

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 117**

51 Int. Cl.:

G01M 3/40 (2006.01)

G01N 27/60 (2006.01)

G01N 27/66 (2006.01)

G01N 27/70 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2016** **PCT/US2016/056976**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017** **WO17136007**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2016** **E 16889637 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 3411685**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la detección de fugas de alta tensión en modo alterno-directo**

30 Prioridad:

01.02.2016 US 201662289579 P

04.04.2016 US 201662317873 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
24.09.2024

73 Titular/es:

**PACKAGING TECHNOLOGIES & INSPECTION
LLC (100.0%)**

**8 Skyline Dr.
Hawthorne, NY 10532, US**

72 Inventor/es:

**STAUFFER, OLIVER;
STAUFFER, CHARLES;
WOLF, HEINZ y
BEKHTUR, UNDRAKH**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 979 117 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para la detección de fugas de alta tensión en modo alterno-directo

5 Campo técnico

La invención se refiere al campo técnico de la detección de fugas, específicamente la detección de fugas de alta tensión, procedimientos y sistemas que implementan dichos procedimientos para su uso en la detección y señalización de fugas, desgarros, roturas u otras imperfecciones en contenedores de empaque, incluyendo, pero no limitado a, viales, jeringas, ampollas, bolsas, bolsas de aluminio y bolsas de suero para productos perecederos o no perecederos sensibles.

Antecedentes de la invención

Hay dos técnicas establecidas para utilizar la detección de fugas de alta tensión (HVLD) en el campo de la detección de fugas. La detección de fugas de alta tensión de AC, conocida como HVLD convencional, utiliza una corriente de AC pura a valores de alta tensión. La detección de fugas de alta tensión de DC, conocida como DC HVLD, utiliza una tensión de DC pura a valores de alta tensión. Si bien tanto la HVLD convencional como la HVLD de DC utilizan alta tensión para detectar fugas, los dos procedimientos utilizan técnicas muy diferentes en base a las diferencias inherentes entre la tensión de AC y la tensión de DC. Debido a estas diferentes técnicas utilizadas por la HVLD convencional y la DC HVLD, cada procedimiento tiene fortalezas y debilidades diferentes cuando se trata de probar ciertos contenedores de empaque y los productos contenidos en ellos.

Para la HVLD convencional, se aplica una tensión de AC de alta tensión a un contenedor para romper la resistencia del producto y del contenedor. La presencia de una fuga se determina mediante la detección de la diferencia de corriente a través de un contenedor de control en comparación con la corriente a través del contenedor probado. Si la diferencia es lo suficientemente grande, se determina que hay una fuga.

El principio de HVLD convencional se muestra en las Figuras 1A - 1D. Se muestra en la Figura 1A un vial de control 001 sin defectos y lleno de un producto líquido inspeccionado mediante HVLD convencional. En la Figura 1B, se muestra la prueba del vial de control de la Figura 1A en un circuito eléctrico equivalente simplificado. La prueba de un vial defectuoso 002 lleno de un producto líquido se muestra en la Figura 1C siendo inspeccionado por HVLD convencional. La Figura 1D representa el circuito eléctrico equivalente simplificado para el vial defectuoso en la Figura 1C. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los circuitos eléctricos equivalentes se basan en un modelo simplificado y que se podrían crear modelos más complejos.

Como se muestra en las Figuras 1A y 1C, las pruebas HVLD convencionales implican colocar un contenedor 007 entre dos electrodos 003, 005 y aplicar una alta tensión de AC 023 al circuito, siendo uno de los electrodos un electrodo de inspección 003 y el otro electrodo un electrodo de detección 005. Los dos electrodos están orientados de manera que el contenedor a ser probado se encuentra entre los dos electrodos sin hacer contacto físico con ninguno de ellos. El contenedor tendría entonces dos impedancias específicas y una resistencia específica: una impedancia específica en la pared del contenedor frente al electrodo de inspección $R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}$, una impedancia específica en la pared del contenedor frente al electrodo de detección $R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}$ y una resistencia específica del producto dentro del contenedor R_{pro} . La corriente resultante a través del contenedor no defectuoso se representa como I_{WD} .

Sin embargo, si el contenedor tuviera una fuga, circulará una corriente de descarga a través de un agujero pequeño, grieta o sello defectuoso hacia el contenedor, como se muestra en la Figura 1C. Una fuga en el contenedor resultará en la pérdida de una de las impedancias, como se muestra en la Figura 1D. La corriente resultante a través de un contenedor defectuoso dará como resultado una corriente con un valor diferente (I_D) debido a la pérdida de la impedancia específica. Una señal a través del producto es luego detectada por el electrodo de detección. Detectar el cambio en esta corriente permite reconocer la presencia de un defecto de la siguiente manera:

$$I_{WD} = \frac{AC \text{ HV}}{R_{pro} + Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

En el que

$$Z_1 = \frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1 \quad (2)$$

y

$$Z_2 = \frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2 \quad (3).$$

5 Cuando hay una fuga presente, una de las impedancias estará ausente. La corriente a través del contenedor defectuoso se puede encontrar de la siguiente manera:

$$I_D = \frac{AC HV}{R_{Pro} + Z_1} \quad (4).$$

10 Un contenedor defectuoso tendrá una corriente eléctrica mayor presente (I_D) que un contenedor sin defecto (I_{WD}). La diferencia entre las corrientes eléctricas determina si el contenedor está defectuoso, lo cual se muestra en la siguiente fórmula:

$$\Delta I = I_D - I_{WD} \quad (5).$$

15 Es importante tener en cuenta que C_1 , R_1 , C_2 , R_2 , R_{Pro} son variables y cambian en función de la amplitud de la tensión AC de alta tensión aplicado, las características del material (como la resistencia dieléctrica del contenedor y el producto líquido) y la conductividad del producto líquido. Cuanto mayor sea la tensión aplicada, menor será la impedancia de C_1 , R_1 , C_2 , R_2 , R_{Pro} . El riesgo de aplicar una tensión demasiado alta es que la alta tensión aplicada puede crear un arco o chispa sobre las impedancias mencionadas anteriormente y causar lo que parece ser una fuga falsa. Por lo tanto, es necesario en la tecnología HVLD convencional alcanzar la tensión más alto posible, para obtener una mejor sensibilidad en la detección de fugas, sin generar chispas alrededor del contenedor que puedan dañar el aislamiento del contenedor y el producto líquido en su interior. El riesgo de detectar fugas falsas utilizando la HVLD convencional es especialmente alto con productos de baja conductividad.

25 Más allá del riesgo de falsos positivos cuando se utiliza con la detección de fugas, el uso de HVLD convencional también plantea riesgos para la integridad de los productos contenidos en los contenedores probados. La alta tensión de AC pura aplicada en la HVLD convencional es capaz de penetrar a través de la impedancia capacitiva de un contenedor adecuado sin una alta atenuación y exponer directamente el producto dentro del contenedor a la alta tensión de AC. Esto resulta en una exposición potencialmente dañina e indeseada del producto dentro de un contenedor adecuado a alta tensión con efectos secundarios desconocidos. Este problema es especialmente importante para el campo farmacéutico, donde la exposición a altas tensiones durante las pruebas podría potencialmente desnaturalizar o dañar de alguna otra manera los productos farmacéuticos.

35 La HVLD convencional también presenta desventajas mecánicas, ya que los componentes necesarios para crear un dispositivo de prueba que emplee HVLD convencional son pesados y difíciles de manejar. Esto hace que una herramienta de banco HVLD convencional sea impráctica.

40 Otro inconveniente del HVLD convencional es que produce un exceso de ozono durante una inspección, ya que la tensión alterno de alta tensión crea ozono de manera efectiva.

45 En DC HVLD, en lugar de cargar un contenedor a ser probado para detectar fugas con alta tensión de DC. La presencia de fugas se determina mediante la detección de corrientes de carga y neutralización. El sistema DC HVLD de Takeda Chemical Industries, tal como se describe en la patente estadounidense número. 4,125,805, en adelante Takeda, es representativo de un sistema típico de HVLD de DC.

50 El sistema Takeda utiliza alta tensión de DC para cargar un contenedor, como se muestra en la Figura 2. El contenedor 105 con producto fluido contenido en su interior se coloca entre una varilla de ánodo 109, una varilla de electrodo auxiliar 111 y una placa de cátodo 107. La varilla del ánodo 109 está conectada al lado positivo de la fuente de alta tensión de DC 115. La placa de cátodo 107 y la varilla auxiliar 111 están conectadas al lado negativo de la fuente de alta tensión de DC 115 a través de una resistencia de medición 117 y un interruptor 119 respectivamente, como se muestra en la Figura 2.

55 Cuando el interruptor 119 se apaga, el electrodo auxiliar 111 no se conecta al lado negativo de la fuente de alta tensión de DC 115, por lo tanto, no se produce ni carga ni descarga eléctrica. Sin embargo, si se enciende el interruptor 119, el electrodo auxiliar 111 se conecta al lado negativo de la fuente de alta tensión de DC 115, y se produce una descarga de chispa entre el electrodo auxiliar 111 y la varilla del ánodo 109, lo que provoca simultáneamente la descarga de la carga eléctrica en la parte del cuello del ampolla 105. Mientras tanto, se utiliza un circuito de discriminación 121 a través de la resistencia 117 para detectar el potencial desarrollado a través de ella.

60 Se hace fluir una corriente de neutralización i_1 desde la varilla del electrodo auxiliar 111 hasta la placa del cátodo 107, y es detectada por el circuito de discriminación 121. La corriente de neutralización i_1 normalmente alcanza su valor máximo inmediatamente después de la iniciación de la descarga por el electrodo auxiliar 111, y después disminuye rápidamente, como se muestra en la Figura 3. En el estado descrito, si la ampolla es una muestra buena (es decir, libre de cualquier defecto como agujeros de alfiler, etc.), con una cantidad predeterminada de fluido contenido en ella, la corriente de neutralización (i_1) que se hace fluir obtiene un valor máximo de una unidad, como

se muestra en la Figura 3.

Por otro lado, cuando la ampolla tiene un defecto, como un agujero de alfiler mayor de 2 micras, se hace que fluya una corriente de neutralización i_3 de aproximadamente dos unidades o más, como se muestra en la Figura 3, donde i_1 es la corriente de neutralización para los contenedores sin defecto e i_3 es la corriente de neutralización para los contenedores con defecto. La Figura 4 muestra un circuito equivalente para el sistema Takeda DC HVLD mostrado en la Figura 2.

Una gran desventaja del procedimiento y sistema de DC HVLD es la falta de continuidad y consistencia en las pruebas. En Takeda, el sistema DC HVLD es una prueba discontinua ya que es una señal discontinua que se crea y muestrea de forma discreta. Cada empaque probado debe ser cargado antes de ser descargado a través del circuito de discriminación para una sola medición. La carga y descarga de los empaques se realiza uno tras otro. Esto hace que sea casi imposible utilizar el sistema DC HVLD para una inspección en línea en una línea de producción debido a su velocidad lenta y naturaleza discontinua.

Otra desventaja del sistema DC HVLD es la naturaleza discontinua de la señal aplicada durante las pruebas debido a la carga y descarga requeridas. La descarga de alta tensión utilizada en el sistema DC HVLD de Takeda puede ser muy estocástica. Dado que su señal detectada es una forma de onda discreta, la señal en la DC HVLD no tiene una frecuencia, fase o amplitud determinada. La amplitud puede variar considerablemente en función de la cantidad de carga y descarga que ocurra, y puede variar en base a la distancia entre los electrodos y el defecto.

Además, el procedimiento DC HVLD requiere que la varilla del ánodo esté estacionaria en la parte superior del empaque. Esta tecnología solo puede ser utilizada para la inspección de ampollas. Los contenedores como viales con una tapa de aluminio o jeringas con una aguja de metal no pueden ser inspeccionados por la DC HVLD ya que los metales son altamente conductores en comparación con el vidrio o plástico y pueden dar lugar a resultados falsos positivos.

DC HVLD también requiere que la placa del cátodo esté en contacto con el empaque. El contacto con los empaques durante las pruebas no es deseable para las pruebas en línea utilizando electrodos rígidos, ya que dicho contacto se considera un procedimiento destructivo de prueba en línea.

Sumario de la invención

La Patente de EE.UU. núm. 6,634,216 B1, considerada como la técnica anterior más cercana, divulga un procedimiento de inspección para inspeccionar un empaque herméticamente sellado en busca de agujeros de alfiler. De acuerdo con el procedimiento, cuando se inspecciona un empaque herméticamente sellado cuyo contenido, como un fluido eléctricamente conductor o alimentos, está cubierto con una película eléctricamente aislante, utilizando una alta tensión, la inspección se puede lograr con un procedimiento extremadamente simple al tiempo que se previene completamente la aparición de malfuncionamientos debido a la atmósfera, como la humedad, durante la inspección. En particular, en el empaque herméticamente sellado en el que los contenidos, como un fluido eléctricamente conductor, están cubiertos con una película eléctricamente aislante, se pone en contacto un conductor eléctrico derivado de un terminal de salida de tensión de una fuente de alimentación de alta tensión de DC con una porción de la cara lateral del empaque herméticamente sellado, mediante lo cual los contenidos en el empaque herméticamente sellado se electrifican. A continuación, se conecta un cable de plomo a un terminal de conexión de un electrodo que se coloca en contacto cercano o en proximidad opuesta a una parte del empaque que se inspecciona donde es más probable que ocurran agujeros de alfiler, y se pone a tierra el cable de plomo. Entonces, una corriente de descarga derivada de la porción del objeto de inspección que fluye solo cuando hay un agujero de alfiler se detecta mediante un detector de corriente de descarga, mediante el cual se detecta la presencia o ausencia de un agujero de alfiler en función de la presencia o ausencia de la corriente de descarga. En este procedimiento, la inspección se puede realizar colocando el empaque sobre un electrodo de soporte derivado de una fuente de alimentación de alta tensión de AC y electrificando el contenido.

La publicación US 4 125 805 A se refiere a un aparato de inspección de defectos y a un procedimiento de inspección eléctrica para detectar la presencia de puntos sellados defectuosos, como agujeros y grietas, en un contenedor sellado de material aislante que contiene un electrolito o un fluido no electrolítico eléctricamente conductor.

En un primer aspecto, la invención es un procedimiento para detectar fugas de acuerdo con la reivindicación 1. Las variantes preferidas de dicho procedimiento se establecen en las reivindicaciones 13 a 15.

En un segundo aspecto, la invención es un aparato de detección de fugas que utiliza una tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC para inspeccionar un empaque de acuerdo con la reivindicación 2. Las realizaciones preferidas adicionales del aparato se definen en las reivindicaciones 3 a 12.

En particular, la presente invención resuelve el problema de la exposición de productos sensibles a altas tensiones, niveles indeseables de producción de ozono y detecciones falsas positivas de fugas de los sistemas convencionales de detección de fugas de alta tensión (HVLD, por sus siglas en inglés), así como la inflexibilidad estructural, las limitaciones de inspección en línea y la variabilidad de los sistemas DC HVLD (DC HVLD, por sus siglas en inglés),

mediante la aplicación de una tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC a un sistema de detección de fugas. Esto se puede explicar mediante el uso de circuitos eléctricos equivalentes simplificados en las Figuras 6A a 6D, donde la corriente alterna puede fluir a través de todos los componentes del circuito, mientras que la corriente directa solo puede fluir a través de la ruta sin capacitores. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los circuitos eléctricos equivalentes se basan en un modelo simplificado y que se podrían crear modelos más complejos. La técnica de alta tensión alterna-directa (ADHV) incluye colocar un contenedor a ser probado entre un electrodo de detección y un electrodo de inspección. Se utiliza un circuito de generación de alta tensión para generar una alta tensión, el circuito de generación de alta tensión incluye un autotransformador de pulso, un rectificador de alta tensión y una placa de control de alta tensión. El contenedor se coloca entonces entre el electrodo de inspección y el electrodo de detección.

A continuación, se genera alta tensión, tensión de AC con desplazamiento de tensión de DC, a través del circuito de generación de alta tensión, de manera que se aplica una corriente eléctrica al contenedor a través del electrodo de inspección y la corriente eléctrica a través del contenedor es detectada por el electrodo de detección y procesada por la placa de detección. La corriente eléctrica a través del contenedor se puede explicar en base a circuitos eléctricos equivalentes.

