

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 709**

51 Int. Cl.:

C02F 1/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2012 PCT/IL2012/050013**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2012 WO12098549**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2012 E 12707387 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2665684**

54 Título: **Sistema y procedimiento para tratamiento de líquido**

30 Prioridad:

23.01.2011 IL 21080811

05.05.2011 IL 21269311

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

04.11.2016

73 Titular/es:

WADIS LTD. (100.0%)

Kibbutz Lavi

15267 Lower Galilee, IL

72 Inventor/es:

LIVSHITZ, YURI y

GAFRI, OREN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 588 709 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 tratamiento de líquido

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una técnica para el tratamiento de líquido contaminado y, más particularmente, a un sistema y procedimiento para el tratamiento de agua mediante el uso de descargas eléctricas de alta energía en un volumen del líquido.

Antecedentes de la invención

10 Se ha emprendido una cantidad de investigación y desarrollo significativo en los últimos años hacia las operaciones de limpieza medioambiental, y en particular a la purificación y descontaminación de aguas subterráneas, aguas residuales, y a agua potable. Se han usado una variedad de técnicas de la técnica anterior para destruir o eliminar materiales contaminantes y tóxicos tales como trazas de productos orgánicos y componentes inorgánicos; sustancias que producen color, gusto y olor; bacterias patógenas y materiales peligrosos en suspensión.

15 Es conocida en este campo una técnica, normalmente bajo la denominación "electro-hidráulica", que utiliza descargas eléctricas de alta energía en un volumen de líquido con la finalidad de desinfectar agua, cambiando los constituyentes químicos y recuperando metales y otras sustancias de los líquidos o lodos (véanse, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos n.º 3.366.564 de Allen; 3.402.120 de Allen et ál.; y 4.957.606 de Juvan). De acuerdo con esta técnica, se inician dentro del líquido ondas de choque electro-hidráulicas, intensas radiaciones de luz y reacciones termoquímicas por la descarga del arco dentro de un espacio de chispa formado por los electrodos sumergidos en el líquido.

20 La **Fig. 1** muestra un esquema eléctrico de un sistema **10** típico de la técnica anterior para tratamiento de líquido contaminado mediante la utilización de descargas eléctricas de alta energía. El sistema **10** incluye un dispositivo **11** de alimentación de alta tensión que tiene un rectificador (no mostrado) conectado a un banco de condensadores **12** de alta tensión que comprende uno o más condensadores. La conexión del dispositivo **11** de alimentación de alta tensión al banco de condensadores **12** puede, por ejemplo, ser una conexión "galvánica" directa. Alternativamente, tal como se explica a continuación, la conexión puede ser a través de un elemento resistivo y/o un elemento de interrupción. El dispositivo **11** de alimentación y el banco de condensadores **12** de alta tensión forman juntos un circuito de carga **A**.

25 El sistema **10** también incluye un interruptor **13** de alta corriente en serie con el banco de condensadores **12** y un par de electrodos **14a** y **14b** separados por un espacio, en serie con el interruptor **13** de alta corriente. Durante el funcionamiento, los electrodos **14a** y **14b** están en contacto con un líquido **15** para proporcionar una descarga eléctrica en el espacio intermedio dentro del líquido. El banco de condensadores **12**, junto con el interruptor **13** de alta corriente, los electrodos **14a** y **14b**, y todos los cables de interconexión intermedios forman un circuito de descarga **B**. Por razones de seguridad, uno de los terminales del dispositivo **11** de alimentación de alta tensión (por ejemplo, el que se conecta al electrodo **14b**) se pone permanentemente a tierra. Por ejemplo, solo uno de los electrodos (**14a** en la **Fig. 1**) puede sumergirse en el líquido **15** bajo tratamiento, mientras que el segundo electrodo (**14b** en la **Fig. 1**) puede conectarse a, o asociarse con, un cuerpo conductor del recipiente de tratamiento **16** que contiene el líquido **15**. Cuando se desee, ambos electrodos pueden sumergirse en el líquido **15** bajo tratamiento.

30 Durante el funcionamiento, el banco de condensadores **12** se carga por el dispositivo **11** de alimentación de tensión. Durante la carga del banco de condensadores **12**, el interruptor **13** de alta corriente está abierto. Después de la carga, el banco de condensadores **12** puede descargarse mediante el cierre del interruptor **13**, para suministrar una alta tensión a los electrodos **14a** y **14b**, y de ese modo generar un pulso de corriente eléctrica entre ellos a través del líquido bajo tratamiento. El cierre del interruptor **13** de alta corriente se activa normalmente mediante un circuito de ignición (no mostrado) que lanza un pulso eléctrico de ignición al interruptor **13**.

35 A pesar de la aparente simplicidad, el sistema **10** padece de un cierto número de limitaciones. En particular, la corriente de carga del banco de condensadores **12** tiene una forma de un exponente de atenuación. En consecuencia, la corriente de carga solo es grande muy al inicio del proceso de carga, y a continuación la corriente de carga se hace más pequeña a lo largo del tiempo. Como resultado, la eficiencia de la fuente de alimentación es baja.

