

Consideraciones sobre la medición de radiointerferencias en líneas de alta tensión y estaciones transformadoras

Por Ing. Anibal Aguirre, Tec. Javier García Díaz - Ministerio de Defensa - CITEDEF

La medición de radiointerferencias presenta en sí misma una diversidad de complejidades que termina resultando, para los pocos casos en que se mide, en diversos esquemas de medición; algunos, muy limitados, y otros, con errores asociados cuyas magnitudes exceden el buen ejercicio de la ingeniería de medición.

El presente artículo pretende ilustrar los errores más comunes y las consideraciones técnicas necesarias para una buena práctica de medición, condición indispensable para una razonable intercomparación de valores ya sea entre distintos profesionales, entre distintas ubicaciones geográficas o en diferentes períodos de tiempo.

Cualquier medición de campos electromagnéticos radiados conlleva las dificultades asociadas a

las incertidumbres de las antenas o sondas calibradas, del voltímetro o analizador de espectro utilizado y al posible error de método, que podría ser relevante, dependiendo del esquema de medición montado.

La radiointerferencia

El fenómeno de la radiointerferencia producida por sistemas de alta tensión, particularmente aquellos que trabajan con tensiones de 500 kV o más (continua o alterna), puede resumirse como la generación de ruido electromagnético, particularmente en frecuencias bajas y medias (ver gráfico 1), por el efecto de prrerruptura dieléctrica conocido como "efecto corona", el cual está asociado directamente a la tensión de trabajo del sistema, el gradiente de

potencial que pueda formarse y a las variables atmosféricas del área circundante a los conductores.

La referencia a la palabra "radiointerferencia" está vinculada históricamente a que los campos electromagnéticos asociados a las descargas por efecto corona podrían tener una magnitud suficiente para interferir, o bloquear, en un área cercana (dentro de un centenar de metros del emplazamiento del sistema) la capacidad de recepción de un receptor convencional de *broadcasting*, ya sea para las estaciones de frecuencias medias por modulación de amplitud (AM), ubicadas en el segmento espectral de 530 - 1710 kHz, como para las estaciones transnacionales, antiguamente denominadas "de onda corta", ubicadas en

el segmento espectral de las frecuencias altas (HF) que se extiende entre los 3 y los 30 MHz.

Es preciso señalar que el fenómeno, tal marcan las normas, ha de extenderse al segmento espectral de VHF, donde se ubican las estaciones de radiodifusión por modulación de frecuencia (FM) y algunos canales de televisión analógica; y al segmento de UHF, donde se encuentran los servicios de televisión digital terrestre, los cuales por su propia robustez de modulación se presentan inmunes a este fenómeno.

Como puede apreciarse en el gráfico 1, el nivel de la radiointerferencia decrece fuertemente con la frecuencia, y es por ello que la mayor atención en la ingeniería de

medición está centrada en la porción espectral donde se ubican las radioemisoras de AM.

Las exigencias de las normas

Los procedimientos de medición para la caracterización de las radiointerferencias están establecidos fundamentalmente por dos normas: la norma estadounidense ANSI/IEEE 430/1986 y la europea CISPR 18-2, la cual es la referenciada por la normativa nacional vigente establecida por la resolución Secretaría de Energía 77/1998.

El objetivo de ambas normas se centra en la correcta medición de la señal a proteger, por ejemplo, las estaciones de radiodifusión, y del ruido producido por el sistema eléctrico, para que luego,

mediante la relación matemática señal a ruido (en inglés, *signal/noise*) pueda verificarse, o no, la relación de inmunidad medida en decibeles que establecen las normas referidas.

La ingeniería de medición para la mencionada determinación no es un asunto menor, dado que la señal a proteger (a excepción de casos muy singulares) está constituida por un campo electromagnético en situación de campo lejano, donde puede considerarse al mismo como una onda plana, y por lo tanto su relación de magnitud con el campo magnético está determinada por la impedancia del medio, mientras que la señal interferente (ruido provocado por la línea de AT) es claramente un campo electromagnético cercano, donde su composición geométrica es altamente compleja y es preciso aceptar la existencia de los tres componentes espaciales de cada campo.

La sola caracterización de un campo electromagnético lejano conlleva en sí sus complejidades; para el caso del campo cercano, éstas se multiplican, y tener que relacionar ambos valores dentro de un margen de incertidumbre de medición ingenierilmente aceptable (de ser posible, menor a 6 dB) constituye un problema de ingeniería de medición que merece analizarse.