La corriente eléctrica a través del contenedor en el electrodo de detección se procesa y se identifica una fuga en el contenedor a través de un cambio en la corriente eléctrica mediante la fórmula $\Delta I = I_D - I_{WD}$, en la que,

$$I_D = \frac{AC\ HV}{R_{Pro} + Z_2} + \frac{DC\ HV}{R_{Pro} + R_4}$$

y

$$I_{WD} = \frac{AC\ HV}{R_{Pro} + Z_1 + Z_2} + \frac{DC\ HV}{R_{Pro} + R_3 + R_4}$$

$$Z_1 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1\right) * R_3}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1\right) + R_3}$$

$$Z_2 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) * R_4}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) + R_4}$$

y I_{WD} es la corriente a través de un contenedor sin defectos, I_D es la corriente a través de un contenedor defectuoso. "AC HV" es la parte de AC de alta tensión. "DC HV" es el desplazamiento de DC de alta tensión. " C_1 " y " R_1 " son la capacitancia y resistencia específicas, respectivamente, de una primera pared del contenedor. " C_2 " y " R_2 " son la capacitancia y resistencia específicas, respectivamente, de una segunda pared del contenedor. Resistencia específica de alto ohmio R_3 de la primera pared del contenedor. Resistencia específica de alto ohmio R_4 de la segunda pared del contenedor. R_{Pro} resistencia específica de alto ohmio del producto líquido dentro del contenedor. "f" es la frecuencia de alta tensión de AC.

Una realización preferente de un aparato para la detección de fugas de ADHV incluye: un electrodo de inspección conectado eléctricamente a un rectificador de alta tensión; una primera fuente de alimentación de tensión de DC conectada eléctricamente al autotransformador de pulso, el autotransformador de pulso conectado eléctricamente a una placa de control de alta tensión y a un rectificador de alta tensión; una segunda fuente de alimentación de tensión de DC conectada eléctricamente a la placa de control de alta tensión, una placa de detección, un controlador lógico programable y una pantalla para suministrarles energía eléctrica; y un electrodo de detección conectado eléctricamente a una placa de detección, la placa de detección también conectada eléctricamente al controlador lógico programable, el controlador lógico programable también conectado eléctricamente a la pantalla, en el que el electrodo de detección y el electrodo de inspección están posicionados de manera que un empaque se ajusta entre el electrodo de detección y el electrodo de inspección, y se aplica una tensión alto de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC a través del electrodo de inspección.

Una realización preferente de un procedimiento para la detección de fugas en ADHV incluye: colocar un contenedor entre un electrodo de detección y un electrodo de inspección conectados a través de un circuito de generación de alta tensión para generar una alta tensión, el circuito de generación de alta tensión incluye un autotransformador de pulso, una fuente de alimentación de tensión de DC, un rectificador de alta tensión y una placa de control de alta tensión; crear una impedancia capacitiva entre el producto y el electrodo de detección y entre el electrodo de inspección y el producto; generar una alta tensión a través del circuito de generación de alta tensión, de modo que

una corriente eléctrica y una tensión eléctrica se apliquen al contenedor a través del electrodo de inspección y la corriente eléctrica a través del contenedor sea detectada por el electrodo de detección y procesada por el circuito de detección; procesar un cambio en la corriente eléctrica a través del contenedor en el electrodo de detección; e identificar una fuga en el contenedor a través del cambio en la corriente eléctrica.

Una comprensión más profunda de los aspectos estructurales, funcionales y ventajosos de la divulgación se puede obtener mediante referencia a la siguiente descripción detallada y figuras.

Breve descripción de las figuras

Se describen realizaciones, estado de la técnica y ejemplos, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a las figuras, en las cuales:

La Figura 1A muestra el estado anterior al arte al mostrar un empaque sin defectos probado utilizando un sistema HVLD convencional;

La Figura 1B muestra un circuito eléctrico equivalente del empaque y un circuito de prueba HVLD convencional de la Figura 1A;

La Figura 1C muestra el estado anterior al arte al mostrar un empaque con defecto probado utilizando un sistema HVLD convencional;

La Figura 1D muestra un circuito eléctrico equivalente del empaque con defecto y el circuito de prueba HVLD convencional de la Figura 1C;

La Figura 2 muestra el estado de la técnica al mostrar una representación de un sistema DC HVLD;

La Figura 3 muestra el estado anterior al arte al mostrar una señal de detección del sistema DC HVLD mostrado en la Figura 2;

La Figura 4 demuestra el estado anterior al arte al mostrar un circuito eléctrico equivalente del sistema DC HVLD de la Figura 2;

La Figura 5 muestra una representación de una realización preferente del sistema de detección de fugas ADHV;

La Figura 6A muestra un empaque sin defectos probado utilizando una realización del sistema ADHV;

La Figura 6B muestra un circuito eléctrico equivalente del empaque y el circuito de prueba ADHV de la Figura 6A;

La Figura 6C muestra un empaque con defecto probado utilizando un sistema HVLD convencional;

La Figura 6D muestra un circuito eléctrico equivalente del empaque y el circuito de prueba ADHV de la Figura 6C;

La Figura 7 muestra una realización de un sistema de detección de fugas ADHV fuera de línea configurado para probar un vial;

La Figura 8 muestra la realización de un sistema de detección de fugas ADHV fuera de línea de la Figura 7, y resalta el movimiento de los electrodos de inspección y detección a lo largo de un empaque;

La Figura 9 muestra una realización de un sistema de detección de fugas ADVH fuera de línea configurado para probar un tipo diferente de frasco;

La Figura 10 muestra una realización de un sistema de detección de fugas ADHV fuera de línea configurado para probar un tipo diferente de empaque, en concreto una jeringa;

La Figura 11 muestra una realización de un sistema de detección de fugas ADHV en línea;

La Figura 12 es una representación gráfica de una medición de alta tensión de AC con un desplazamiento de tensión de DC a través de un contenedor recibido en el electrodo de detección;

La Figura 13 es una representación gráfica de una medición de alta tensión de AC con una alta tensión de DC desplazada cuando se aplica a un empaque;

La Figura 14 es un gráfico de datos recogidos durante la prueba de exposición de detección de fugas HVLD convencional en la pared exterior de un empaque;

La Figura 15 es un gráfico de datos recogidos durante la prueba de exposición de un HVLD convencional en un producto líquido interno;

La Figura 16 es un gráfico de datos recogidos durante la prueba de exposición de detección de fugas de ADHV en un producto líquido interno;

La Figura 17 es un gráfico de datos recogidos durante la prueba de exposición de detección de fugas de ADHV en la pared exterior de un empaque;

La Figura 18 es un gráfico de datos recogidos durante la prueba de sensibilidad de un HVLD convencional, que muestra tanto la tensión a lo largo del tiempo de un empaque defectuoso como de uno no defectuoso;

La Figura 19 es un gráfico de datos recogidos durante las pruebas de sensibilidad del ADHV para la detección de fugas, que muestra tanto la tensión a lo largo del tiempo de un empaque defectuoso como de uno no defectuoso; y

La Figura 20 muestra una realización de un sistema de detección de fugas ADVH fuera de línea configurado para probar un tipo diferente de empaque, concretamente un empaque con fuelle y sello de triple punto.

Descripción detallada de la invención

Se describen varios modos de realización y aspectos de la divulgación con referencia a los detalles discutidos a continuación. Las siguientes descripciones y figuras referenciadas son ilustrativas de la divulgación y no deben interpretarse como limitantes de la divulgación. Las figuras no necesariamente están a escala. Se describen

numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de varias realizaciones de la presente divulgación. Sin embargo, en ciertos casos, los detalles conocidos o convencionales no se describen con el fin de proporcionar una discusión concisa de las realizaciones de la presente divulgación.

- 5 Como se utiliza en la presente memoria, el término "ADHV" es una abreviatura de Alta tensión alterna-directa, que se refiere al uso de una alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC.

10 Como se utiliza en la presente memoria, el término "conexión eléctrica" se refiere a cualquier procedimiento conocido de conectar uno o más objetos o elementos en un circuito eléctrico de manera que una señal eléctrica o corriente eléctrica pueda ser transmitida entre los objetos. Comúnmente, se utilizan alambres, cables, líneas o productos similares para conectar eléctricamente uno o más objetos en un circuito eléctrico.

15 Una realización preferente de un procedimiento 300 para detectar fugas en el embalaje incluye generar una tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de alta tensión de DC en un circuito. Se coloca un empaque 305 entre un electrodo de inspección 301 y un electrodo de detección 303, que se encuentran dentro del circuito. El electrodo de inspección 301 aplica la tensión alterno de alta tensión 323 con el desplazamiento de alta tensión de DC 329 al empaque 305. El flujo de corriente a través del empaque es detectado luego por el electrodo de detección. Una placa de detección luego procesa el flujo de corriente para determinar si hay una fuga 311 presente en el empaque. Si hay una fuga presente, se envía una señal a una pantalla para notificar al usuario.

20 Se proporcionan varias figuras para demostrar un procedimiento de detección de fugas utilizando el ADHV. La Figura 6A muestra un empaque 305 sin defectos siendo probado utilizando el procedimiento ADHV. La Figura 6B muestra una representación de circuito eléctrico equivalente de la prueba en la Figura 6A. La Figura 6C muestra un empaque 305 con un defecto siendo probado utilizando el procedimiento ADHV. La Figura 6D muestra una representación de circuito eléctrico equivalente de la prueba en la Figura 6C. Para las Figuras 6A - 6D, C_1 representa la capacitancia específica de una primera pared del contenedor, R_1 representa la resistencia específica de la primera pared del contenedor, C_2 representa la capacitancia específica de una segunda pared del contenedor, R_2 representa la resistencia específica de la segunda pared del contenedor, R_3 representa la resistencia específica de alta ohmios de la primera pared del contenedor, R_4 representa la resistencia específica de alta ohmios de la segunda pared del contenedor, R_{Pro} representa la resistencia específica de alta ohmios del material líquido dentro del contenedor, f representa la frecuencia de la alta tensión de AC, L_0 representa el inductor ideal en el circuito equivalente simplificado para bloquear la corriente de AC, C_0 representa el capacitor ideal en el circuito equivalente simplificado para bloquear la corriente de DC, I_{WD} representa la corriente 307 a través de un contenedor sin defectos, I_D representa la corriente 309 a través de un contenedor defectuoso. Es importante tener en cuenta que C_1 , R_1 , C_2 , R_2 , R_3 , R_4 , R_{Pro} son variables y cambian en función de la amplitud de la tensión alterna de alta frecuencia aplicada, el nivel del desplazamiento de la tensión directa de alta frecuencia aplicada, las características del material como la resistencia dieléctrica del contenedor y el producto líquido, y la conductividad del producto líquido.

40 Con tensiones tanto de AC como de DC aplicadas al circuito, el material dentro del empaque solo se expone a alta tensión de DC si existe un defecto en el empaque. Normalmente, el empaque está hecho de un aislante que atenúa fuertemente la alta tensión directa aplicada.

45 Dado que el procedimiento ADHV aplica tanto tensiones de AC como de DC, tanto corrientes de AC como de DC fluyen a través del empaque inspeccionado. En los circuitos eléctricos simplificados de la Figura 6B, la corriente AC puede fluir a través de todos los componentes del circuito, mientras que la corriente DC solo puede fluir a través del camino sin capacitores. La corriente total I_{WD} de la corriente eléctrica de la Figura 6B, que muestra la prueba de un empaque sin defectos, se puede encontrar como la suma de las corrientes AC y DC con las siguientes ecuaciones:

$$50 \quad I_{WD} = \frac{AC}{R_{Pro} + Z_1 + Z_2} + \frac{DC HV}{R_{Pro} + R_3 + R_4} \quad (6)$$

en el que,

$$55 \quad Z_1 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1 \right) * R_3}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1 \right) + R_3} \quad (7)$$

y

$$60 \quad Z_2 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2 \right) * R_4}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2 \right) + R_4} \quad (8).$$

65 Tanto corriente alterna como corriente directa fluyen a través de un empaque defectuoso, también. En los circuitos eléctricos simplificados de la Figura 6D, la corriente AC puede fluir a través de todos los componentes del circuito,

mientras que la corriente DC solo puede fluir a través del camino sin un condensador. La corriente total I_D de la corriente eléctrica de la Figura 6D, que muestra la prueba de un empaque defectuoso, se puede encontrar como la suma de las corrientes de AC y DC con las siguientes ecuaciones:

$$I_D = \frac{AC}{R_{Pro} + Z_2} + \frac{DC HV}{R_{Pro} + R_4} \quad (9)$$

en el que,

$$Z_2 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) * R_4}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) + R_4} \quad (8).$$

Si hay una fuga en el empaque, el condensador C_1 estará ausente del circuito eléctrico y los valores de R_1 y R_3 serán cero. Una corriente eléctrica a través de un empaque defectuoso es, por lo tanto, mayor que una corriente eléctrica a través de un empaque sin defecto. La diferencia entre la corriente eléctrica a través de un empaque defectuoso y la corriente eléctrica a través de un empaque sin defecto permite detectar una fuga utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta I = I_D - I_{WD} \quad (10)$$

en la que hay una fuga presente si $\Delta I > 0$.

Se genera una alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC utilizando ya sea un autotransformador de pulso o un transformador de pulso, una placa de control de alta tensión, un rectificador de alta tensión y una fuente de alimentación de tensión de DC.

El electrodo de inspección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de inspección puede estar hecho de metales, polímeros conductores o cualquier otro tipo de material conductor. Durante la aplicación de la alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de inspección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de inspección.

El electrodo de detección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de detección puede estar hecho de metal, aleaciones de metal, polímeros conductores u cualquier otro tipo de material conductor. Durante la detección de la corriente producida con la tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de detección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de detección.

El empaque puede ser en forma de un frasco, una jeringa, una ampolla, una bolsa, un empaque, un sellado por soplado, y cualquier otro tipo de contenedor hecho de plástico, vidrio, láminas de aluminio u otro tipo de material adecuado para ser llenado con productos medicinales, alimentos u otros productos perecederos o sensibles similares.

En otra realización de un procedimiento para detectar fugas en el embalaje, se genera una alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC en un circuito. Se coloca un empaque entre un electrodo de inspección y un electrodo de detección, que se encuentran dentro del circuito. El empaque se gira a lo largo de un solo eje entre el electrodo de inspección y el electrodo de detección. Además, el electrodo de inspección y el electrodo de detección se desplazan a lo largo de la longitud del empaque a medida que este se gira. El electrodo de inspección aplica la alta tensión de AC con el desplazamiento de alta tensión de DC al empaque. El flujo de corriente a través del empaque es detectado luego por el electrodo de detección. Una placa de detección luego procesa el flujo de corriente para determinar si hay una fuga en el empaque utilizando las mismas ecuaciones que la realización preferente. Si hay una fuga presente, se envía una señal a una pantalla para que el usuario pueda visualizarla.

Se genera la alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC utilizando ya sea un autotransformador de pulso o un transformador de pulso, una placa de control de alta tensión y un rectificador de alta tensión.

El electrodo de inspección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de inspección puede estar hecho de metales, polímeros conductores o cualquier otro tipo de material conductor. Durante la aplicación de la alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de inspección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de inspección.

El electrodo de detección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de detección puede estar hecho de metal, aleaciones de metal, polímeros conductores u cualquier otro tipo de material conductor. Durante la detección de la corriente producida con la tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de detección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de detección.

El empaque puede ser en forma de un frasco, una jeringa, una ampolla, una bolsa y cualquier otro tipo de contenedor hecho de plástico, vidrio, láminas de aluminio u otro tipo de material adecuado para ser llenado con productos medicinales, alimentos o similares.

Otra realización del procedimiento incluye generar una tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de alta tensión de DC en un circuito. Un empaque se coloca en un transportador. El transportador mueve el empaque entre un electrodo de inspección y un electrodo de detección, que se encuentran dentro del circuito. El electrodo de inspección aplica la alta tensión de AC con el desplazamiento de alta tensión de DC al empaque. El flujo de corriente a través del empaque es detectado luego por el electrodo de detección. Una placa de detección luego procesa el flujo de corriente para determinar si hay una fuga en el empaque utilizando las mismas ecuaciones que la realización preferente. Si hay una fuga presente, se envía una señal a una pantalla para que el usuario pueda visualizarla.

La alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC se genera utilizando ya sea un autotransformador de pulso o un transformador de pulso, un rectificador de alta tensión y una fuente de alimentación de tensión de DC.

El electrodo de inspección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de inspección puede estar hecho de metales, polímeros conductores o cualquier otro tipo de material conductor. Durante la aplicación de la alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de inspección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de inspección.

El electrodo de detección puede ser rígido, semirrígido o flexible en forma de un cepillo, una varilla, acero u objeto de forma similar. Además, el electrodo de detección puede estar hecho de metal, aleaciones de metal, polímeros conductores u cualquier otro tipo de material conductor. Durante la detección de la corriente producida con la tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de alta tensión de DC, el electrodo de detección puede estar en contacto con el empaque o puede existir una pequeña separación de aire entre el empaque y el electrodo de detección.

