

MICROFONOS

VI.1. Transductores básicos

.Los Micrófonos se pueden clasificar de acuerdo con la forma de transducción, en otras palabras, dependiendo de la forma como se transforma la señal acústica en eléctrica.

VI.1.1. Micrófonos de Carbón.

.Fueron los micrófonos utilizados durante mucho tiempo en los teléfonos, su principio de funcionamiento se basa en el cambio de resistencia en los granos de carbón al ser comprimidos por el diafragma al recibir estas variaciones de presión sonora.

.De la curva del micrófono de carbón se deducen sus pobres características frecuenciales que han hecho posible su casi desaparición del mercado (Excepto en teléfonos económicos).

VI.1.2. Micrófonos Piezoeléctricos.

.Estos micrófonos se basan en la capacidad que tienen los cristales piezoeléctricos de generar cargas eléctricas al ser sometidos a presión (En griego piezein = presión).

.Aunque su respuesta es mejor que el micrófono de carbón, no llega a ser suficientemente bueno para grabaciones profesionales, por lo que se utiliza solo en micrófonos pequeños para voz.

VI.1.3. Micrófonos Dinámicos (Bobina móvil).

.Se basan en el principio de inducción electromagnética (son la versión dual de los Parlantes de bobina móvil), según el cual si un hilo conductor se mueve dentro de un campo magnético, en el conductor se inducirá un voltaje de acuerdo con:

donde: $e = Blv$..(VI.1)

e = potencial inducido, en voltios.

B = Densidad de flujo magnético, en teslas.

l = longitud del conductor, en metros.

v = velocidad del movimiento, en metros/s.

Son micrófonos muy utilizados por su resistencia, confiabilidad y buena respuesta en frecuencia.

VI.1.4. Micrófono de Cinta

.Este tipo de micrófono también trabaja bajo el principio de inducción magnética y responde a la diferencia de presión sonora entre los dos lados de la cinta y por eso recibe también el nombre de micrófono de gradiente de presión o de velocidad o bidireccional.

.Debido a que responde a la diferencia de presión, este micrófono tiene una respuesta polar con un máximo en el eje perpendicular a la lámina, mientras que no responde a los sonidos laterales.

VI.1.5. Micrófono Capacitor (Condensador).

Recordemos que un Condensador almacena carga cuando se le suministra un potencial eléctrico. La ecuación que describe el fenómeno es:

donde: $Q=CV$

Q = carga, en coulombs.

C = capacitancia, en faradios.

V = potencial, en voltios.

En un micrófono capacitivo (Fig. VI.11) la placa posterior está fija, mientras que la otra (el diafragma) se desplaza al recibir variaciones de presión, ya que el interior del micrófono está a un presión constante igual a la presión atmosférica.

La variación de la capacitancia, al cambiar la distancia entre las placas, producirá una variación de voltaje:

.Este tipo de micrófono produce la mejor respuesta de frecuencia por lo cual son los mas utilizados en grabaciones profesionales. Debido a que responde a variaciones de presión se clasifican en los micrófonos de presión, y como consecuencia de ello tienen una respuesta omnidireccional.

VI.1.6. Micrófono Eléctret

Un material Electret tiene como característica su capacidad de mantener carga sin necesidad de una fuente de polarización, por lo cual tiene cada vez mayor popularidad por razones económicas.

VI.2. Características direccionales. Patrones básicos de los micrófonos.

Una de las características más importante de los micrófonos es su direccionalidad ya que, de acuerdo con cada tipo ambiente acústico o del programa a grabar, se requerirá un patrón polar distinto.

Existen tres tipos básicos de patrones: unidireccional, bidireccional y omnidireccional, aunque se pueden conseguir otros patrones combinando los tipos básicos.

La ecuación polar, en su forma general es:

Donde $A+B=1$

Los valores particulares de A y B definirán el tipo de respuesta. Por lo cual tenemos que:

- $A=1$ y $B=0$: patrón Omnidireccional,. En este caso el micrófono responde solo a variaciones de presión. Figura VI.13
- $A=0$ y $B=1$: patrón bidireccional. En este caso se tiene que el micrófono responde solo a velocidad (o gradientes de presión). Fig.VI. 14
- $A=B=0.5$: patrón del tipo cardioide,. Este sistema equivale a sumar un elemento de velocidad con uno de presión:
- $A= 0.375$ y $B=0.625$: patrón Supercardioide.
- $A=0.25$ y $B=0.75$: patrón del tipo Hiper-cardioide.

