

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SM.1837-1
(08/2013)

Procedimiento de prueba para medir el nivel de punto de intercepción de 3^{er} orden (IP₃) de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica

Serie SM
Gestión del espectro



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 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, 2014

© UIT 2014

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 SM.1837-1*

Procedimiento de prueba para medir el nivel del punto de intercepción de 3^{er} orden (IP₃) de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica

(2007-2013)

Cometido

Esta Recomendación pertenece a un conjunto de Recomendaciones que describen los métodos de prueba para determinar los parámetros técnicos de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica importantes para los usuarios de estos receptores. Cuando los fabricantes siguen estos métodos descritos, se facilita la comparación de los distintos receptores. La presente Recomendación especifica el procedimiento de prueba para determinar el IP₃ de un receptor de comprobación técnica. Se recomienda esta definición del procedimiento de prueba a todos los fabricantes, lo que representa para los usuarios de tales receptores la ventaja de que es posible realizar una evaluación de la calidad del producto de manera más sencilla y objetiva.

Palabras clave

Procedimiento de prueba, punto de intercepción de 3er orden, receptor de comprobación técnica radioeléctrica

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el UIT-R ha publicado especificaciones recomendadas típicas para los receptores de comprobación técnica analógicos y digitales en el Manual de comprobación técnica del espectro (2011), pero nada se ha dicho sobre los procedimientos de prueba que soportan estas especificaciones;
- b) que la especificación del punto de intercepción de 3^{er} orden (IP₃) depende en gran medida los procedimientos de prueba aplicados;
- c) que el nivel del IP₃ especificado en la hoja de datos de un receptor depende fundamentalmente de las frecuencias de prueba utilizadas, de la separación de las señales de prueba, de los niveles de las señales de prueba y de la temperatura ambiente predominante durante las pruebas;
- d) que la característica del IP₃ tiene una influencia directa sobre la idoneidad del receptor a la hora de cumplir ciertas tareas de comprobación técnica, especialmente en condiciones de entorno reales (señales de alto nivel en espectros situados cerca de la frecuencia sintonizada);
- e) que sin un procedimiento de prueba definido, las especificaciones del IP₃ publicadas por los fabricantes deben ser comparables mediante algún tipo de conversión y que esta conversión puede ser compleja o incluso imposible de llevar a cabo;
- f) que un procedimiento de prueba definido para el IP₃ debe ser independiente del diseño del receptor;
- g) que si todos los fabricantes de receptores de comprobación técnica radioeléctrica adoptan un procedimiento de prueba bien definido para el IP₃, los usuarios de tales receptores podrán evaluar de manera más objetiva y sencilla los productos de los distintos fabricantes, evitando las ambigüedades;

* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2019, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

h) que en el Informe UIT-R SM.2125 – Parámetros y procedimientos de medición de las estaciones y receptores de comprobación técnica en las bandas de ondas decamétricas/métricas/decimétricas, figura información complementaria sobre estas mediciones del IP_3 ;

j) que al comparar el comportamiento de dos receptores, se consideran simultáneamente el IP_3 y el factor de ruido o la sensibilidad,

recomienda

1 que se utilice el método de medición descrito en el Anexo 1 para determinar el punto de intercepción de 3^{er} orden (IP_3);

2 que cada cifra del IP_3 vaya acompañada por el factor de ruido o la sensibilidad durante esta condición de medición del IP_3 .

Anexo 1

Procedimiento de prueba para medir el nivel del punto de intercepción de 3^{er} orden (IP_3) de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica

1 Consideraciones generales

El nivel del IP_3 depende de:

- la separación en RF entre las dos señales de prueba;
- en nivel de RF de las dos señales de prueba;
- el conjunto de frecuencias seleccionadas para la prueba;
- la temperatura predominante durante las pruebas.

Además, para evaluar correctamente el nivel del IP_3 :

- ambos productos de intermodulación generados por el receptor para cada par de frecuencias de prueba deben medirse y evaluarse. Si sus niveles son distintos debe considerarse el más elevado;
- deben evitarse las mediciones duplicadas (de las denominadas «frecuencias imagen»), pues tienen influencia en el valor medio del IP_3 . Las mediciones duplicadas dan resultados similares a las mediciones del nivel del IP_3 y no contribuyen realmente al evaluar la calidad del receptor;
- el fabricante debe especificar y publicar en la hoja de datos un *mínimo valor* del nivel del IP_3 a lo largo de toda la gama de funcionamiento del receptor. También debe señalarse en dicha hoja de datos las condiciones de medición para cada una de las mediciones (separación, niveles de las señales de prueba, ruido de fondo de entrada equivalente, CAG «activado» o «desactivado»). Para cada separación, debe indicarse el valor como la condición de prueba de los receptores (definido en «definiciones»). Como los valores del IP_3 dependen de la frecuencia, el fabricante puede elegir especificar adicionalmente el valor del IP_3 para las bandas o gamas de frecuencias seleccionadas;
- también puede indicarse un *valor medio* (media aritmética de un cierto número de mediciones de prueba).