El empaque puede ser en forma de un frasco, una jeringa, una ampolla, una bolsa, un empaque, un sellado por soplado, y cualquier otro tipo de contenedor hecho de plástico, vidrio, láminas de aluminio u otro tipo de material adecuado para ser llenado con productos medicinales, alimentos u otros productos perecederos o sensibles similares.

Hay muchas realizaciones de un dispositivo para aplicar el procedimiento de prueba ADHV. Tales realizaciones varían en base a los tipos de empaques que se van a probar y si los empaques se van a probar uno a la vez, también conocido como prueba fuera de línea, o si se van a probar múltiples empaques de forma continua sin manipulación del usuario, también conocido como prueba en línea.

Como se muestra en la Figura 5, una realización preferente de un circuito de detección de fugas 200 incluye un electrodo de inspección 201 conectado a un rectificador de alta tensión 205 mediante un cable de alta tensión 203, el rectificador de alta tensión también conectado eléctricamente a un autotransformador de pulso 208, una primera fuente de alimentación de tensión de DC 209 conectada eléctricamente al autotransformador de pulso 208, el autotransformador de pulso conectado eléctricamente a una placa de control de alta tensión 211, la placa de control de alta tensión 211 conectada eléctricamente a un controlador lógico programable 217, un electrodo de detección 227 conectado a una placa de detección 219 a través de un cable blindado 225, la placa de detección conectada eléctricamente al controlador lógico programable, una pantalla 215 conectada eléctricamente al controlador lógico programable, una fuente de alimentación secundaria de tensión de DC 213 conectada eléctricamente a la placa de control de alta tensión 211, la placa de detección 219, el controlador lógico programable 217 y la pantalla 215, en el que el electrodo de detección 227 y el electrodo de inspección 201 están posicionados de manera que un empaque 202 se ajuste entre el electrodo de detección 227 y el electrodo de inspección 201 y se aplique una tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de tensión de DC al empaque una vez posicionado entre el electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227. La alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC puede ser generada por un medio conocido en la técnica que no sea el autotransformador de pulso 208 con una fuente de alimentación de tensión de DC 213, un rectificador de alta tensión 205 y una placa de control de alta tensión 211, como, pero no limitado a, un transformador de pulso 208 con una fuente de alimentación de tensión de DC 213, un rectificador de alta tensión 205 y una placa de control de alta tensión 211. En tal caso, el vidrio del electrodo de inspección, láminas de aluminio u otro tipo de material adecuado para ser llenado con productos medicinales, alimentos u otros productos perecederos o sensibles similares.

Hay muchas realizaciones de un dispositivo para aplicar el procedimiento de prueba ADHV. Tales realizaciones varían en base a los tipos de empaques que se van a probar y si los empaques se van a probar uno a la vez, también conocido como prueba fuera de línea, o si se van a probar múltiples empaques de forma continua sin manipulación del usuario, también conocido como prueba en línea.

Como se muestra en la Figura 5, una realización preferente de un circuito de detección de fugas 200 incluye un electrodo de inspección 201 conectado a un rectificador de alta tensión 205 mediante un cable de alta tensión 203, el rectificador de alta tensión también conectado eléctricamente a un autotransformador de pulso 207, una primera fuente de alimentación de tensión de DC 209 conectada eléctricamente al autotransformador de pulso 207, el autotransformador de pulso conectado eléctricamente a una placa de control de alta tensión 211, la placa de control de alta tensión 211 conectada eléctricamente a un controlador lógico programable 217, un electrodo de detección 227 conectado a una placa de detección 219 a través de un cable blindado 225, la placa de detección conectada eléctricamente al controlador lógico programable, una pantalla 215 conectada eléctricamente al controlador lógico programable, una fuente de alimentación secundaria de tensión de DC 213 conectada eléctricamente a la placa de control de alta tensión 211, la placa de detección 219, el controlador lógico programable 217 y la pantalla 215, en el que el electrodo de detección 227 y el electrodo de inspección 201 están posicionados de manera que un empaque 202 se ajuste entre el electrodo de detección 227 y el electrodo de inspección 201 y se aplique una tensión alterno de alta tensión con un desplazamiento de tensión de DC al empaque una vez posicionado entre el electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227. La alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC puede ser generada por un medio conocido en la técnica que no sea el autotransformador de pulso 207 con una fuente de alimentación de tensión de DC 213, un rectificador de alta tensión 205 y una placa de control de alta tensión 211, como, pero no limitado a, un transformador de pulso 208 con una fuente de alimentación de tensión de DC 213, un rectificador de alta tensión 205 y una placa de control de alta tensión 211. En tal caso, el electrodo de inspección 201 está conectado eléctricamente al rectificador de alta tensión 205, que está conectado eléctricamente al transformador de pulsos 208.

Ya sea la combinación de la fuente de alimentación DC 209, la placa de control de alta tensión 211 y el autotransformador de pulso de alta tensión 207, o la combinación de la fuente de alimentación DC 209, la placa de control de alta tensión 211 y el transformador de pulso 208, generan una alta tensión de AC.

La placa de control de alta tensión 211 puede ser, pero no se limita a, una combinación de microprocesador y un MOSFET o IGBT. El microprocesador enciende y apaga el MOSFET o IGBT generando pulsos con una cierta duración y ciclo de trabajo, lo cual activa y desactiva el flujo de corriente desde la fuente de alimentación DC 209 a través del autotransformador de pulso de alta tensión 207 o el transformador de pulso de alta tensión 208. Dado que la corriente a través del autotransformador de pulso de alta tensión 207 o el transformador de pulso de alta tensión 208 se enciende y apaga, se genera una alta tensión de AC en las salidas del autotransformador de pulso de alta tensión 207 o el transformador de pulso de alta tensión 208. La placa de control de alta tensión 211 ajusta la amplitud de la alta tensión de AC generada cambiando la duración y el ciclo de trabajo de los pulsos. El electrodo de inspección 201 está conectado eléctricamente al rectificador de alta tensión 205, que está conectado eléctricamente al autotransformador de pulsos 207 o al transformador de pulsos 208.

El empaque 202 puede ser un frasco, una jeringa, una ampolla u otro tipo de bolsa, botella, contenedor o contenedor sellado. Además, el empaque 202 puede estar hecho de plástico, vidrio u otro material que presente propiedades capacitivas y resistivas. El empaque se llena típicamente, pero no exclusivamente, con productos que incluyen alimentos, medicamentos, productos biológicos u otros productos similares. Se puede utilizar un soporte para asegurar el empaque 202 durante las pruebas. El soporte puede incluir, pero no se limita a, una bandeja, una varilla con mecanismo de sujeción, una correa u otro dispositivo similar. Además, el soporte puede estar conectado a un mecanismo de rotación que gira el soporte y el empaque entre los electrodos de inspección y detección.

Tanto el electrodo de inspección 201 como el electrodo de detección 227 pueden tener formas diferentes y estar hechos de materiales distintos en función de su aplicación. El electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227 pueden estar hechos de metal, aleaciones de metal, polímeros conductores, materiales magnéticos o cualquier otro tipo de material conductor. El electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227 pueden ser rígidos, semirrígidos o flexibles, y tener forma de cepillo, varilla, peine u objeto de forma similar. Durante la aplicación y detección de la corriente producida con la alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC, tanto el electrodo de inspección 201 como el electrodo de detección 227 pueden estar en contacto con el empaque 202. A la inversa, puede existir una pequeña separación de aire 204 entre el empaque 202 y el electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227. El pequeño espacio de aire 204 puede estar entre el electrodo de inspección 201 y el empaque, y el electrodo de detección 227 y el empaque 202. La pequeña brecha de aire 204 puede tener un ancho de entre 0,2 mm y 5 mm. El electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227 no deben tocarse entre sí durante las pruebas, y deben estar posicionados lo suficientemente separados para evitar el arco eléctrico.

El electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227 también pueden ser móviles con respecto al empaque. Un mecanismo deslizante puede ser adjuntado tanto al electrodo de inspección como al electrodo de detección. El mecanismo deslizante puede moverse a lo largo de la longitud del empaque y hacia o alejándose del

empaques. Este movimiento permite separar los electrodos durante la colocación y extracción del empaque entre el electrodo de inspección y el electrodo de detección. El movimiento proporcionado por el mecanismo deslizante también permite que el electrodo de inspección y el electrodo de detección mantengan contacto, o una distancia uniforme, con un empaque con pendientes, curvas o formas irregulares durante las pruebas.

Un transportador también puede ser utilizado en conjunto con el circuito de detección de fugas 200 para pruebas en línea. Uno o más empaques se colocan en la cinta transportadora, la cual mueve el empaque entre el electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227. En función del tipo de empaque a ser probado, el electrodo de inspección 201 y el electrodo de detección 227 pueden configurarse para tocar el empaque 202 durante la prueba o estar separados para proporcionar un espacio de aire entre los electrodos 201 y 227 y el empaque 202. El transportador puede estar estructurado de cualquier manera que permita que el electrodo de inspección 201 se posicione de manera que aplique una alta tensión de AC con un desplazamiento de alta tensión de DC a una superficie del empaque 202 y permita que el electrodo de detección 227 se posicione para recibir la corriente resultante en una superficie opuesta del empaque 202. La Figura 11 muestra un ejemplo de una posible realización del circuito de detección de fugas 200 acoplado a un transportador. El transportador en la Figura 11 es una serie de rodillos donde se posiciona un electrodo de detección entre dos rodillos y un electrodo de inspección cuelga sobre el transportador. Otra organización viable sería un sistema transportador con dos correas. Los electrodos 201 y 227 se colocan entre las dos cintas transportadoras a una cierta distancia entre sí para evitar una chispa directa entre los electrodos. El uso de un transportador con el sistema de detección de fugas 200 no limita de otra manera la variedad estructural de los elementos de la realización preferente discutida.

La Figura 7 muestra otra realización de un sistema de detección de fugas 400, específicamente en una interfaz de prueba 402 donde un empaque 409 está asegurado entre un electrodo de inspección 401 y un electrodo de detección 403. Un soporte 411 asegura el empaque 409, mostrado en esta realización como un frasco, de forma horizontal durante las pruebas. Un mecanismo de rotación 413 hace girar el soporte 411 y el empaque 409 coaxialmente durante la prueba. El electrodo de inspección 401 y el electrodo de detección 403 no tocan el empaque 409 en esta realización para evitar rayar o marcar el empaque 409 durante las pruebas.

Un mecanismo deslizante de inspección 417 está adjunto al electrodo de inspección 401. El mecanismo deslizante de inspección 417 permite que el electrodo de inspección 401 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 409 durante las pruebas. Un mecanismo deslizante de detección 415 está adjunto al electrodo de detección 403. El mecanismo deslizante de detección 415 permite que el electrodo de detección 403 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 409 durante las pruebas.

La Figura 8 muestra la misma realización del sistema de detección de fugas 400. Sin embargo, la Figura 8 muestra la posición del electrodo de inspección 401 y el electrodo de detección 403 que se puede lograr cuando están sujetos al mecanismo deslizante de inspección 417 y al mecanismo deslizante de detección 415, respectivamente. Donde la Figura 7 muestra el electrodo de inspección 401 y el electrodo de detección 403 centrados, la Figura 8 muestra los electrodos 401 y 403 desplazados como representación de la capacidad de los mecanismos deslizantes 415 y 417 para deslizar los electrodos 401 y 403 hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 409 durante las pruebas.

Un cable de alta tensión 405 conecta el electrodo de inspección 401 de la realización mostrada en la Figura 7 con los demás elementos del circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Del mismo modo, el cable blindado 407 conecta el electrodo de detección 403 con los demás elementos del circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5.

La Figura 9 muestra otra realización de un sistema de detección de fugas 500, específicamente en una interfaz de prueba 502 donde un empaque 505 está asegurado entre un electrodo de inspección 501 y un electrodo de detección 503. Un soporte 517 asegura el empaque 505, mostrado en esta realización como un frasco, de forma horizontal durante las pruebas. Un mecanismo de rotación 519 hace girar el soporte 517 y el empaque 505 coaxialmente durante la prueba. Una bandeja 515 se posiciona debajo del empaque 505. El electrodo de inspección 501 y el electrodo de detección 503 nuevamente no tocan el empaque 505 en esta realización para evitar rayar o marcar el empaque 505 durante las pruebas.

Un mecanismo deslizante de inspección 509 está adjunto al electrodo de inspección 501. El mecanismo deslizante de inspección 509 permite que el electrodo de inspección 501 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 505 durante las pruebas. Un mecanismo deslizante de detección 507 está adjunto al electrodo de detección 503. El mecanismo deslizante de detección 507 permite que el electrodo de detección 503 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 505 durante las pruebas. Los electrodos 501 y 503 están desplazados en la Figura 9 como una representación de la capacidad de los mecanismos deslizantes 507 y 509 para deslizar los electrodos 501 y 503 hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 505 durante las pruebas. Los elementos restantes, sus variaciones y cooperación estructural son tal como se describe en la realización preferente.

Un cable de alta tensión 511 conecta el electrodo de inspección 501 de la realización mostrada en la Figura 9 con los demás elementos del circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Del mismo modo, el cable blindado 513 conecta el electrodo de detección 503 con los demás elementos del circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Los elementos restantes, sus variaciones y cooperación estructural son tal como se describe en la realización preferente.

La Figura 10 muestra otro ejemplo de realización de un sistema de detección de fugas 600, específicamente en una interfaz de prueba 602 donde un empaque 613 está asegurado entre un electrodo de inspección 601 y un electrodo de detección 603. Un soporte 609 asegura el empaque 613, mostrado en esta realización como una jeringa, de forma horizontal durante las pruebas. Un mecanismo de rotación 611 hace girar el soporte 609 y el empaque 613 coaxialmente durante la prueba. Una bandeja 615 se posiciona debajo del empaque 613. El electrodo de inspección 601 y el electrodo de detección 603 nuevamente no tocan el empaque 613 en esta realización para evitar rayar o marcar el empaque 613 durante las pruebas.

Un mecanismo deslizando de inspección 605 está adjunto al electrodo de inspección 601. El mecanismo deslizando de inspección 605 permite que el electrodo de inspección 601 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 613 durante las pruebas. Un mecanismo deslizando de detección 607 está adjunto al electrodo de detección 603. El mecanismo deslizando de detección 607 permite que el electrodo de detección 603 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 613 durante las pruebas. Los electrodos 601 y 603 se encuentran en posiciones relativas similares en la Figura 10, pero son capaces de deslizarse a lo largo de la longitud del empaque 613 de forma independiente, como se describe en realizaciones anteriores.

El electrodo de inspección 601 de la realización mostrada en la Figura 10 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Del mismo modo, el electrodo de detección 603 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Los elementos restantes, sus variaciones y cooperación estructural son tal como se describe en la realización preferente.

La Figura 11 muestra una realización de un sistema de detección de fugas 700 en forma de un transportador, específicamente en una interfaz de prueba 702 donde un empaque 709 es entregado entre uno o más electrodos de inspección 701 y un electrodo de detección 703 a través de un transportador 707. El transportador 707 cumple la misma función que el soporte en las realizaciones anteriores para asegurar el empaque 709, mostrado en esta realización como una bolsa de suero no rígida, entre el electrodo de inspección 701 y el electrodo de detección 703. Al igual que con la realización preferente, la realización del transportador mostrada en la Figura 11 podría utilizarse para probar empaques de otras formas, tamaños, materiales y diseños, incluyendo pero no limitándose a viales, ampollas, jeringas, bolsas y contenedores similares. Además, al igual que con la realización preferente, el electrodo de inspección 701 y el electrodo de detección 703 no necesariamente se limitan solo a cepillos y pueden incluir las variaciones proporcionadas en la realización preferente.

En esta realización, el electrodo de inspección 701 y el electrodo de detección 703 son cepillos, en lugar de varillas, como se muestra en las realizaciones anteriores. El electrodo de inspección 701 y el electrodo de detección 703 entran en contacto con el empaque 709 en superficies opuestas del empaque 709 a medida que el transportador 707 pasa el empaque 709 entre los dos electrodos 701 y 703. Los electrodos 701 y 703 están suficientemente separados entre sí para evitar la formación de arcos durante las pruebas.

Un mecanismo deslizando de electrodo 705 está adjunto al electrodo de inspección 701. El mecanismo deslizando del electrodo 705 permite que el electrodo de inspección 701 se mueva hacia adelante y hacia atrás a lo largo del ancho del transportador 707 durante las pruebas. Si bien no se muestra en la Figura 11, se puede adjuntar un mecanismo deslizando de electrodo similar al electrodo de detección 703 para permitir que el electrodo de detección se deslice hacia adelante y hacia atrás a lo largo del ancho del transportador 707 durante las pruebas.