AUDIFONOS

Sistemas de Altavoces y Cajas Acústicas

.De todos los elementos de la cadena electroacústica, el que presenta una mayor variedad de diseño, diversidad de criterios para su evaluación y mayor fanatismo entre los adeptos a ciertas marcas o modelos es el sistema de Altavoces, esto se debe a que su función es extremadamente compleja de cumplir.

.En primer lugar, debe ser capaz de reproducir la totalidad del registro auditivo, esto es, de 20 Hz a 20 KHz, lo cual se traduce en una gama de longitudes de onda que van desde 17 metros hasta 1.7 centímetros. Adicionalmente debe integrarse convenientemente con el ambiente acústico donde se encuentre, y esto puede ser desde un pequeño cuarto de 3 x 3 metros hasta una sala de conciertos.

.Deberá reproducir todo tipo de música: sinfónica, barroca, rock, jazz, así como también los efectos sonoros no musicales de las películas, lo cual se traduce en niveles de presión sonora hasta de 120 dB.

.No existe, hasta los momentos, ningún sistema de altoparlantes con la capacidad de reproducir con fidelidad todas las condiciones indicadas en los párrafos anteriores, es por ello que el ingeniero de sonido debe seleccionar cuidadosamente el sistema de altoparlantes adecuados para cada aplicación y es por ello que existe una enorme variedad de modelos: Dinámicos, Electrostáticos, de plasma, bocinas, de cinta, etc.

VII.1. El Altavoz

.La historia del altavoz tiene ya mas de un siglo. En 1877 Edison diseñó un aparato capaz de transcribir telegramas, y el mismo año inventó un transductor para el teléfono.

El primer transductor que utilizó fuerza electromotriz fue realizado por Graham Bell, siendo luego mejorado por Mac Lachlan. Luego se desarrollaron modelos como el Termógrafo, el Altavoz de arco, el condensador cantante y el de cuarzo, pero el que más éxito ha tenido durante un siglo ha sido el Altavoz electrodinámico.

VII.2.Parámetros característicos de los altavoces.

.El comportamiento de los altavoces de bobina móvil ha sido estudiado y desarrollado por Beranek, y Small, y se ha modelado como sistema de tipo pasa-alto.

.En el modelado de los altavoces de bobina móvil, las características eléctricas y mecánicas se encuentran en parámetros concentrados.

El altavoz está constituido principalmente en tres partes:

a) Conjunto Eléctrico:

Conformado por la inductancia y la resistencia de la bobina, L_e y R_e respectivamente, que interacciona con el "gap" magnético.

b)Conjunto Mecánico:

Conformado por la masa de la bobina y el diafragma MMD y por el efecto de la elasticidad y la resistencia de la suspensión, CMS y rMS respectivamente.

c) Conjunto Acústico:

Conformado por el diafragma en movimiento y cualquier carga acústica asociada a ambos lados. En el caso de un baffle infinito la impedancia de radiación reflejada al conjunto mecánico es $ZMR=1/rmr$, donde rMR es la movilidad de la radiación.

.Una representación esquemática del movimiento del altavoz se puede observar en la interacción de las partes mecánicas del altavoz el cual se encuentra a velocidad cero, mientras que el otro lado se encuentra a una velocidad u_c , la cual es la velocidad del movimiento de la bobina.

.El motor, o la transformación electro-mecánica se modela por un girador de relación Bl , mientras que la transformación mecánico-acústica se modela por un transformador de relación S_d : 1 donde S_d es el área efectiva del diafragma o cono.

Los parámetros requeridos para analizar el altavoz son:

- a : Radio efectivo del diafragma. <m>
- S_d : Superficie efectiva del diafragma del altavoz. <m²>
- B : Densidad del flujo magnético de la fisura ("gap"). <weber/m²>
- Bl : Factor de fuerza magnética del altavoz. <weber/m>
- R_e : Resistencia eléctrica de la bobina. <1/2>
- L_e : Inductancia de la bobina. <H>
- R_g : Resistencia del generador. <1/2>
- e_g : Generador de voltaje. <v>
- i : Corriente eléctrica. <A>
- F_c : Fuerza generada por Bli . <newton>
- u_c : Velocidad de la bobina. <m/s>
- MMD : Masa del diafragma y la bobina. <Kg>
- CMS : Elasticidad de la suspensión. <m/newton>
- RMS : Resistencia mecánica de la suspensión. <1/2>
- ZMR : Impedancia mecánica de radiación. <1/2>

.Para simplificar el modelo podemos reflejar las impedancias eléctrica y mecánica al lado acústico.

