Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R
Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1463-3
(02/2015)

Características y criterios de protección para los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz

Serie M

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

Unión Internacional de Telecomunicaciones

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, 2016

© UIT 2016

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.1463-3*

Características y criterios de protección para los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz

(2000-2007-2013-2015)

Cometido

En la presente Recomendación se proporcionan características técnicas y operativas y criterios de protección de radares situados en tierra que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz. Se incluyen características representativas del transmisor, del receptor y de los componentes de la antena de estos radares.

Palabras clave

Criterios de protección, radar a bordo de aeronave, radar en tierra, radar de largo alcance

Abreviaturas/Glosario

CW Onda continua (*continuous wave*)

ESA Sistema orientable electrónicamente (*electronically steerable array*)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que las características en cuanto a antena, propagación de la señal, detección del objetivo y gran anchura de banda necesaria de los radares para lograr sus funciones son óptimas en ciertas bandas de frecuencia;

b) que las características técnicas de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación vienen determinadas por la misión del sistema y varían ampliamente incluso dentro de una banda;

c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad, tal como se especifica en el número **4.10** del RR, y no puede aceptarse el que se le cause interferencia perjudicial;

d) que algunas Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones están considerando la posibilidad de introducir nuevos tipos de sistemas (por ejemplo, el acceso fijo inalámbrico y los sistemas fijos y móviles de gran densidad) o servicios en las bandas de frecuencias comprendidas entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por los radares del servicio de radiodeterminación;

e) que se requieren características técnicas y operacionales representativas de los sistemas que funcionan en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodeterminación a fin de determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas;

f) que se necesitan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y los sistemas de otros servicios;

g) que la banda de frecuencias 1 215-1400 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de radiolocalización;

---

* Esta Cuestión debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones y de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI).

h) que la banda de frecuencias 1 300-1 350 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de radionavegación aeronáutica, limitado a los radares de tierra y a los transpondedores de aeronave asociados;

i) que la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz está atribuida adicionalmente, a título primario, al servicio de radionavegación en muchos países;

j) que la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra);

k) que la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz está atribuida, a título primario, a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (activo) y de investigación espacial (activo);

l) que la banda de frecuencias 1 350-1 400 MHz está atribuida, a título primario, a los servicios fijo y móvil en la Región 1 y que la banda de frecuencias 1 215-1 300 MHz está además atribuida a los servicios fijo y móvil, a título primario, en los países mencionados en el número **5.330** del RR,

recomienda

1 que, se consideren las características técnicas y operacionales de los radares de radiodeterminación descritas en el Anexo, como representativas de los que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz;

2 que se emplee la Recomendación UIT-R M.1461 como guía en el análisis de compatibilidad entre los radares del servicio de radiodeterminación con los sistemas de otros servicios;

3 que, para el caso de interferencia sencilla o combinada continua (no impulsiva), se utilice una relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de potencia de ruido en el receptor de radar, I/N, de –6 dB como nivel de protección requerido para los radares de radiodeterminación;

4 que para el caso de interferencia en forma de impulsos, los criterios se basen en el análisis específico caso por caso de las características del tren de impulsos no deseado y, en la medida de lo posible, del procesamiento de la señal en el receptor del radar.

Anexo

Características técnicas y operacionales de los radares de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz

1 Introducción

En el Cuadro 1 se presentan las características de los radares de radiodeterminación que funcionan en todo el mundo en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz, las cuales se describen a continuación. Las características específicas de los radares de perfil del viento figuran en el § 4 del presente Anexo.

2 Características técnicas

La banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz está utilizada por diversos tipos distintos de radares en plataformas fijas, móviles (incluso a bordo de aeronave) y transportables. Las funciones de radiodeterminación que realizan los sistemas de radar en esta banda de frecuencias incluyen el seguimiento y la búsqueda y vigilancia de larga distancia. Puede suponerse que las frecuencias de funcionamiento radar se distribuyen uniformemente en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz.