El electrodo de inspección 701 de la realización mostrada en la Figura 11 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Del mismo modo, el electrodo de detección 703 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Los elementos restantes, sus variaciones y cooperación estructural son tal como se describe en la realización preferente.

La Figura 20 muestra otro ejemplo de realización de un sistema de detección de fugas 800, específicamente en una interfaz de prueba 802 donde un empaque 813 está asegurado entre un electrodo de inspección 801 y un electrodo de detección 803. Una bandeja 815 se coloca debajo del empaque 813 para asegurar el empaque durante las pruebas. El electrodo de inspección 801 y el electrodo de detección 803 nuevamente no tocan el empaque 813 en esta realización para evitar rayar o marcar el empaque 813 durante las pruebas.

Un mecanismo deslizante de inspección 805 está adjunto al electrodo de inspección 801. El mecanismo deslizante de inspección 805 permite que el electrodo de inspección 801 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 813 durante las pruebas. Un mecanismo deslizante de detección 807 está adjunto al electrodo de detección 803. El mecanismo deslizante de detección 807 permite que el electrodo de

5 detección 803 se mueva horizontalmente hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la longitud del empaque 813 durante las pruebas. Los electrodos 801 y 803 se encuentran en posiciones relativas similares en la Figura 20, pero son capaces de deslizarse a lo largo de la longitud del empaque 813 de forma independiente, como se describe en realizaciones anteriores.

10 En esta realización 800, el empaque 813 primario probado es una bolsa fuelle, o un empaque que tiene un punto de sellado triple. El electrodo de inspección 805 se coloca debajo del refuerzo del empaque y su punta toca el punto de triple sellado del empaque desde el lado del refuerzo.

15 El electrodo de inspección 801 de la realización mostrada en la Figura 20 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Del mismo modo, el electrodo de detección 803 está conectado a los demás elementos asociados con el circuito de detección de fugas 200, tal como se describe en la realización preferente y se muestra en la Figura 5. Los elementos restantes, sus variaciones y cooperación estructural son tal como se describe en la realización preferente. El empaque se llena con medicamentos, alimentos u otros productos y se coloca en una bandeja 815 para que quede en posición vertical.

Ejemplos

Ejemplo 1

Exposición HVLD convencional

En cualquier tecnología HVLD es necesario alcanzar la tensión más alto posible para producir una alta respuesta de señal a partir de un defecto, sin generar chispas alrededor del contenedor que puedan dañar el aislamiento del contenedor y el producto líquido en su interior, al mismo tiempo que se busca hacer que el contenedor sea conductor para obtener una mejor sensibilidad en la detección de fugas.

En el caso de que se utilice una tecnología HVLD convencional para la detección de fugas, la alta tensión de AC pura aplicada es capaz de penetrar a través de la impedancia capacitiva de un contenedor en buen estado sin una alta atenuación y exponer directamente el producto dentro del contenedor a la alta tensión de AC. Esto resulta en una exposición potencialmente dañina e indeseada del producto dentro de un contenedor adecuado a altas tensiones con posibles efectos secundarios negativos.

Para determinar la cantidad de tensión a la que el producto dentro de un contenedor está expuesto durante una inspección HVLD convencional, se colocó un vial de 15 ml bajo una alta tensión de AC de 18,5 kV_{PK} y se midió la tensión dentro del contenedor. El frasco estaba sin defectos y lleno de agua del grifo. Se utilizó una sonda de alta tensión Tektronix P6015A con una relación de 1:1.000 y un osciloscopio Tektronix TDS2024 para esta medición. La conductividad del agua del grifo fue de 87,5 uS. Se ubicó una sonda de medición de tensión en la pared interior del frasco cerca de un electrodo de inspección puntiagudo. La Figura 15 muestra la tensión medida del agua dentro del frasco durante una inspección realizada por el sistema HVLD convencional. La Figura 14 muestra la tensión medida aplicada en la pared exterior del frasco durante las pruebas realizadas mediante la HVLD convencional, que fue de 18,5 kV_{PK}. Se utilizó la sonda de alta tensión Tektronix P6015A con una relación de 1:1.000 y el osciloscopio Tektronix TDS2024 para esta medición.

La tensión medida del agua del grifo dentro del frasco fue de aproximadamente 7 kV_{PK}, como se muestra en la Figura 15. Este resultado del experimento muestra que los productos medicinales sensibles dentro de los viales fueron expuestos directamente a tensiones extremadamente altas cuando fueron inspeccionados por el sistema HVLD convencional. El efecto de esta alta tensión en el producto dentro del frasco varía en función de la sensibilidad al calor u otros factores.

Ejemplo 2

Exposición a ADHV

Una de las principales ventajas de las pruebas ADHV en comparación con la tecnología convencional HVLD es que el producto dentro de los contenedores no se expone directamente a altas tensiones. Las jeringas, viales y otros contenedores están hechos de vidrio o plástico. El vidrio y el plástico son aislantes eléctricos que son capacitivos por naturaleza y, por lo tanto, inherentemente bloquean completamente, o atenúan, alta tensión de DC más fuerte que una alta tensión de AC de la misma amplitud. El producto dentro de los contenedores está completamente aislado del desplazamiento de alta tensión de DC o sólo está expuesto a una tensión de DC relativamente baja. El producto solo está expuesto a la alta tensión de DC en presencia de una fuga o fugas en el contenedor.

Para demostrar que el producto dentro de los contenedores no está expuesto a alta tensión durante una inspección por ADHV, se probó la misma muestra utilizada en el Ejemplo 1 con un sistema HVLD convencional, un vial de 15 ml lleno de agua del grifo. La conductividad del agua del grifo fue de 87,5 uS. La amplitud máxima de la tensión aplicado en el sistema ADHV fue de -18,5 kV_{PK}.

El vial experimental estaba sin defectos. Se utilizó la sonda de alta tensión Tektronix P6015A con una relación de 1:1.000 y el osciloscopio Tektronix TDS2024 para esta medición.

La tensión ADHV medida cuando se aplicó el ADHV a la pared exterior del frasco se muestra en la Figura 18. Se puede observar en esta figura que la amplitud del componente de corriente AC es de aproximadamente 5 kV_{PP} y el desplazamiento de tensión de DC es de alrededor de -16 kV. Se utilizó la sonda de alta tensión Tektronix P6015A con una relación de 1:1.000 y el osciloscopio Tektronix TDS2024 para esta medición.

Como se muestra en la Figura 16, la tensión medida del producto dentro del frasco durante una inspección mediante tecnología HVLD basada en ADHV fue aproximadamente de -300 V_{PK}. La sonda de medición de tensión se ubicó en la pared interna del frasco cerca del electrodo de inspección. Se utilizó la sonda de tensión Tektronix P6015A con una relación de 1:1.000 y el osciloscopio Tektronix TDS2024 para esta medición.

Los resultados de la prueba muestran que el producto, en este caso agua del grifo, no está expuesto a alta tensión durante una inspección mediante la tecnología ADHV cuando no hay defectos presentes. La alta tensión de DC se atenuó fuertemente por la impedancia capacitiva del contenedor. En comparación con este resultado, la tensión medida dentro del frasco en el sistema HVLD convencional fue de 7 kV_{PK}. En resumen, la tecnología HVLD basada en un ADHV es el único procedimiento HVLD utilizado en la industria farmacéutica y biotecnológica que puede ser verdaderamente no destructivo.

Ejemplo 3

Producción de ozono

Otro importante beneficio de la tecnología HVLD en base a un ADHV es que produce mucho menos ozono que las tecnologías HVLD convencionales. La cantidad de ozono producido por el procedimiento ADHV es insignificante en comparación con la cantidad de ozono producido por el procedimiento HVLD convencional. Se realizó un experimento para determinar cuánto ozono producen los sistemas HVLD convencionales durante una inspección en comparación con la tecnología HVLD basada en un ADHV. Se colocó un detector de ozono calibrado Aeroqual 200 Series con una resolución de 0,001 ppm dentro de la cámara de prueba de ambos sistemas. Ambos sistemas estaban sellados herméticamente.

La amplitud de alta tensión de AC en el sistema convencional HVLD se estableció en 18,5 kV_{PK}. Se encendió la corriente alterna de alta tensión durante cinco minutos. El detector de ozono detectó 0,150 ppm de ozono dentro de la cámara al finalizar la prueba.

La amplitud de alta tensión en el sistema ADHV se estableció en -18,5 kV_{PK} y se encendió durante cinco minutos. El ozono dentro de la cámara fue de 0,004 ppm al final de la prueba.

Este experimento demuestra que el sistema ADHV es una herramienta de inspección mucho más segura en términos de producción de ozono durante su funcionamiento en comparación con los sistemas HVLD convencionales. Esto es especialmente importante cuando los sistemas HVLD se ejecutan en línea de forma continua en una cinta transportadora, ya que la HVLD está constantemente produciendo ozono alrededor de los trabajadores en dicho entorno.

Ejemplo 4

Sensibilidad

ADHV tiene una sensibilidad más alta que los sistemas HVLD convencionales para la detección de fugas en contenedores llenos de productos acuosos de baja conductividad. La Figura 12 muestra una representación gráfica de la tensión ADHV detectado en el electrodo de detección durante una inspección de una jeringa sin defectos llena de agua del grifo. La conductividad del agua fue de 87,5 uS. La Figura 13 muestra una representación gráfica de la corriente ADHV aplicada a un contenedor.

Se realizó un experimento utilizando muestras idénticas para determinar y comparar las sensibilidades de los dos sistemas. Se probaron una jeringa de 1 ml con defecto y una jeringa de 1 ml sin defecto. La jeringa defectuosa tenía un orificio de alfiler perforado con láser de 2 micras que fue fabricado y certificado por Lenox Laser.

Para la prueba del sistema HVLD convencional, se estableció la alta tensión en 12 kV_{PK}. Los resultados del sistema HVLD convencional se muestran en la Figura 18. La línea sólida muestra la señal para la jeringa defectuosa, y la

línea discontinua muestra la señal para la jeringa sin defecto. El valor de tensión fue de 12 kV_{Pk}. Las jeringas fueron giradas a 320 rpm. La señal detectada fue de aproximadamente 3,6 V para la jeringa sin defecto y 5,4 V para la jeringa defectuosa. La relación de los niveles de señal para jeringas con y sin defecto fue de $5,4 \text{ V} / 3,6 \text{ V} = 1,5$.

- 5 Para la prueba del sistema ADHV, se estableció la tensión en -12 kV_{Pk}. Se probaron jeringas de 1 ml con y sin defecto mediante el sistema ADHV. Como se muestra en la Figura 19, la línea sólida representa la jeringa con defecto. La línea discontinua muestra la señal para la jeringa sin defecto. A diferencia del sistema HVLD convencional, la línea sólida del sistema ADHV también notifica la ubicación de la fuga, que es la posición de amplitud máxima de la señal. La alta tensión se estableció en -12 kV_{Pk}. Ambas jeringas probadas fueron giradas a 320 rpm. La señal detectada para la jeringa sin defecto fue de 2,2 V y de 7,7 V para la jeringa defectuosa. La relación de los niveles de señal para la jeringa defectuosa con respecto a la jeringa sin defecto fue de $7,7 \text{ V} / 2,2 \text{ V} = 3,5$.

- 15 Este experimento demuestra que la tecnología ADHV es más de dos veces más sensible que la tecnología HVLD convencional, y localiza con precisión la fuga o fugas, lo cual no ocurre con la tecnología HVLD convencional.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para detectar fugas, que comprende:

5 proporcionar un electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y un electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803), en el que el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) están posicionados de manera que un empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) se ajusta entre el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) y el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801); y

10 utilizar una tensión de AC (323) con un desplazamiento de alta tensión de DC (329) para inspeccionar el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813), caracterizado porque el procedimiento comprende además los pasos de

15 conectar eléctricamente dicho electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) a un rectificador de alta tensión (205), en el que el rectificador de alta tensión (205) está conectado eléctricamente a un autotransformador de pulso (207) o a un transformador de pulso (208) para crear la tensión de AC con el desplazamiento de alta tensión de DC;

20 conectar eléctricamente una primera fuente de alimentación de tensión de DC (209) al autotransformador de pulso (207) o al transformador de pulso (208), en el que el autotransformador de pulso (207) o el transformador de pulso (208) está conectado eléctricamente a una placa de control de alta tensión (211), en el que la placa de control de alta tensión (211) está configurada para encender y apagar el flujo de corriente desde la primera fuente de alimentación de tensión de DC (209) a través del autotransformador de pulso (207) o el transformador de pulso (208), con el fin de generar una alta tensión de AC en las salidas del autotransformador de pulso (207) o el transformador de pulso (208);

25 conectar eléctricamente una segunda fuente de alimentación de tensión de DC (213) a la placa de control de alta tensión (211), una placa de detección (219), un controlador lógico programable (217) y una pantalla (215), en el que la segunda fuente de alimentación de tensión de DC (213) está configurada para suministrar energía a la placa de control de alta tensión (211), la placa de detección (219), el controlador lógico programable (217) y la pantalla (215);

30 conectar eléctricamente dicho electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) a la placa de detección (219), en el que la placa de detección (219) está conectada eléctricamente al controlador lógico programable (217), y el controlador lógico programable (217) está conectado eléctricamente a la pantalla (215); y

35 aplicar la tensión de AC (323) con el desplazamiento de alta tensión de DC (329) a través del electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) al empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813).

2. Un aparato de detección de fugas (200, 400, 500, 600, 700, 800) que utiliza una tensión de AC (323) con un desplazamiento de alta tensión de DC (329) para inspeccionar un empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813), comprendiendo el aparato de detección de fugas (200, 400, 500, 600, 700, 800):

40 un electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801);
un rectificador de alta tensión (205);
un transformador configurado para crear la tensión de AC (323) con el desplazamiento de alta tensión de DC (329);
primera y segunda fuentes de alimentación de tensión de DC (209, 213); y

45 un electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803),
en el que el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) están posicionados de manera que el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) se ajuste entre el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803), caracterizado porque el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) está conectado eléctricamente al rectificador de alta tensión (205), y el rectificador de alta tensión (205) está conectado además eléctricamente al transformador;

50 en el que la primera fuente de alimentación de tensión de DC (209) está conectada eléctricamente al transformador, el transformador está conectado además eléctricamente a una placa de control de alta tensión (211), en el que la placa de control de alta tensión (211) está configurada para encender y apagar el flujo de corriente desde la primera fuente de alimentación de tensión de DC (209) a través del transformador, con el fin de generar una alta tensión de AC en las salidas de dicho transformador;

55 en el que la segunda fuente de alimentación de tensión de DC (213) está conectada eléctricamente a la placa de control de alta tensión (211), una placa de detección (219), un controlador lógico programable (217) y una pantalla (215), en el que la segunda fuente de alimentación de tensión de DC (213) está configurada para suministrar energía a la placa de control de alta tensión (211), la placa de detección (219), el controlador lógico programable (217) y la pantalla (215);

60 en el que el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) está conectado eléctricamente a la placa de detección (219), la placa de detección (219) está conectada además eléctricamente al controlador lógico programable (217), el controlador lógico programable (217) está conectado además eléctricamente a la pantalla (215); y

65 en el que el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) está configurado para recibir la

tensión de AC (323) con el desplazamiento de alta tensión de DC (329).

3. El aparato de la reivindicación 2, en el que:

5 la placa de control de alta tensión (211) comprende una combinación de un microprocesador y un MOSFET o IGBT;
el microprocesador enciende y apaga el MOSFET o IGBT generando pulsos con una cierta duración y ciclo de trabajo, lo cual conmuta el flujo de corriente desde la primera fuente de alimentación de tensión de DC (209) a través de dicho transformador; y
10 la placa de control de alta tensión (211) ajusta la amplitud de la alta tensión de AC generada cambiando la duración y el ciclo de trabajo de los pulsos generados por el microprocesador.

4. El aparato de la reivindicación 2, en el que:

15 el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) detecta una corriente eléctrica y transmite la corriente eléctrica a un circuito de detección (200);
el circuito de detección (200) procesa la corriente eléctrica y envía la señal procesada al controlador lógico programable (217);
el controlador lógico programable (217) procesa un cambio entre la corriente eléctrica medida y una corriente eléctrica no defectuosa;
20 el controlador lógico programable (217) determina si hay una fuga en el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) a través del cambio en la corriente eléctrica;
y la pantalla (215) muestra los resultados de la prueba.

