



ESPAÑA

19 ES	11 NUMERO 475.710	10 A1
	21 FECHA DE PRESENTACION 5-12-78	

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

10 PRIORIDADES:	23 PAIS	
21 NUMERO	22 FECHA	
858.034	6-12-77	EE.UU.
858.054	6-12-77	" "

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G01R	

60 TITULO DE LA INVENCION

"UN APARATO PARA DETECTAR Y SITUAR EMISIONES ACUSTICAS DESDE UN ORIGEN DE UNA DESCARGA EN CORONA, Y UN METODO CORRESPONDIENTE"

71 SOLICITANTE (S)

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION (Case No. 47.706-A)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados Unidos de América.

72 INVENTOR (ES)

Ronald Thomas Harrold y Allen Igo Bennett

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

DON OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ (P.L. 70.539)

Este invento se refiere en general a un aparato eléctrico, tal como, por ejemplo, un aparato eléctrico inductivo y, más concretamente, a la detección y localización de la fuente de descargas en corona dentro de tal aparato, cuando tal aparato está dispuesto dentro de una cuba o recinto.

Se describe aquí un aparato para detectar y localizar descargas en corona dentro de la cuba de un aparato eléctrico. Dentro de una cuba de un aparato eléctrico hay dispuestas guías de ondas acústicas, las cuales pueden ser continuas, teniendo cada guía de ondas un extremo situado en las proximidades de una parte del aparato eléctrico para transmitir emisiones acústicas desde la fuente de una descarga en corona o parcial a receptores acústicos situados en posiciones alejadas. Alternativamente, se puede prever una guía de ondas continua que tenga los extremos primero y segundo de la misma acoplados a transductores acústicos primero y segundo, estando la guía de ondas dispuesta de modo que las emisiones acústicas procedentes de una fuente de descarga en corona, dentro del aparato eléctrico, incidirán sobre la guía de ondas en algún lugar a lo largo de la longitud de la guía de ondas.

El ensayo de descargas en corona de un aparato eléctrico de alto voltaje, tal como de transformadores que están llenos de fluido aislante, es deseable, de modo que se identifiquen y se localicen los puntos débiles o fallos en el sistema de aislamiento que puedan eventualmente originar perforaciones parciales del aislamiento. El ensayo de las descargas en corona puede así localizar los fallos incipientes, que permiten que el aparato pase los ensayos

usuales, pero que pueden originar una perforación completa del aislamiento en algún momento futuro.

El ensayo de descargas en corona debe no solamente indicar la presencia de la descarga en corona en el aparato lleno de fluido, sino que debe proporcionar algunos medios para determinar con precisión su posición exacta. En un método de ensayo de descargas en corona típico de la técnica anterior para detectar y localizar las descargas en corona, se usa una señal eléctrica proporcionada por la descarga en corona o bien una señal sensible a las vibraciones mecánicas producidas en el fluido aislante por los cambios de presión en el fluido inducidos por la descarga en corona. Se usa la señal eléctrica para disparar el barrido horizontal de un osciloscopio de rayos catódicos, y las vibraciones mecánicas son captadas por un transductor de mecánico a eléctrico convenientemente situado, el cual proporciona una señal de salida eléctrica al terminal de deflexión vertical del osciloscopio. El tiempo que transcurre entre la iniciación del barrido y la iniciación de la deflexión vertical, indica la distancia desde la descarga en corona al captador del transductor. Moviendo el transductor y repitiendo la secuencia, se permite la localización aproximada de la descarga en corona, que se identifica por triangulación.

Como se ha ilustrado en las patentes para los EE. UU. números 3.505.907; 3.612.992 y 3.728.619, todas las cuales están cedidas al cesionario de la presente solicitud, los perceptores acústicos o transductores de mecánico a eléctrico corrientemente usados para la detección y localización de descargas en corona internas, están mon-

tados en la superficie exterior de las cubas de acero del aparato eléctrico lleno de fluido. Los perceptores acústicos están al potencial de tierra y están montados exteriormente en la cuba, a la vista de los altos voltajes que intervienen durante el ensayo y el funcionamiento real del aparato eléctrico, el interior del cual está a un potencial de funcionamiento muy alto. Dependiendo del grosor de la pared de la cuba, que usualmente está hecha de acero, la diferencia de sensibilidades entre un perceptor externo y uno interno podría llegar a ser de hasta 10 a 1, originando la atenuación y las reflexiones por la estructura del aparato eléctrico ambigüedades y pérdidas de señal adicionales. Evidentemente, es deseable el montaje interno de los perceptores acústicos debido a la mayor sensibilidad y precisión de la localización de la descarga; no obstante, es arriesgado. Así, es evidente que la precisión de la detección y localización de la fuente de descargas en corona dentro del aparato eléctrico, depende en gran medida de la intensidad de la señal de presión recibida por los perceptores acústicos.

El presente invento proporciona ventajosamente medios de detección de descarga en corona mejorados para el aparato eléctrico, los cuales tienen mayor sensibilidad y precisión de localización de la descarga en corona. El nuevo aparato de detección de la descarga en corona descrito puede ser introducido en la cuba de un aparato eléctrico sin crear problemas de tensiones eléctricas debidos al alto voltaje asociado con tal aparato eléctrico. Además, el aparato de detección de este invento puede ser instalado permanentemente dentro de un aparato inductivo eléctrico.

co, para actuar con ello como un detector de fallos incipientes.

En una primera realización aquí descrita e ilustrada, hay dispuestas guías de ondas acústicas dentro de la cuba del aparato eléctrico, cada una de las cuales tiene un extremo acoplado acústicamente a un receptor acústico, tal como a un transductor de mecánico a eléctrico, montado exteriormente a la cuba y que, además, tiene el otro extremo dispuesto en las proximidades de la parte que tiene tensión de alto voltaje del aparato eléctrico. Las guías de ondas acústicas transmiten las emisiones acústicas desde la fuente de una descarga en corona de puntos de alto voltaje en el aparato eléctrico a los receptores acústicos, sin la considerable atenuación asociada con los detectores de las descargas en corona de la técnica anterior, los cuales tienen también invariablemente receptores montados en la pared exterior de la cuba pero que no tienen guías de ondas para detectar la onda de presión en el fluido aislante dentro de la cuba, resultante de una descarga en corona. Transmitiendo las emisiones acústicas más eficazmente a los receptores acústicos, se hace más precisa la detección y localización de la fuente de descargas en corona dentro del aparato eléctrico.

En una segunda realización descrita, cada guía de ondas tiene un detector montado en cada extremo de la misma, y la guía de ondas está situada de modo que la energía acústica, debida a cualquier descarga en corona desarrollada, incidirá en una región en algún lugar a lo largo de la longitud de la guía de ondas.

Características adicionales, ventajas y otros

usos de este invento, se pondrán mejor de manifiesto con referencia a la descripción detallada que sigue y a los dibujos, en los cuales:

5 La Fig. 1 es una vista en alzado, parcialmente recortada, de un transformador eléctrico en el que se utiliza un aparato de detección de la descarga en corona construido de acuerdo con una realización del invento;

10 La Fig. 2 es un gráfico en el que se ilustran las relaciones de las emisiones ultrasónicas de 40 kHz recibidas en función de la distancia desde la fuente, para diferentes guías de ondas acústicas en el aire;

15 La Fig. 3 es un gráfico en el que se ilustran las relaciones de las emisiones ultrasónicas de 80 kHz recibidas, en función de la distancia desde la fuente, para diferentes guías de ondas acústicas en el aire;

La Fig. 4 es un gráfico en el que se ilustran las relaciones de las emisiones ultrasónicas de 40 kHz, recibidas en función de la distancia desde la fuente, para diferentes guías de ondas acústicas en aceite mineral;

20 La Fig. 5 es un gráfico en el que se ilustran las relaciones de las emisiones ultrasónicas de 80 kHz recibidas, en función de la distancia desde la fuente, para diferentes guías de ondas acústicas en aceite mineral;

25 La Fig. 6 es un gráfico en el que se ilustran las relaciones de las emisiones ultrasónicas de 80 kHz recibidas, en función de la distancia desde la fuente, para diferentes guías de ondas acústicas en aceite y en el aire;

30 La Fig. 7 es una vista en alzado, parcialmente recortada, de un aparato eléctrico que tiene un aparato de detección de descargas en corona construido de acuerdo con

otra realización de este invento; y

La Fig. 8 es una vista en corte, tomada en general a lo largo de la línea VIII-VIII de la Fig. 1.

5 En todo el estudio que sigue, un mismo componente se ha designado por el mismo número de referencia en todas las Figuras de los dibujos en que aparece ilustrado.