Donde:

- MAS : Masa acústica del diafragma incluyendo la bobina y la carga del aire
- CAS : Elasticidad acústica de la suspensión
- RAS : Resistencia acústica debida a las pérdidas de la suspensión.

.Los parámetros fundamentales del altavoz que controlan el desempeño de pequeña-señal del sistema son S_d , (Bl) , R_e , MMD , CMS y RMS . Estos parámetros son fundamentales porque cada uno es independiente de los otros. Sin embargo, es conveniente describir el sistema en términos de cuatro parámetros básicos usados por Thiele y tomados para propósitos de diseño y análisis por Small, los cuales son fáciles de medir y de trabajar. Estos son:

- f_s : Frecuencia de resonancia del sistema móvil del altavoz, especificado para el altavoz en el aire libre sin baffle.
- VAS : Elasticidad acústica del altavoz, expresada en volumen de aire equivalente.
- QES : Factor Q del altavoz considerando únicamente las pérdidas eléctricas, reflejado a la reactancia de movimiento a f_s .
- QMS : Factor Q del altavoz considerando únicamente las pérdidas mecánicas, reflejado a la

reactancia de movimiento a fS.

.Reflejando el modelo del altavoz al lado eléctrico y despreciando la carga acústica, podemos obtener el equivalente eléctrico en donde se tiene:

CMES: Capacitancia eléctrica debida al reflejo de la masa del altavoz

LCES: Inductancia eléctrica debida al reflejo de la elasticidad del altavoz.

RES: Resistencia eléctrica debida al reflejo de las pérdidas de la suspensión del altavoz.

.Podemos determinar la frecuencia de resonancia del altavoz $\omega_S = 2\pi f_S$, o la constante de tiempo característica TS, dada por el factor Q del circuito resonante del altavoz con RES actuando solo es:

Similarmente, el factor Q con RE actuando solo, y con $R_G = 0$, es

El parámetro VAS viene dado por la siguiente ecuación

VII.3. Los altavoces y las cajas acústicas

.En el caso de un altavoz generalizado de radiación directa, el efecto de la carga acústica se aumenta considerablemente.

.Donde UD, UP y UL son las velocidades volumétricas acústicas generadas por el movimiento de aire del diafragma del altavoz, del ducto o radiador pasivo y de las pérdidas de la caja respectivamente.

Los demás parámetros son los siguientes:

RAL: Resistencia acústica causada por las fugas de la caja

CAB: Elasticidad acústica del aire encerrado

RAB: Resistencia causada por la absorción de energía acústica

MAP: Masa acústica del ducto o del radiador pasivo incluyendo la carga del aire

CAP: Elasticidad acústica de la suspensión del radiador pasivo

RAP: Resistencia acústica de las pérdidas del ducto o del radiador pasivo.

.A frecuencias muy bajas, donde las dimensiones de los espacios entre las aberturas es mucho menor que una longitud de onda, el sistema se puede aproximar como una combinación de fuentes coincidentes. Entonces la velocidad volumétrica resultante es:

La potencia acústica radiada por el sistema.

Donde

PA: Potencia acústica de salida

RAR: Parte resistiva de la carga de radiación del sistema.

VII.4. Cajas Cerradas

.Para el diseño de un altavoz en caja cerrada se representa la carga acústica de la caja, la cuál es una simplificación de la figura eliminando la porción del ducto y despreciando las pérdidas de la caja.

.Modelo de un Sistema de Altavoces de Cajas cerradas.

.Combinando los elementos en serie podemos obtener el modelo simplificado de la figura y reflejando el sistema al lado eléctrico del modelo tenemos el circuito de la figura.

Los parámetros de los circuitos anteriores son

Elasticidad acústica total del sistema:

Resistencia acústica total del sistema:

a demás:

.El circuito presentado es únicamente válido para el rango de frecuencias en donde el altavoz se comporta como un pistón, estas frecuencias deben corresponder a longitudes de onda tales que $\delta/16 > l$ donde l es la longitud efectiva de un ducto cerrado del mismo diámetro del altavoz y de volumen igual a la caja cerrada.

.Los valores de los elementos del circuito se asumen que son independientes de la frecuencia en este rango. Los efectos de la inductancia de la bobina y la resistencia de la carga de radiación son despreciables.

.La función de la respuesta del sistema de caja cerrada $G(s)$ se puede obtener fácilmente del circuito de la figura, así como también la función de desplazamiento de la bobina $X(s)$; la función de la impedancia de la bobina $ZVC(s)$ se obtiene del circuito de la figura.

