

Aplicación del Analizador de Espectro en tiempo real en medición de Radiointerferencias provenientes de líneas de alta tensión.

Anibal Aguirre^{#1}, Norberto Dalmas Di Giovanni^{#2}

[#] Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)
Juan Bautista de La Salle 4397-Villa Martelli-Argentina

¹ aaguirre@citedef.gob.ar

² ndigiovanni@citedef.gob.ar

Abstract— The real-time spectrum analysis has become an extremely useful tool to characterize non-synchronous or sporadic phenomena. Lightning strikes, the passage of a RADAR signal, the control signal of a fixed or mobile system, and the emissions of a corona discharge, are some of the phenomena where real time spectrum analysis can provide more realistic results. For this work, the emissions known as radio interference, caused by high-voltage power lines, their spectral behaviour especially in medium frequencies (MF), were taken as object under analysis, because it usually require fairly slow and complex measurements.

Resumen— El análisis de espectro en tiempo real se ha convertido en una herramienta sumamente útil para caracterizar fenómenos no sincrónicos o esporádicos. Las caídas de rayos, el paso de una señal RADAR, la señal de control de un sistema fijo o móvil o las emisiones de una descarga por efecto corona, son algunos de los fenómenos donde el análisis de espectro en tiempo real puede proveer resultados más realistas. Para el presente trabajo se tomó como objeto de análisis, las emisiones conocidas como radiointerferencias, que provocan las líneas de alta tensión, cuyo comportamiento espectral, especialmente en frecuencias medias (MF), requieren mediciones medianamente complejas y usualmente lentas.

I. INTRODUCCIÓN

La caracterización espectral de señales aleatorias o no sincronizadas siempre ha resultado una dificultad para la ingeniería de medición.

En algunos casos, puede buscarse una caracterización de amplitud y espectro lo más rigurosa que la técnica de medición permita y en otros, al menos, la detección de la existencia o no del fenómeno. A su vez, la mencionada circunstancia podría tener un grado más de complicación si la fuente y el punto de medición tuviesen movimiento relativo entre ellos.

De manera evidente, para un analizador de espectro tradicional, la única manera de tener un registro del fenómeno, era la estricta coincidencia entre la ocurrencia del mismo y que alguna, o

todas sus componentes espectrales coincidieran con la posición del filtro de resolución (“barrido”).

La mencionada tarea dista de ser simple y mucho menos rápida, aún más, todo podría complicarse si se desconoce la posición de la fuente emisora.

Para el presente trabajo se tomó como fuente de señal, la radiointerferencia proveniente de las líneas de alta tensión, dado que la fuente es fácil de visualizar y su posición es fija.

Es bien conocido que las líneas de alta tensión están rodeadas de Campo Eléctrico y Magnético de 50Hz cuya existencia es propia de la tensión y corriente asociada a la propia línea, pero a la vez están líneas emiten señales de radiofrecuencias, fundamentalmente por debajo los 30MHz, cuyas fuentes son diversas; la más importante de ellas el efecto denominado, corona. Este efecto consiste en pequeñas descargas, positivas o negativas, entre las líneas y el espacio aéreo cercano que las circunda causadas por el aumento del gradiente de potencial y la ionización del aire. Estas descargas dependen fuertemente de las variables meteorológicas, la tensión de las líneas y el radio de los conductores. El mencionado fenómeno es bien conocido dado que fue descrito oportunamente por F.W Peek [1] en el año 1911.

Si bien la existencia del efecto corona representa una pérdida de potencia en la línea, el interés de su caracterización proviene, como su nombre lo indica, por la señal interferente que genera, especialmente, en la banda de frecuencias medias utilizada por los sistemas de Radiodifusión por modulación de amplitud (AM), típicamente entre los 550kHz y 1,75MHz. Debe destacarse, que el nivel de la interferencia puede provocar dependiendo de la amplitud, el bloqueo del sistema receptor.

Con el objetivo de poder caracterizar de manera estándar este tipo de señales aleatorias se ideó un sistema de detección que realice una ponderación de los fenómenos esporádicos y de alta velocidad, conocido como detector “cuasi-pico” (QP) [2,3].