Definiciones

En la presente Recomendación se aplican las siguientes definiciones:

- La condición de prueba del receptor se define como «condición 1» si ambas señales de prueba pasan a través del trayecto de la señal analógica completo, incluidos los detectores o conversores A/D. Se recomienda aplicar la «condición 1» para los equipos que incluyan el procesamiento completo de la señal analógica a la digital y presenten la información resultante, tal como los datos de espectro, la información audible o las I/Q en banda base. Dichos dispositivos pueden ser tanto receptores de comprobación técnica de vigilancia como analizadores de espectro, por ejemplo.
- La condición de prueba del receptor se define como «condición 2» si ambas señales de prueba pasan a través del trayecto de la señal analógica a una salida de FI analógica. Se recomienda aplicar la «condición 2» para los equipos que contengan sólo el trayecto de la señal analógica y presenten los resultados en una base FI (por ejemplo, FI3). Dichos dispositivos pueden ser tanto sintonizadores analógicos como módulos frontales de fabricantes de equipos originales, por ejemplo.
- La condición de prueba del receptor se define como «condición 3» si una o más de las señales de prueba se eliminan en una etapa intermedia del trayecto de la señal analógica de los receptores. Se recomienda aplicar la «condición 3» para los equipos que contengan sólo el trayecto de la señal analógica y presenten los resultados en una base FI, donde las diferentes etapas de FI (por ejemplo, FI2 de banda ancha y FI3 de banda más estrecha) se distribuyen en diferentes etapas de procesamiento. Dichos dispositivos pueden ser tanto sintonizadores analógicos como módulos frontales de fabricantes de equipos originales, por ejemplo.

2 Consideraciones básicas sobre el concepto «nivel del punto de intercepción de 3^{er} orden (IP₃)»

Se aplican a la entrada de la antena del receptor dos señales de prueba sin modular el mismo valor eficaz de potencia P_{in} cada una y a las frecuencias f_1 y f_2 ($f_1 < f_2$). Debido a las no linealidades, pueden aparecer dos productos de intermodulación a las frecuencias $f_3 = \{(2 \times f_1) - f_2\}$ y $f_4 = \{(2 \times f_2) - f_1\}$.

A continuación, se calcula el nivel del IP₃ como sigue:

$$IP_3 = P_{in} + a/2$$

siendo:

- P_{in} : potencia eficaz (valor cuadrático medio) medida para cada una de las dos señales de prueba aplicadas (dBm)
- a : diferencia (dB) entre el nivel de las señales de prueba aplicadas y el nivel de los productos de intermodulación en el punto de medición. Si los productos de intermodulación tienen niveles distintos, se considera el más elevado.

Variación del ruido de fondo de los receptores

El ruido de fondo de entrada equivalente del receptor sometido a prueba debe medirse durante todo el proceso de medición del IP₃ con las señales de prueba conectadas y desconectadas. Los detalles sobre las frecuencias utilizadas para esta prueba (f_5 y f_6) aparecen en el apartado «Medición de los niveles».

Condiciones del banco de pruebas

Al realizar esta medición es importante establecer el suficiente aislamiento entre las dos fuentes de prueba para evitar que se generen productos de intermodulación en las etapas de salida de las fuentes a las frecuencias de f_3 y f_4 . Puede que sea necesario utilizar dispositivos tales como aislantes, atenuadores fijos, amplificadores con aislamiento o combinadores de potencia Wilkinson con alto aislamiento. También puede ser necesario efectuar un filtrado paso bajo a fin de atenuar los segundos armónicos de las fuentes.

Para verificar la fiabilidad de todos estos dispositivos en el montaje de prueba, puede realizarse una medición del IP_3 en el banco de pruebas sin conectar el receptor sometido a prueba. Este valor del IP_3 obtenido en el banco de pruebas debe ser al menos 10 dB mejor que el IP_3 del receptor esperado.

Medición de los niveles

Los niveles se miden a las frecuencias f_1, f_2, f_3, f_4 , y para garantizar un ruido de fondo de entrada equivalente constante del receptor también a las frecuencias f_5 y f_6 utilizando el indicador de nivel incorporado del receptor. Las frecuencias f_5 y f_6 representan los canales adyacentes de la anchura de banda (BW) del receptor ($f_5 = f_3 - BW$ y $f_6 = f_4 + BW$). Los niveles a las frecuencias f_5 y f_6 se miden con las señales de prueba conectadas y desconectadas. Este indicador de nivel incorporado debe calibrarse a lo largo de la gama de amplitudes de los niveles de señal medidos esperados. El máximo error absoluto admisible es ± 1 dB y la resolución en lectura del indicador de nivel debe ser $\leq 0,1$ dB. Cuando se dispone de la salida de FI también se permite utilizar un analizador de espectro o un receptor de medición conectado a la última FI del receptor como un indicador de nivel; en este caso se aplican los mismos requisitos de calibración y precisión que para los indicadores incorporados en los receptores pero puede utilizarse un filtro de medición de banda relativamente estrecha para superar las dificultades que surgen al medir el IP_3 de los receptores con una anchura de banda estrecha.