25 5. El aparato de la reivindicación 4, en el que el cambio en la corriente eléctrica ΔI se calcula mediante

$$\Delta I = I_D - I_{WD},$$

30 en el que I_D es una corriente para un empaque defectuoso y I_{WD} es una corriente para un empaque sin defectos,
y

$$I_D = \frac{AC}{R_{PR0} + Z_2} + \frac{DC HV}{R_{PR0} + R_4},$$

35 en el que

$$Z_2 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) * R_4}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) + R_4},$$

40 y

$$I_{WD} = \frac{AC}{R_{PR0} + Z_1 + Z_2} + \frac{DC HV}{R_{PR0} + R_3 + R_4},$$

en el que

$$45 \quad Z_1 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1\right) * R_3}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_1} + R_1\right) + R_3},$$

y

$$50 \quad Z_2 = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) * R_4}{\left(\frac{1}{j2\pi f C_2} + R_2\right) + R_4}.$$

6. El aparato de la reivindicación 2, que además comprende:

55 un soporte (411, 517, 609), en el que el soporte (411, 517, 609) asegura el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) entre el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) durante la prueba.

7. El aparato de la reivindicación 2, en el que el soporte (411, 517, 609) hace girar el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) a lo largo de un eje durante la prueba.

60 8. El aparato de la reivindicación 2, en el que el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803) son móviles a lo largo de la longitud del empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) durante la prueba.

65 9. El aparato de la reivindicación 2, en el que dicho transformador comprende un autotransformador de pulso (207) o un transformador de pulso (208).

10. El aparato de la reivindicación 2, en el que el transformador es un transformador de pulso (208).

11. El aparato de la reivindicación 2, en el que el transformador es un autotransformador de pulso (207).

5 12. El aparato de la reivindicación 2, que además comprende:
un sistema transportador (707), en el que múltiples empaques (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) se prueban sin
interferencia del usuario por un transportador (707) que mueve automáticamente dichos múltiples empaques
(202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) entre el electrodo de inspección (201, 301, 401, 501, 601, 701, 801) y el
electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703, 803).

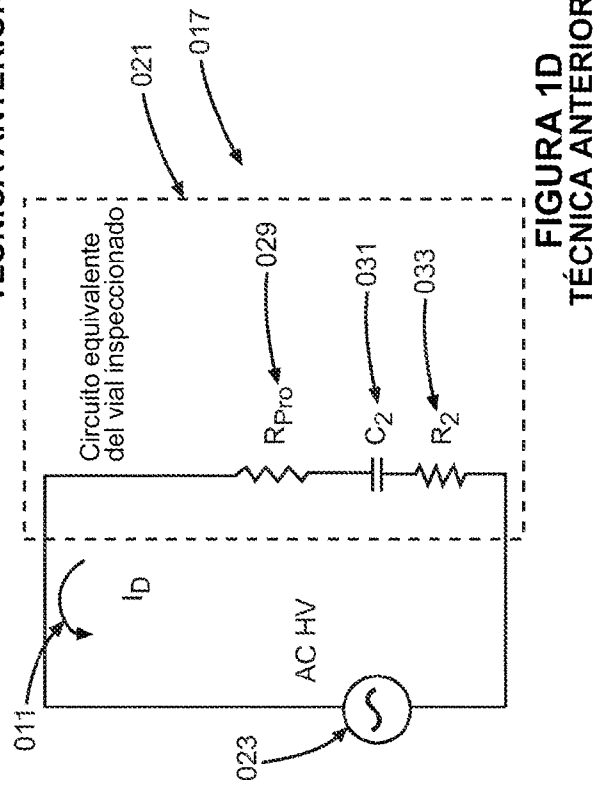
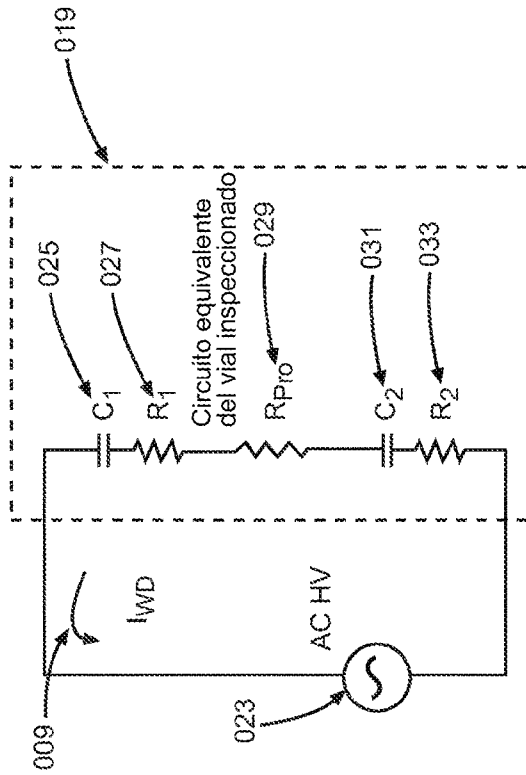
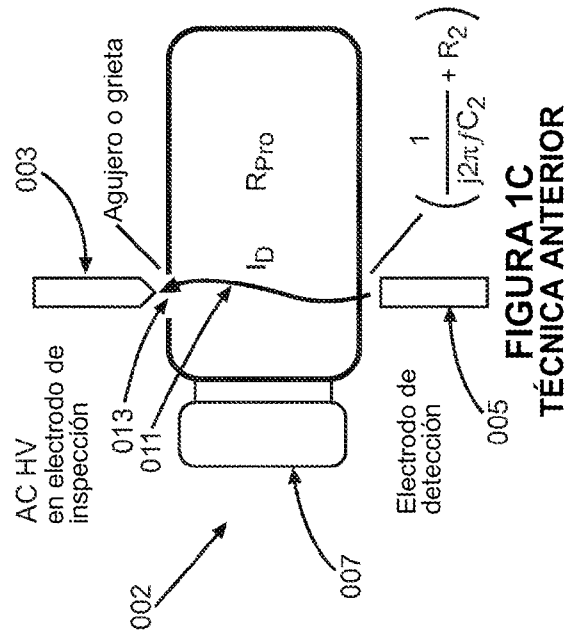
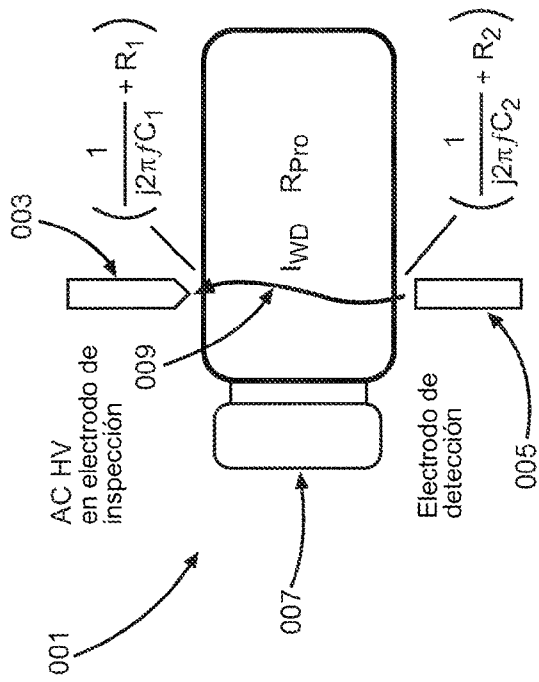
10 13. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:

detectar los niveles de señal de tensión utilizando el electrodo de detección (227, 303, 403, 503, 603, 703,
803) en función del tiempo; y
15 determinar si hay una fuga en el empaque (202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) en base a los niveles de señal
de tensión detectados.

14. El procedimiento de la reivindicación 13, que además comprende determinar que hay una fuga en el empaque
(202, 305, 409, 505, 613, 709, 813) con una sensibilidad mayor que la que se obtiene utilizando únicamente una
20 tensión de AC de la misma amplitud máxima.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, que además comprende determinar la ubicación de la fuga en base a
una posición de amplitud máxima de los niveles de señal de tensión detectados.

