

RECOMENDACIÓN 182-4

COMPROBACIÓN AUTOMÁTICA DE LA OCUPACIÓN DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS RADIOELÉCTRICAS

(Cuestión 29/1)

(1956-1966-1982-1986-1992)

El CCIR,

*considerando*

- a) que el aumento constante de la demanda de servicios radioeléctricos exige la utilización más eficaz posible del espectro de frecuencias radioeléctricas;
- b) que sólo puede lograrse esta máxima eficacia en la utilización del espectro cuando se conoce la distribución en el tiempo, en intensidad y en dirección de las señales que ocupan el espectro;
- c) que las administraciones emplean ya equipos automáticos de comprobación técnica, y que se prevén nuevos progresos en materia de observaciones automáticas incluso en lo que se refiere a los métodos de análisis de los registros;
- d) que el empleo de equipos automáticos de comprobación técnica permite evaluar ciertos parámetros de gran interés para la utilización más eficaz del espectro radioeléctrico;
- e) que las técnicas y equipos de cálculo digitales ofrecen diversas ventajas y oportunidades, con respecto a las técnicas analógicas, en la aplicación de los sistemas de comprobación técnica automática y en el proceso de la información recopilada por dichos sistemas;
- f) que al diseñar un sistema automatizado de recogida de datos de ocupación para utilizarlos en la gestión del espectro, es necesario definir qué parámetros han de medirse y con qué periodicidad deben efectuarse las mediciones para asegurarse de que los datos son estadísticamente significativos,

*recomienda*

1. que las administraciones empleen equipos automáticos de comprobación técnica y fomenten su perfeccionamiento, pues si bien es cierto que estos equipos no pueden reemplazar totalmente a las observaciones efectuadas por operadores, constituyen, sin embargo, un valioso auxiliar;
2. que, no obstante la necesidad de estudios complementarios para que las administraciones y autoridades encargadas de la asignación de frecuencias puedan sacar el máximo provecho de los registros, los equipos que se empleen reúnan las siguientes características principales:

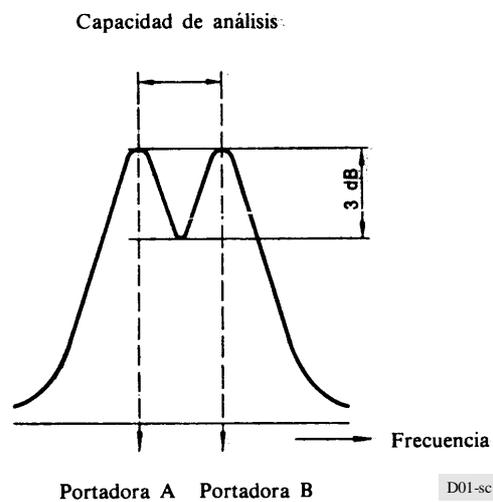
- anchura total de la gama de frecuencias                      mínima, 2 MHz a 2,7 GHz; deseable, 9 kHz a 10 GHz o más
- gama de frecuencias exploradas                                      a) variable; gama típica, 20 a 5000 kHz para equipos analógicos  
b) variable; gama típica, 20 kHz a 100 MHz para equipos digitales
- número de exploraciones por minuto                                variable; 6 a 6000; parada manual en la frecuencia deseada
- velocidad máxima de exploración                                    variable; depende de la discriminación de frecuencia que se desee en la banda explorada y de la clase o clases de emisión registradas
- sensibilidad                                                                    1 µV/m o mejor; aplicable a las bandas de frecuencias hasta 2,7 GHz
- anchura de banda de resolución                                        variable; 10 Hz a 10 kHz aproximadamente aplicable a las bandas de frecuencias hasta 2,7 GHz

*Nota 1* – La estabilidad de frecuencia del equipo ha de ser acorde con la anchura de banda de resolución.

- características de la señal que deben registrarse
  - frecuencia portadora
  - anchura de banda
  - intensidad de campo
  - duración de ocupación
- tipo de registro
  - en cartuchos de cinta magnética bajo el control de un computador, formato digital; calibración a intervalos adecuados

*Nota 1* – La capacidad de análisis en frecuencia es la menor separación con que pueden identificarse dos frecuencias portadoras estables de igual nivel. Para los dispositivos que utilizan un osciloscopio, esta capacidad de análisis es la menor separación con que pueden identificarse dos portadoras de igual nivel con una diferencia de 3 dB entre el nivel de cresta de las emisiones y el nivel mínimo intermedio que aparece en la pantalla (véase la fig. 1);

FIGURA 1



3. que en los gráficos de registro se incluya asimismo, de ser posible, la siguiente información:
  - nombre y ubicación de la estación de comprobación
  - fecha y horas de comienzo y fin del registro
  - banda de frecuencias
  - identificación de la emisión grabada, en su caso
  - clase de emisión, en su caso
  - dirección de la señal
  - nivel del ruido;
4. que al diseñar un programa de medición del grado de ocupación del espectro, las administraciones consideren las consecuencias estadísticas que acarrea la exigencia de gran precisión y niveles de confianza muy altos, ya que los tiempos de medición necesarios para obtener estos valores pasan a ser prohibitivamente largos con gran rapidez, según se observa en el cuadro 1. En dicho cuadro se compara el muestreo independiente, esto es, mediciones supuestamente instantáneas sin relación entre sí, con un muestreo dependiente, es decir, un muestreo de mensajes finitos con intervalos de tiempo de muestreo determinados. Aunque resulta interesante, el muestreo independiente no es aplicable a la comprobación técnica real, pues los mensajes tienen longitudes finitas y la tasa de muestreo puede ser variable. Los valores del cuadro, correspondientes al muestreo dependiente, se obtuvieron utilizando una cadena de Markov de primer orden;

