

## EL PROBLEMA DEL RUIDO EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

J.J.M.REQUENA

**RESUMEN** : Este trabajo expone el estado actual de las tecnologías y la problemática de los niveles de ruido y vibraciones en los transformadores de potencia. Se recogen los niveles máximos de potencia acústica admisibles según las normas españolas y europeas. Se estudian finalmente los posibles tratamientos para minimizar la molestia producida en viviendas próximas al transformador.

### 1 ORIGEN DEL RUIDO EN LOS TRANSFORMADORES.

El fenómeno físico principal productor del ruido es la magnetostricción que es el alargamiento de las chapas del núcleo en sentido longitudinal, según la dirección del campo magnético y las contracciones en el sentido transversal de las chapas.

Los principales fenómenos de la magnetostricción son los efectos directos, efectos inversos, efecto Joule longitudinal, efecto Villari, efecto Joule transversal, efecto de torsión, efecto de variación de densidad, efecto Guillemin, efecto  $\Delta E$ , variaciones del coeficiente de rigidez de Coulomb y todos los efectos transitorios debidos a las contracciones magnéticas.

La chapa de grano orientado tiene una magnetostricción a las inducciones corrientes mas pequeña que la correspondiente a las chapas laminadas en caliente.

Las deformaciones magnetostrictivas de las chapas magnéticas constituyen vibraciones mecánicas del núcleo del transformador, vibraciones que son radiadas al aire en forma de ondas acústicas bien directamente en los transformadores secos o a través del aceite y cuba en los transformadores con dieléctrico aceite.

El ruido radiado cuya sensación característica de "zumbido eléctrico" esta formado por un conjunto de armónicos de  $f = 50$  Hz introducidos principalmente por la no linealidad del fenómeno magnetostrictivo y al que pueden contribuir tanto armónicos presentes en la red de alimentación como resonancias del núcleo y demás partes mecánicas de la estructura del transformador incluida la cuba.

## 2 ACCIONES PARA MINIMIZAR EL RUIDO RADIADO.

### 2.1 En el proceso de fabricación.

Las principales acciones se refieren a perfeccionamiento en el orden tecnológico como:

- Utilizando en la metalurgia de las chapas un porcentaje de 3.5 % a 4% de silicio.
- Fabricación de chapas de espesor regular.
- Utilización de chapas planas.
- La limitación de las distorsiones del flujo debidas al montaje del circuito magnético.
- Un cerramiento lateral de las chapas uniforme y suficientemente fuerte para evitar los "castañeteos".
- La supresión de las sollicitaciones de compresión longitudinal aplicada a las chapas.
- La eliminación de los eventuales fenómenos de resonancia del núcleo o de la cuba.
- Montando el núcleo sobre amortiguadores de vibración.

### 2.2 Para transformadores en servicio.

- Disminuciones de la tensión de un 10% reducen el nivel sonoro en 3 dBA.
- Apenas influye en el nivel sonoro las variaciones de carga siendo prácticamente el mismo medido en vacío o a plena carga.
- Disminuciones de la inducción de un 10% reducen el nivel sonoro en 4 dBA. (Intentar reducir el nivel radiado disminuyendo la inducción supondría un incremento de la masa del núcleo que no sería económicamente rentable).
- Un aumento de temperatura provoca aumentos del nivel sonoro ,un aumento de 30°C entraña en ciertos casos un aumento de 3 dBA .Por lo que para reducir el nivel de ruido radiado deberían instalarse sistemas de aireación adecuados.
- Disponiendo de los mapas de curvas insonoras alrededor del transformador ya que éste no radia uniformemente en toda su superficie podría instalarse dirigiendo los lóbulos menos molestos enfocados hacia la zona de viviendas.

### 2.3 Amortiguación de vibraciones.

Para amortiguar las vibraciones de la cuba se puede colocar en la parte exterior vibradores de resonancia para amortiguar la vibración fundamental (fig. 1A) y del primer armónico (fig 1B).

Estos vibradores se colocan en el vientre de la onda de vibración. También se ha considerado la posible utilización de aceites de alta viscosidad, lo que llevaría a un aumento de refrigeración de los transformadores.

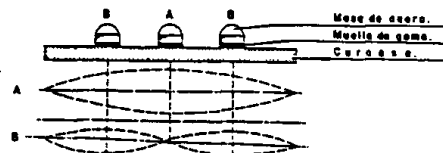


Figura 1.- Vibrador de resonancia.