25



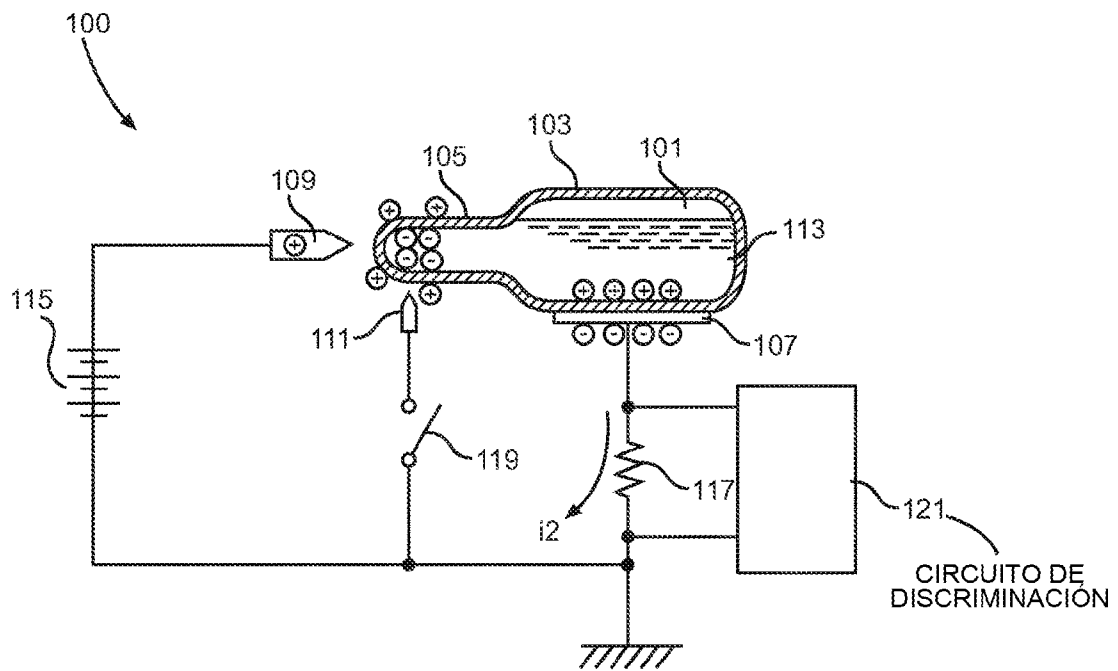


FIGURA 2
TÉCNICA ANTERIOR

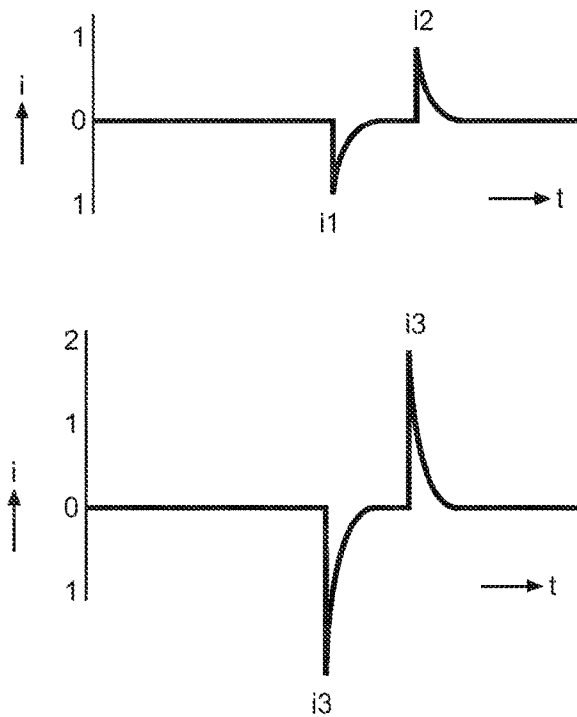


FIGURA 3
TÉCNICA ANTERIOR

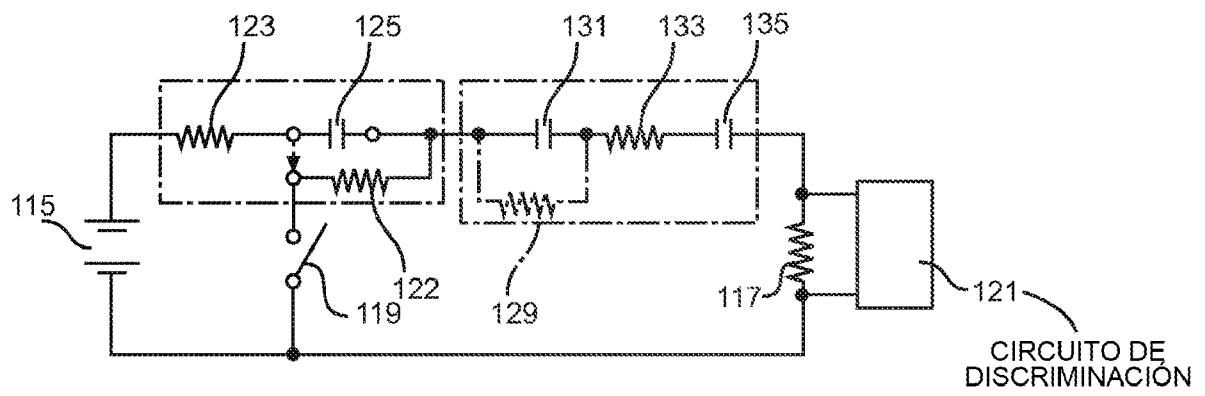


FIGURA 4
TÉCNICA ANTERIOR

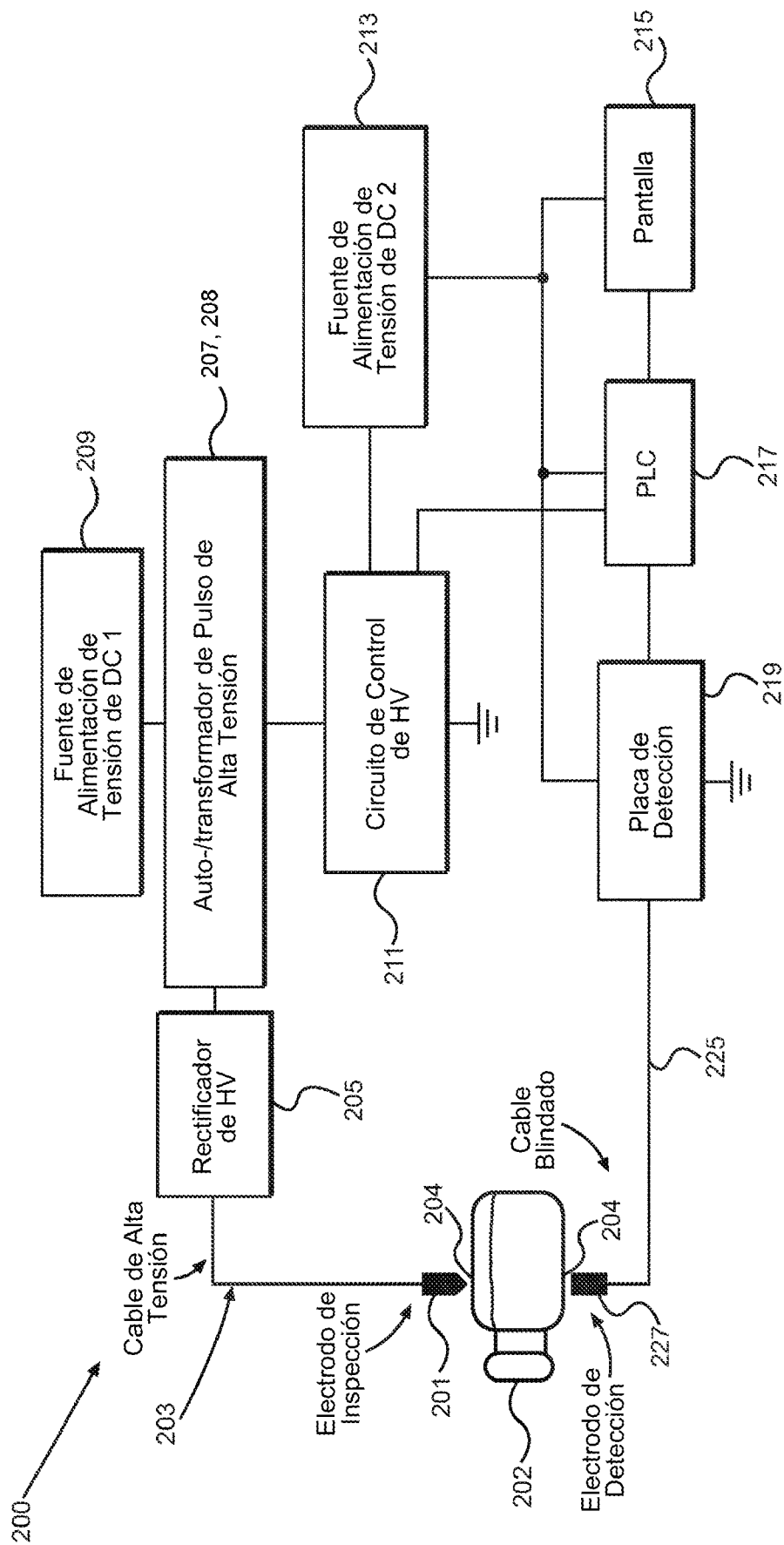


FIGURA 5

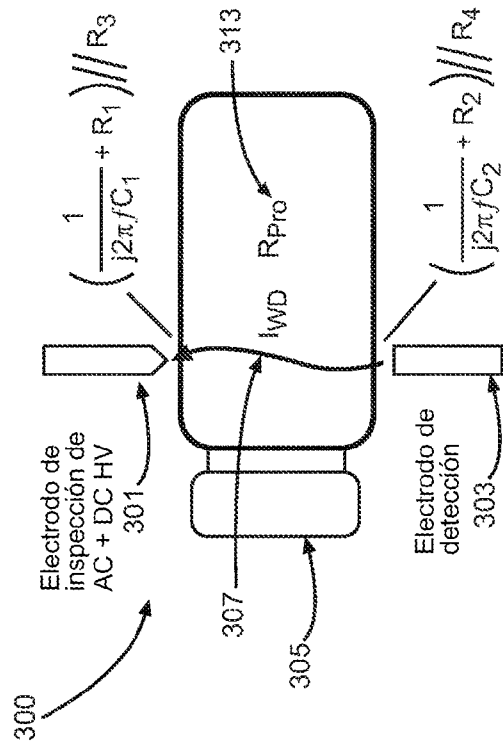


FIGURA 6A

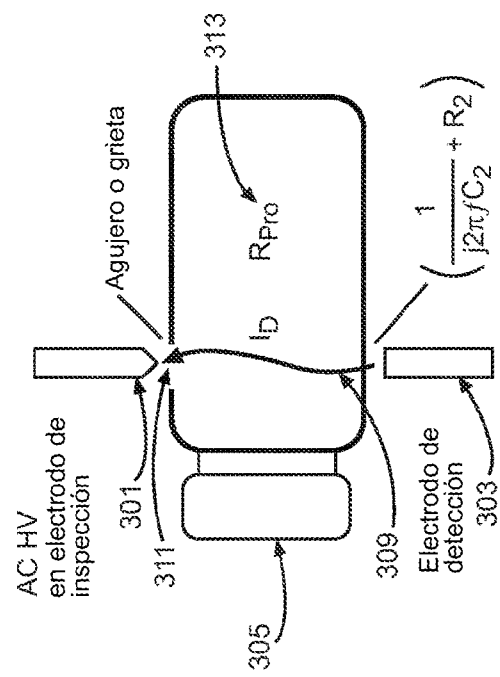


FIGURA 6C

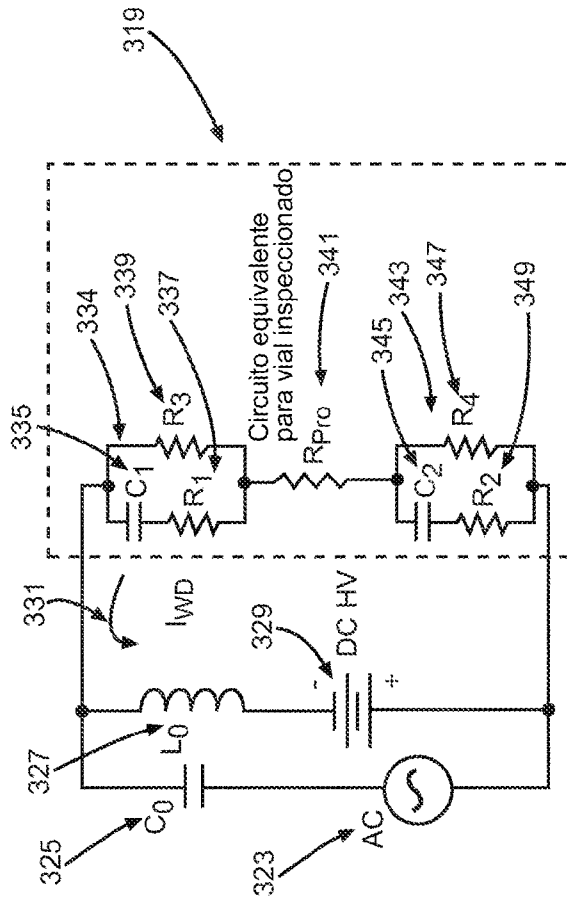


FIGURA 6B

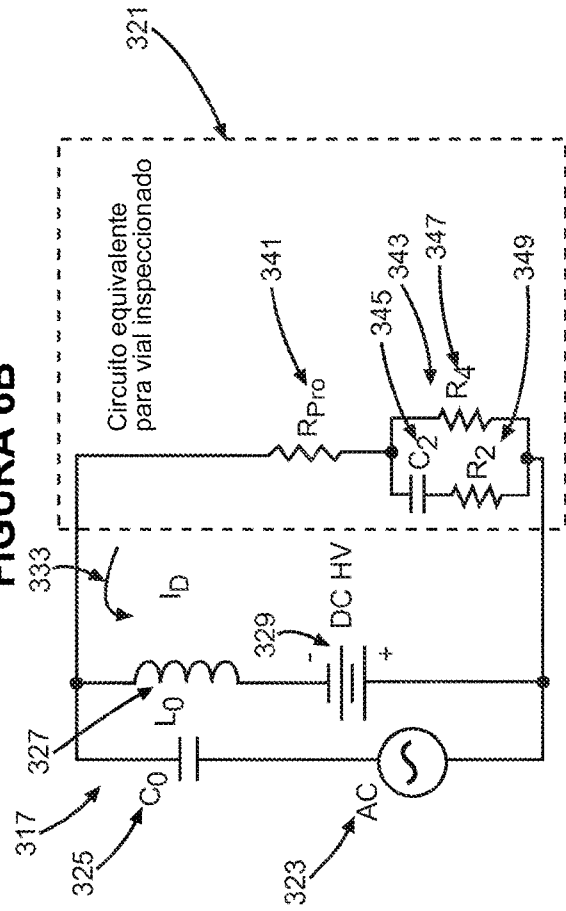


FIGURA 6D

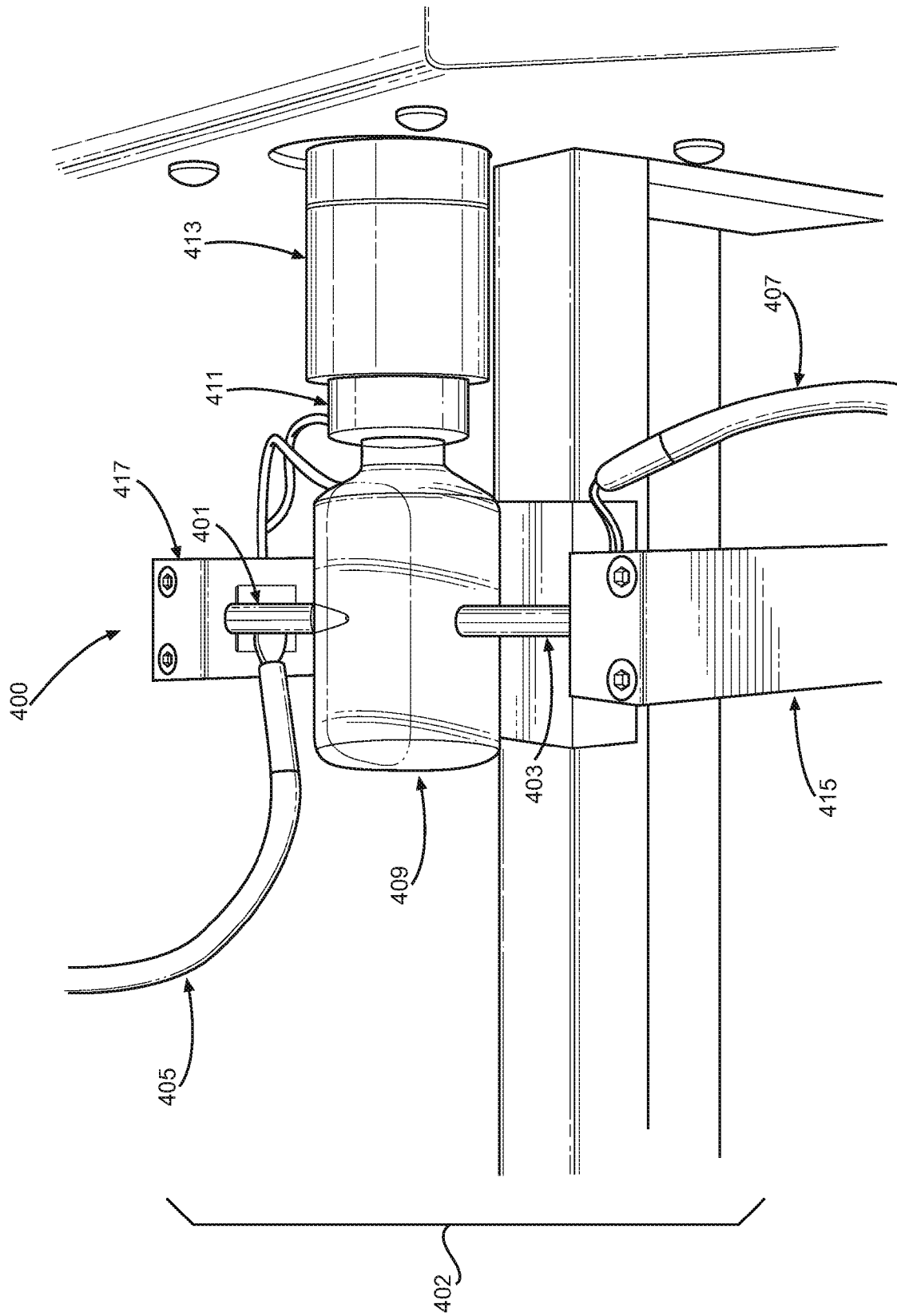


FIGURA 7

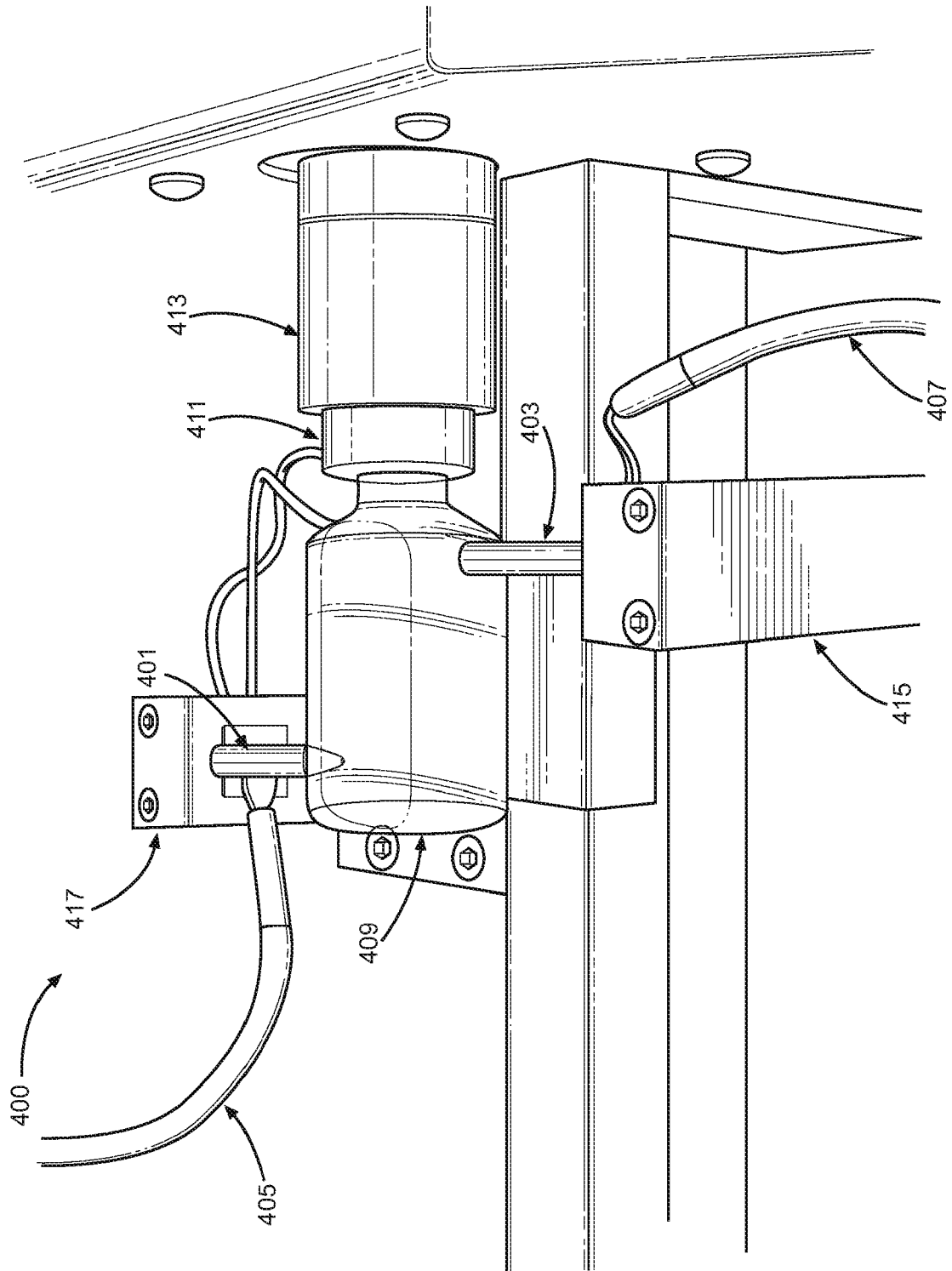
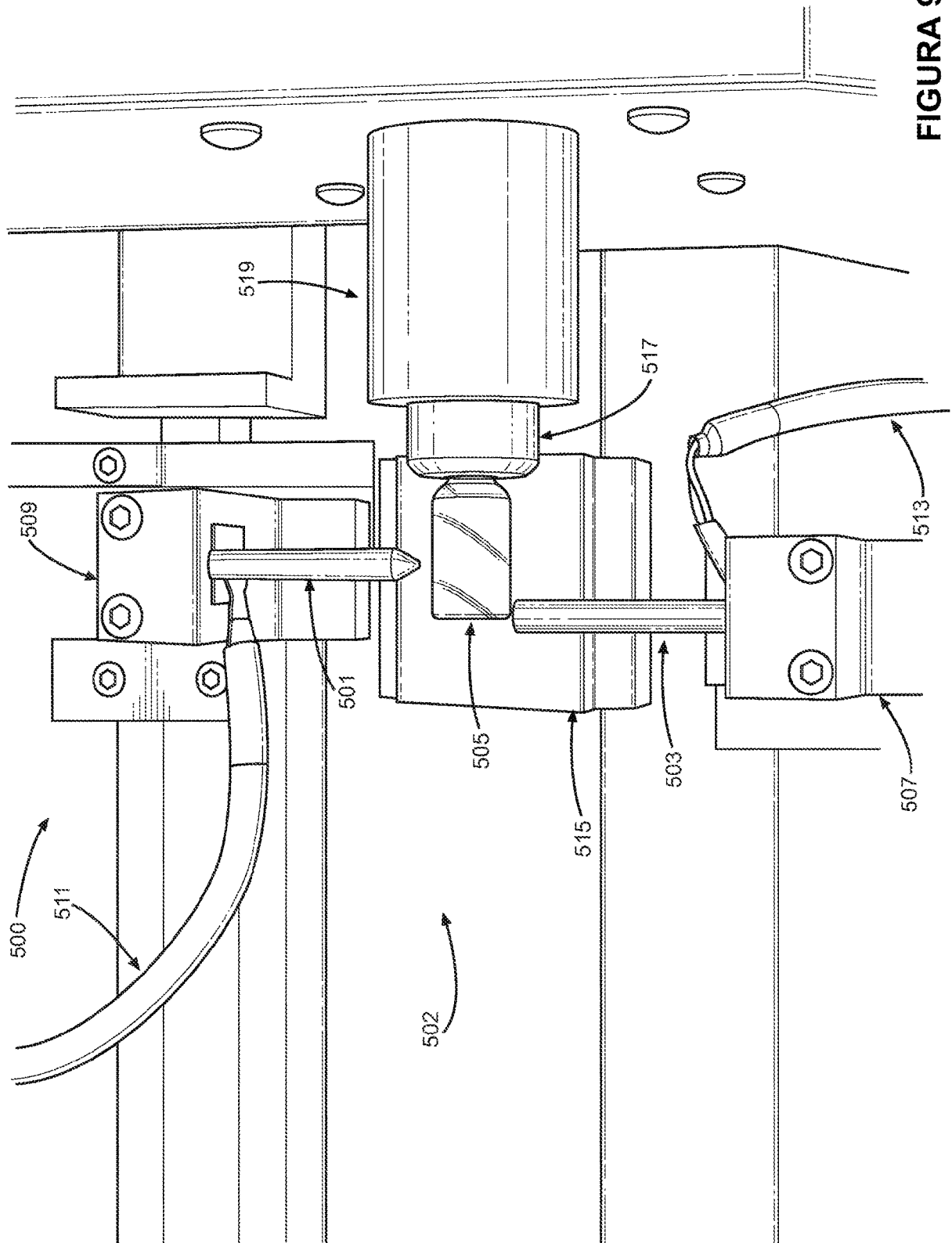