La detección QP (ver Fig. 1.), consiste en un detector de doble pendiente, que para el caso de las frecuencias medias, posee un tiempo de crecimiento de 1ms, un tiempo de caída de 160ms sobre un ancho de banda del receptor de 9kHz. De esta manera se intenta “sostener” el valor de los elementos esporádicos, que mediante una detección de pico convencional solo podría realizarse con una detección de máximos, siempre y cuando exista coincidencia entre la ocurrencia del fenómeno y el barrido del receptor.

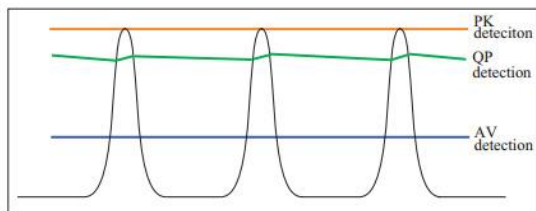


Fig. 1. Tipos de detección (Fuente: Meguro.com).

Otro inconveniente presentado por la medición QP es el tiempo que demoran los analizadores en realizar la medición, fundamentalmente para porciones espectrales mayores a la decena de megahertz, que para el caso del cumplimiento de la norma CISPR 18-2 [4] hasta 30MHz, dependiendo del Analizador podría demandar un tiempo cercano a la hora. Esta situación, ha propiciado que, en la mayor parte de los casos, la medición del nivel de radiointerferencias en el entorno de una línea de alta tensión o de una estación transformadora se realice en una única frecuencia, típicamente 500kHz, circunstancia que elimina la caracterización espectral del fenómeno.

En los apartados siguientes se ha de mostrar una alternativa, que permite una caracterización adecuada del fenómeno de las radiointerferencias en un tiempo inferior a un segundo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se basó en la medición de radiointerferencias provenientes de la línea de 200kV de tensión en las inmediaciones de la estación Transformadora “Hudson”, situada en el Partido de Berazategui, Provincia de Buenos

Aires. Se realizaron mediciones de radiointerferencia en los términos establecidos por las recomendaciones CISPR 18 e IEEE 430 [5], a los fines de verificar el nivel de ruido electromagnético entre los 9kHz y los 30MHz [6]. A la vez se realizaron mediciones de ruido electromagnético en la banda comprendida entre 1GHz y 1,030GHz, segmento espectral elegido por encontrarse cercano a las bandas de operación de la telefonía móvil y a los servicios de ayuda a la navegación aérea conocidos como “radares secundarios” o SSR (del inglés: Secondary Surveillance RADAR).

Si bien tradicionalmente la medición de radiointerferencia se asoció al posible bloqueo de un receptor de Radiodifusión comercial por AM, las normas más actuales, como la IEEE 430, extienden el espectro de interés hasta 1GHz; en atención a la utilización, por parte de los servicios de Radiodifusión y Televisión, analógica y digital, de frecuencias de operación cercanas a 1GHz, y fundamentalmente por el interés en el análisis de parámetros de Compatibilidad Electromagnética (EMC) [7] a cumplir por diversos dispositivos de uso masivo, circunstancia que excede el alcance del presente trabajo.

Las mediciones fueron realizadas para el caso de la detección cuasi-pico con un Analizador de espectro convencional marca Anritsu modelo 2721B y para el análisis en tiempo real con detección RMS (root-mean-square) se utilizó un Analizador de espectro en tiempo real marca Tektronix RSA306. Las mediciones por debajo de los 30MHz fueron realizadas con una antena tipo lazo activo marca EMCO, modelo 6507 (ver Fig 2.) y la medición de ruido en el entorno de 1GHz se realizó con una bocina piramidal sintonizada en la banda “L” (1-2GHz), en ambos casos, emplazadas a 1,5m del suelo del lugar.



Fig. 2. Lazo activo y línea de alta tensión bajo estudio.

Los resultados que se presentarán en la próxima sección, presentan una comparación entre el tradicional método de medición cuasi-pico y las posibilidades que brinda un analizador de espectro en tiempo real, sus diferencias y sus virtudes.

III. RESULTADOS

El primer resultado a presentar es la comparación entre métodos de medición. En la Fig. 3. se muestra el espectro medido con un Analizador tradicional con detección cuasi-pico (trazo azul) y el mismo espectro medido con un Analizador de espectro en tiempo real con un detector RMS (trazo rojo), donde es preciso remarcar que no se usó el detector “pico” que lógicamente mediría valores siempre superiores al detector cuasi-pico; que para este caso particular, el trazo mostrado es el resultado del promedio de 10 imágenes de tiempo real.