### 3 CALCULO DEL NIVEL DE RUIDO MEDIO $L_p$ EN LA SUPERFICIE PERIMETRAL DEL TRANSFORMADOR.

$L_p$  es el valor medio del nivel de ruido en la superficie perimetral de medida  $S_p$ . Para hallar este valor medio a partir de  $n$  medidas ( $n$  variable entre 4 y 10) del nivel de presión sonora  $L_{p_i}$  en puntos de la superficie  $S_p$ , hay que calcular el valor medio (media aritmética) de la energía correspondiente a cada punto, es decir,  $L_p$  es un nivel equivalente espacial (nivel teórico uniforme sobre toda la superficie) :

$$L_p = 10 \cdot \log [ 1/n \sum p_i^2 : z_0 / p_0^2 : z_0 ] = 10 \log [ 1/n \sum 10^{L_i/10} ]$$

ya que a partir de  $L_i = 10 \log p_i^2 / p_0^2$  se deduce que :  $p_i^2 / p_0^2 = 10^{L_i/10}$

La cantidad entre paréntesis es la media aritmética de las energías y no de los niveles. No obstante ,cuando los niveles  $L_i$  no difieren en más de 5 dB, el error cometido al calcular directamente la media aritmética de los niveles  $L_i$  en lugar de la media de las energías correspondientes ,es inferior a 1/2 dB

Para evitar el cálculo de cantidades exponenciales ,se puede utilizar la curva de la figura 2 para cada par de valores aplicados sucesivamente de mayor a menor a los niveles medidos en puntos de la superficie.

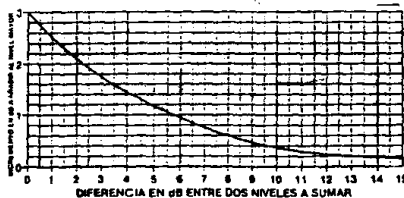


Figura 2 : curva para el cálculo gráfico de suma de dB.

- La norma española UNE 21315 coincidente con la publicación CEI 551 (2ª edición 1987) .En el apartado 6.1, 2ª línea, donde dice valores "medios" debería decir valores "medidos", y en la definición de  $L_p(A)$  ,donde dice "media cuadrática de los niveles de presión acústica ...." debería decir "nivel correspondiente a la media aritmética de las energías" (es decir, nivel medio cuadrático ponderado A de las presiones acústicas en la superficie perimetral de medida, en decibelios, referencia  $20 \mu Pa$ ).

Para transformadores trifásicos en aceite los niveles máximos de potencia sonora admitidos son los recogidos en la tabla I.

Tabla I Niveles máximos de potencia acústica en dBA para transformadores de distribución

| Potencia del transformador con dieléctrico aceite<br>KVA | UNESA |       | HD 428S2 |
|--|-------|-------|----------|
|  | 24 KV | 36 KV | 24 KV    |
| 50   | 49    | 54    | 55       |
| 100  | 53    | 58    | 59       |
| 160  | 59    | 61    | 62       |
| 250  | 62    | 64    | 65       |
| 400  | 65    | 67    | 68       |
| 630  | 67    | 69    | 70       |
| 1000   | 68    | 70    | 73       |

#### 4 TRATAMIENTOS EN LOS CENTROS DONDE SE ENCUENTRAN UBICADOS LOS TRANSFORMADORES.

Siempre que deseemos obtener atenuaciones elevadas se recurre a acorazamientos y tratamientos de los recintos que impidan que las ondas sonoras puedan propagarse libremente en el espacio.

En la figura 3 recogemos el tratamiento en la obra civil y en la instalación de la aparatenta y equipo de un centro de transformación con dos transformadores.

En la figura 4 se recoge el debilitamiento del ruido en función de la frecuencia  $f$ , obtenido por medio de una pantalla de masa  $60 \text{ Kg/m}^2$ . En ella puede verse el gran debilitamiento para el cerramiento total (curva a) frente a la producida por un cerramiento parcial, sin techo (curva b).

La figura 5 se recoge el nivel sonoro radiado por el aire y a través de los paramentos.

La figura 6 las posibles actuaciones para impedir la transmisión del ruido y de la vibración a las viviendas contiguas.