FIGURA 8



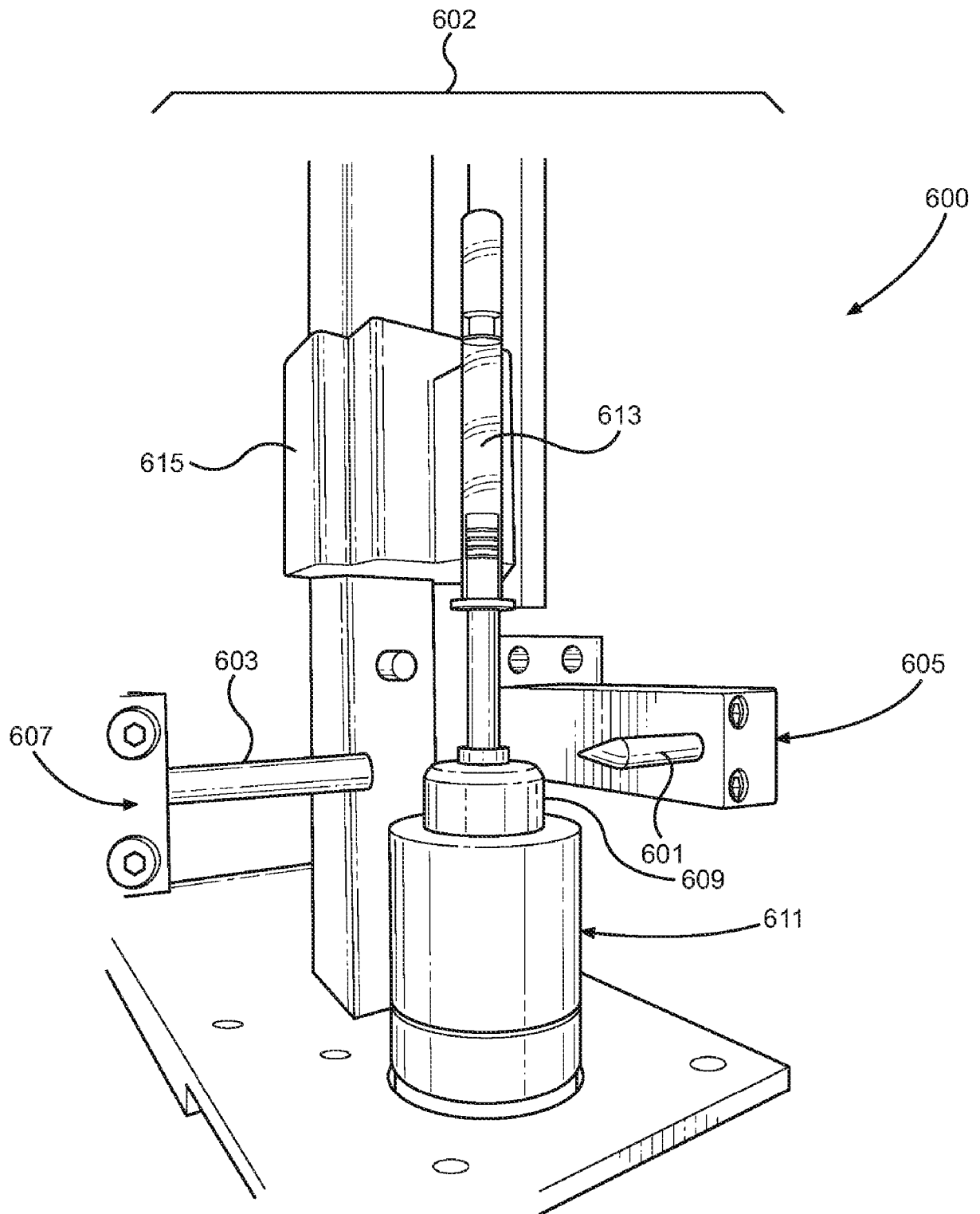


FIGURA 10

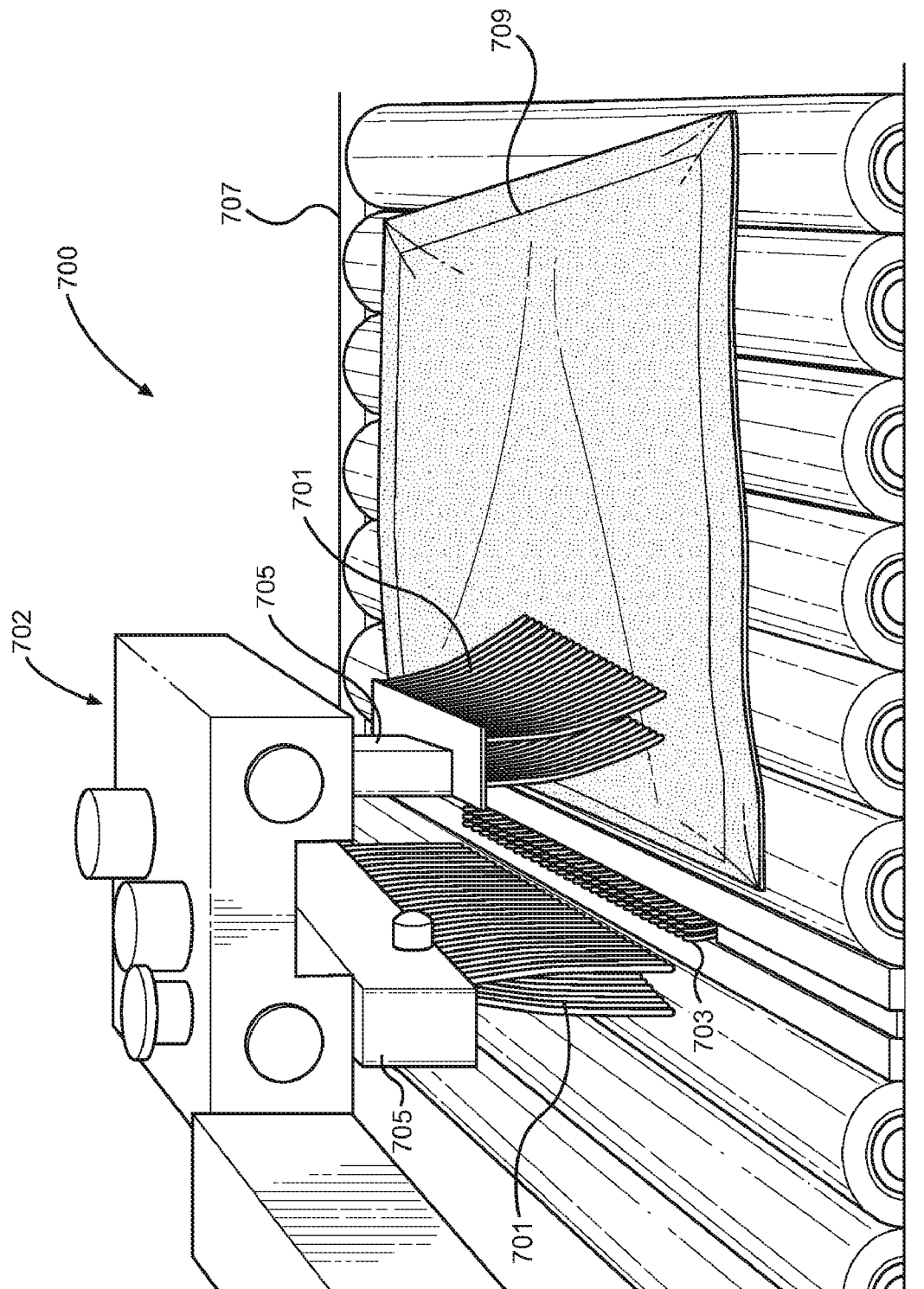


FIGURE 11

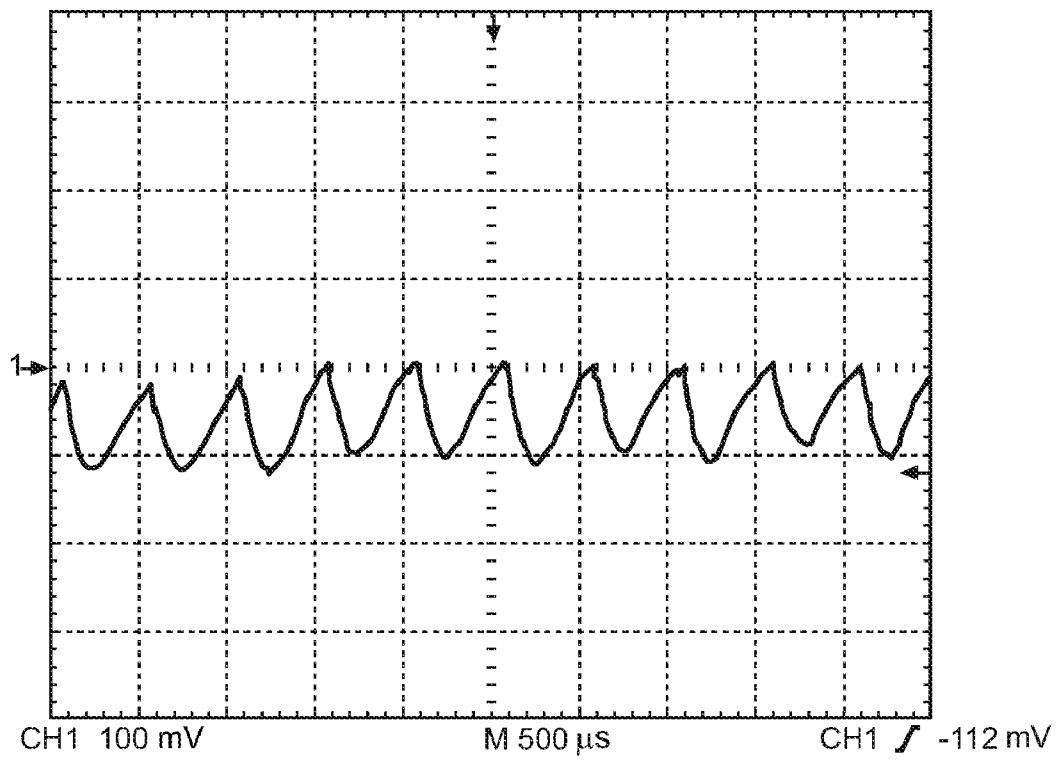


FIGURA 12

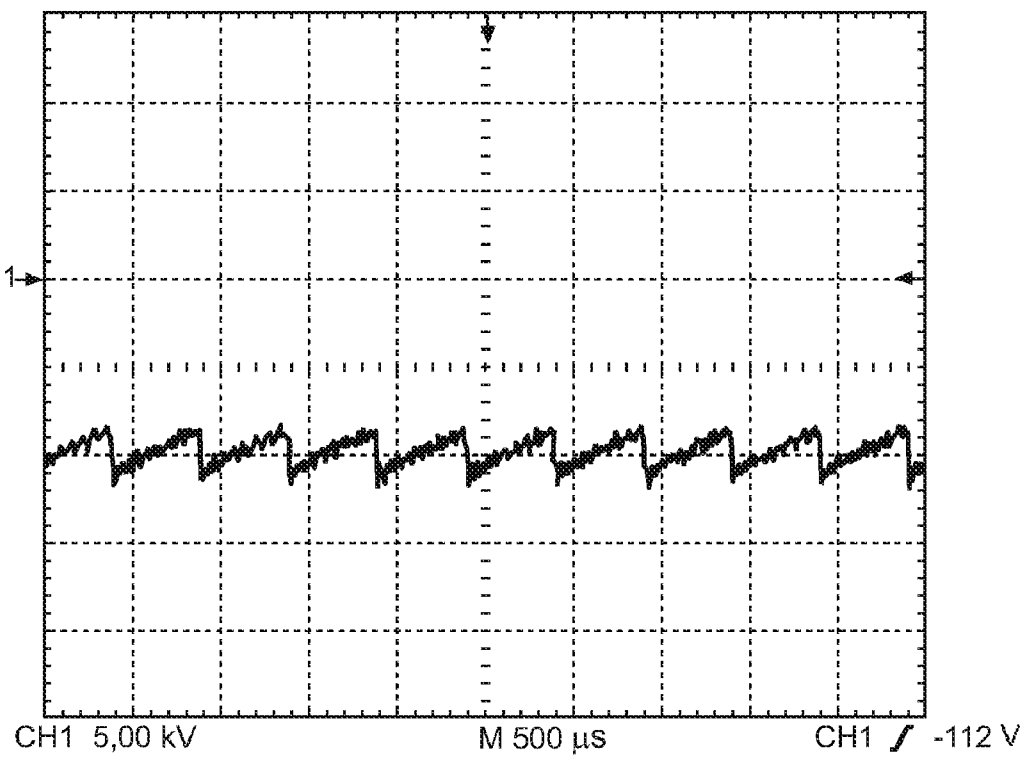


FIGURA 13

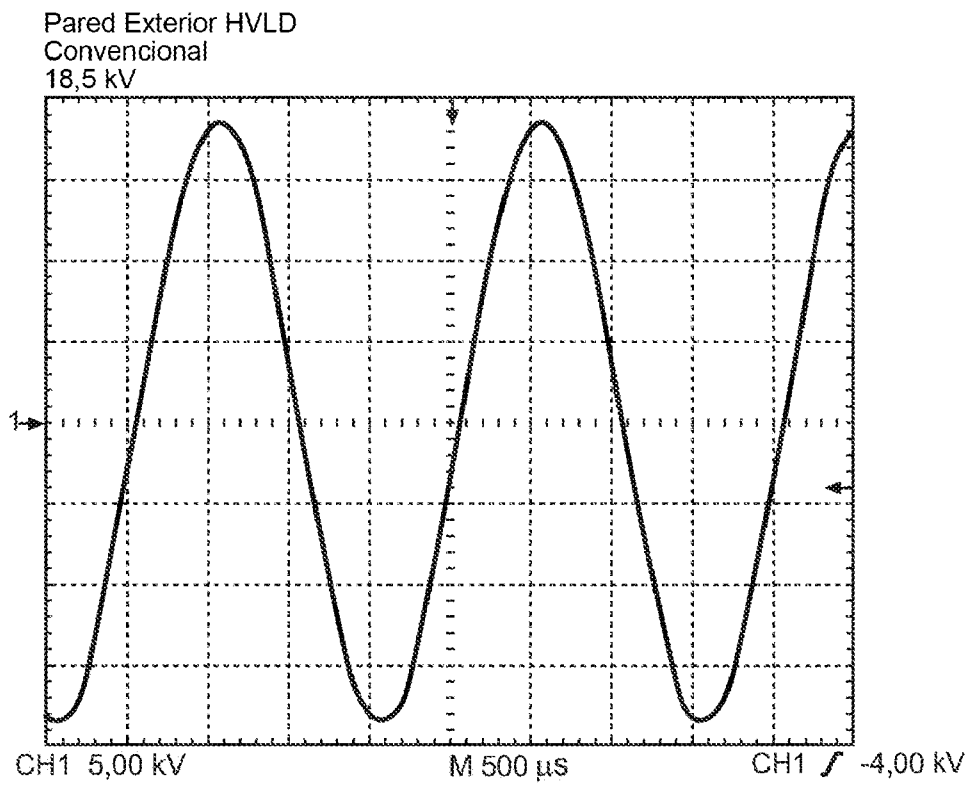


FIGURA 14

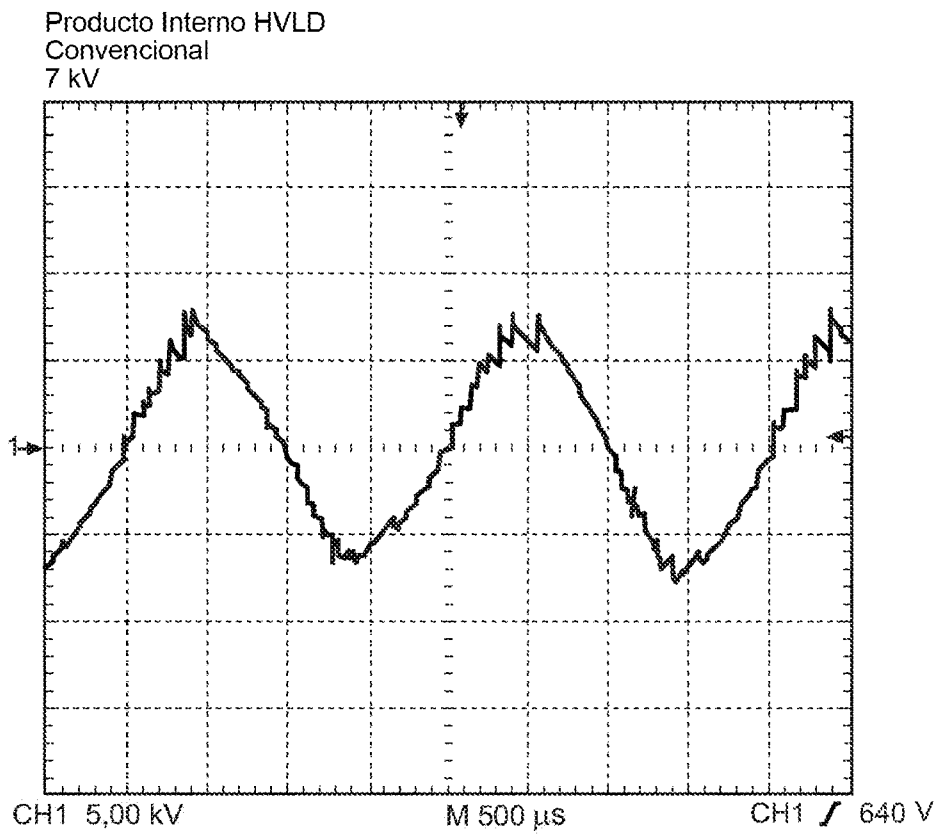


FIGURA 15