El Cuadro 1 contiene las características técnicas de los radares representativos de radiolocalización y radionavegación y que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz.

Los radares a bordo de aeronaves presentes en esta banda sacan partido de las propiedades favorables del espectro para la vigilancia de largo alcance. El funcionamiento en altitud (aproximadamente 10 000 m) permite a los sistemas a bordo de aeronaves aprovechar un horizonte radioeléctrico superior a los 300 km.

2.1 Transmisores

Los radares que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz utilizan impulsos de onda continua, e impulsos modulados en frecuencia (comprimidos) y codificados en fase. En las etapas finales de los transmisores se utilizan dispositivos de salida de campo transversal, haz lineal y estado sólido. La tendencia en los nuevos sistemas de radar se orienta hacia los dispositivos de salida de haz lineal y estado sólido debido al requisito de procesamiento de la señal Doppler.

Además, los radares que emplean dispositivos de salida de estado sólido tienen una potencia de salida de cresta del transmisor inferior y ciclos de trabajo de impulsos superiores que llegan hasta el 50% cuando funcionan en canal único (un canal puede constar de tres o cuatro frecuencias discretas en una anchura de banda de 10 MHz). También hay la tendencia hacia sistemas de radar de radionavegación con agilidad de frecuencia que pueden suprimir o reducir la interferencia.

La mayoría de los sistemas requieren y utilizan más de una frecuencia a fin de obtener los beneficios de la diversidad de frecuencias y/o realizar distintas funciones de manera simultánea. Es muy frecuente el uso de dos frecuencias, y se conocen casos de uso de cuatro o más frecuencias. Las consideraciones en términos de diversidad suelen requerir que las frecuencias no estén en canales adyacentes y pueden necesitar una amplia separación dentro de la banda de frecuencias en que funcionan los sistemas. En configuraciones de salto de frecuencia y anticolisión, los radares utilizan múltiples frecuencias dentro de su gama de sintonización.

Las anchuras de banda de emisión de RF típicas en el transmisor de los radares que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz oscilan entre 0,5 a 3,0 MHz. Las potencias de salida de cresta del transmisor van desde 25 kW (73,9 dBm) para los transmisores de estado sólido a 5 MW (97 dBm) para los radares de gran potencia que utilizan klystrons.

2.2 Receptores

La generación más reciente de sistemas de radar utiliza el procesamiento digital de la señal tras la detección para el alcance, el acimut y el procesamiento Doppler. Por lo general, el procesamiento de la señal incluye técnicas utilizadas para mejorar la detección de los blancos deseados y producir símbolos del blanco en la pantalla. Las técnicas de procesamiento de la señal utilizadas para la mejora e identificación de los blancos deseados dan también algún tipo de supresión de la interferencia de ciclo de trabajo corto, inferior al 5%, que es asíncrona respecto a la señal deseada.

Además, el procesamiento de la señal en los radares de la generación más reciente utiliza impulsos con compresión y codificados en fase que dan ganancia de procesamiento para la señal deseada y pueden también suprimir las señales no deseadas.

Algunos de los transmisores de estado sólido y baja potencia más recientes utilizan un procesamiento de la señal en canal de receptor múltiple con ciclo de trabajo elevado para mejorar los retornos de la señal deseada.

Estos sistemas tienden a tener unidades RF de banda ancha capaces de recibir todas las frecuencias sin sintonización de RF seguidas por receptores superheterodinos coherentes. Los sistemas orientables electrónicamente (ESA) integrados por centenares de elementos con cadenas RF

integradas tienen mayores anchos de banda RF e IF. No es posible en la práctica la modificación de estos elementos para mejorar las características de filtrado.

Algunos receptores radar tienen capacidad para identificar canales de RF que tienen señales no deseadas de nivel reducido y controlan el transmisor para que transmita en estos canales de RF.