En ambos casos, los valores son expresados en términos de Campo Eléctrico en unidades de dBuV/m.

El espectro elegido para la comparación, es la porción de frecuencias bajas y medias entre los 9kHz y los 500kHz. La medición cuasi-pico se presenta aproximadamente 4dB superior en amplitud, debido a que la velocidad de integración del filtro cuasi-pico es mucho menor que el análisis en tiempo real y por lo tanto alcanza a integrar una porción del ruido mayor, pero que NO responde al valor instantáneo del fenómeno a caracterizar.

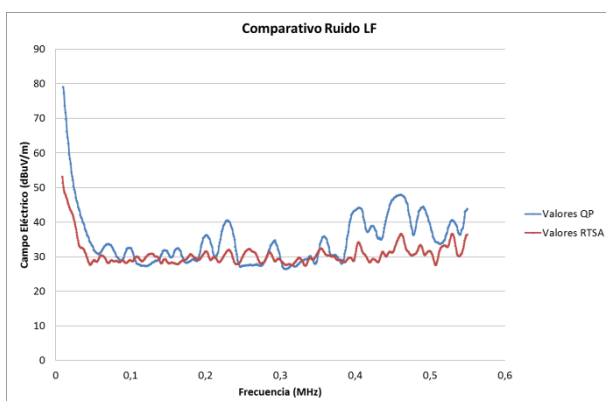


Fig. 3. Comparación medición cuasi-pico y tiempo real

Otro factor muy importante a remarcar es el tiempo insumido en la medición, dado que para el caso de la medición mostrada en la Fig. 3, la

medición tradicional cuasi-pico tomo 30 segundos, mientras que la medición en tiempo real está en el orden de los milisegundos en atención a una velocidad de muestreo del orden de las 100 millones de muestras por segundo.

Habiendo comprobado las ventajas del método del análisis de tiempo real, se procedió a realizar la medición con el Analizador de espectro en tiempo real, del perfil transversal de la ya citada línea de alta tensión, entre el eje central de la línea y un punto situado a 135m de éste. La distancia elegida resulta de observaciones en situaciones reales donde a distancias del orden de 100m de líneas de alta tensión o de estaciones o sub-estaciones transformadoras, puede verificarse la localización de viviendas o de instalaciones donde se desarrollen actividades laborales.

Si bien las mediciones que se realizaron abarcaron el espectro entre los 9kHz y los 30MHz, acorde las normas ya mencionadas, la Fig.4. sólo muestra el intervalo hasta los 3,5MHz para simplificar el gráfico y para volver más notoria la diferencia de amplitudes en la porción espectral asignada al servicio de Radiodifusión por AM (530kHz-1750KHz), entre un punto situado a 15m, sobre el borde exterior de la línea (último conductor) y el punto más alejado del perfil transversal, situado a 135m del eje central.

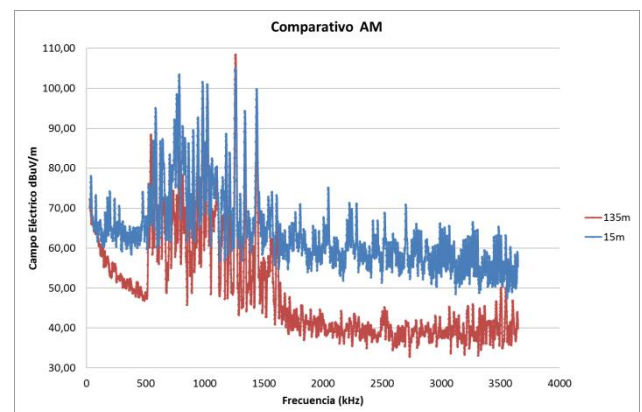


Fig. 4. Comparación medición a 15m (trazo azul) y a 135m (trazo rojo)

Puede observarse en la Fig.4. la atenuación del campo con la distancia, que para el caso presentado es aproximadamente de 20dB, no obstante no debe pasarse por alto el análisis del valor absoluto del ruido; a modo de ejemplo 60dBuV/m equivalen a 1mV/m, un nivel de Campo Electromagnético que podría ser interferente o representar un bloqueo del receptor si la banda pasante a la entrada del mismo es lo

suficientemente ancha como para que el valor integrado de ruido resulte en una potencia que exceda su rango dinámico.

