHz).

Para obtener la potencia requerida de la señal a la entrada del sistema de recepción del satélite, una estación terrena tiene que radiar una p.i.r.e., D_s , en una banda de 4 kHz, según la fórmula:

$$D_s = P_r - (28 + 10 \log dF) + M_u - 20 \log (\lambda / 4 \pi R) - G_r + 3 \quad \text{dBW} \quad (2)$$

donde :

los 3 dB corresponden a condiciones de poca carga en los casos de aplicación de las técnicas de dispersión del espectro, de acuerdo con la Recomendación UIT-R S.446

M_u : margen de transmisión para el trayecto ascendente (dB)

λ : longitud de onda de la frecuencia portadora (m)

R : distancia del satélite (m)

G_r : ganancia en recepción de la antena del satélite (dB).

El segundo término de la expresión D_s corresponde a la relación máxima entre la potencia en una banda de 4 kHz y la potencia total de la portadora (véase la Recomendación UIT-R S.446), en condiciones de distribución espectral gaussiana de la señal radioeléctrica con un valor r.m.s. de la excursión multicanal:

$$dF = f_r L \quad \text{MHz} \quad (3)$$

donde:

$$L = 0,178 \sqrt{n}$$

n : número de canales telefónicos considerado.

Los métodos de dispersión están especificados en la Recomendación UIT-R S.446 la cual tiende a evitar que las densidades espectrales alcancen valores sustancialmente mayores en condiciones de poca carga.

2.2 Sistemas de banda lateral única y modulación de amplitud (BLU-MA)

Para un sistema BLU-MA, la potencia que debe recibirse en cada canal a la entrada del sistema receptor del satélite viene dada por:

$$P_r = S/N + 10 \log (k T b) \quad \text{dBW} \quad (4)$$

que da con la separación normal entre canales de 4 kHz, la p.i.r.e. requerida en la estación terrena, en una banda de 4 kHz, según:

$$D_s = P_r - 20 \log (\lambda / 4 \pi R) - G_r + M_u \quad \text{dBW} \quad (5)$$

para una señal de excitación de 0 dBm0. Hay que señalar que la potencia de la señal vocal varía enormemente de un circuito telefónico a otro. Se considera adecuado adoptar un valor de 0 dBm0 como potencia máxima en un canal telefónico (promediado en un tiempo de integración de unos segundos).

3. Potencia radiada en dirección del horizonte en cualquier banda de 4 kHz

Puesto que el efecto de pantalla del terreno es generalmente ventajoso para las estaciones terrenas, el conocimiento de la potencia radiada en el plano horizontal – tal como se ha definido anteriormente – tiene un interés práctico limitado. Para describir con mayor claridad las características de radiación de una estación terrena, hay que determinar e indicar la potencia radiada aparente en dirección del horizonte físico en una banda cualquiera de 4 kHz.

Es necesario determinar el ángulo ϕ más pequeño que pueda encontrarse entre el haz principal de una antena y el horizonte físico. Como quiera que una disminución de este ángulo va acompañada de un aumento prohibitivo de la temperatura de ruido del sistema receptor y, en numerosas ubicaciones, de un aumento de la profundidad de desvanecimiento, es indispensable especificar para este ángulo un valor mínimo de 1° .

Para un ángulo de elevación mínimo ϵ del haz principal de la estación terrena, se calcula el ángulo ϕ según la fórmula $\phi = \epsilon - \theta_E$ donde θ_E es el ángulo de elevación del horizonte en el acimut en que se produce ϵ . Todos los ángulos se indican en grados.

Para un valor de φ dado, la p.i.r.e. en dirección del horizonte, en cualquier banda de 4 kHz, puede calcularse como sigue:

$$\begin{aligned} E_H &= D_s - G_s + 32 - 25 \log \varphi && \text{dBW} && \text{para } 1^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ \\ &= D_s - G_s - 10 && \text{dBW} && \text{para } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{aligned} \quad (6)$$

donde G_s es la ganancia de antena máxima de la estación terrena.