40 Otro inconveniente está asociado con el comportamiento de la corriente transitoria en el circuito de descarga **B**. Dado que el circuito de descarga **B** presenta un circuito RLC serie, la respuesta transitoria del circuito **B** depende del factor de amortiguación ζ que viene dado por

$$\zeta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

en la que C es la capacidad (en faradios) del banco de condensadores **12**, L es la inductancia (en henrios) y R es la resistencia (en ohmios) del circuito de descarga **B**.

5 El comportamiento de la corriente $i(t)$ durante una respuesta transitoria para diferentes ζ se muestra en la **Fig. 2**. Como puede verse, este comportamiento depende del valor de ζ . En particular, cuando $0 < \zeta < 1$ (la respuesta infraamortiguada, curvas **21-23**), la corriente transitoria decae con oscilación. Por otro lado, el decaimiento de la corriente transitoria sin oscilaciones tiene lugar cuando la $\zeta \geq 1$ (la críticamente amortiguada, curvas **24**; y respuesta sobreamortiguada, curvas **25-25**).

10 En el caso de decaimiento de corriente oscilatoria, las componentes inversas negativas I_R de la corriente transitoria oscilatoria $i(t)$ produce una tensión inversa de elevada amplitud a través del banco de condensadores **12**. Como resultado, la corriente de descarga inversa correspondiente puede pasar a través del dispositivo **11** de alimentación de alta tensión, dañándole de ese modo.

15 Para disminuir la corriente inversa de la descarga eléctrica a través del dispositivo **11** de alimentación de alta tensión, se incluye normalmente una resistencia **17** limitadora de la corriente dentro de esta cadena entre el banco de condensadores **12** y el dispositivo **11** de alimentación de tensión para la limitación de la corriente de descarga. Aunque esta previsión permite la protección del dispositivo **11** de alimentación de tensión frente a daños, da como resultado pérdidas eléctricas y gastos extra.

Sumario de la invención

20 Existe aún una necesidad en la técnica para, y sería útil tener, un sistema novedoso para el tratamiento de líquido contaminado. El aparato debería ser suficientemente fiable y eficiente para la descontaminación de aguas subterráneas, aguas residuales, y agua potable para destruir o eliminar materiales contaminantes y tóxicos tales como trazas orgánicas y compuestos inorgánicos; sustancias que produzcan color, sabor y olor; bacterias patógenas; y materiales peligrosos suspendidos. El líquido bajo tratamiento puede ser o bien un líquido inmóvil colocado en un recipiente o bien un líquido en circulación.

25 La presente invención elimina parcialmente las desventajas de las técnicas convencionales y proporciona un nuevo sistema para el tratamiento de un líquido contaminado.

30 El sistema incluye un dispositivo de alimentación de alta tensión, un banco de condensadores general, un dispositivo interruptor general, conectado al dispositivo de alimentación de alta tensión y al banco de condensadores general. El sistema incluye adicionalmente uno o más bancos de condensadores de trabajo conectados al banco de condensadores general a través del dispositivo interruptor general, y uno o más interruptores de trabajo dispuestos en serie con el banco de condensadores de trabajo correspondiente. El sistema incluye también uno o más electrodos de potencial y electrodos puestos a tierra sumergidos en el líquido contaminado y conectados a los bancos de condensadores de trabajo para proporcionar una descarga eléctrica a través del líquido contaminado.

De acuerdo con una realización de la invención, una capacidad eléctrica del banco de condensadores general es mayor que la capacidad eléctrica de los bancos de condensadores de trabajo.

35 De acuerdo con una realización de la invención, puede usarse cualquier número deseado de bancos de condensadores de trabajo. Cualesquiera dos bancos de condensadores de trabajo vecinos pueden separarse entre sí mediante un elemento resistivo de la corriente de trabajo. Por ejemplo, el elemento resistivo de la corriente de trabajo puede disponerse en una línea eléctrica de potencial y conectarse al terminal de potencial del dispositivo de alimentación de alta tensión. Alternativamente, el elemento resistivo de la corriente puede disponerse en una línea eléctrica puesta a tierra.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo interruptor general se dispone en la línea eléctrica de potencial y conectado al terminal de potencial del dispositivo de alimentación de alta tensión.

De acuerdo con otra realización de la invención, el elemento de limitación general se dispone en la línea eléctrica puesta a tierra y conectado al terminal puesto a tierra del dispositivo de alimentación de alta tensión.

45 De acuerdo con una realización de la invención, el electrodo puesto a tierra está asociado con un cuerpo conductor puesto a tierra de un recipiente de tratamiento que contiene el líquido.

De acuerdo con una realización de la invención, los terminales de tierra del banco de condensadores general y dicho al menos un banco de condensadores de trabajo se conectan juntos mediante un bus puesto a tierra común conectado al terminal puesto a tierra del dispositivo de alimentación de alta tensión.

50 El sistema puede incluir una resistencia de limitación general dispuesta en la línea eléctrica de potencial y otra resistencia de limitación general dispuesta en la línea eléctrica puesta a tierra.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo interruptor general y los interruptores de trabajo son interruptores de alta corriente. Dichos interruptores de alta corriente pueden, por ejemplo, ser interruptores de espacio de chispa de tres electrodos que incluyen dos electrodos de interrupción que forman las trayectorias de

interrupción y un electrodo de disparo configurado para proporcionar el paso de la alta corriente entre los dos electrodos del interruptor.

De acuerdo con otra realización de la invención, los interruptores de trabajo son interruptores de alta corriente de semiconductor.