2.3 Antenas

Los radares que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz utilizan diferentes tipos de antenas. La nueva generación de radares que utilizan antenas de tipo reflector tiene múltiples bocinas. Las bocinas dobles se utilizan para transmitir y recibir mejorando la detección en condiciones de eco de superficie. Asimismo, las antenas de bocinas múltiples, de haz en pila y de reflector se utilizan para radares tridimensionales. Las antenas de bocinas múltiples reducirán el nivel de interferencia. Las antenas de elementos radiantes en fase distribuidos se utilizan también en algunos radares de esta banda de frecuencias. Estas últimas tienen módulos de transmisión/recepción montados en la antena. Además, los radares que las utilizan tienen en general niveles más bajos de lóbulo lateral que los de las antenas de tipo reflector, y un haz de exploración estrecho en elevación, o usan los principios de conformación de haces digitales. Es probable que se extienda la utilización de ESA, no sólo en aplicaciones fijas en tierra, sino también en aplicaciones a bordo de aeronaves y marítimas.

Dado que los radares de la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz realizan funciones de búsqueda, seguimiento y vigilancia de largo alcance, las antenas exploran 360° en el plano horizontal. Se utilizan polarizaciones horizontal, vertical y circular.

2.3.1 Diagramas característicos de cobertura de la antena del radar

El diagrama de antena de muchos radares de control de tráfico aéreo que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz es del tipo cosecante al cuadrado, cuya radiación de energía se concentra principalmente entre unos pequeños grados sobre el horizonte hasta unos 40°.

Los paneles estáticos planares únicos del ESA que se encuentran en los sistemas a bordo de aeronaves no son capaces de proporcionar una cobertura completa de 360 grados como ocurre con las antenas mecánicas rotatorias. Así pues los sistemas de radar ESA suelen constituir a menudo en paneles múltiples. La zona de apertura de un panel único puede ser de hasta 20 metros cuadrados.

Dado que pueden utilizarse varias antenas distintas en los diversos radares que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz, en la presente Recomendación no se pretende facilitar diagramas de antena representativos para los sistemas del Cuadro 1.

CUADRO 1

Características de diversos sistemas de radiodeterminación en la banda 1 215-1 400 MHz

Parámetros	Unidades	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5	Sistema 6	Sistema 7	Sistema 8	Sistema 9	Sistema 10
Potencia de cresta entregada a la antena	dBm	97	80	76,5	80	73,9	96	93	78,8	82	80-85
Gama de frecuencias	MHz		1 215-1 390			1 215-1 400	1 280-1 350	1 215-1 350	1 240-1 350	1 215-1 400	1 215-1 400
Duración del impulso	μs	2	88,8; 58,8 (Nota 1)	0,4; 102,4; 409,6 (Nota 2)	39 secuencia única 26 y 13 secuencia doble (Nota 3)	2 cada uno de 51,2 2 cada uno de 409,6	2	6	115,5; 17,5 (Nota 4)	14	0,5 a 100
Frecuencia de repetición de impulsos	pps	310-380 escalonada	291,5 ó 312,5 promedio	200-272 a larga distancia 400-554 a corta distancia	774 promedio	240-748	279,88 a 370,2	279,88 a 370,2	319 promedio	7 000	100 a 10 000
Anchura de banda para impulsos modulados en frecuencia (comprimidos)	MHz	No se aplica	0,77 para ambas anchuras de impulso	2,5 para 102,4 μs 0,625 para 409,6 μs	No se aplica	1,25	No se aplica	No se aplica	1,2	2	2
Anchura del subimpulso codificado en fase	μs	No se aplica	No se aplica	No se aplica	1	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
Relación de compresión		No se aplica	68,3:1 y 45,2:1	256:1 para ambos impulsos		64:1 y 256:1	No se aplica	No se aplica	150:1 y 23:1		Hasta 200
Anchura de banda de emisión en RF (3 dB)	MHz	0,5	1,09	2,2; 2,3; 0,58	1	0,625 ó 1,25	1,2	1,3	1,2	3	3
Dispositivo de salida		Klystron	Transistor	Transistor	Amplificador de campo transversal	Transistor	Magnetrón/ Amplitrón	Klystron	Transistor	Transistor	Transistor
Tipo de antena		Reflector con alimentador de bocina	Reflector de haz apilado	Sistema en fase giratorio	Cilindro parabólico	Sistema de antenas planas con haz de elevación orientable	47′ × 23′ (14,3 × 7 m) cosecante al cuadrado	45′ × 19′ (13,7 × 5,8 m) cosecante al cuadrado	Reflector con alimentador de bocina	Sistema de antenas controladas por fase	Sistema de antenas controladas por fase