ADHV

Producto Interior

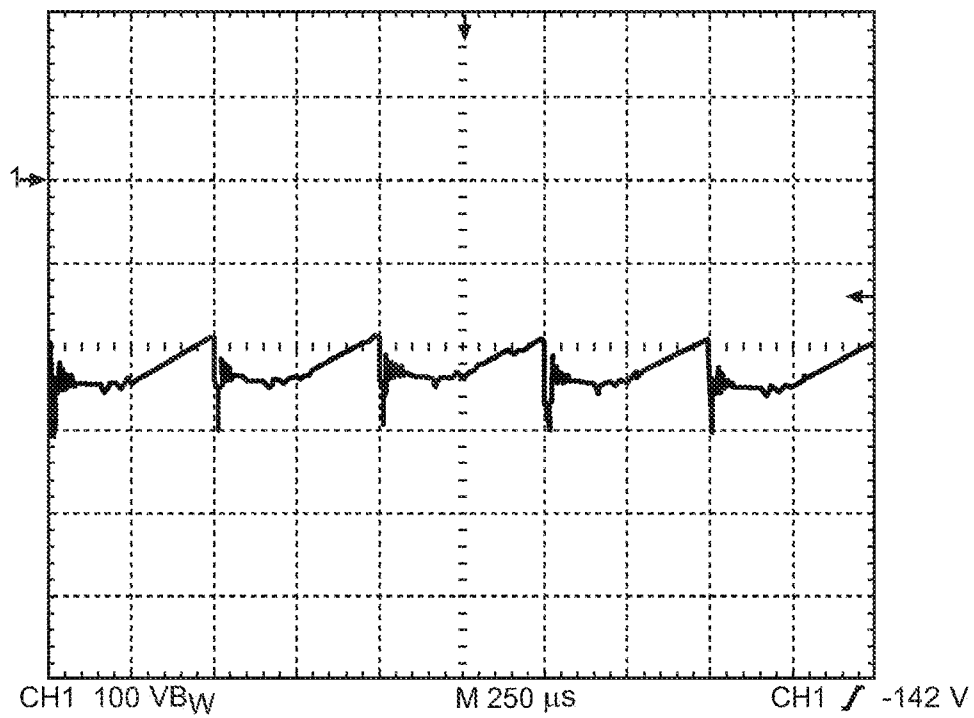


FIGURA 16

Pared Exterior

AC : 5 KV DL : 16 KV

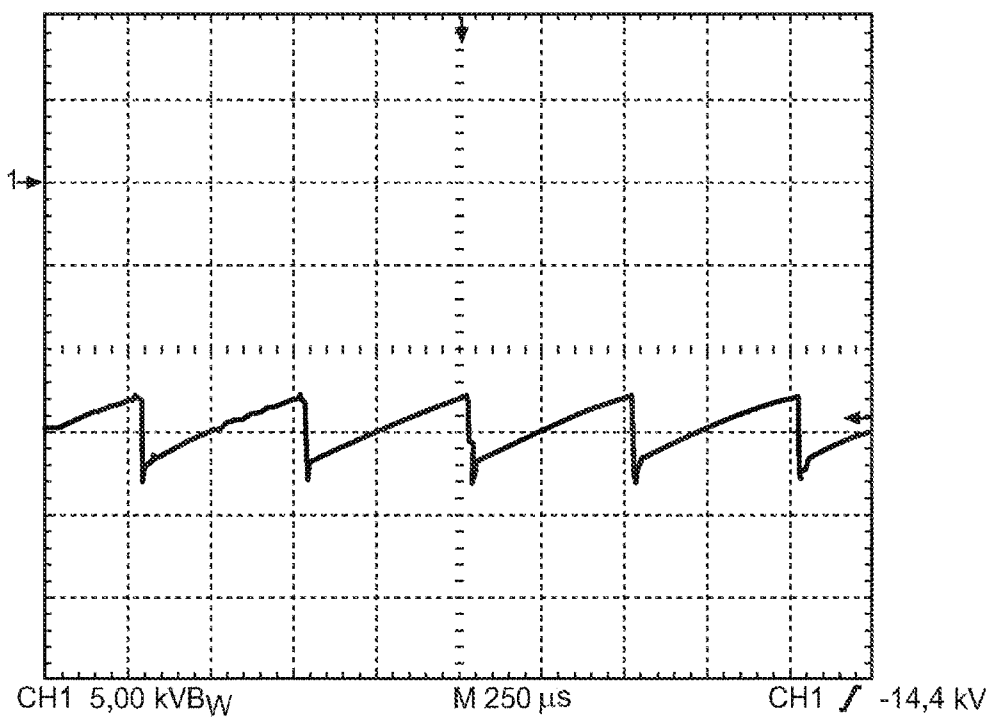


FIGURA 17

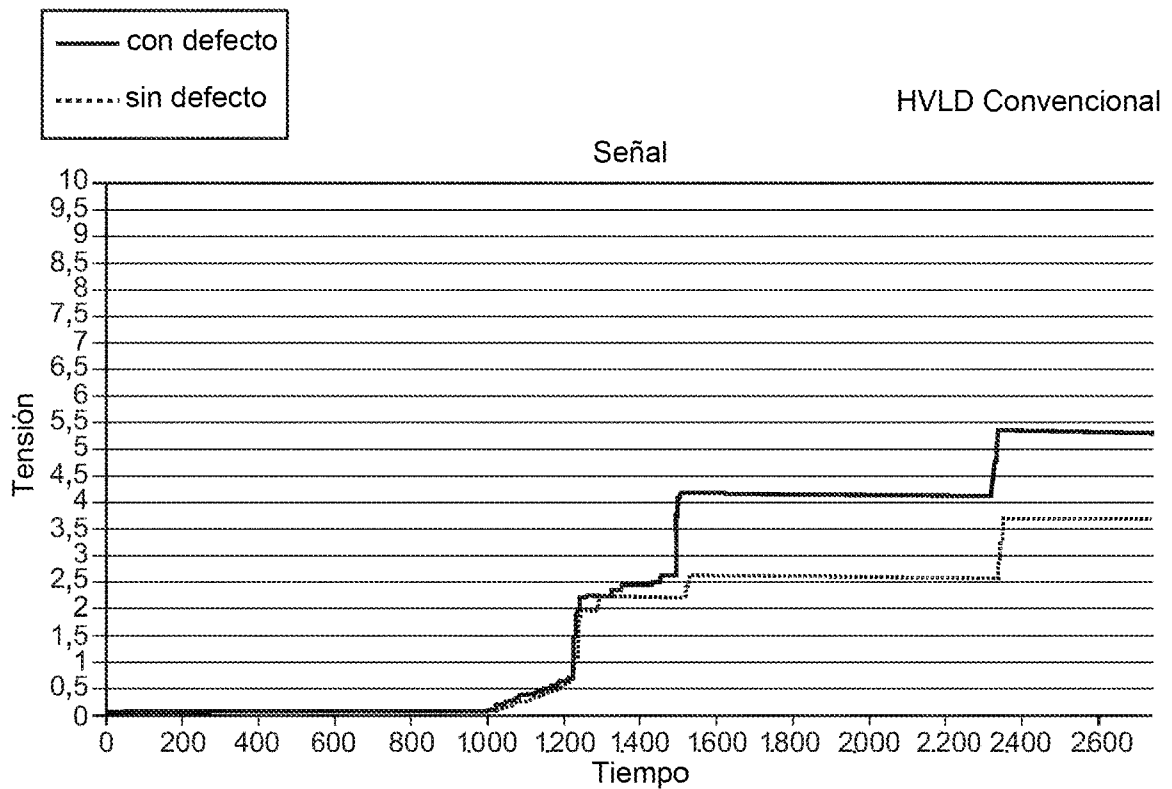


FIGURA 18

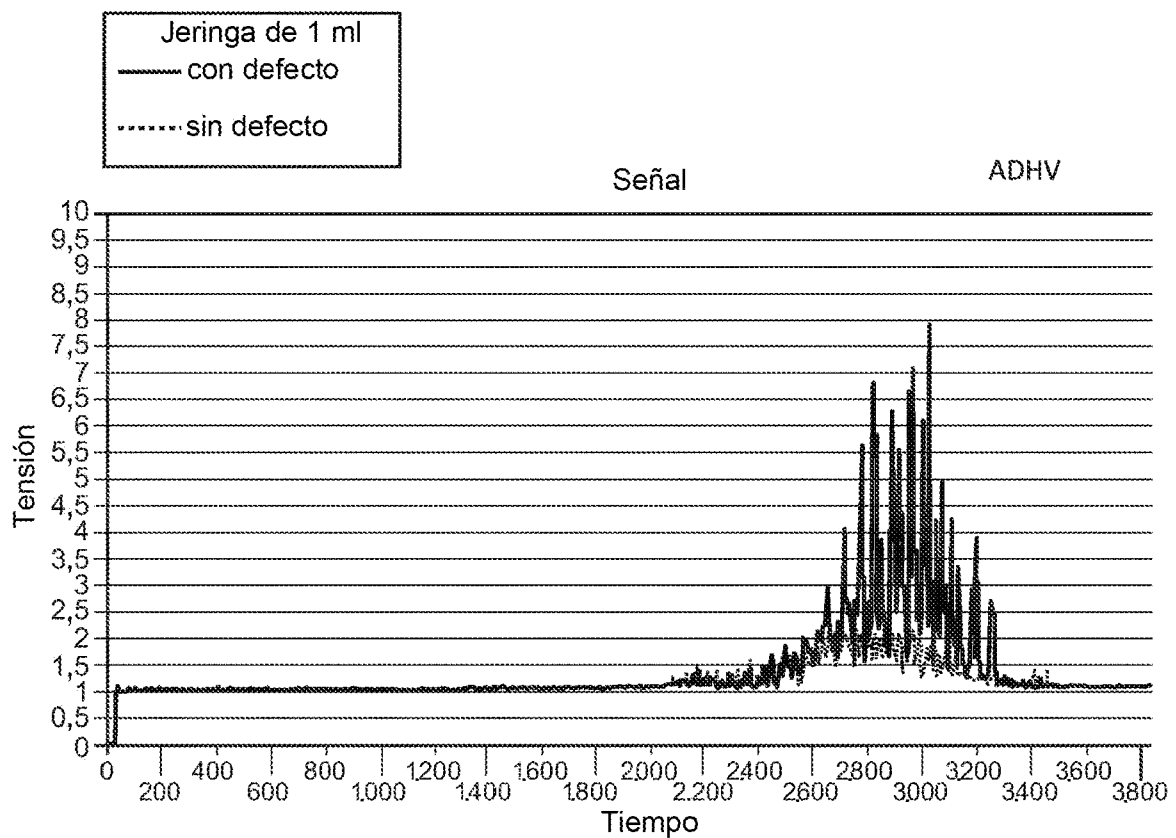


FIGURA 19

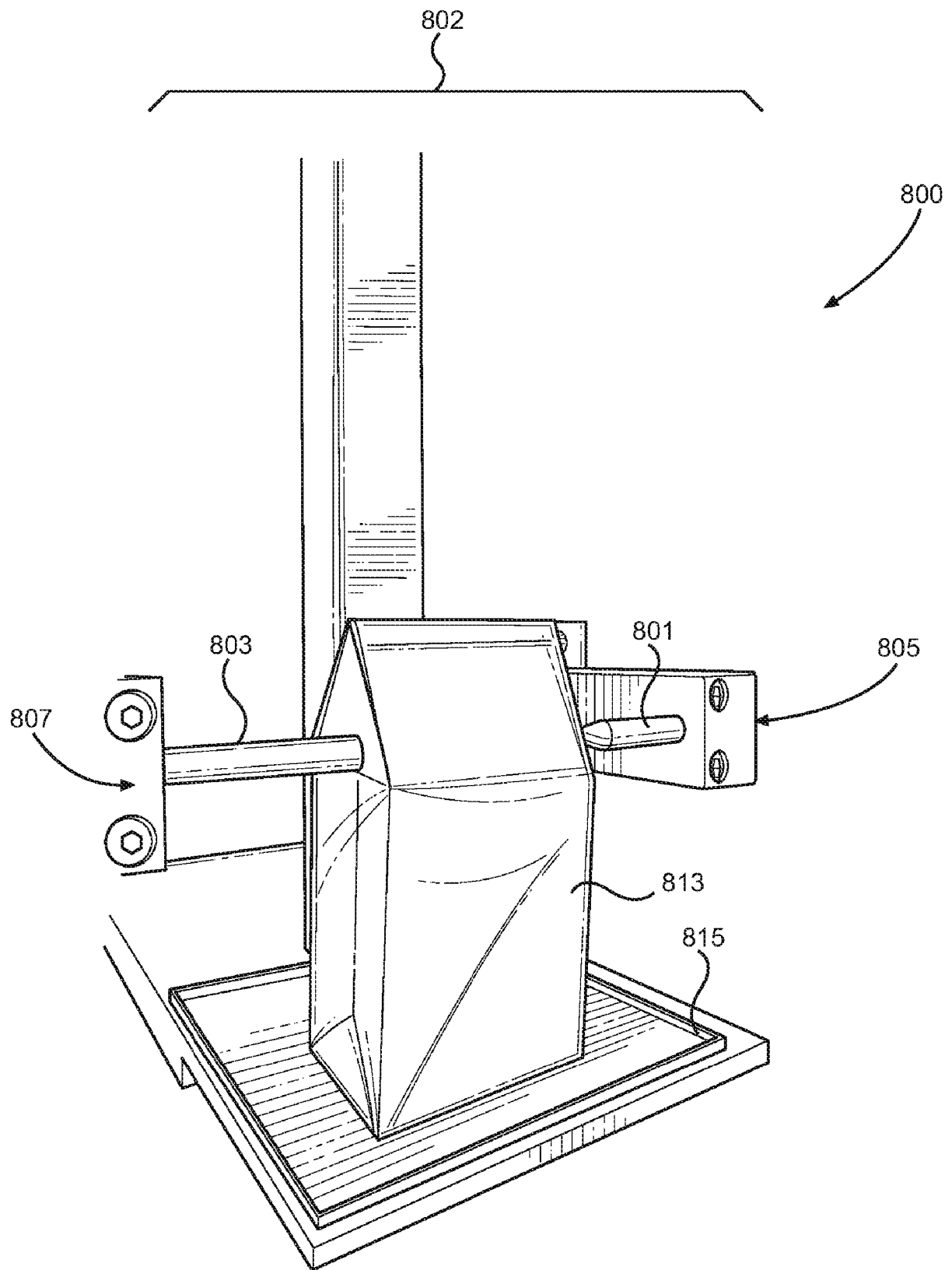


FIGURA 20