- 5 De acuerdo con otra realización más de la invención, el sistema comprende adicionalmente un interruptor general adicional conectado al banco de condensadores general, uno o más bancos de condensadores de trabajo adicionales que tienen un terminal puesto a tierra y un terminal de potencial conectado al banco de condensadores general a través del interruptor general adicional. En esta realización, el sistema tiene también uno o más interruptores de trabajo adicionales dispuestos en serie con y entre el terminal de potencial del banco de condensadores de trabajo adicional correspondiente y los electrodos correspondientes que se sumergen dentro del líquido bajo tratamiento.

De acuerdo con una realización de la invención, los bancos de condensadores de trabajo adicionales se separan entre sí mediante un elemento resistivo de la corriente adicional dispuesto en la línea de potencia de potencial.

- 15 De acuerdo con una realización de la invención, la capacidad eléctrica adicional C_{ad} del banco de condensadores adicional es mayor que una capacidad eléctrica C_t del banco de condensadores de trabajo, pero es menor que una capacidad C_g del banco de condensadores general.

De acuerdo con una realización de la invención, todos los bancos de condensadores de trabajo tienen el mismo valor de capacidad eléctrica.

- 20 De acuerdo con otra realización de la invención todos los valores de capacidad eléctrica de los bancos de condensadores de trabajo tienen diferentes valores.

El sistema de acuerdo con la presente invención puede fabricarse y comercializarse fácil y eficientemente.

El sistema de acuerdo con la presente invención es de construcción duradera y fiable.

El sistema de acuerdo con la presente invención puede tener un bajo coste de fabricación.

- 25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para el tratamiento del líquido contaminado. El procedimiento se inicia colocando el dispositivo interruptor general y los interruptores de trabajo en la posición de desconexión. El procedimiento incluye la carga del banco de condensadores general mediante la conexión al dispositivo de alimentación de tensión, la conexión del dispositivo interruptor general para suministrar una alta tensión a (a los) banco(s) de condensadores de trabajo para la carga del (de los) mismo(s) mediante la descarga parcial del banco de condensadores general, y la conexión de los interruptores de trabajo, descargando de ese modo el (los) banco(s) de condensadores de trabajo y generando un pulso de corriente eléctrica transitoria entre el (los) electrodo(s) de potencial y el (los) electrodo(s) puesto a tierra.

De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de conexión simultánea de los interruptores de trabajo para proporcionar una descarga eléctrica simultánea de los bancos de condensadores de trabajo a través del líquido contaminado entre los electrodos de potencial y los electrodos puestos a tierra.

- 35 De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento comprende la conexión de los interruptores de trabajo de acuerdo con un algoritmo predeterminado.

De acuerdo con otra realización más de la invención, el procedimiento comprende la etapa de desconexión del dispositivo interruptor general para abrir la conexión entre el banco de condensadores general y los bancos de condensadores de trabajo antes de la etapa de conexión de los interruptores de trabajo.

- 40 De acuerdo con una realización adicional de la invención, el procedimiento comprende adicionalmente la conexión del interruptor general adicional para suministrar una alta tensión a los bancos de condensadores de trabajo adicionales para carga de los mismos mediante una descarga parcial adicional del banco de condensadores general, y la conexión de los interruptores de trabajo adicionales para proporcionar descarga de los bancos de condensadores de trabajo adicionales y de ese modo mantener la corriente eléctrica transitoria entre el electrodo de potencial correspondiente y el electrodo puesto a tierra.

Se ha descrito así, bastante ampliamente, las características más importantes de la invención para que se entienda mejor la descripción detallada de la misma que sigue en el presente documento a continuación. Se expondrán detalles adicionales y ventajas de la invención en la descripción detallada, y en parte serán apreciados a partir de la descripción, o pueden aprenderse por la puesta en práctica de la invención.

- 50 **Breve descripción de los dibujos**

Para entender la invención y ver cómo puede llevarse a cabo en la práctica, se describirán ahora realizaciones preferidas, a modo solo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la **Fig. 1** es un esquema eléctrico de un sistema ejemplar de la técnica anterior para tratamiento de líquido contaminado;

la **Fig. 2** es un comportamiento de la corriente transitoria de un circuito *RLC* serie para diferentes valores del factor de amortiguación;

5 la **Fig. 3A** es un esquema eléctrico de un sistema para el tratamiento de líquido contaminado, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la **Fig. 3B** es un esquema eléctrico de un sistema para el tratamiento de líquido contaminado;

la **Fig. 4A** es un esquema eléctrico de una realización alternativa del sistema de la presente invención;

la **Fig. 4B** son unos esquemas eléctricos de un sistema para el tratamiento de líquido contaminado;

10 la **Fig. 5** es un esquema eléctrico del sistema para la producción de un fuerte impulso eléctrico, de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

la **Fig. 6A** es un esquema eléctrico de un sistema para la producción de un fuerte impulso eléctrico, de acuerdo con una realización más de la presente invención; y

la **Fig. 6B** es un esquema eléctrico de un sistema para la producción de un fuerte pulso eléctrico.