Con referencia ahora a los dibujos, y a la Fig. 1 en particular, se ha ilustrado en ella un aparato de detección de descargas en corona construido de acuerdo con  
10 una realización de este invento para ensayo de un aparato eléctrico de alto voltaje, tal como de un transformador eléctrico 10. El transformador 10 ilustrado es del tipo de forma de concha, e incluye conjuntos de arrollamiento de fase 11, 12 y 13 los cuales están dispuestos en relación  
15 inductiva con un núcleo magnético 14. Cada arrollamiento de fase, tal como el arrollamiento de fase 11, consiste en un arrollamiento 18 de alto voltaje que está dispuesto entre arrollamientos 16 y 20 de bajo voltaje. Los arrollamientos de fase 11, 12 y 13 y el núcleo magnético 14 están dis-  
20 puestos dentro de una cuba adecuada 22, la cual está llena hasta un nivel, indicado por el número de referencia 28, con un fluido aislante adecuado, tal como aceite mineral.

Aunque se ha ilustrado un transformador del tipo de forma de concha trifásico, se comprenderá que los principios de este invento son igualmente aplicables a los trans-  
25 formadores monofásicos de ya sea el tipo de forma de concha o ya sea el tipo de forma de núcleo, a los reactores eléctricos, a las subestaciones aisladas con gas, a los grandes aparatos giratorios y a otros aparatos eléctricos de  
30 alto voltaje susceptibles de sufrir descargas en corona

durante su funcionamiento.

En un aparato eléctrico de alto voltaje, tal como en el transformador ilustrado 10, las descargas en corona pueden producirse en diversas posiciones. La posición 30 de descarga en corona está situada entre el arrollamiento 18 de alto voltaje y la envuelta 22 del transformador. Así, una descarga en corona en la posición 30 es producida por la tensión del voltaje entre el arrollamiento 18 de alto voltaje y la cuba 22 puesta a tierra. También puede tener lugar una descarga en corona en la posición 32, la cual es producida por la tensión mecánica debida al voltaje entre el arrollamiento 18 de alto voltaje y el arrollamiento 16 de bajo voltaje. La posición 34 de la descarga en corona está adyacente al arrollamiento 18 de alto voltaje y puede ser producida por la tensión mecánica debida al voltaje entre el arrollamiento 18 de alto voltaje y el núcleo 14 magnético puesto a tierra.

Como es bien sabido, una descarga en corona en un aparato eléctrico de alto voltaje produce emisiones u ondas acústicas, las cuales pueden ser detectadas mediante perceptores acústicos adecuados. Los perceptores 36, 38 y 40, los cuales consisten generalmente en un transductor de señal mecánica a eléctrica, convierten las vibraciones acústicas en una señal eléctrica indicadora de la descarga en corona. De acuerdo con la realización preferida de este invento, los perceptores acústicos 36, 38 y 40 incluyen transductores resonantes que funcionan en frecuencias próximas a las de 40 y 80 kHz, a fin de detectar las frecuencias de las emisiones acústicas originadas por la descarga en corona dentro del aparato eléctrico 10.

Como se ha ilustrado más claramente en la Fig. 8, los perceptores acústicos, tales como el perceptor 36, comprenden un perceptor piezocerámico 94, el cual puede ser sensible a una sola frecuencia, tal como la de 80 kHz, o bien puede ser del tipo de banda ancha, tal como el sensible a una gama de frecuencias desde 1 kHz hasta 10 MHz. En uno u otro caso, el perceptor piezocerámico 94 está montado en un alojamiento 92, el cual está sujeto por medios adecuados, tales como tornillos 97 de bloqueo, a un dispositivo de apoyo 90. El dispositivo de apoyo 90, el cual está formado de una sustancia adecuada, tal como de caucho de butilo, aísla acústicamente al perceptor piezocerámico 94 y al alojamiento 92 de la cuba 22 del aparato eléctrico 10, a fin de impedir que las emisiones acústicas transmitidas a través de la guía de ondas 44 sean atenuadas por la pared 22 de la cuba. El dispositivo de apoyo está dispuesto en una abertura en la cuba 22 del aparato eléctrico 10 y está sujeto en relación de obturado con ella mediante juntas adecuadas, no ilustradas, y pernos 99. La guía de ondas acústicas es llevada a través de una abertura en el dispositivo de apoyo 90 y tiene su extremo 52 conectado al alojamiento 92 piezocerámico, por medios de conexión adecuados, tales como un pegamento de resina epoxídica, indicado por el número de referencia 96, el cual proporciona buen contacto acústico entre la guía de ondas acústicas 94 y el alojamiento piezocerámico 92 y el perceptor 94 dispuesto en el mismo. La salida eléctrica del perceptor piezocerámico 94 es llevada a través de un conductor, tal como un cable coaxial 41, a un aparato de detección de señal adecuado que se describe aquí en lo que sigue.

Aunque el perceptor acústico 36 se ha ilustrado como montado en la pared de la cuba del aparato eléctrico 10, puede estar montado en cualquier otra posición alejada, para incluir igualmente un dispositivo de apoyo totalmente separado de, y exterior a, la cuba 22 del aparato eléctrico 10.

Está también previsto que sea conectada a los perceptores acústicos 36, 38 y 40 una instrumentación 42 de detección de señal de banda estrecha o de banda ancha adecuada, a fin de detectar y localizar la fuente de la descarga en corona dentro del transformador eléctrico 10. La instrumentación 42 puede consistir en un osciloscopio de rayos catódicos el cual, al ser disparado por un impulso eléctrico procedente de la descarga en corona, permite medir el tiempo de transmisión de la onda acústica desde la fuente de la descarga en corona hasta el perceptor acústico. Además, la instrumentación de banda estrecha puede incluir un medidor de ruidos de radio para detectar la magnitud de la descarga en corona.

Como es bien sabido por los expertos en la técnica, el nivel de presión de la onda acústica resultante de una descarga en corona en un aparato eléctrico lleno de fluido, varía de modo inversamente proporcional a la distancia desde la fuente de la descarga en corona. Esta atenuación o reducción de la intensidad de la señal, además de la originada por la pared de la cuba, va en perjuicio de la exacta detección y localización de las descargas en corona dentro de un aparato eléctrico lleno de fluido. Con objeto de mejorar la sensibilidad de los perceptores acústicos y de detectar y localizar con ello exactamente la

fuelle de las descargas en corona, se disponen dentro de la cuba del aparato eléctrico guías de ondas acústicas de material, configuración y tamaño elegidos, para transmitir las emisiones acústicas desde una fuente de descarga en corona hasta los perceptores acústicos montados en una posición alejada. En consecuencia, se han ilustrado en la Fig. 1 guías de ondas acústicas 44, 46 y 48, las cuales transmiten las emisiones acústicas resultantes de una descarga en corona en las posiciones de descarga en corona 30, 32 y 34, a los perceptores acústicos 36, 38 y 40, respectivamente.

Para elegir el material apropiado para uso en un aparato eléctrico se han de considerar varias propiedades del material usado para formar las guías de ondas acústicas. La transmisión acústica a través de guías de ondas acústicas formadas de varillas cilíndricas, se consigue del mejor modo cuando la relación de Poisson ( $\nu$ ) (la relación del cambio de diámetro al cambio de longitud de una varilla tensada longitudinalmente) del material de la varilla es inferior a 0,26, ya que para ciertos ángulos de incidencia en la superficie interior de la varilla, las ondas longitudinales son convertidas por completo en ondas transversales y viceversa, de modo que se produce menor atenuación de ondas a lo largo de la varilla. En la Tabla I se han relacionado varios valores aproximados de la relación de Poisson para diferentes materiales, y puede verse en ella que el cristal de cuarzo, el cristal de Pyrex, el zinc y especialmente el berilio (material tóxico), son materiales atractivos para guías de ondas acústicas.

TABLA I  
PROPIEDADES ACUSTICAS DE LOS MATERIALES PARA GUIAS DE ONDAS

Material	Densidad( $\rho$ )	Velocidad longitudi- nal de la onda(c)	Impedancia acústica	Relación de Poisson
	$\frac{\rho}{\text{g/cc}}$	$\frac{\text{m/seg}}{\text{m/seg}}$	$\rho c \times 10^6$ $\frac{\text{g/cm}^2/\text{seg}}$	aproximada ( $\sigma$ )
Acero	7,7	5.880	4,53	0,32
Vidrio de sílex (Flint-Glass) extra-denso	6,1	~ 4.000	2,40	0,22-0,26
Vidrio Pyrex	3,0	~ 5.000	1,50	0,16-0,24
Vidrio de cuarzo	2,6	~ 6.000	1,20	0,17
Berilio	1,8	~ 11.000	1,98	0,05
Plexiglas	1,2	~ 2.680	0,32	0,4
Aceite Mineral	0,9	~ 1.390	0,128	
Aire	0,0012	330	0,00004	
Zinc	7,1	~ 3.810	2,7	0,21-0,25
Cobre	8,9	~ 3.790	3,37	0,26

TABLA I (Continuación)  
PROPIEDADES ACUSTICAS DE LOS MATERIALES PARA GUIAS DE ONDAS

Material	Densidad( $\rho$ )	Velocidad longitudinal	Impedancia acústica	Relación de Poisson
	$\frac{g}{cc}$	nal de la onda(c) $\frac{m}{seg}$	$\rho c \times 10^6$ $\frac{g}{cm^2/seg}$	aproximada ( $\sigma$ )
Resina epoxídica- fibra de vidrio		$\sim$ 4.600		
Madera de Balsa	0,12-0,2 (seca)	$\sim$ 3.750	0,06	
Hexafluoruro de azufre 0,0066 (SF6)		140	0,0000924	

5 Cuando se usan tubos como guías de ondas acústicas, una propiedad importante para una transmisión acústica eficaz es la impedancia acústica (producto de la velocidad de la onda en un material por la densidad del material) del material y su relación con la impedancia acústica del medio en el cual funciona el mismo.

