

Ruido acústico producido por líneas eléctricas de alta tensión

J.J.M. Requena

AMYS.- Asociación de Medicina y Seguridad.

RESUMEN

Comienza la ponencia estudiando los diferentes parámetros que influyen sobre el nivel del ruido acústico generado por las líneas eléctricas de alta tensión; se vislumbran algunas soluciones viables para minimizar el impacto ambiental y diseñar las susodichas líneas de forma que el nivel perturbador se encuentre entre márgenes de ruido tolerables.

INTRODUCCION

Las perspectivas de elevación de tensiones de servicio de las redes de transporte de energía eléctrica llevan a estudiar las consecuencias de esta evolución en el campo medioambiental natural. Particularmente, el ruido producido por las líneas de transporte corre el riesgo de producir en ciertos casos una molestia para el vecindario; es por tanto oportuno estudiar las características de este ruido y determinar los principales parámetros para optimizar el diseño en las líneas en lo referente a las exigencias técnicas y los límites de molestia tolerables.

A lo largo de los 29.137 km. de líneas de 220 kV y 400 kV que cuenta España (1994), varias situaciones han sido juzgadas molestas por el vecindario.

Un estudio a fondo del problema, nos lleva a contemplar el ruido producido por el efecto corona, los ruidos eólicos y las resonancias de cavidad.

NATURALEZA DEL EFECTO CORONA. ASPECTO FISICO.

Avalancha Electrónica. El efecto corona designa el conjunto de fenómenos ligados a la aparición de una conductividad en el medio circundante de un conductor llevado a una alta tensión. Esta conductividad es debida al fenómeno de ionización que se explica de la forma siguiente:

Existe siempre en el aire un cierto número de pares iones +/- electrones libres creados por radiación cósmica. Cuando estos electrones son sometidos a un campo eléctrico, ellos son acelerados, y si el campo es bastante intenso, la energía que adquieren se hace suficiente para provocar la ionización de las moléculas neutras con las que ellos chocan (ionización por choque). Se crean numerosos electrones libres, los cuales sometidos al mismo campo, van a su vez a ionizar las moléculas, y así sucesivamente: el proceso toma un aire de avalancha, llamada "avalancha de Townsend". Para que una tal avalancha pueda mantenerse, es preciso que ella alcance un tamaño crítico, y que el campo eléctrico tenga un valor suficiente.

En campo uniforme, en las condiciones normales de aire, este valor está muy próximo a 30 kV/cm, y el fenómeno evoluciona hasta el restallido de los intervalos entre los electrodos. Este campo se denomina "campo disruptivo".

Pero en la proximidad de un conductor de una línea eléctrica las superficies equipotenciales, tienen una muy fuerte curvatura, y el campo eléctrico decrece muy rápidamente en función de la distancia al conductor. La avalancha electrónica no puede producirse más que si el campo en la superficie del conductor alcanza un valor superior a 30 kV/cm, tanto mayor cuanto menor es el radio del conductor. Este campo superficial se denomina "campo crítico".

En los parques interperie de subestaciones transformadoras de 400 kV pueden verse por la noche materializados efluvios azulados:

- A. Al cerrar seccionadores a la distancia aproximada de un metro y al abrir a 1'5m la formación de un cilindro azulado de unos 20 cm ϕ .
- B En los protectores de efluvios (Bañera)
- C En los terminales de los embarrados y en las entradas y salidas de líneas hay una gran producción de efluvios.

Ruido Producido por el Efecto Corona. La ecuación general de generación y propagación permite analizar la influencia acústica de los diferentes mecanismos físicos del efecto corona (transferencia de masa, de cantidad de movimiento y de energías).

A partir de los trabajos experimentales de C.Gary y M.Moreau (L'effet de couronne en tension alternative. Eyrolles. 1976), el ruido de un haz puede valorarse por la siguiente relación:

$$N(\text{dBA}) = N_0 + \alpha \log g + \beta \log r + \gamma \log n - 10 \log D$$

En la que: g = gradiente de tensión superficial
 r = radio de los conductores
 n = número de conductores
 D = distancia línea-observador

Sin embargo, el estudio de la superficie del conductor (rasguños, polución, insectos, etc.), y las condiciones meteorológicas (lluvia, granizo, nieve, hielo, viento, etc.) pueden producir variaciones de hasta 20 dB.

En la figura 1 se compara los niveles de ruido audible para haces de líneas eléctricas de 750 kV de diferente diámetro para tiempo despejado.

La figura 2 refiere las medidas con niebla, compara el significado de los valores de ruido audible de las líneas A, B y C. Estos perfiles de frecuencia muestran menores diferencias entre las líneas A y B.

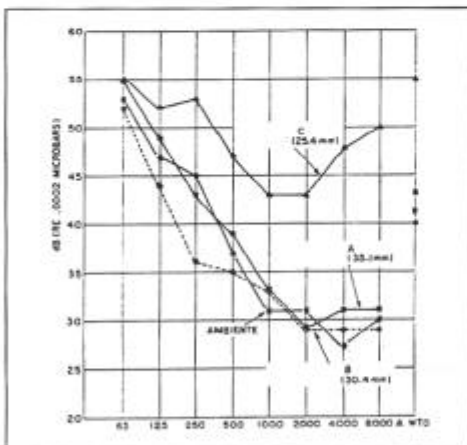


Figura 1.- Espectro en frecuencias de ruido audible para las líneas A, B y C con tiempo despejado.