15 Descripción detallada de realizaciones

Los principios y funcionamiento del sistema para tratamiento de líquido contaminado de acuerdo con la presente invención pueden entenderse mejor con referencia a los dibujos y la descripción adjunta, en los que números de referencia iguales se han usado a todo lo largo para designar elementos idénticos o equivalentes, en donde es conveniente por descripción. Debería entenderse que estos dibujos, que no están necesariamente a escala, se dan solamente con finalidades ilustrativas, y no se pretende que limiten el alcance de la invención. Se proporcionan ejemplos de construcciones para elementos seleccionados. Los expertos en la materia apreciarán que muchos de los ejemplos proporcionados tienen alternativas adecuadas que pueden ser utilizadas.

20 El esquema eléctrico del sistema **10** de la técnica anterior para tratamiento de líquido contaminado mostrado en la **Fig. 1** y el comportamiento de la corriente mostrado en la **Fig. 2** se han descrito en la sección de antecedentes, de modo que se considera innecesaria aquí una explicación adicional detallada de este esquema eléctrico.

En referencia a la **Fig. 3A** y **3B** conjuntamente, se muestra en la **Fig. 3A** un esquema eléctrico del sistema **30** para el tratamiento de un líquido contaminado, de acuerdo con una realización de la invención y la **Fig. 3B** es un esquema eléctrico de un sistema **30** para tratamiento de líquido contaminado. El sistema **30** incluye un circuito **31** de carga y un circuito **32** de descarga. El circuito **31** de carga incluye un dispositivo **311** de alimentación de alta tensión que tiene un rectificador (no mostrado) conectado a un banco de condensadores **312** general. El circuito **31** de carga incluye también un banco de condensadores **314** de trabajo conectado al banco de condensadores **312** general a través de un elemento de limitación **313** general. De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 3A**, el elemento de limitación **313** general es un dispositivo interruptor, al que se hace referencia como un interruptor general, mientras que de acuerdo con la disposición mostrada en la **Fig. 3B**, el elemento de limitación **313** general es un dispositivo de resistencia, que se denomina como resistencia de limitación general.

El banco de condensadores **312** general y el banco de condensadores **314** de trabajo son bancos de condensadores de alta tensión que pueden comprender uno o más condensadores. De acuerdo con una realización de la presente invención, una capacidad eléctrica C_g del banco de condensadores **312** general es significativamente mayor que la capacidad eléctrica C_t del banco de condensadores **314** de trabajo. Por ejemplo, C_g puede ser mayor que $10 \cdot C_t$, y más preferentemente puede ser mayor de $20 \cdot C_t$.

35 Tal como se muestra en la **Fig. 3A** y **3B**, el elemento de limitación **313** general se dispone en la línea eléctrica de potencial y se conecta a un terminal **316** de potencial del dispositivo **311** de alimentación de alta tensión. Sin embargo, cuando se desee, el elemento de limitación **313** general puede disponerse en la línea puesta a tierra entre el banco de condensadores **312** general y el banco de condensadores **314** de trabajo, y conectarse a un terminal **317** puesto a tierra del dispositivo **311** de alimentación de alta tensión. Más aún, cuando se desea, el sistema **30** para el tratamiento de un líquido contaminado puede incluir dos elementos de limitación general entre el banco de condensadores **312** general y el banco de condensadores **314** de trabajo de modo que se dispone un elemento de limitación **313** general en la línea eléctrica de potencial y otra resistencia limitadora general (no mostrada) se dispone en la línea puesta a tierra.

40 El circuito **32** de descarga del sistema **30** incluye un interruptor **321** de trabajo en serie con el banco de condensadores **312** de trabajo y un par de electrodos **34** y **35** separados por un espacio en serie con el interruptor **321** de trabajo para proporcionar una descarga eléctrica entre los electrodos **34** y **35** dentro del espacio en el líquido bajo tratamiento. Como se muestra en las **Figs. 3A** y **3B**, el electrodo **34** está conectado al terminal de potencial **316** que se termina por una punta de trabajo (indicada por una flecha) sumergido dentro del líquido **15**, mientras que el segundo electrodo **35** se conecta o asocia con un cuerpo conductor puesto a tierra del recipiente de tratamiento **16** que contiene el líquido **15**. Debería entenderse que cuando se desee, el electrodo de potencial **34** puede finalizarse por una pluralidad de puntas de trabajo distribuidas dentro del volumen deseado del líquido **15** y conectados a través de cables al electrodo **34** común, mediante lo que se extiende el área tratada.

Por razones de seguridad, uno de los terminales del dispositivo **311** de alimentación de alta tensión (por ejemplo, que se conecta al cuerpo conductor del recipiente **16** de tratamiento) se pone permanentemente a tierra. El término "recipiente" se usa ampliamente para describir cualquier contenedor, tanque, cámara, cartucho, carcasa que lo rodea, conjunto de marco o cualquier otra estructura que tenga un cuerpo conductor que pueda usarse para

5 contener el líquido contaminado durante el tratamiento de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención.
El líquido bajo tratamiento puede ser o bien un líquido inmóvil colocado en el recipiente o bien un líquido en circulación. En el caso de un líquido en circulación, las puntas del electrodo de potencial y del electrodo puesto a tierra pueden estar ambas sumergidos en el líquido.