Ruido de fase

Si los niveles de los productos de intermodulación a las frecuencias f_3 y f_4 están cercanos al ruido de fondo o a los bordes del ruido de fase, los niveles medidos representarán el nivel del producto de intermodulación más el ruido. El nivel del producto de intermodulación real puede obtenerse sustrayendo la contribución de ruido.

Separación en frecuencia de las señales de prueba

La separación entre las frecuencias f_1 y f_2 se elige de acuerdo al § 3 y de manera que ambas señales de prueba cumplan la condición 1, la condición 2 o la condición 3.

Debe especificarse la anchura de banda elegida utilizada durante la medición.

Como señales de prueba se eligen al menos dos pares de frecuencias por cada octava distribuidas uniformemente a lo largo de toda la gama de frecuencias del receptor. Los valores del IP_3 publicados deben ser válidos en toda la gama de temperaturas señalada en la hoja de datos. Las limitaciones, caso de existir, deben mencionarse en la hoja de datos. Si existe un atenuador de entrada variable, debe fijarse a una atenuación de 0 dB durante las pruebas. En cualquier otro caso, por ejemplo cuando el diseño del receptor no permite modificar el ajuste del atenuador manualmente, debe especificarse la atenuación utilizada durante las pruebas y las razones por las que se empleó otro valor distinto de 0 dB. Para caracterizar de forma más completa a un receptor, deben proporcionarse los datos medidos para más de un ajuste de atenuación. El receptor debe ajustarse a las condiciones normales de funcionamiento y debe indicarse si está conectado o desconectado el CAG, dependiendo de la medición.

Configuración del receptor sometido a prueba

Si existe un preamplificador conmutable, las mediciones deben realizarse en las condiciones de «preamplificador desconectado». Algunos diseños de receptores no permiten la desconexión física del amplificador sino que utilizan una combinación de atenuadores de paso variable. Esta combinación de amplificador y atenuador debe ajustarse a una ganancia de 0 dB.

3 Definición de un procedimiento de prueba para medir el nivel del punto de intercepción de tercer orden de los receptores en las gamas de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz y de 20 MHz a 3 000 MHz

Los parámetros para la prueba del IP_3 deben elegirse teniendo en cuenta la utilización habitual del receptor. Para comparar receptores con superposición en sus campos de aplicación esto a veces presenta dificultades. El enfoque de esta Recomendación consiste en someter los receptores a pruebas bajo condiciones comparables, y:

- deben seguirse las consideraciones básicas establecidas en el § 2;
 - la gama de niveles permitidos de las señales de prueba a las frecuencias f_1 y f_2 a la entrada de la antena del receptor de comprobación técnica es de -30 dBm a 10 dBm;
 - la anchura de banda del filtro de FI o la anchura de banda de resolución (RBW) para la medición debe elegirlas el fabricante pero debe ser una elección realista para el tipo de receptor y la aplicación correspondiente. La anchura de banda (BW) elegida para la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz debe ser ≤ 5 kHz y para la gama de frecuencias de 20 MHz a 3 000 MHz debe ser ≤ 30 kHz;
 - los receptores deben probarse con una gama de separación de frecuencias para las frecuencias de prueba. Debe utilizarse una lista creciente armónicamente que empiece en 1 Hz y vaya aumentando posteriormente de 3 Hz, 10 Hz, 30 Hz, 100 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz hasta 300 MHz. Para muchos receptores y aplicaciones no es útil realizar mediciones en toda la gama de separaciones de frecuencias. Pueden elegirse otras separaciones de frecuencias para el primer y el último valor en la lista. No obstante, es necesario efectuar las mediciones utilizando todas las separaciones de frecuencias entre estas frecuencias inicial y final;
 - la tolerancia en la separación de frecuencias debe ser $\leq 1\%$;
 - los valores medidos del IP_3 deben presentarse en un solo cuadro que indique las mediciones llevadas a cabo en la condición 1, la condición 2 y la condición 3 o en cuadros distintos, dependiendo del número de condiciones. El cuadro debe contener para cada medición la separación de frecuencias utilizada, una indicación sobre las condiciones en las que se ha llevado a cabo la medición (condición 1, 2 ó 3) y el valor del IP_3 medido;
 - cada entrada en el cuadro debe contener una nota indicando si la medición efectuada representa una condición de utilización práctica del receptor en condiciones de funcionamiento real. En la parte inferior del cuadro puede añadirse información adicional que describa las condiciones de medición.
-