10 Esto es importante debido a que las emisiones acústicas pasarán sin pérdidas de un medio a otro si los mismos tienen impedancias acústicas similares; pero se produce una considerable reflexión acústica en la división de los medios si sus impedancias acústicas están desadaptadas.

TABLA II  
 COMPARACION DE LA TRANSMISION DE ULTRASONIDOS POR GUIAS  
 DE ONDAS A 80 kHz.

(Relativa a la transmisión de una varilla de vidrio pyrex)

Guías de Ondas de Varilla de	Transmisión	Medio
<u>12,7 mm de diámetro.</u>	relativa.	
Vidrio Pyrex	1,000	Aceite Mineral
Acero	0,375	Aceite Mineral
Fibra de vidrio	0,350	Aceite Mineral
Plexiglas	0,060	Aceite Mineral
Guías de Ondas de Tubo de	Transmisión	Medio
<u>12,7 mm de diámetro interior</u>	relativa.	
Acero	0,500	Aceite Mineral
Vidrio de plomo	0,105	Aceite Mineral
Vidrio pyrex	0,090	Aceite Mineral
Plexiglas	0,083	Aceite Mineral

TABLA II (Continuación)  
 COMPARACION DE LA TRANSMISION DE ULTRASONIDOS POR GUIAS  
 DE ONDAS A 80 kHz.  
 (Relativa a la transmisión de una varilla de vidrio pyrex)

Guías de Ondas de Tubo de	Transmisión	Medio
<u>12,7 mm de diámetro interior</u>	<u>relativa.</u>	<u>relativa.</u>
Tubos de plexiglas concéntricos con barrera de aire.	0,068	Aceite Mineral
Varilla de cristal pyrex de 12,7 mm diámetro.	1,000	Aire o Aceite Mineral
Guía de luz de fibra de vidrio de 6,35 mm de diámetro con 5.880 fibras.	0,870	Aire o Aceite Mineral
Varilla de 3,17 mm. de diámetro de fibra de vidrio/resina epoxídica.	1,000	Aire o Aceite Mineral

De las Tablas I y II, por ejemplo, es evidente que el plexiglas y el aire están considerablemente desadaptados; por consiguiente, las emisiones acústicas transmitidas dentro de un tubo de plexiglas dispuesto en aire permanecerán dentro. Por otra parte, con un tubo de plexiglas  
5 dispuesto en aceite mineral, las ondas acústicas tenderán a salir del tubo a través de las paredes, debido a que las impedancias acústicas del aceite mineral y del plexiglas son en cierto modo similares. En el aceite mineral, es evidente que un tubo de acero, por ejemplo, será una mejor  
10 guía de ondas acústicas debido a que las impedancias acústicas del aceite mineral y el acero están sustancialmente desadaptadas.

Además del tipo de material y de los diversos medios en los cuales estén dispuestas las guías de ondas acústicas, otro factor importante para determinar una transmisión eficaz de ciertas frecuencias acústicas es el tamaño de la guía de ondas. Los efectos que produce variar el tamaño de la guía de ondas en la transmisión acústica se han  
15 ilustrado gráficamente en las Figs. 2 a 6 en forma de relaciones de ultrasonidos recibidos con guías de ondas/ultrasonidos recibidos sin guías de ondas, en función de la distancia en aire o en aceite mineral desde la fuente de una  
20 descarga en corona. Siempre que esa relación sea mayor que la unidad, es decir, que los ultrasonidos recibidos con la  
25 guía de ondas sean de mayor magnitud que los ultrasonidos recibidos sin la guía de ondas, merece la pena usar esa guía de ondas acústicas.

En las Figs. 2 y 3 se ilustran las relaciones de las emisiones acústicas de 40 kHz y 80 kHz recibidas con  
30

y sin guías de ondas, en función de la distancia desde la chispa en el aire, usando tubos de plexiglas de diferentes diámetros. Como se ve en la Fig. 2, a una distancia de 200 centímetros de una chispa en el aire, el uso de un tubo de plexiglas de 25,4 mm de diámetro interior aumentaba el nivel de ultrasonidos de 40 kHz en aproximadamente diez veces. Por otra parte, un tubo de 200 centímetros de largo de 6,35 mm de diámetro interior daba por resultado una reducción de 10 a 1 en la señal recibida, y por consiguiente no sería demasiado valioso para la detección de la descarga en corona. Las curvas 100, 102, 104, 106, 108 y 110, marcadas con las líneas de trazos, son valores de relaciones calculados suponiendo diferentes factores de atenuación ultrasónicos a lo largo de las guías de ondas. En las Figs. 2 a 6, las curvas 100, 102, 104, 106, 108 y 110 se han calculado usando factores de atenuación iguales a 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 y 0,4, respectivamente, los cuales corresponden a una disminución en dB/10 centímetros de 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,5 y 8,0, respectivamente, a lo largo de una guía de ondas. Los resultados de las medidas ultrasónicas de las descargas en corona en aire ilustradas en las Figs. 2 y 3, indican que los tubos de mayor diámetro actúan como guías de ondas más eficaces, teniendo un tubo de plexiglas de 25,4 mm una ganancia de aproximadamente 10 a 200 cm de la fuente de la descarga en corona.

En contraposición con los datos tomados en el aire, las mediciones de las descargas en corona en aceite mineral, ilustradas en las Figs. 4 y 5, indican que un tubo de acero de 12,7 mm de diámetro interior es muy eficaz como guía de ondas acústicas y a 200 cm se obtuvieron ga-

nancias de 10 para 40 kHz y de 9 para 80 kHz. Tampoco un tubo de acero de 25,4 mm era una guía de ondas acústicas tan eficaz como un tubo de acero de 6,35 mm.

5 Una guía de ondas acústicas muy eficaz para uso en aceite mineral, que no tiene los problemas de tensión eléctrica de un tubo de acero, se comprobó que era una varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm de diámetro la cual, a 200 cm, proporcionaba una ganancia de 17 para 80 kHz, como se ha ilustrado en la Fig. 5. En la Fig. 6 se compara la actuación de la varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm de diámetro con la de un tubo de acero de 12,7 mm de diámetro en aceite mineral y con tubos de plexiglas de 12,7 mm y de 25,4 mm en aire; mientras que en la Tabla III, se efectúa una comparación entre la atenuación de la transmisión acústica de 80 kHz en diversas varillas y tubos.

10

15

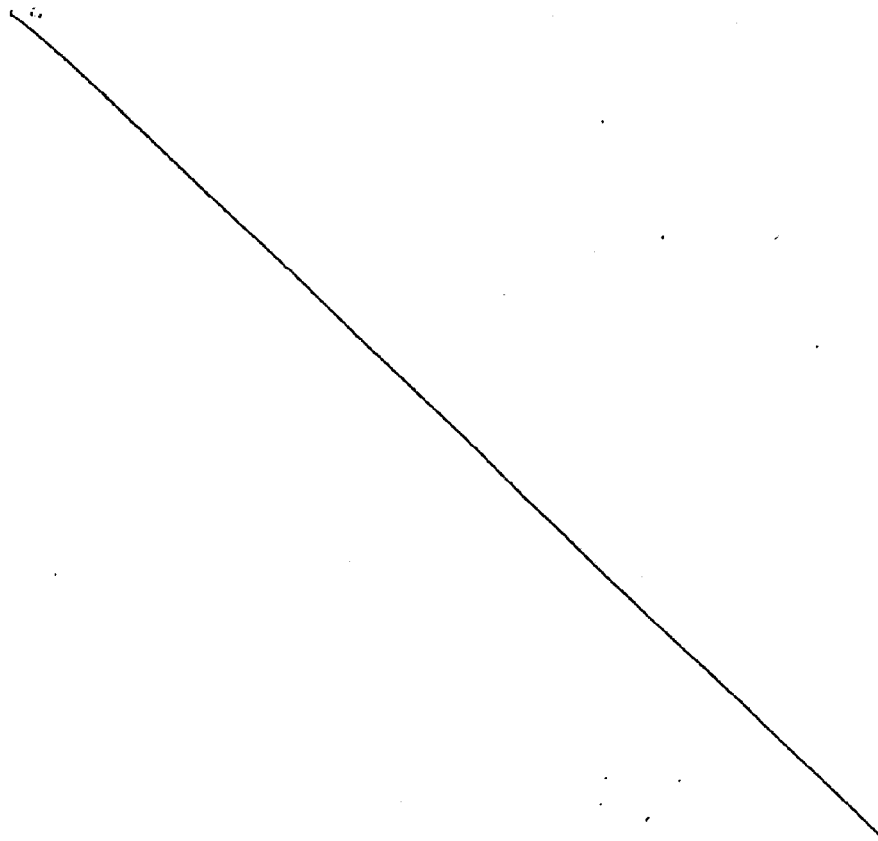


TABLA III

ATENUACION DE ULTRASONIDOS EN GUIAS DE ONDAS

Tipos de Guías de Ondas y Medios de Transmisión. Atenuación Aproximada de Ultrasonidos (Decibelios por metro).