10 El interruptor general (el elemento **313** en la **Fig. 3A**) y el interruptor **321** de trabajo son interruptores de alta corriente. Por ejemplo, cada interruptor de alta corriente es un interruptor con tres electrodos de espacio para chispa que incluye dos electrodos de interrupción que forman dos trayectorias de interrupción y un tercer electrodo (electrodo de disparo) configurado para proporcionar el paso para una alta corriente entre los dos electrodos de interrupción. Ejemplos de los interruptores de alta corriente incluyen, pero sin limitarse a, un interruptor de vacío, un interruptor con espacio de chispa lleno con un gas (trigatrón), un ignitrón, un tiratrón, etc. El sistema **30** incluye también unidades de ignición correspondientes (no mostradas) configuradas para cerrar los interruptores **313** y **321** de alta corriente mediante lanzamiento de pulsos eléctricos de alta tensión de ignición para los electrodos de disparo. Debería tomarse nota de que cuando se desee, el interruptor **321** de alta corriente puede ser un interruptor de alta corriente de semiconductor o un interruptor de vacío. La operación de los dispositivos de interrupción de espacio de chispa, interruptores semiconductores de alta corriente e interruptores de vacío es conocida *per se*, y por lo tanto no se expondrá en el presente documento a continuación.

20 La operación del sistema **30** se inicia a partir de la carga del banco de condensadores **312** general por el dispositivo **311** de alimentación de tensión, durante esta carga, el interruptor **321** de trabajo está en la posición de desconexión. Cuando el elemento de limitación **313** general es el interruptor **313** general entonces está también en la posición de desconexión. En operación, el banco de condensadores **312** general se carga permanentemente dado que está permanentemente conectado al dispositivo **311** de alimentación de tensión.

25 De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 3A**, el banco de condensadores **312** general puede descargarse parcialmente mediante el cierre (conexión) del interruptor **313** general, para alimentar una alta tensión al banco de condensadores **314** de trabajo. De acuerdo con la disposición mostrada en la **Fig. 3B**, el banco de condensadores **312** general se descarga también parcialmente para alimentar una alta tensión al banco de condensadores **314** de trabajo a través de la resistencia **313** de limitación general.

30 La disminución de la tensión a través del banco de condensadores **312** general debida a esta descarga puede estimarse por $(C_g - C_t) / C_g$. Debido a la condición $C_g \gg C_t$, esta pérdida es relativamente pequeña, es decir, $(C_g - C_t) / C_g \ll 1$. Por ello, la caída de tensión a través del banco de condensadores **312** general puede compensarse fácilmente mediante la carga del banco de condensadores general desde el dispositivo **311** de alimentación de tensión.

35 De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 3A**, tan pronto como el proceso de carga del banco de condensadores **314** de trabajo se ha completado, el interruptor **313** general debería desconectarse para abrir la conexión entre el banco de condensadores **312** general y el banco de condensadores **314** de trabajo, y de ese modo evitar una descarga adicional del banco de condensadores **312** general junto con el banco de condensadores **314** de trabajo. En el caso de la disposición mostrada en la **Fig. 3B**, la resistencia **313** de limitación general limita la corriente entre el banco de condensadores **312** general y el banco de condensadores **314** de trabajo, evitando de ese modo la descarga del banco de condensadores **312** general junto con el banco de condensadores **314** de trabajo. El cierre del interruptor **321** de trabajo da como resultado la descarga del banco de condensadores **314** de trabajo y la generación de un pulso de corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **34a** y **34b** a través del líquido bajo tratamiento.

40 Cuando los parámetros del circuito **32** de descarga son tales que la corriente transitoria decae con oscilación, puede aparecer a veces una tensión inversa $U_t^{(-)}$ correspondiente a los componentes inversos negativos de la corriente transitoria oscilatoria no solo a través del dispositivo **311** de alimentación de tensión sino también a través del banco de condensadores **312** general, si está conectado en paralelo con el dispositivo **311** de alimentación de tensión en ese momento. La carga eléctrica negativa correspondiente $Q_t^{(-)} = C_t U_t^{(-)}$ asociada con la corriente transitoria oscilatoria tiene una magnitud que es significativamente menor que la carga eléctrica positiva $Q_g^{(+)} = C_g U_{FA}^{(+)}$ almacenada en el banco de condensadores **312** general. Por lo tanto, la carga eléctrica total a través del banco de condensadores **312** general tendrá una magnitud positiva, impidiendo de ese modo el paso de un componente inverso negativo dañino de la corriente transitoria oscilatoria a través del dispositivo **311** de alimentación de tensión.

45 Por ejemplo, valores típicos de los componentes del sistema **30** y de los parámetros de su operación son como sigue. La tensión nominal proporcionada por el dispositivo **311** de alimentación de alta tensión puede estar en el intervalo de 20 kV - 40 kV, la capacidad C_g del banco de condensadores **312** general puede estar en el intervalo de 4 - 5 microfaradios, y la capacidad C_t del banco de condensadores **314** de trabajo puede estar en el intervalo de 0,1 microfaradios - 0,2 microfaradios. La resistencia eléctrica de la resistencia **313** de limitación general estará en el

intervalo de 10 kilohmios - 50 kilohmios.