Finalmente se muestran en la Fig 5. las mediciones de espectro realizadas en el entorno de 1GHz.

Para el presente caso se eligió presentarlas en términos de potencia recibida, puesto que de esta manera resulta más sencilla la comparación con el sistema de comunicaciones más utilizado en esa banda que es el teléfono móvil.

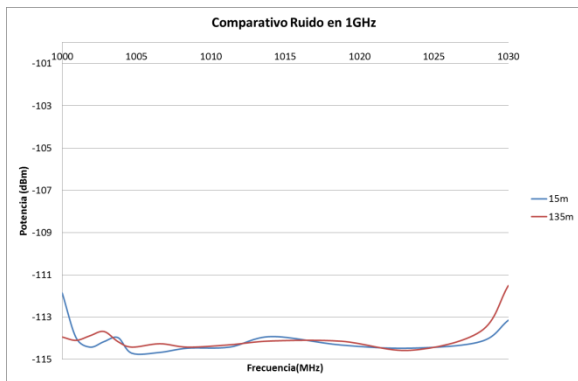


Fig. 5. Comparación espectros a 15m y a 135m en el entorno de 1GHz.

La Fig.5. muestra que la línea no influye en el ruido electromagnético para estas bandas, o que de hacerlo, esta influencia estaría enmascarada en el ruido electromagnético “ambiental” existente, que es el registrado a 135m. Este ruido se registró con una antena direccional orientada con su “espalda” dirigida a la traza de la línea. El valor de ruido obtenido, si bien es de difícil comparación con el uso de la telefonía móvil dado que la ganancia de la antena del teléfono móvil se encuentra fuertemente afectada por la posición del usuario, se encuentra al menos 20dB por debajo de la sensibilidad de un teléfono móvil de uso actual, típicamente -90dBm [8].

IV. CONCLUSIONES

La medición de espectro en tiempo real ha demostrado proveer una caracterización espectral más aproximada a la realidad respecto del análisis de espectro convencional. Esta circunstancia se debe a la ventaja de poder realizar una captura de un ancho de banda determinado a velocidad muy alta, para el caso que nos ocupa 120Ms/s, respecto al tradicional método de barrido y convolución que hace necesaria la coincidencia del barrido con

la ocurrencia del fenómeno a caracterizar. Para el caso de las mediciones de radiointerferencia o EMC donde tradicionalmente se utiliza la detección cuasi-pico se agrega, a la ventaja de una caracterización más real, la velocidad de la misma, que puede llegar a ser cuatro órdenes de magnitud más rápida, siendo esta ventaja muy significativa en la aplicación de ingeniería de campo o cuando se hace necesaria una medición de un ancho espectral mayor a 10MHz.

El presente trabajo ha mostrado que la radiointerferencia proveniente de la línea bajo estudio, de 220kV de tensión, no genera ruido electromagnético en el entorno de 1GHz. Esta última afirmación no puede extenderse a líneas de alta tensión de 330kV o de 500kV, dado que el efecto corona depende fuertemente de la tensión aplicada.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer el apoyo del personal de la División Antenas y Propagación del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), dependiente del Ministerio de Defensa de Argentina.

REFERENCIAS

- [1] F. W. Peek, “The Law of Corona and the Dielectric Strength of Air”, *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, Vol XXX, Issue: 3, pp 1889-1965, 1911.
- [2] F. Krug, P. Russer, “Quasi-Peak Detector Model for a Time-Domain Measurement System”, *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 47, no. 2, mayo 2005.
- [3] ANSI C63.2, “American National Standard for Electromagnetic Noise and Field Strength Instrumentation, 10 Hz to 40 GHz Specifications”, *IEEE*, diciembre 2009.
- [4] CISPR TR 18-2, “Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits”, *IEC*, 2010
- [5] IEEE 430, “Standard Procedures for the Measurement of Radio Noise from Overhead Power Lines and Substations”, *IEEE Standard*, 1986
- [6] A. Aguirre, J. García Díaz, “Consideraciones sobre la medición de radiointerferencias en líneas de alta tensión y estaciones transformadoras”, *Revista Ingeniería Eléctrica*, diciembre 2012.
- [7] C. R. Paul, “Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd Edition” *John Wiley & Sons*, 2006.
- [8] G. Pedersen, “Limit values for Downlink Mobile Telephony in Denmark”, *Aalborg University*, 2012