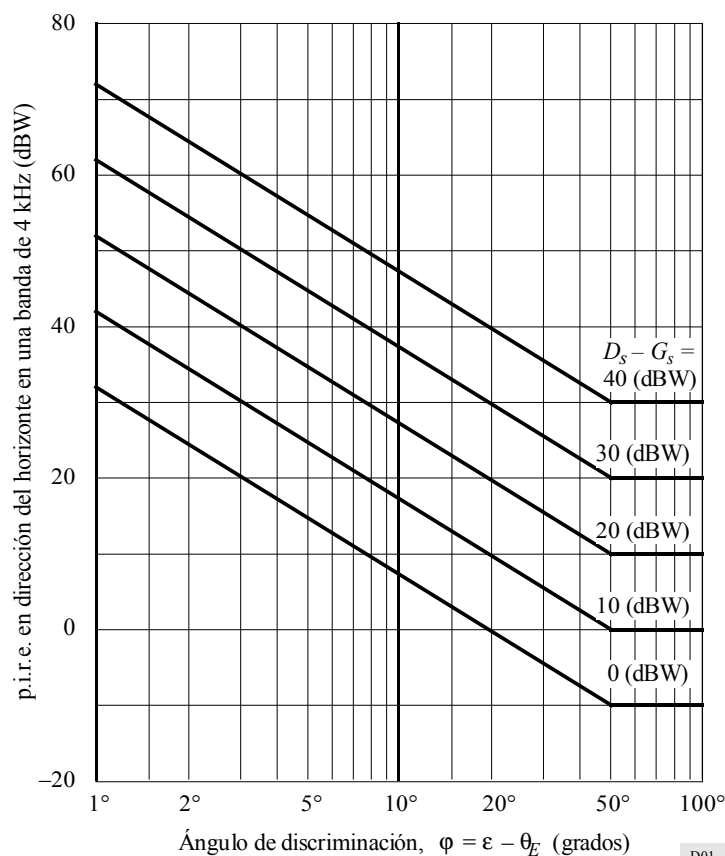
La expresión dada por E_H se deriva de una ecuación que figura en la Recomendación UIT-R S.465 que describe los diagramas de antena de estación terrena de gran abertura. En lo que respecta a la validez de esta ecuación, conviene hacer las mismas reservas que en dicha Recomendación. En efecto, para ciertos valores de φ , las componentes de ganancia de la antena real pueden ser varios decibelios superiores al valor correspondiente de la ecuación.

El ángulo de elevación del horizonte θ_E , debe determinarse por lo menos a partir de la altura del centro de la antena.

En la fig. 1 se muestra la p.i.r.e. en dirección del horizonte en función del ángulo de discriminación φ , tomando como parámetro la densidad de potencia a la entrada de la antena en cualquier banda de 4 kHz, $D_s - G_s$.

FIGURA 1

p.i.r.e. en dirección del horizonte, en función del ángulo de discriminación φ ,
tomando como parámetro el valor de $D_s - G_s$ (dBW)



Los valores de $D_s - G_s$ que no coinciden con ninguna de las curvas indicadas, pueden interpolarse linealmente en decibelios. En el apéndice 1 figuran dos ejemplos representativos de la obtención de los valores $D_s - G_s$.

En general, para la explotación de los sistemas actuales del servicio fijo por satélite resulta suficiente una p.i.r.e. en el plano horizontal de unos 35 dBW en cualquier banda de 4 kHz de anchura para una antena que funcione con un ángulo de elevación del haz principal de 3°. Sin embargo, debiera introducirse un margen con objeto de tener en cuenta los sistemas futuros, por ejemplo, los sistemas con antenas de menor diámetro, mayores capacidades de canal, y métodos diferentes de modulación. En la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) (CAMR-79) fueron fijados los límites para responder a estas especificaciones.

En el cuerpo de esta Recomendación se fijan límites específicos a la p.i.r.e. de las estaciones terrenas.

4. Consideración de señales moduladoras distintas de las de los canales telefónicos, o de otros tipos de modulación distintos de la modulación de frecuencia o de banda lateral única

Cuando se construye una estación terrena para utilizarla solamente con sistemas del servicio fijo por satélite, que emplean señales moduladoras distintas de las de los canales telefónicos, especialmente los canales de televisión, o que emplean métodos de modulación distintos de la modulación de frecuencia o de banda lateral única, el cálculo de los valores de D_s puede limitarse a estas señales moduladoras o a estos métodos de modulación.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Los siguientes ejemplos ilustran la forma de utilizar las ecuaciones. Se suponen valores de parámetros representativos de un sistema del servicio fijo por satélite de 1 200 canales.

Parámetro	MDF/MF	BLU/MA
S / N ascendente (DB) ⁽¹⁾	56(1)	56(1)
T (K)	1 500	1 500
P (dB)	2,5	
f_r (MHz)	1,1	
f_m (MHz)	5,0	
P_r (dBW)	-95	-106
dF (MHz)	6,8	
M_u (dB)	3,0	3,0
λ (m)	5×10^{-2}	5×10^{-2}
R (m)	$4,16 \times 10^7$	$4,16 \times 10^7$
G_r (dB)	13,0	13,0
D_s (dB(W/4 kHz))	62,1	84,4
G_s (dB)	64,0	64,0
$D_s - G_s$ (dB(W/4 kHz))	-2	20

(1) Correspondiente a una contribución de ruido del trayecto ascendente de 1 400 pW.