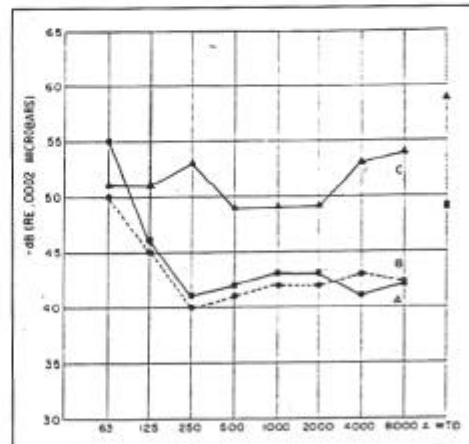


Figura 2.- Espectro en frecuencias del ruido audible para las líneas A, B y C con niebla.

En la figura 3 se representa el análisis de ruido audible con lluvia no existiendo gran diferencia entre las curvas A y B aunque el ruido audible es más elevado que en el caso de niebla y bastante más que en el caso de tiempo despejado. En la figura 4 se recogen las curvas de ruido audible según diferentes gradientes de tensión para líneas de uno, dos y tres conductores con lluvia de 1mm/h.

Medida del Ruido Debido al Efecto Corona. El ruido producido por los conductores de las líneas aéreas de alta tensión debe registrarse sobre banda magnética durante intervalos de tiempo de 2 minutos.

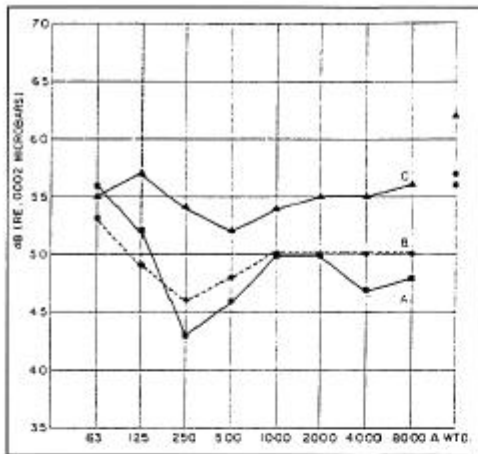


Figura 3.- Espectro en frecuencias de ruido audible para las líneas A, B y C con lluvia.

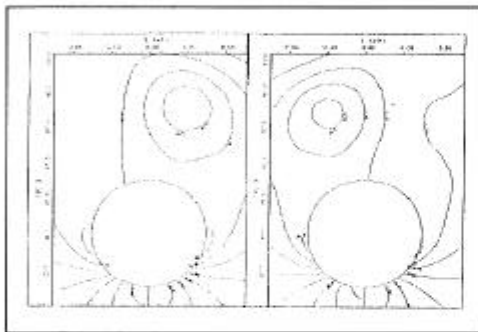


Figura 5: Simulación numérica con visualización de torbellinos para una velocidad del viento sobre el cable entre 15 y 20 m/s

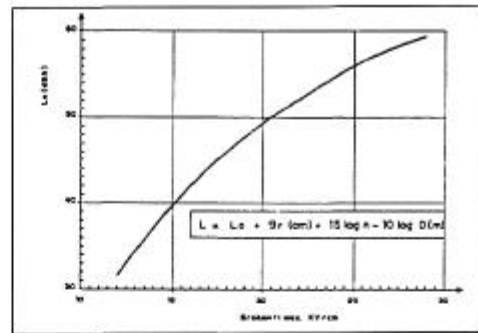


Figura 4.- Estimación del nivel sonoro bajo lluvia de un haz cualquiera en función del gradiente.

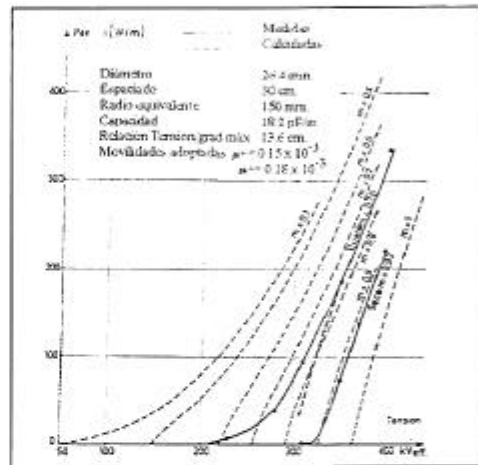


Figura 6.- Curvas de las pérdidas por efecto corona calculadas y medidas para un haz de cuatro conductores de aluminio-acero de 400 mm².

La posición del micrófono debe establecerse a 2m de altura y a una distancia horizontal de la proyección del haz de 4m, estando el eje del micrófono dirigido hacia el haz.