CUADRO 1 (*continuación*)

Parámetros	Unidades	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5	Sistema 6	Sistema 7	Sistema 8	Sistema 9	Sistema 10
Polarización de antena		Horizontal, vertical, circular levógira, circular dextrógira	Vertical, circular	Horizontal	Vertical	Horizontal	CP/LP	Ortogonal lineal y CP	Vertical, circular dextrógira	Vertical	Vertical
Ganancia máxima de la antena	dBi	34,5, transmisión 33,5, recepción	32,4-34,2, transmisión 33,8-40,9, recepción	38,9, transmisión 38,2, recepción	32,5	38,5	34	35	34,5	30	35-40
Abertura del haz de la antena en elevación	grados	3,6 conformado a 44	3,63-5,61, transmisión 2,02-8,79, recepción	1,3	4,5 conformado a 40	2	3,75 (cosecante al cuadrado)	3,75 (cosecante al cuadrado)	3,7 conformado a 44 (cosecante al cuadrado)	20 (sinc)	3,75
Abertura del haz de la antena en acimut	grados	1,2	1,4	3,2	3,0	2,2	1,2	1,3	1,2	2	2
Características de exploración horizontal de la antena	rpm	360° mecánica a 5 rpm	360° mecánica a 5 rpm	360° mecánica a 6 rpm para larga distancia y 12 rpm para corta distancia	360° mecánica a 6, 12 ó 15 rpm	5	6	5	360° mecánica a 5 rpm	360° Electrónica a velocidad variable	360° a 12-15 rpm o exploración sectorial a velocidad variable
Características de exploración vertical de la antena	grados	No se aplica	−7° a +30° en 12,8 ó 13,7 ms	−1 a +19 en 73,5 ms	No se aplica	−6 a +20	−4 a +20	−4 a +20	No se aplica	No se aplica	No se aplica
Anchura de banda de FI del receptor	kHz	780	690	4 400 a 6 400	1 200	1 250 625	720 a 880 (log) 1 080 a 1 320 (MTI)	270-330 kHz (20 serie log) 360-480 kHz (20 serie MTI) 540-660 kHz (60 serie log) 720-880 kHz (60 serie MTI)	1 200	Hasta 10 000	2 000
Factor de ruido del receptor	dB	2	2	4,7	3,5	2,6	4,25	9	3,2	3	3

CUADRO 1 (*fin*)

Parámetros	**Unidades**	**Sistema 1**	**Sistema 2**	**Sistema 3**	**Sistema 4**	**Sistema 5**	**Sistema 6**	**Sistema 7**	**Sistema 8**	**Sistema 9**	**Sistema 10**
Tipo de plataforma		Fija	Fija	Transportable	Transportable	Terrenal fija	Terrenal fija	Terrenal fija	Fija	A bordo de aeronave (Nota 5)	A bordo barco/ terrenal
Porcentaje de tiempo de funcionamiento de sistema	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

NOTA 1 – El radar tiene 44 pares de canales de RF, seleccionándose uno de los 44 pares en el modo normal. La onda transmitida consiste en un impulso de 88,8 μs a frecuencia f_1, seguido de un impulso de 58,8 μs a frecuencia f_2. La separación entre f_1 y f_2 es de 82,854 MHz.