Por ejemplo, una energía requerida para una desinfección de un cierto volumen de líquido está en el intervalo de hasta 10 J (julios). Para este caso, por ejemplo, una capacidad de trabajo C_t puede ser de 0,01 μF (microfaradios), la capacidad general C_g puede ser de 10 μF , y la tensión de trabajo puede ser de 30 kV. En consecuencia, en el banco de condensadores **314** de trabajo, la energía almacenada es $W = C_t U^2/2 = 4,5 \text{ J}$, y la carga eléctrica es $Q_t = C_t U = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ (culombios); mientras que, en el banco de condensadores **312** general, la energía almacenada es de 450 J, y la carga eléctrica es de 0,3 C. Como puede entenderse, en este caso, la variación de la tensión debida al componente inverso de la corriente transitoria oscilatoria puede estimarse como $Q_t/C_g = 30 \text{ V}$. En consecuencia, la variación de tensión no supera el 1 %.

En referencia a las **Figs. 4A** y **4B** conjuntamente, la **Fig. 4A** muestra un esquema eléctrico del sistema **40** para el tratamiento de un líquido contaminado, de acuerdo con otra realización de la invención y la **Fig. 4B** muestra un esquema eléctrico adicional de un sistema **40** para el tratamiento del líquido contaminado. El sistema **40** incluye un circuito **41** de carga y una pluralidad de módulos **42** de descarga equivalentes eléctricamente conectados al circuito **41** de carga. Con el propósito de simplicidad de ilustración, solo se muestran en las **Figs. 4A** y **4B** tres módulos **42** de descarga, sin embargo, puede usarse cualquier número deseado de módulos **42** de descarga.

El circuito **41** de carga incluye un dispositivo **411** de alimentación de alta tensión conectado a un banco de condensadores **412** general del circuito de carga **41** y una pluralidad de bancos de condensadores de trabajo. Cada módulo **42** de descarga incluye un banco de condensadores de trabajo correspondiente. Se muestran en las **Figs. 4A** y **4B** tres bancos de condensadores de trabajo que son indicados mediante los números de referencia **414a**, **414b** y **414c**. Los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo están separados entre sí mediante elementos resistivos **415** de corriente de trabajo correspondientes.

El banco de condensadores **412** general está conectado al banco de condensadores **414a** de trabajo a través de un elemento **413** de limitación general. Debería entenderse que generalmente el banco de condensadores **412** general puede conectarse a uno cualquiera de los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo. La finalidad del elemento **413** de limitación general es limitar la corriente entre el banco de condensadores **412** general y el banco de condensadores **414a** de trabajo para evitar una descarga del banco de condensadores **412** general junto con el banco de condensadores **414a** de trabajo.

Como se muestra en las **Figs. 4A** y **4B**, el elemento **413** de limitación general se dispone en la línea eléctrica de potencial y conectado a un terminal **416** de potencial para el dispositivo **411** de alimentación de alta tensión. Sin embargo, cuando se desee, el elemento **413** de limitación general puede disponerse en la línea puesta a tierra entre el banco de condensadores **412** general y uno cualquiera de los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo, y estar conectado a un terminal **417** puesto a tierra del dispositivo **411** de alimentación de alta tensión. Debería entenderse que cuando se desee, además del elemento **413** de limitación general dispuesto en la línea eléctrica de potencial, puede disponerse también otro elemento de limitación general (no mostrado) en la línea puesta a tierra entre el banco de condensadores **412** general y uno cualquiera de los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo para evitar una descarga del banco de condensadores **412** general junto con el banco de condensadores **414a** de trabajo.

De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 4A**, el elemento **413** de limitación general es un dispositivo interruptor, que se denomina como un interruptor general, mientras que de acuerdo con la disposición mostrada en la **Fig. 4B**, el elemento **413** de limitación general es un dispositivo de resistencia, que se denomina como una resistencia de limitación general.

La finalidad de los elementos **415** resistivos de la corriente de trabajo es separar los módulos **42** de descarga entre sí tal como se describirá en el presente documento a continuación. Como se muestra en las **Figs. 4A** y **4B**, los elementos **415** resistivos de la corriente de trabajo se disponen todos en la línea eléctrica de potencial y conectados al terminal **416** de potencial del dispositivo **411** de alimentación de alta tensión en serie a través del elemento **413** de limitación general. Sin embargo, cuando se desee, pueden disponerse elementos resistivos de la corriente correspondientes que pueden disponerse en serie entre los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo en la línea puesta a tierra. En este caso (no ilustrado en las **Figs. 4A** y **4B**), los elementos **415** resistivos de la corriente de trabajo pueden conectarse a un terminal **417** puesto a tierra del dispositivo **411** de alimentación de alta tensión.

Cada módulo **42** de descarga comprende un interruptor **421** de trabajo en serie con el banco de condensadores (**414a**, **414b** o **414c**) de trabajo correspondiente y un electrodo **422** de potencial correspondiente dispuesto en serie con el interruptor **421** de trabajo correspondiente. El electrodo **422** de potencial está separado por un espacio con el electrodo **423** de tierra. Durante el funcionamiento, los electrodos **422** y **423** deberían sumergirse dentro de un líquido **15** y distribuirse a través de un volumen deseado bajo tratamiento para proporcionar una descarga eléctrica dentro del espacio. Como se muestra en las **Figs. 4A** y **4B**, solo los electrodos **422** de todos los módulos **42** de descarga se terminan mediante puntas de trabajo (indicadas por flechas) sumergidas y distribuidas dentro del líquido **15** bajo tratamiento, mientras que los segundos electrodos **423** de todos los módulos **42** de descarga se conectan todos juntos y conectados a, o asociados con, el cuerpo conductor puesto a tierra del recipiente **16** de tratamiento que contiene el líquido **15**.