	40 kHz	80 kHz
Tubo de plexiglas de 6,35 mm de diámetro interior en aire.	25,5 dB/m	30 dB/m
Tubo de plexiglas de 12,7 mm de diámetro interior en aire.	13,5 dB/m	17,1 dB/m
Tubo de plexiglas de 25,4 mm de diámetro interior en aire.	8,9 dB/m	13,5 dB/m
Tubo de acero de 6,35 mm de diámetro interior en aceite mineral.	8,5 dB/m	10,75 dB/m
Tubo de acero de 12,7 mm de diámetro interior en aceite mineral.	8,5 dB/m	4,25 dB/m

TABLA III (Continuación)

ATENUACION DE ULTRASONIDOS EN GUIAS DE ONDAS

Tipos de Guías de Ondas y Medios de Transmisión. Atenuación Aproximada de Ultrasonidos (Decibelios por metro).

	<u>40 kHz</u>	<u>80 kHz</u>
Tubo de acero de 25,4 mm de diámetro interior en aceite mineral.	6,25 dB/m	7,25 dB/m
Varilla de cristal pyrex de 12,7 mm de diámetro en aceite mineral o aire		3,0 dB/m
Varilla de 3,175 mm de diámetro, de fibra de vidrio/resina epoxídica en aceite mineral o aire.		3,0 dB/m

Es de hacer notar aquí la deficiente transmisión acústica de las varillas de plexiglas sumergidas en aceite mineral, y de los tubos de vidrio de plomo, de vidrio pyrex y de plexiglas; pero las propiedades de transmisión de una guía de luz de fibra de vidrio de 6,35 mm de diámetro son casi tan buenas como las de una varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm de diámetro o como las de una varilla de 3,175 mm de diámetro formada de resina epoxídica reforzada con fibra de vidrio.

Otros ensayos han indicado que las características de transmisión acústica de las guías de ondas acústicas, tales como las de una varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm de diámetro, no cambian cuando la guía de ondas pasa a través de diferentes medios, tal como de aceite mineral a aire. Además, los codos en las guías de ondas no introducen atenuación ni pérdidas de consideración en la señal transmitida por ellas.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, se describirá a continuación el uso de guías de onda acústicas formadas de los materiales antes descritos para detectar y localizar la fuente de descargas en corona dentro del transformador 10. Puesto que las guías de ondas acústicas 44, 46 y 48 son idénticas, solamente se describirá aquí con detalle en lo que sigue la guía de ondas 44. Preferiblemente, la guía de ondas acústicas 44 está formada de un miembro cilíndrico que se extiende longitudinalmente, de un material adecuado para uso como una guía de ondas eficaz en aceite mineral, tal como una varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm de diámetro. La guía de ondas acústicas 44 tiene extremos primero y segundo 50 y 52, respectivamente. El primer ex-

5 extremo 50 de la guía de ondas acústicas 44 está dispuesto en las proximidades de una posición probable de la descarga en corona, tal como en la posición 30 entre el arrollamiento 18 de alto voltaje y la cuba 22 del transformador 10. El segundo extremo 52 de la guía de ondas acústicas 44 está adecuadamente acoplado al receptor acústico 36.

10 Las ondas o emisiones acústicas resultantes de una descarga en corona en la posición 30 chocarán con el primer extremo 50 de la guía de ondas acústicas 44 y serán transmitidas por la guía de ondas acústicas 44 a través del segundo extremo 52 al receptor acústico 36, el cual produce una señal eléctrica indicadora de la descarga en corona en la posición 30 en el transformador 10. Esta señal eléctrica será luego analizada mediante una instrumentación  
15 apropiada 42, descrita en lo que antecede, para detectar y determinar con precisión la posición exacta de la descarga en corona dentro del transformador 10. Puesto que en esta realización se han empleado una pluralidad de guías de ondas acústicas, cada una asociada con una posición específica  
20 en el transformador 10, resulta relativamente fácil localizar la fuente de la descarga en corona.

Las actuaciones de una guía de ondas acústicas para percibir descargas en corona dentro de un aparato eléctrico de alto voltaje pueden ilustrarse comparándolas con  
25 las de unos medios de detección de descargas en corona usuales que utilicen receptores acústicos montados en la pared de la cuba, que perciban la onda de presión en el fluido aislante resultante de una descarga en corona dentro de la cuba. Si el primer extremo, o extremo libre, de una guía de ondas acústicas, de 2 metros de longitud y acoplada a un  
30

perceptor acústico por el otro extremo, está dispuesta dentro de la cuba 22 del transformador 10 aproximadamente a 10 cm de la fuente de la descarga en corona, la onda de presión acústica de 80 kHz que entra en la guía de ondas acústicas será reducida en 6 dB(2:1), debido a la atenuación en la guía de ondas antes de llegar al perceptor, a 2 metros de distancia en el extremo de la guía de ondas.

En el aparato de detección de descarga en corona usual con el perceptor situado en el exterior de la cuba del transformador, las emisiones acústicas de la descarga en corona se reducirían en nivel de presión en la proporción de 10 a 1 al llegar a la pared de la cuba, debido a la difusión, y se pueden reducir en proporción de otros 10 a 1 al pasar, a través de la pared de acero, al perceptor acústico. Así, en este ejemplo, la guía de ondas acústicas mejora la respuesta del perceptor 50 veces.

De acuerdo con una realización preferida de este invento, las guías de ondas acústicas descritas en lo que antecede pueden ser usadas en dos situaciones diferentes para detectar descargas en corona dentro del transformador eléctrico 10 de alto voltaje. Las guías de ondas acústicas que tienen un perceptor acústico acoplado en un extremo pueden ser introducidas como una sonda dentro del transformador, para localizar las descargas en corona durante el ensayo inicial del transformador 10. Además, puesto que ciertos materiales para guías de ondas acústicas, tales como las varillas de resina epoxídica/fibra de vidrio o las varillas de vidrio pyrex, tienen constantes dieléctricas comparables a las del fluido aislante dentro de la cuba, las guías de ondas acústicas formadas de estos materiales

5 pueden ser instaladas permanentemente dentro de la cuba de un aparato eléctrico de alto voltaje lleno de fluido para que actúen como detectores de fallos incipientes durante toda la vida del aparato eléctrico. Además, las guías de luz de fibra óptica, como se ha indicado en la Tabla II, pueden emplearse para transmitir emisiones acústicas y, también, emisiones de luz desde la fuente de las descargas en corona dentro del aparato eléctrico, para proporcionar capacidad adicional de detección de las descargas en corona.

10 El estudio hecho en lo que antecede demuestra que ciertas configuraciones y ciertos materiales de guías de ondas transmiten una frecuencia particular de ondas acústicas más eficazmente que otras. Esto permite muchas variaciones en el uso de las guías de ondas acústicas para la detección de las descargas en corona en un aparato eléctrico. Por ejemplo, se pueden usar una pluralidad de guías de ondas estando cada una de ellas diseñada para transmitir una frecuencia particular de ondas acústicas. Así, una

15 guía de ondas formada de una varilla de resina epoxídica/fibra de vidrio de 3 mm podría usarse para detectar emisiones acústicas de 80 kHz, mientras que una varilla de vidrio pyrex de 12,7 mm detectaría las emisiones de 40 kHz. Además, cada guía de ondas acústicas puede ser acoplada a un

20 receptor acústico individual destinado a recibir una sola frecuencia o, todas las guías de ondas pueden ser acopladas a un solo receptor de banda ancha, el cual detecta una amplia gama de frecuencias. De esta manera se pueden detectar una amplia gama de frecuencias de emisiones acústicas, desde

25 de 1 kHz hasta al menos 10 MHz, lo cual mejora todavía más

la detección y la localización de las descargas en corona dentro de un aparato eléctrico.