NOTA 2 – El radar tiene 20 canales de RF en incrementos de 8,96 MHz. El grupo de ondas transmitidas consiste en un impulso P0 de 0,4 μs (opcional) seguido de un impulso con modulación de frecuencia lineal de 102,4 μs (si el impulso P0 de 0,4 μs no se transmite) y fluctuación de 2,5 MHz que puede ir seguido de uno a cuatro impulsos con modulación de frecuencia lineal de 409,6 μs para largo alcance, estando modulados cada uno de ellos con una fluctuación de 625 kHz y transmitiéndose en portadoras distintas separadas 3,75 MHz. El modo normal de funcionamiento emplea la versatilidad de frecuencias mediante la que se seleccionan frecuencias individuales de cada grupo de ondas de forma seudoaleatoria entre uno de los 20 posibles canales de RF de la banda 1 215-1 400 MHz.

NOTA 3 – El radar tiene capacidad para funcionar con frecuencia única o doble. Los canales dobles de RF están separados 60 MHz. En el modo de canal único se utiliza una anchura de impulso de 39 μs. En el modo de canal doble, el impulso de 26 μs se transmite a la frecuencia *f*, seguido de un impulso de 13 μs transmitido a *f* + 60 MHz.

NOTA 4 – Este Radar usa dos portadoras fundamentales, F1 y F2, con dos subimpulsos cada una de ellas, una para detección de alcance medio y otra para detección de largo alcance. Las portadoras pueden sintonizarse en incrementos de 0,1 MHz con una mínima separación de 26 MHz entre F1 (por debajo de 1 300 MHz) y F2 (por encima de 1 300 MHz). Los subimpulsos de la portadora están separados por un valor fijo de 5,18 MHz. La secuencia de impulsos es la siguiente: impulso de 115,5 μs a F1 + 2,59 MHz, a continuación impulso de 115,5 μs a F2 + 2,59 MHz, a continuación impulso de 17,5 μs a F2 – 2,59 MHz, a continuación impulso de 17,5 μs a F1 – 2,59 MHz. Los cuatro impulsos se transmiten dentro de un solo intervalo de repetición de impulsos.

NOTA 5 – Este Radar es un sistema a bordo de aeronave que funciona a altitudes de hasta 10 000 metros. Utiliza múltiples paneles para lograr una cobertura de 360 grados.

NOTA 6 – Este puede utilizarse como sistema a bordo de un barco, terrenal fijo o terrenal transportable, y puede utilizarse en modo rotatorio, o en modo orientable para exploración sectorial. El ciclo de trabajo de este sistema de radar es típicamente del 10 por ciento.

3 Criterios de protección

El efecto de desensibilización en los radares de radiodeterminación procedente de otros servicios con señal de onda continua o modulación de tipo ruido se relaciona predeciblemente con su intensidad. En todo sector acimutal del que llegue dicha interferencia, su densidad espectral de potencia puede simplemente añadirse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor radar, en una aproximación razonable. Si se denomina N_0 a la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor radar en ausencia de interferencia e I_0 a la interferencia de tipo ruido, la densidad espectral de potencia de ruido efectiva resultante es simplemente la suma $I_0 + N_0$. Un aumento de 1 dB aproximadamente constituye una degradación significativa, equivalente a una reducción del alcance de detección del 6% aproximadamente. Un aumento de este tipo corresponde a una relación $(I + N)/N$ de 1,26 o a una relación I/N de –6 dB, aproximadamente. Esto representa el efecto acumulado de múltiples fuentes de interferencia presentes; la relación I/N admisible para una fuente interferente individual depende del número de fuentes de interferencia y de su geometría, y se ha de evaluar a lo largo del análisis de una situación determinada. Si se recibiese interferencia de onda continua de la mayoría de las direcciones acimutales, habría que mantener una relación I/N inferior.

El factor de acumulación puede ser muy sustancial en el caso de ciertos sistemas de comunicaciones en los que puede instalarse un gran número de estaciones.