Por razones de seguridad, uno de los terminales del dispositivo **411** de alimentación de alta tensión (preferentemente, el terminal **417** que se conecta al recipiente **16** de tratamiento) se pone a tierra permanentemente. De acuerdo con una realización de la presente invención, todos los terminales de tierra del banco de condensadores **412** general y de los bancos de condensadores **414a**, **414b** o **414c** de trabajo pueden conectarse juntos mediante un bus **43** común puesto a tierra conectado al terminal **417** puesto a tierra del dispositivo **411** de alimentación de alta tensión. Preferentemente, el bus **43** puesto a tierra se implementa basándose en una barra de bus conductora. Ejemplos de materiales adecuados para la barra de bus conductora común incluyen, pero sin limitarse a, cobre y aluminio.

El funcionamiento del sistema **40** es similar al funcionamiento del sistema **30**, *mutatis mutandis*, y comienza a partir de la carga del banco de condensadores **412** general por el dispositivo **411** de alimentación de tensión. Los interruptores **421** de trabajo (y el interruptor **413** general en el caso de la realización mostrada en la **Fig. 4A**) están todos en la posición de desconexión. En operación, el banco de condensadores **412** general se carga permanentemente dado que está permanentemente conectado al dispositivo **411** de alimentación de tensión.

De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 4A**, el banco de condensadores **412** general puede descargarse parcialmente mediante la conexión del interruptor **413** general, para suministrar una alta tensión a los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo. Tan pronto como está completo el proceso de carga de los bancos de condensadores **414** de trabajo, el interruptor **413** general debería desconectarse para abrir la conexión entre el banco de condensadores **412** general y los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo, y de ese modo evitar una descarga adicional del banco de condensadores **412** general junto con el banco de condensadores **414a - 414c** de trabajo.

De acuerdo con la disposición mostrada en la **Fig. 4B**, durante la carga del banco de condensadores **412** general por el dispositivo **411** de alimentación de tensión, los interruptores **421** de trabajo deberían estar todos en la posición de desconexión. En operación, el banco de condensadores **412** general está permanentemente cargado dado que está permanentemente conectado al dispositivo **411** de alimentación de tensión. El banco de condensadores **412** general se descarga permanentemente a través de la resistencia (**413** en la **Fig. 4A**) de limitación general, para suministrar una alta tensión a los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo. La resistencia (**413** en la **Fig. 4B**) de limitación general limita la corriente entre el banco de condensadores **412** general y los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo, y de ese modo impide la descarga del banco de condensadores **412** general junto con los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo.

El cierre de uno o de los interruptores **421** de trabajo da como resultado la descarga del banco de condensadores **414a - 414c** de trabajo correspondiente y la generación de un pulso de corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **422** y **423** a través del líquido **15** bajo tratamiento.

De acuerdo con una realización, todos los interruptores **421** de alta corriente pueden, por ejemplo, ser interruptores de vacío (ignitrones) que se activan mediante un circuito de ignición común (no mostrado), de modo que proporcionen una ignición sustancialmente simultánea de los mismos. Sin embargo, se ha descubierto que en la práctica los interruptores **421** de trabajo no pueden operar simultáneamente. Por ello, incluso un avance en la ignición despreciable de uno de los interruptores puede conducir a una caída de tensión sobre los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo, de modo que puede impedirse esa ignición del resto de los interruptores.

Para excluir dicha posibilidad, la presente realización enseña la conexión de cada banco de condensadores de trabajo a su banco de condensadores de trabajo vecino a través de elementos **415** resistivos de la corriente. Como se muestra en las **Figs. 4A** y **4B**, el banco de condensadores **414a** de trabajo está conectado al banco de condensadores **414b** de trabajo a través de uno de los elementos **415** resistivos de la corriente, que, a su vez, está conectado al banco de condensadores **414c** de trabajo a través de otro elemento **415** resistivo de la corriente.

Considérese un caso en el que uno de los interruptores **421** de trabajo se pone en acción por delante de otros interruptores. Las variaciones de tensión U a lo largo del tiempo t a través de los bancos de condensadores **414a - 414c** de trabajo en los módulos **42** de descarga en los que los interruptores aún no se activaron puede estimarse por

$$U = U_{m\acute{a}x} \exp(-t/RC),$$

en la que $U_{m\acute{a}x}$ es en la tensión máxima, R es la resistencia eléctrica de los elementos **415** resistivos y C es la capacidad de cada banco de condensadores **414** de trabajo. De acuerdo con una realización de la presente invención, la magnitud de la resistencia eléctrica R es tal que el retardo τ a la ignición entre los interruptores **421** de trabajo sería menor que o igual al tiempo de relajación RC del banco de condensadores (**414a**, **414b** o **414c**) de trabajo, a saber: $\tau \leq RC$. Por ejemplo, en la práctica, el retardo a la ignición puede estar en el intervalo de varios microsegundos. Dicha provisión puede impedir una disminución de tensión demasiado brusca a través del banco de condensadores **414a - 414c** de trabajo, y por ello permite el funcionamiento simultáneo de todos los interruptores **421** de trabajo. Una funcionalidad adicional de esta separación es dirigir todas las corrientes de descarga de cada banco de condensadores a través de su interruptor respectivo, impidiendo así una sobrecarga del interruptor.