Con referencia ahora a la Fig. 7, se ha ilustrado en ella un aparato eléctrico, tal como un transformador 10, que tiene medios de detección de descargas en corona, 5  
construidos de acuerdo con otra realización de este invento. En esta realización, dentro de la cuba 22 del transformador 10 hay dispuestas guías de ondas acústicas primera y segunda 60 y 70, respectivamente. Cada guía de ondas 60 y 10  
70 tiene extremos primero y segundo, tales como los extremos 62 y 64 para la primera guía de ondas acústicas 60 y los extremos 72 y 74 de la segunda guía de ondas acústicas 70, los cuales están conectados a receptores acústicos 66, 68, 76 y 78, respectivamente. Además, cada guía de ondas 15  
60 y 70 es continua entre sus respectivos extremos primero y segundo y está dispuesta en las proximidades del transformador 10, para vigilar con ello al transformador 10 con respecto a fuentes de descargas en corona.

También se ha descubierto, inesperadamente, que 20  
una sola guía de ondas acústicas continua puede recibir ondas acústicas que incidan sobre su superficie en cualquier lugar a lo largo de su longitud y transmitir esas ondas acústicas a receptores situados en cada extremo de la misma. En el pasado, se han empleado guías de ondas acústicas 25  
tales que la fuente de las ondas acústicas debería incidir en esencia perpendicularmente sobre un extremo de la guía de ondas acústica. Acoplando acústicamente receptores a cada extremo de una guía de ondas acústicas continua, las ondas acústicas que inciden sobre la superficie de la guía 30  
de ondas acústicas desde una fuente de descarga en corona

serán transmitidas por la guía de ondas acústicas a cada uno de los perceptores acoplados a los respectivos extremos de la guía de ondas acústicas. Si la fuente de la des carga en corona está situada cerca del centro de la guía de ondas acústicas, no habrá diferencia en el tiempo que invierten las ondas acústicas en llegar a los respectivos terminales de guías de ondas y a los perceptores acústicos acoplados a ellos. No obstante, cuando la fuente de la des carga en corona está más próximo a un extremo de la guía de ondas acústicas, se produce una diferencia considerable en el tiempo de tránsito. La localización exacta de la fuente de la descarga en corona dentro de un aparato eléctrico puede determinarse midiendo la diferencia de tiempos entre las llegadas de señales acústicas a cada extremo o terminal de la guía<sup>a</sup> de ondas acústicas. La distancia a lo largo de la guía de ondas a la cual está la fuente de des carga en corona más próxima puede estimarse de la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\lambda - tv}{2}$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de la guía de ondas en centímetros,  $t$  es la diferencia de tiempos entre la llegada de las señales acústicas a cada terminal de la guía de ondas y  $v$  es la velocidad de las ondas acústicas en el material de la guía de ondas. Un modo alternativo para deter minar la diferencia de tiempos ( $t$ ) consiste en usar la pri mera señal acústica que llega para disparar un osciloscopio. Además, la localización de la fuente de descarga en corona en la cual entran las ondas acústicas primeramente

en la guía de ondas acústicas, puede calcularse observando la magnitud de las señales acústicas en cada extremo de la guía de ondas y usando la atenuación de la guía de ondas.

5                    Se cree que la razón por la que una sola guía de ondas recibirá y transmitirá las ondas acústicas que incidan en cualquier lugar a lo largo de su superficie, se debe a que la velocidad de las ondas acústicas en una guía de ondas acústicas formada de resina epoxídica/fibra de vidrio, por ejemplo, es superior (4.600 m/seg) que en aceite mineral (1.300 m/seg), y por consiguiente, las ondas acústicas que chocan con una parte de la guía de ondas acústicas se desplazarán a lo largo de la misma hasta los respectivos terminales antes de que las ondas incidan sobre el resto de la guía de ondas.

10

15

Aunque en la Fig. 7 se han ilustrado las guías de ondas acústicas 60 y 70 como relativamente rectas, pueden también estar curvadas con cualquier configuración deseada, sin que ello afecte a la transmisión de las ondas acústicas por ellas. Así, una guía de ondas acústicas continua puede ser entrelazada a través de la estructura del transformador 10 para vigilar una pluralidad de áreas críticas para descargas en corona, lo cual reduce así el número de receptores acústicos requeridos para detectar descargas en corona en todo el transformador 10.

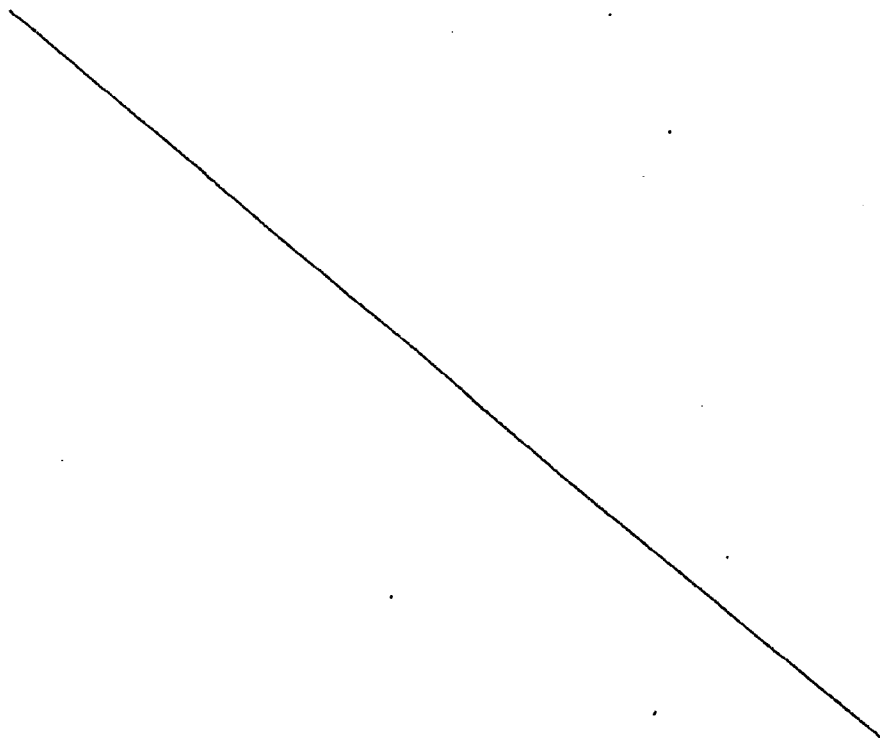
20

25

Para los expertos en la técnica será evidente que se ha descrito aquí un aparato nuevo y mejorado para detectar y localizar descargas en corona en un aparato eléctrico de alto voltaje. Dentro de la cuba, en las proximidades de los conductores sometidos a tensión eléctrica,

30

hay dispuestas guías de ondas acústicas formadas de material adecuado, para transmitir ondas acústicas desde la fuente de la descarga en corona hasta receptores acústicos alejados. Las guías de ondas acústicas transmiten la  
5 onda de presión producida por la descarga en corona a los receptores acústicos sin la considerable atenuación en la intensidad de la señal, a diferencia de cómo ocurría en los aparatos de detección de descargas en corona de la técnica anterior. Esto, por consiguiente, aumenta considerablemente la sensibilidad de los receptores acústicos y  
10 proporciona mayores posibilidades de detección y localización de las descargas en corona dentro del aparato eléctrico de alto voltaje. Además, las guías de ondas acústicas pueden estar instaladas permanentemente dentro del aparato  
15 eléctrico, para actuar con ello como detectores de fallos incipientes durante toda la vida normal de funcionamiento del aparato.



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes.

10 1a.- Un aparato para detectar y situar emisiones acústicas desde un origen de una descarga en corona en un aparato eléctrico dispuesto en una cuba, que comprende: medios de guías de ondas acústicas destinados a ser dispuestos dentro de dicha cuba de dicho aparato eléctrico, para transmitir emisiones acústicas desde una fuente de  
15 descarga en corona en dicho aparato eléctrico hasta una posición alejada de dicha fuente; y medios perceptores acoplados a dichos medios de guía de ondas acústicas y dispuestos en dicha posición alejada, para proporcionar una señal sensible a la descarga en corona en respuesta a una descarga en corona en dicho aparato eléctrico.  
20

2a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que los medios de guía de ondas acústicas comprenden un miembro que se extiende longitudinalmente, que tiene un primer extremo dispuesto en las proximidades del aparato  
25 eléctrico y un segundo extremo acoplado acústicamente a los medios perceptores.

3a.- Un aparato según la reivindicación 1a, que incluye además un fluido aislante dispuesto en la cuba y en el que la impedancia acústica de los medios de guía de  
30 ondas acústicas es sustancialmente menor que la impedancia

acústica de dicho fluido dentro de dicha cuba de dicho aparato eléctrico, de tal modo que las emisiones acústicas que chocan con dichos medios de guía de ondas acústicas permanecen dentro de dichos medios de guía de ondas acústicas, mientras son transmitidas a lo largo de ellos sin atenuación considerable.

4a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que dicha guía de ondas acústicas comprende un miembro similar a una varilla.