El efecto de la interferencia impulsiva es más difícil de cuantificar y depende fuertemente del diseño de los receptores y el procesador, de la compresión de los impulsos así como del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias del procesamiento diferenciales para retornos de blanco válidos que son síncronos con los impulsos, y los impulsos de interferencia que generalmente son asíncronos, suelen tener efectos importantes en la repercusión de los niveles determinados de interferencia impulsiva. Este tipo de desensibilización puede dar lugar a diversas formas distintas de degradación de la calidad. La evaluación de éstas será un objetivo de los análisis de interacciones entre tipos específicos de radares. En general, cabe esperar que las numerosas características de los radares de radiodeterminación contribuyen a suprimir la interferencia impulsiva de ciclo de trabajo pequeño, especialmente la procedente de algunas fuentes aisladas. Las técnicas para suprimir la interferencia impulsiva con ciclo de trabajo corto figuran en la Recomendación UIT-R M.1372.

4 Radares de perfil del viento

Un radar de perfil del viento es un radar Doppler para medir el viento desde el suelo, utilizando el eco radar que produce la turbulencia en cielo despejado. La turbulencia en cielo despejado da lugar a fluctuaciones del índice de refracción cuya escala es la mitad de la longitud de onda del radar (dispersión Bragg). Un radar de perfil del viento utiliza una serie de haces de antena que apuntan al cielo. A partir de la deriva Doppler a lo largo de la dirección del haz de la antena, puede medirse la velocidad del viento en el haz radar. Suponiendo que el campo de viento es homogéneo horizontalmente, pueden medirse tres componentes de un vector de viento con un mínimo de tres observaciones de haz. El alcance en altura observable de los radares depende de la potencia de transmisión, del tamaño de la antena y de la frecuencia radar, así como de la magnitud de la fluctuación de la refractividad de la atmósfera.

Actualmente se utilizan varias frecuencias para los radares de perfil del viento, incluyendo las de 50 MHz, 400 MHz, 900 MHz y 1 300 MHz. La utilización de cada una de ellas presenta ventajas e inconvenientes. Generalmente, los sistemas que funcionan en las proximidades de 400 MHz con grandes aperturas de antena suelen observar los vientos en la troposfera superior o en la estratosfera inferior. Por el contrario, los sistemas que funcionan en 900 MHz o en frecuencias superiores pueden efectuar medidas únicamente hasta varios kilómetros de altura. No obstante, las ventajas de los sistemas de frecuencia superior son un tamaño compacto de antena, y un alcance «ciego» más corto, lo que indica que estos sistemas son adecuados para las mediciones de viento en la capa límite y para

realizaciones económicas. El Cuadro 2 contiene las características de los radares de perfil del viento que funcionan específicamente en la gama de frecuencias 1 300-1 375 MHz. La Recomendación UIT-R M.1227 contiene información y características adicionales de los radares de perfil del viento, incluyendo las de las que funcionan alrededor de 1 000 MHz.

CUADRO 2

Características de los radares de perfil del viento que funcionan en 1 300-1 375 MHz

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia de cresta entregada a la antena		1 kW (60 dBm)
Duración del impulso	μs	0,5, 1, 2
Frecuencia de repetición de impulsos	kHz	1-25
Anchura de banda en emisión de RF	MHz	8
Dispositivo de salida del transmisor		Transistor
Tipo de antena		Reflector parabólico
Polarización de la antena		Horizontal
Ganancia máxima de la antena	dBi	33,5
Apertura del haz en elevación de la antena	Grados	3,9
Apertura del haz acimutal de la antena	Grados	3,9
Exploración horizontal de la antena		No se aplica
Exploración vertical de la antena		–15° a +15° (aproximadamente 15 s)
Anchura de banda de FI del receptor	MHz	2,5
Factor de ruido del receptor	dB	1,5
Tipo de plataforma		Emplazamiento fijo
Porcentaje de tiempo de funcionamiento del sistema	%	100