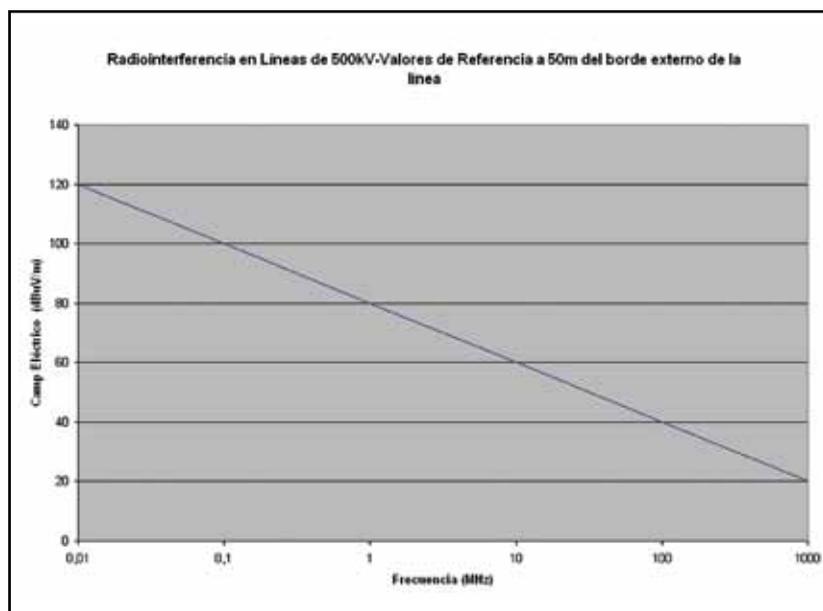


Gráfico 1

Nota técnica

La naturaleza estadística de la radiointerferencia impone que la medición de la misma deba realizarse con algún criterio de integración temporal. A modo de convención internacional se estableció la medición del campo cuasi pico, mediante un sistema de doble constante de tiempo de crecimiento rápido y decrecimiento lento (ver gráfico 2) y un ancho de banda de paso fijado (ej., 9 kHz) a modo de obtener y sostener un valor que permita ser intercomparado.

El presente sistema presenta la característica de tornarse un medidor de valor eficaz si la señal es de potencia constante, lo cual lo vuelve versátil, ya sea para la medición de la señal de campo cercano como la de campo lejano, y poder así establecer la comparación requerida.

El otro factor que puede introducir un error grosero es el inadecuado uso de las antenas de medición. Ciertamente, la utilización de la antena en distintas configuraciones de campo o la interpreta-

ción y uso de su valor de ganancia son circunstancias que deben observarse cuidadosamente. Como puede apreciarse en el gráfico 3, el comportamiento de tres tipos diferentes de antenas para una situación de campo lejano es bien diferente entre ellas.

Las antenas no son buenas ni malas, solo deben utilizarse de manera correcta y atender a sus circunstancias de calibración.

Como ejemplo, puede citarse que una antena tipo monopolo, acaso la más adecuada para medir las señales a proteger (campos lejanos de señales de AM), debe utilizarse a nivel del suelo del lugar, y que el apropiado uso de la misma probablemente conlleve a una determinación impropia de la señal interferente, puesto que la propia geometría del monopolo impone la sola determinación de la polarización vertical del campo eléctrico, y esta medición debe reiterarse y solo es técnicamente válida con el uso del suelo del lugar como extensión del plano de tierra de la antena. Así las cosas, y de acuerdo a las normas citadas, la mejor caracterización de la relación señal/ruido será posible con el uso de las antenas tipo lazo blindado, las cuales, no debe olvidarse, poseen un factor de antena calibrado en campo magnético y, por lo tanto, las