5a.- Un aparato según la reivindicación 4a, en el que los medios de guía de ondas acústicas están estructurados para que tengan una relación de Poisson de menos de 0,26.

6a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que el fluido dispuesto dentro de la cuba del aparato eléctrico es aceite mineral.

7a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que los medios de guía de ondas acústicas comprenden una varilla de vidrio pyrex que tiene un diámetro de aproximadamente 12,7 mm.

8a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que los medios de guía de ondas acústicas comprenden una varilla que se extiende longitudinalmente que tiene un diámetro de aproximadamente 3,175 mm y fabricada de resina epoxídica reforzada con fibra de vidrio.

9a.- Un aparato según la reivindicación 1a, en el que los medios de guía de ondas acústicas están formados de un miembro transmisor de la luz.

10a.- Un aparato según la reivindicación 1a, que incluye al menos primeros y segundos medios perceptores

acústicos acoplados a extremos primero y segundo de dicha  
medios de guía de ondas, siendo dichos medios de guía de  
ondas de forma alargada y estando dispuestos de modo que al  
5 menos una parte de su longitud entre sus citados extremos  
primero y segundo está dispuesta en las proximidades de di-  
cha fuente de descarga en corona.

11ª.- Un aparato según la reivindicación 10ª, en  
el que dicha guía de ondas es no lineal, y en el que dicha  
posición de la longitud de la guía de ondas entre dichos  
10 extremos primero y segundo de la guía de ondas está adap-  
ta en las proximidades de una pluralidad de puntos de des-  
carga en corona.

12ª.- Un aparato según cualquiera de las reivindi-  
caciones 1ª a 11ª, en el que dichos medios perceptores acús-  
15 ticos están montados sobre la cuba, y exteriormente a la  
misma, y comprenden un transductor piezocerámico.

13ª.- Un aparato según la reivindicación 12ª, en  
el que dichos medios perceptores acústicos están montados  
para incluir un dispositivo de apoyo elástico en la cuba a  
20 fin de reducir al mínimo cualquier atenuación de la señal  
en la posición de dicho receptor.

14ª.- Un método para detectar y localizar una  
fuente de descargas en corona dentro de la cuba de un apa-  
rato eléctrico, que comprende las operaciones de: disponer  
25 una guía de ondas acústicas que tenga extremos primero y se-  
gundo en dicha cuba, con una parte de dicha guía de ondas  
dispuesta en las proximidades de dicha fuente de descargas  
en corona, estando dicha guía de ondas acústicas destinada  
a recibir emisiones acústicas procedentes de dicha fuente  
de descargas en corona que inciden en cualquier punto sobre

la superficie de la guía de ondas y a transmitir dichas emisiones acústicas a dichos extremos primero y segundo; conectar dichos extremos primero y segundo de dicha guía de ondas acústicas en relación acústica con receptores acústicos primero y segundo; medir la diferencia de tiempos entre la llegada de dichas emisiones acústicas a dichos receptores acústicos primero y segundo, respectivamente; y calcular la distancia de la fuente de descargas en corona desde dicho extremo primero o segundo de dicha guía de ondas acústicas a la cual inciden sobre la guía de ondas acústicas dichas emisiones acústicas.

15ª.- Un aparato para detectar y situar emisiones acústicas desde un origen de una descarga en corona, y un método correspondiente.

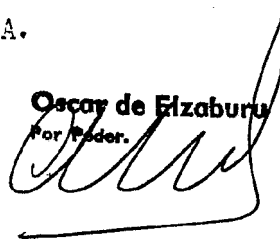
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 16. MAY 1979

P.A.

Oscar de Elizaburu  
Por Poder.



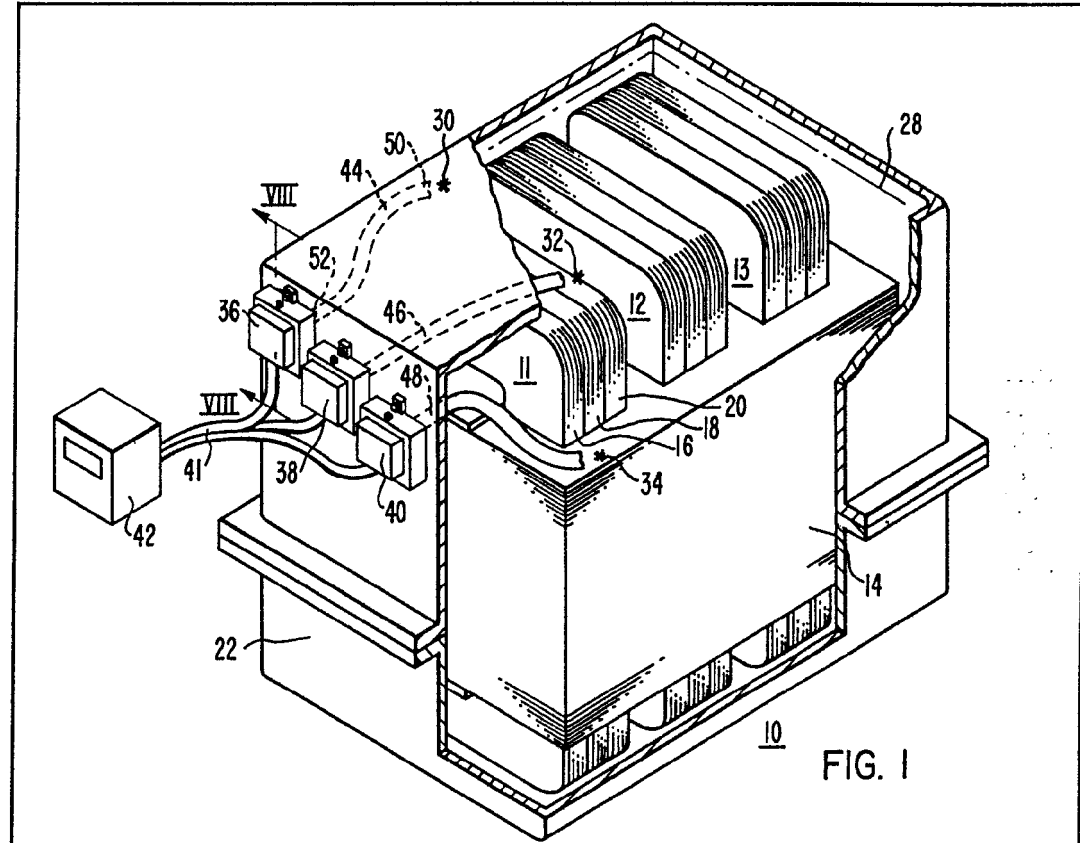


FIG. 1

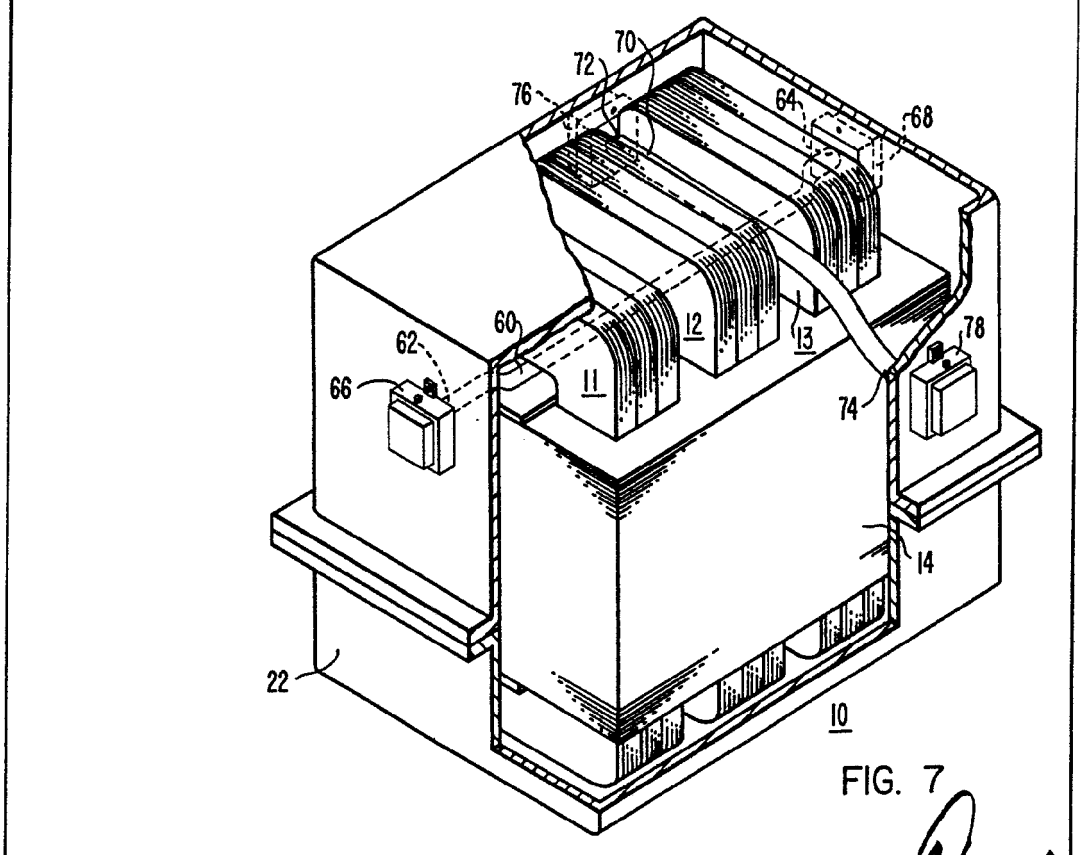


FIG. 7

Oscar de Elabur  
Per Pedar.