RUIDO PRODUCIDO POR EL VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES

El ruido radiado por los conductores de una línea eléctrica de alta tensión se hacen molestos cuando la velocidad del viento que sopla perpendicularmente a la línea alcanza 16 m/s. "H. ARBEY y Otros 1981 CIGRE Estokolmo".

Este viento, al chocar contra los conductores provoca turbulencias y el movimiento de los conductores que generan ruidos que pueden alcanzar 70 dBA a 20 metros de la línea (figura 5).

RUIDO PRODUCIDO POR LAS RESONANCIAS DE CAVIDAD

Aisladores. Estudios ya realizados "M.Arbe y otros" (Emisión sonore d'un systeme de cavités periodiques ouvertes 11° ICA) han demostrado que el ruido de las cadenas de aisladores es independiente del material y proviene de un efecto aerostático sobre el borde de la falda y la primera nervadura. Este puede ser amplificado por una resonancia acústica de las cavidades interaisladoras acopladas llegándose en este caso a niveles muy importantes de hasta 70 dBA a 100 m.

Desde un punto de vista práctico, se suprime este ruido, intercalando un aislador de un tipo diferente; por ejemplo un aislador de falda larga cada cuatro o cinco aisladores.

Crucetas. Algunas crucetas engendran ruidos eólicos del tipo resonancias de cavidad o bloqueo aeroacústico. Es por ello por lo que las especificaciones técnicas de las crucetas deben someterse a ensayos con el fin de evitar estos sonidos puros.

Anillos para-efluvios. Los anillos para-efluvios presentan cavidades que pueden potencialmente generar sonidos puros; la obturación de los agujeros existentes en el instante de su montaje constituye la mejor solución.

PERDIDAS POR EFECTO CORONA

Sobre la Figura 6 se representan las curvas que dan los valores de las pérdidas por efecto corona calculadas y medidas en el caso de un haz de cuatro conductores de aluminio-acero de 400 mm², en función de la tensión, para diferentes valores del estado de la superficie.

En la tabla I, se recogen las pérdidas por efecto corona y el nivel de ruido en dBA medido a 15 metros de un conductor exterior de tres haces de conductores a 750 kV.

Haz ϕ de los conductores	Gradiente a 750 kV (kV/cm)	Pérdidas		Nivel de ruido	
		Buen tiempo	Lluvia	Buen tiempo	Lluvia
		kW/Km	kW/Km	dBA	dBA
4 x 26,4	22,2	17	125	61	74
4 x 31,8	18,3	8	95	56	72
4 x 38,0	16,4	4,5	40	52	66

Tabla I.- Pérdidas Corona y nivel de ruido dBA.

CONCLUSIONES

- Los ruidos eólicos pueden reducirse fácilmente.
- El ruido producido por el efecto corona es difícil de reducir.
- Para predecir el nivel de ruido emitido hay que conocer con precisión el campo de presión que se pone de manifiesto sobre el conductor para lo que es indispensable conocer la geometría de los cables y la naturaleza del flujo incidente.
- Alejándonos de la línea, el nivel sonoro decrece con la raíz cuadrada del inverso de la distancia: esta es la ley de atenuación de la radiación cilíndrica.
- El ruido acústico crece en función del gradiente superficial, también en función del diámetro de los conductores y de su número en el haz.
- La velocidad de viento que choca perpendicularmente contra los conductores de líneas eléctricas comienza a ser molesto cuando se alcanza los 16 m/s.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- C. GARY. *Le bruit produit par les lignes de Transport d'énergie a tres haute tension*. Direction des Etudes et Recherches de EDF.
- J. CLADE. *L'influence de l'effet de couronne sur le choix de la tension et de la section d'une ligne de transport d'énergie R.G.E.*
- K. TANABE. *Second harmonics of Audible noise from AC Transmission lines* IEEE Transactions on Power Delivery Vol 6 nº1 January 1991.
- J. DELCAMBRE, A PETITJEAN. *L'etude de Bruit des lignes électriques a E.D.F.* 12 ICA. paper C3-4.
- J.J. KOWALEWSKI, J. REICHMAN. *Audible noise from an Ontario Hydro 500 kV Transmission line* 12 ICA paper C3-6.
- R. CORTINA, F. ROSA. *Effect of audible noise on UHV Power line design*. 12 ICA paper C3-7.
- J.F. AUBRY, J.P. L'Huillier. *Decharge Couronne. Mesures-Regulation-Automatisme.*
- G. SACERDOTE Y OTROS. *Acoustic noise caused by A.C. Corona on conductors; results of an experimental investigation in the anechoic chamber.* IEEE. Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol PAS-94.
- C. GARY. *Effet couronne en tension alternative. Techniques de l'ingenieur.*
- J. LUNDQUIST. *Results from AC Transmission line audible noise studies at the Anneberg EHV test station.* IEEE Transactions on Power Delivery. Vol 5 nº1. January 1990.
- C. GARY, M.MOREAU. *Recherches dans le domaine de l'effet de couronne á Electricité de France R.G.E.*