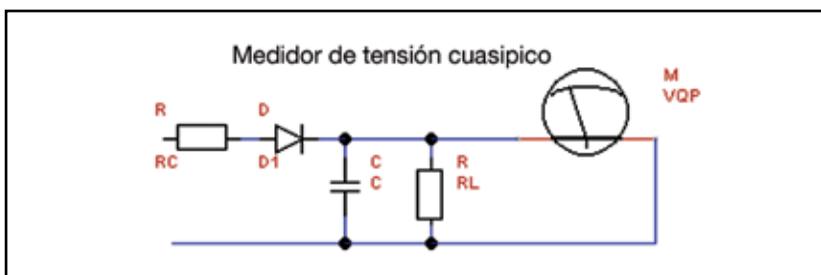


Gráfico 2

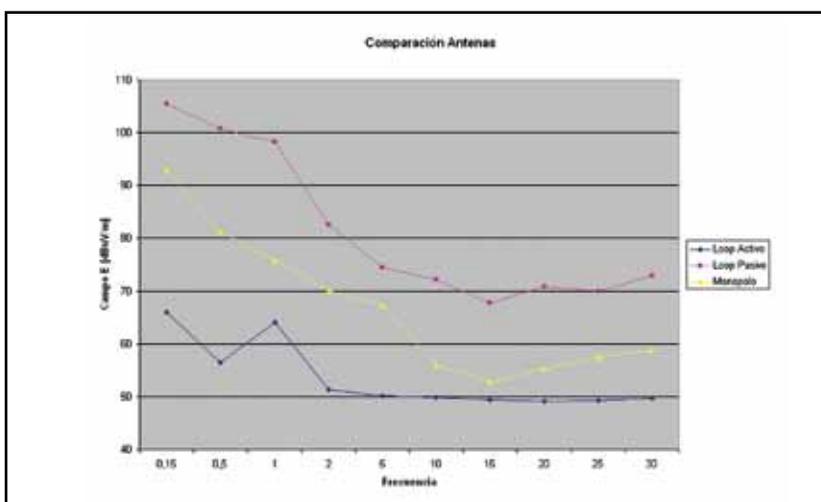


Gráfico 3

comparaciones solo podrán realizarse en esos términos, puesto que para el ruido interferente el cálculo del campo eléctrico por la vía de la impedancia del medio no es válida.

Finalmente, debe abordarse el aspecto del barrido en frecuencia del espectro. Si bien es parcialmente correcto realizar mediciones en frecuencias puntuales, la información colectada es parcial. El concepto fundamental de la medición de la radiointerferencia es verificar la inmunidad o no de los sistemas de radiodifusión al ruido producido por el efecto corona, y en términos generales, el profesional actuante desconoce la cantidad y ubicación en frecuencia de todas las emisoras con área de cobertura válida en el punto de medición bajo análisis, y es por esta razón que el barrido espectral de, al menos, todo el es-

pectro asignado a la radiodifusión por AM se vuelve imprescindible (ver gráfico 4) para poder evaluar la totalidad de las estaciones en el punto en cuestión. Si bien durante muchos años se utilizó (como figura en la norma CISPR 18-2) la frecuencia testigo de 500 kHz, es necesario señalar que dicha medición resulta más que insuficiente, dado que a dicha frecuencia solo puede tomarse una muestra del nivel de radiointerferencia, pero nada aporta a la inmunidad de las señales de radiodifusión, dado que su espectro asignado comienza en 530 kHz y, como ya fue mencionado, las normas buscan el análisis de la inmunidad de dichas señales.

Consideraciones finales

Las mediciones de magnitudes radiadas siempre conllevan un

alto nivel de incertidumbre es sus prácticas, debidas, principalmente, a las incertidumbres asociadas a la calibración de las antenas y al instrumento de medición utilizado. El presente artículo tiene la pretensión de acercar algunas recomendaciones tendientes a minimizar el error de método que, de las experiencias estudiadas, puede llegar a ser elevado. De la práctica de medición, una buena determinación puede considerarse dentro de la franja de ± 5 dB, donde debe tenerse en cuenta que solamente las antenas aportan una incerteza de calibración de ± 2 dB.

La antena a utilizar también se convierte en un hito fundamental, si bien la antena tipo monopolo no es para descartarse, debe observarse cuidadosamente su utilización fundamentalmente si desean compararse valores medidos con otras antenas o en otras locaciones.

Las correcta caracterización de señales interferentes es un problema complejo que excede por completo el mundo del transporte de energía eléctrica, y ello explica que especialistas en guerra electrónica intervengan en la presente disciplina.

El autor desea agradecer especialmente los consejos y aportes del Ing. Jorge Giménez, un verdadero referente en el campo de la alta tensión.

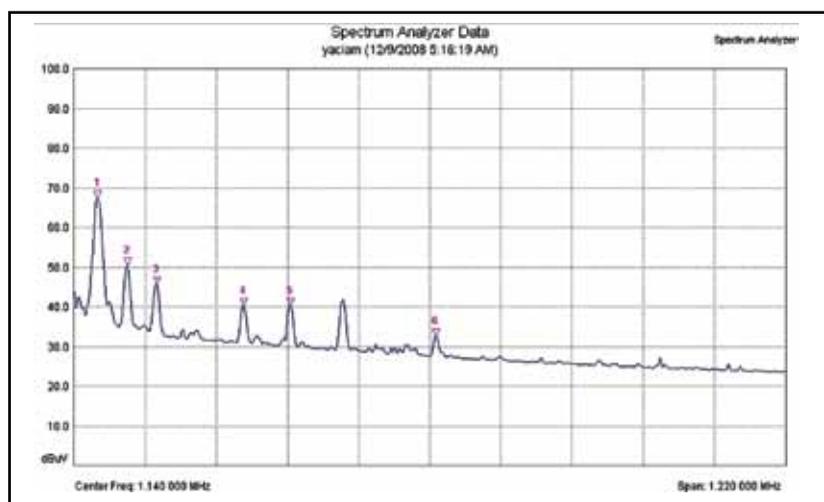


Gráfico 4