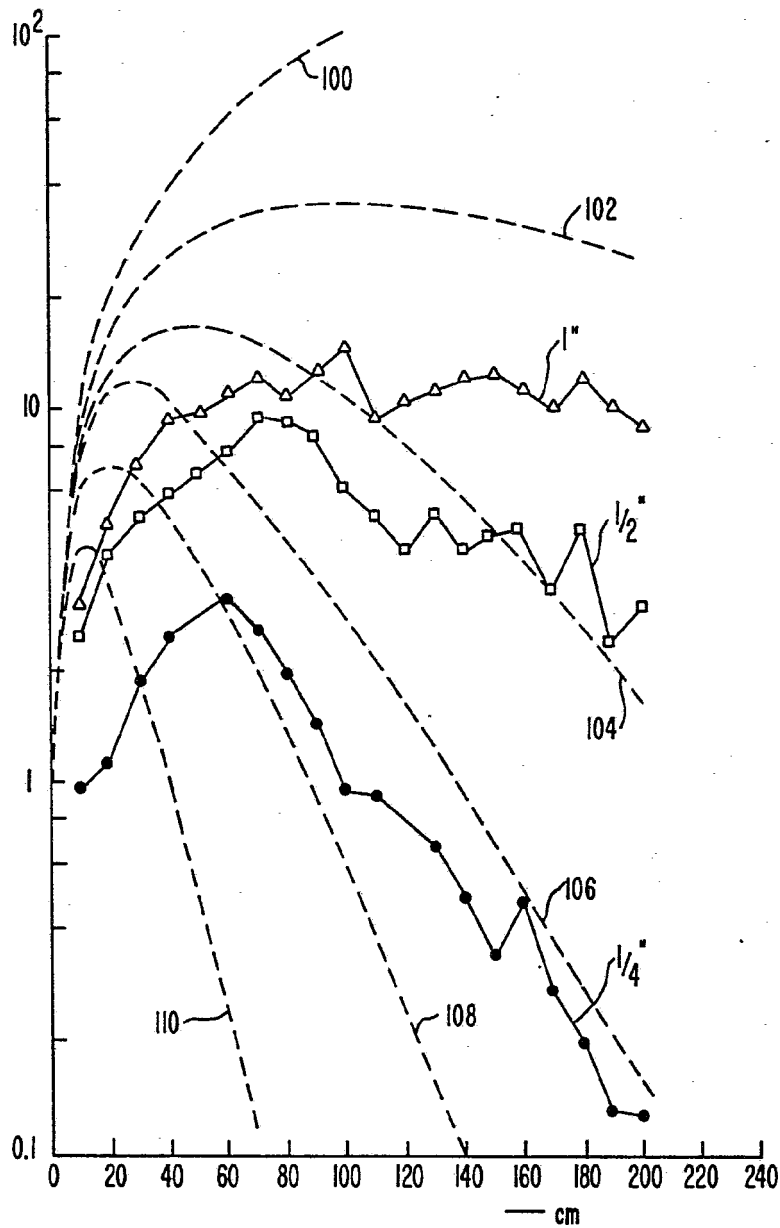


FIG. 2

Oscar de Elzabur  
For Patent

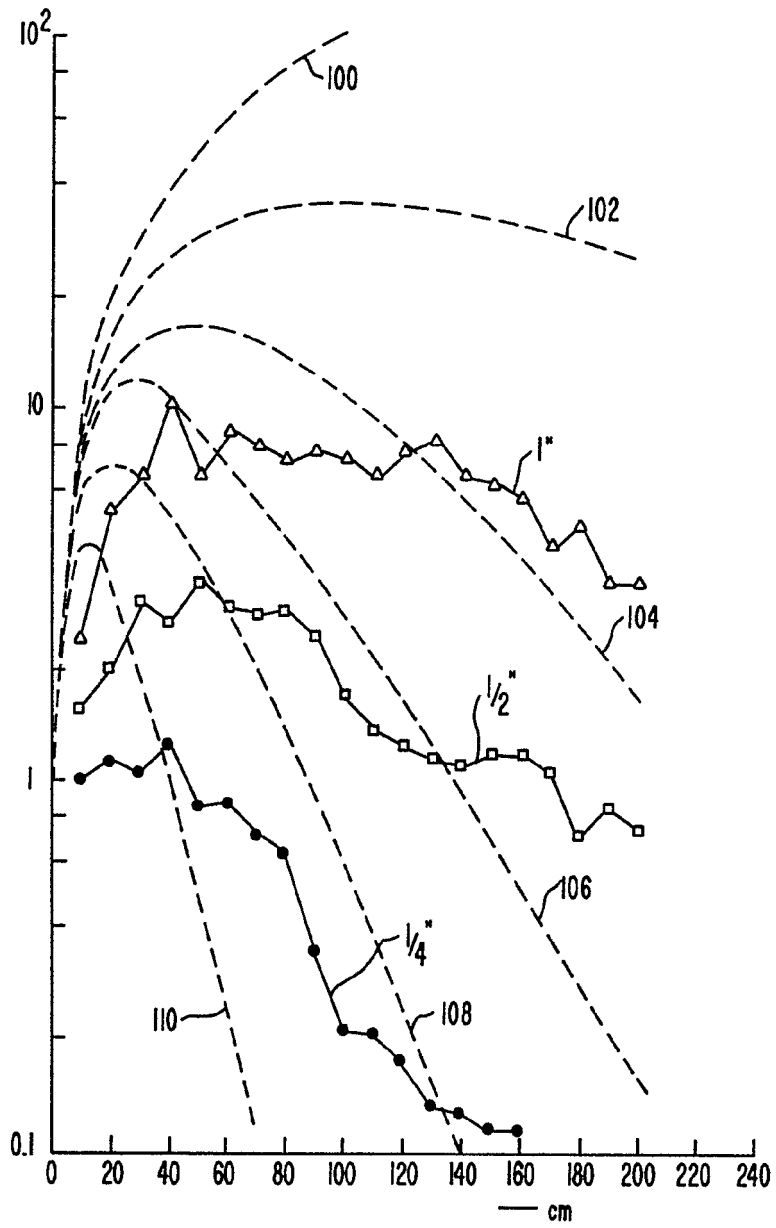


FIG. 3

Oscar & Associates  
For Peder.