CUADRO 1

**Número de muestras dependientes e independientes necesarias para conseguir  $\pm 10\%$  de precisión relativa y 95% de nivel de confianza en diversos porcentajes de ocupación (para un periodo de 45 s de muestreo)**

Ocupación (%)	Cantidad necesaria de muestras independientes	Cantidad necesaria de muestras dependientes	Horas de muestreo necesarias
6,67	5 850	18 166	20,18
10	3 900	12 120	13,47
15	2 600	8 080	8,98
20	1 950	6 060	6,73
30	1 300	4 040	4,49
40	975	3 030	3,37
50	780	2 424	2,69
60	650	2 020	2,24
70	557	1 731	1,92
80	488	1 515	1,68
90	433	1 346	1,49
100	390	1 212	1,35

5. que, al estudiar la precisión de los equipos automáticos de comprobación técnica para determinar las anchuras de banda de las emisiones, se considere debidamente la relación entre las mediciones de las emisiones de banda estrecha del orden de 2 kHz o menos y las características del instrumento que se esté utilizando. Por ejemplo, se ha observado que en algunos instrumentos que miden el barrido de una gama de frecuencias y la resolución de la presentación de la anchura de banda mediante circuitos selectivos, el factor de forma de los circuitos selectivos hace difícil determinar la anchura de banda en los niveles comparativos que no se conocen con exactitud. La variación de los niveles de las señales recibidas, causada por las condiciones de propagación, junto con otros factores, limita la precisión de la anchura de banda indicada para señales de banda estrecha. Por consiguiente, deberá considerarse la necesidad de realizar un análisis de la distribución relativa del nivel de las señales y la capacidad de resolución del instrumento para distintos niveles de entrada. En el caso de señales con anchura de banda de varios kHz, los errores debidos a las limitaciones de los equipos anteriormente mencionados tienen menor importancia. Ahora bien, para correlacionar los datos obtenidos con diferentes instrumentos, conviene tener en cuenta su poder de resolución y la tasa de repetición y duración de las componentes discretas de las señales observadas;

6. que, al determinar la exactitud de las mediciones de la intensidad de campo efectuadas con dispositivos automáticos, se consideren la polarización y la directividad de las antenas. En cuanto a la gama de 3 a 30 MHz, en la que las señales recibidas a través de trayectos de propagación ionosférica contienen un volumen significativo de componentes polarizados, tanto horizontal como verticalmente, debe adoptarse una decisión sobre el componente que se va a medir. Dado que el ángulo vertical de llegada es por lo general inferior a 45°, el margen de error será normalmente menor si se mide el componente polarizado verticalmente en lugar del componente polarizado horizontalmente. Cuando sea necesaria una mayor precisión, podrá aplicarse una corrección adecuada, basada en un valor calculado del ángulo vertical de llegada del frente de onda.

La medición del componente polarizado verticalmente puede efectuarse con facilidad, utilizando una antena de recepción vertical –cuya longitud eléctrica sea sensiblemente inferior a un cuarto de onda– para la frecuencia de banda objeto de estudio. Se ha descubierto que para reducir los errores debidos a la tierra no homogénea en las proximidades de la antena, resulta útil colocar una contra-antena, junto con hilos de tierra radiales, tendidos en un radio de al menos 30 m (100 pies) en todas direcciones. El nivel de llegada de la señal al registrador puede medirse comparándolo con un generador de señales de radiofrecuencia normalizado y calibrado. La altura efectiva de la antena se determina con arreglo a las mediciones hechas con un medidor preciso de la intensidad de campo que utilice una antena de polarización similar.

Al evaluar los datos de la intensidad de campo obtenidos según este método debe preverse un margen adecuado de errores causados por los distintos instrumentos. También cabe prever fluctuaciones del nivel de la señal, ya que durante el proceso de barrido el receptor está sintonizado a una señal determinada durante sólo un pequeño porcentaje de tiempo;

7. que se utilicen analizadores de espectro de banda ancha con amplias gamas dinámicas de amplitud de las señales presentadas como medio para reconocer y clasificar rápidamente diversos tipos de emisiones complejas y aumentar la eficacia de las operaciones de comprobación técnica, definiendo en cada momento las zonas de actividad en el espectro que merecen ser objeto de estudio. El suministro de los servicios necesarios a los usuarios del espectro radioeléctrico se acelera gracias a la utilización de técnicas de presentación visual para sincronizar la presencia de interferencias con la actividad de las emisiones que las causan. La aplicación de la tecnología de microprocesadores y las técnicas de procesamiento digital de señales a los instrumentos que analizan el espectro ha hecho que mejoren las características de funcionamiento y que sea más sencilla la utilización de estos instrumentos. Ahora bien, cabe señalar que en algunos casos, los analizadores analógicos presentan ventajas respecto a los equipos digitales.

---