.A continuación se definen cada una de las funciones En donde cada uno de los parámetros son:

$\omega_c = 2\pi f_c$ frecuencia de resonancia del sistema, dado por QMC Factor Q del sistema a f_c considerando únicamente las resistencias no eléctricas, dado por QEC Factor Q del sistema a f_c considerando solo la resistencia eléctrica R_E , dado por QTCO Factor Q total del sistema a f_c cuando la resistencia de salida de la fuente $R_G=0$, dado por QTC Factor Q total del sistema a f_c incluyendo todas las resistencias del sistema.

a : Relación de elasticidad del sistema, dado por

.La función de respuesta en frecuencia de un sistema de caja cerrada se corresponde con un filtro pasa alto de segundo orden (pendiente de la banda de corte de 12 dB /octava). Esta función contiene la información a baja frecuencia de: la amplitud, la fase, el retardo y las características de la respuesta transiente de los sistemas de caja cerrada.

En la figura se pueden apreciar las distintas curvas correspondientes a la amplitud de la respuesta en frecuencia normalizada de caja cerrada para distintos valores de QTC.

.Respuesta de un Sistema de altavoz de caja cerrada para diferentes valores de Q La eficiencia del sistema de caja cerrada en la región pasante, también llamada eficiencia de referencia de sistema, es la que se obtiene operando con un valor particular de carga de masa de aire dada por la caja.

.Es un volumen que tiene la misma elasticidad acústica total de la suspensión del altavoz y del aire encerrado en la caja actuando juntos.

La ecuación anterior puede ser reescrita como:

f_3 Frecuencia de corte (media potencia o -3 dB) del sistema

VB Volumen interno neto de la caja del sistema

k_n Constante de eficiencia del sistema dada por

.La ecuación muestra claramente la relación entre la eficiencia, el ancho de banda y el volumen de la caja del sistema. La máxima eficiencia posible para un sistema de caja cerrada viene dada por donde f_3 está en Hz y VB está en m^3 .

.La potencia acústica del sistema está limitada por el desplazamiento de la bobina. Suponiendo un desplazamiento lineal del diafragma, la potencia acústica viene dada por donde VD es el volumen del desplazamiento pico del diafragma del altavoz.

.La ecuación de potencia acústica se puede reescribir como donde k_p es una constante de relación de potencia dada por el máximo valor de k_p ocurre para un QTC cuyo valor este cercano a 1.1, en este caso la potencia máxima de los sistemas de caja cerrada viene dada por la caja acustica.

.Luego, para diseñar una caja acústica cerrada a partir de los parámetros de Thiele y Small se debe seguir el siguiente procedimiento:

1.- Se selecciona el QTC a partir del tipo de respuesta deseada.

2.- Dependiendo de relleno o no de la caja tendremos

donde:

$Q'TC = QTC$ ajustando tomando en cuenta pérdidas.

$QA = 5$ para cajas con relleno y 10 para cajas sin relleno.

3.- Se calcula la relación.

4.- Se calcula el volumen de la caja VB.

5.- La frecuencia de resonancia de la caja.

6.- Se grafica la respuesta del sistema.

VII.5. Cajas Acústicas de carga simétrica.

.Se tiene un modelo de caja acústica que ha ganado mucha popularidad para reproducción de bajas frecuencias. El diseño tiene la virtud de tener una respuesta tipo Pasa-Banda y, por lo tanto filtrar acústicamente cualquier distorsión que genere el altavoz.

El modelo equivalente de este sistema es el indicado.

Donde QBP es el factor de calidad del filtro pasabanda

Para diseñar una caja acústica de carga simétrica se procede de la siguiente manera:

1.– Se elige el coeficiente de sobretensión QBP de acuerdo con la tabla:

QBP	δ
1.25	2.7
1	1.25
0.83	0.35
0.71	0
0.6	0

Tabla VII.1. Coeficientes de sobretensión.

δ = atenuación en la frecuencia de resonancia.

También se puede trabajar con el siguiente procedimiento:

2.– Se genera una tabla de valores de QTC1 y f_h/f_L en función de δT : con valores desde 0.1 hasta 10:

para obtener la relación f_h/f_L debe tenerse en cuenta que son las frecuencia que definen el ancho de banda del sistema y corresponden a una respuesta de -3dB de la banda pasante. Por lo cual se debe igualar la respuesta a 0.707, resultando:

3.– Se selecciona de la tabla formada en el punto anterior el valor de δT y de QTC1 que dé el valor deseado de ancho de banda.