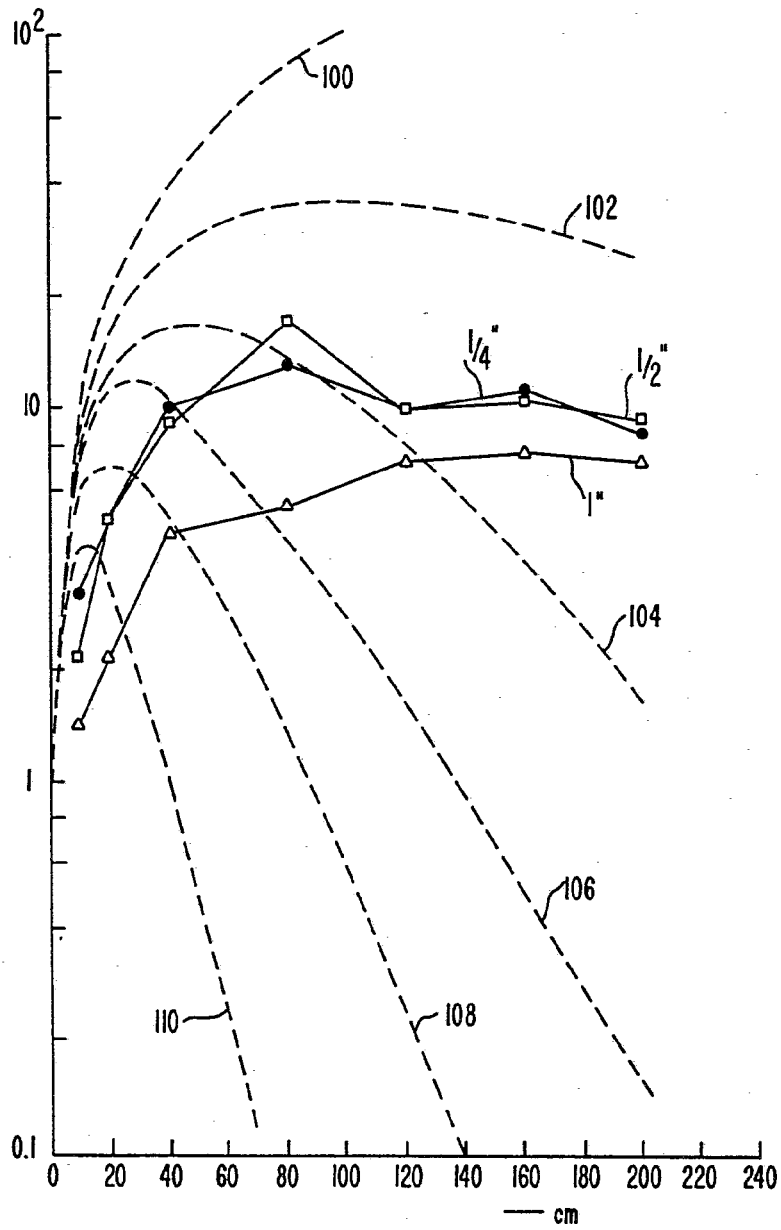



FIG. 4

Over the line  
Per Order



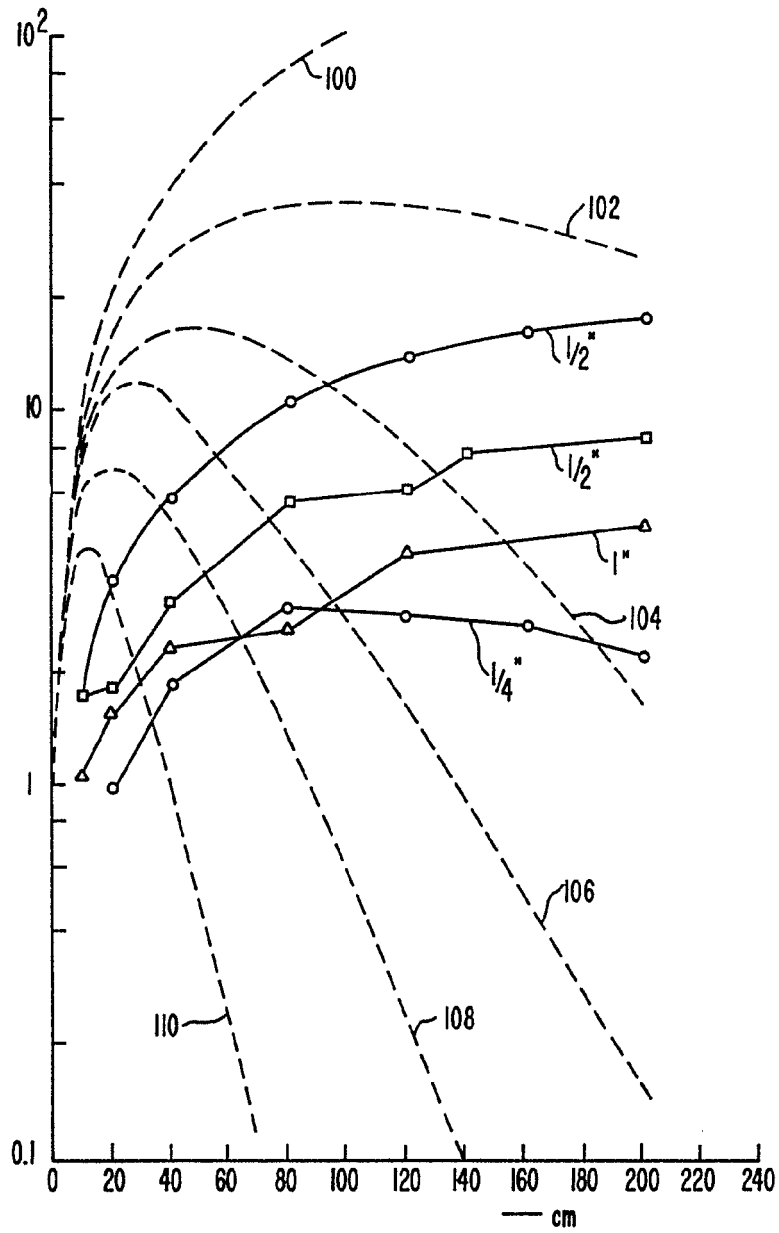


FIG. 5

Oscar de Elazar  
For Patent

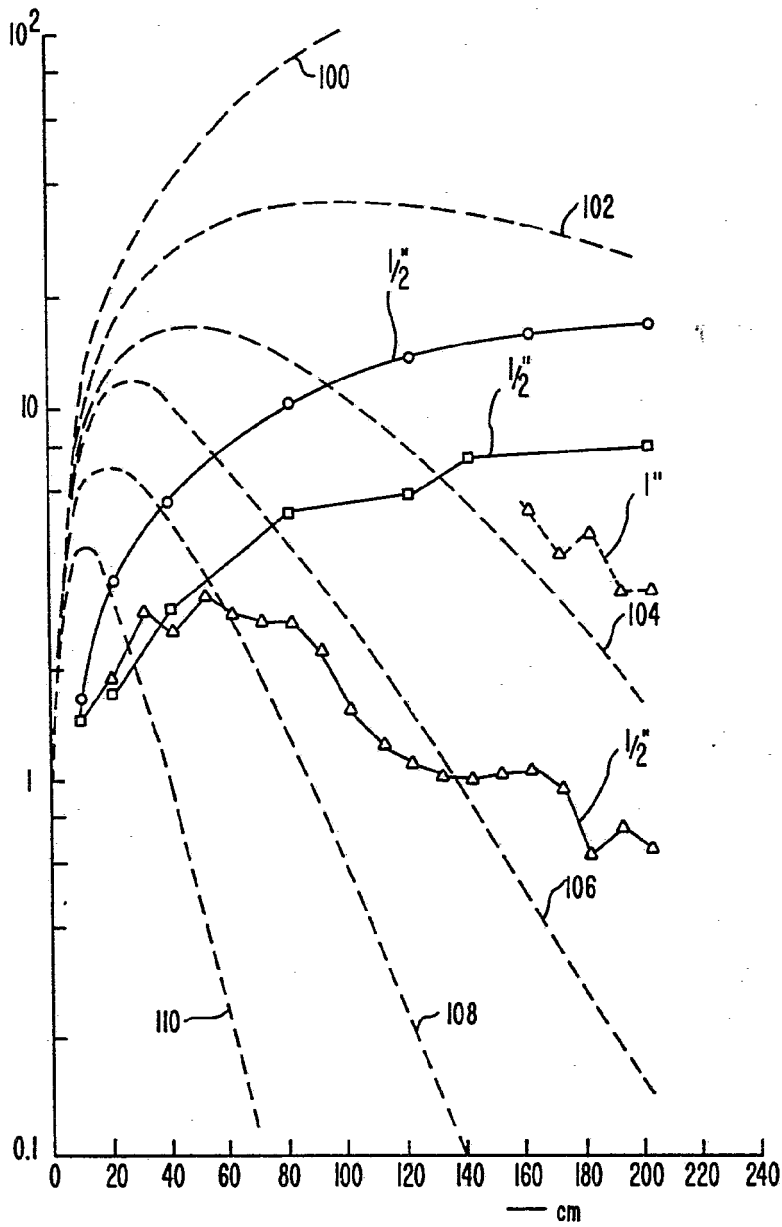


FIG. 6

Oscar de Elia  
Por Poder.

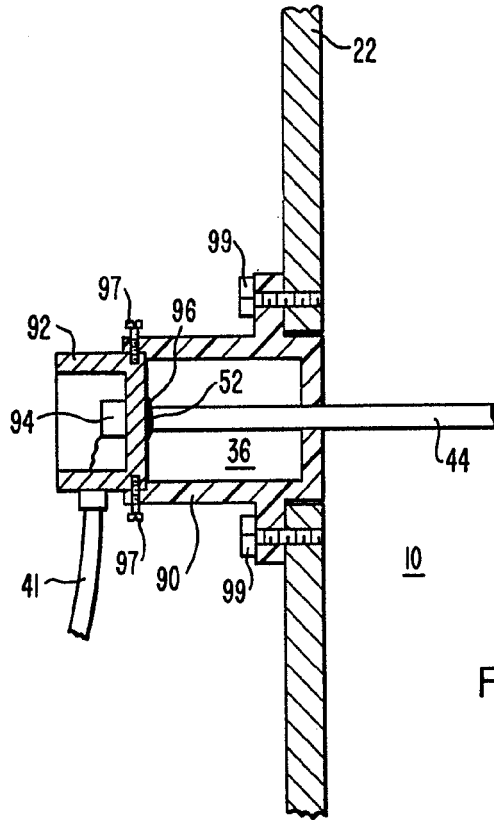


FIG. 8

Oscar de Elzabur  
For Patent.