Por ejemplo, valores típicos para los componentes del sistema **40** y los parámetros de su operación son como sigue. El número de módulos **42** de descarga puede, por ejemplo, estar en el intervalo de 3 - 5, la tensión nominal

proporcionada por el dispositivo de alimentación de alta tensión es de 30 kV, la resistencia eléctrica de los elementos **415** resistivos está en el intervalo de 1 kiloohmios - 10 kiloohmios, la capacidad C_g del banco de condensadores **412** general están el intervalo de 4 - 5 microfaradios, y la capacidad C_t del banco de condensadores (**414a**, **414b** o **414c**) de trabajo está en el intervalo de 0,1 microfaradios - 0,2 microfaradios. La resistencia eléctrica de la resistencia (**413** en la **Fig. 4B**) de limitación general puede, por ejemplo, estar en el intervalo de 10 kiloohmios - 50 kiloohmios.

De acuerdo con otra realización, cada interruptor **421** de alta corriente, puede activarse mediante una pluralidad de circuitos de ignición dedicados (no mostrados), de modo que proporcione una secuencia deseada de activación de los interruptores **421** de corriente, de acuerdo con un algoritmo predeterminado.

10 Cuando se desee, todos los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo pueden tener el mismo valor de capacidad eléctrica. Alternativamente, los valores de capacidad eléctrica $C_{t(414a)}$, $C_{t(414b)}$ o $C_{t(414c)}$ de los bancos de condensadores **414a** - **414c** de trabajo, pueden ser, correspondientemente, diferentes.

En referencia a la **Fig. 5**, se muestra un esquema eléctrico del sistema **50** para el tratamiento de un líquido contaminado, de acuerdo con una realización adicional de la invención. El sistema **50** incluye un circuito **51** de carga y una pluralidad de módulos **52** de descarga equivalentes eléctricamente conectados al circuito **51** de carga. El sistema **50** difiere del sistema **40** (en la **Fig. 4A**) en el hecho de que incluye adicionalmente una pluralidad de bancos de condensadores **514** de trabajo adicionales conectados a un terminal del banco de condensadores **412** general a través de un elemento general adicional, tal como el interruptor **513** general adicional conectado al terminal **416** de potencial del dispositivo **311** de alimentación de alta tensión. Los bancos de condensadores **514** de trabajo adicional están separados entre sí por elementos **515** resistivos de la corriente adicionales dispuestos en la línea de potencia de potencial. El otro terminal del banco de condensadores **514** de trabajo adicional está puesto a tierra.

El sistema **50** comprende también una pluralidad de interruptores **521** de trabajo adicionales en serie con el terminal de potencial del banco de condensadores **514** de trabajo adicional que se conecta al electrodo **422** correspondiente sumergido dentro del líquido **15**.

25 De acuerdo con una realización de la invención, una capacidad eléctrica C_{ad} adicional del banco de condensadores **514** adicional es mayor que una capacidad eléctrica C_t del banco de condensadores **414** de trabajo, pero es menor que una capacidad eléctrica C_g del banco de condensadores **412** general, es decir, $C_t < C_{ad} \ll C_g$. Por ejemplo, la capacidad C_g del banco de condensadores general puede estar en el intervalo de 10 μF - 50 μF (microfaradios), la capacidad C_t del banco de condensadores **414** de trabajo puede estar el intervalo de 0,01 μF - 0,05 μF , y la capacidad C_{ad} del banco de condensadores **514** de trabajo adicional puede estar el intervalo de 1 μF - 5 μF .

Debería tomarse nota de que el sistema **50** es prácticamente más útil en casos en los que los electrodos **422** de todos los módulos de descarga **42** están escasamente distribuidos dentro del líquido **15** bajo tratamiento.

La operación del sistema **50** se inicia a partir de la carga del banco de condensadores **412** general por el dispositivo **411** de alimentación de tensión. El interruptor (**413** en la **Fig. 5**) general, los interruptores **421** de trabajo, y los interruptores **521** de trabajo adicionales pueden mantenerse en la posición de desconexión. En operación, el banco de condensadores **412** general se carga permanentemente dado que está permanentemente conectado al dispositivo **411** de alimentación de tensión. El banco de condensadores **412** general puede descargarse parcialmente por el cierre (conexión) del interruptor (**413** en la **Fig. 5**) general, para suministrar una alta tensión a los bancos de condensadores **414** de trabajo. La disminución de la tensión a través del banco de condensadores **412** general debido a esta descarga es relativamente pequeña, debido a la condición $C_g \gg C_t$. Por ello, la caída de tensión a través del banco de condensadores **412** general puede compensarse fácilmente por la carga del banco de condensadores general desde el dispositivo **411** de alimentación de tensión. Tan pronto como se completa el proceso de carga de los bancos de condensadores **414** de trabajo, el interruptor (**413** en la **Fig. 5**) general debería desconectarse para desconectar el banco de condensadores **412** general de los bancos de condensadores **414** de trabajo, y de ese modo evitar una descarga adicional del banco de condensadores **412** general junto con los bancos de condensadores **414** de trabajo.

El cierre de uno o más interruptores **421** de trabajo (pero manteniendo todos los interruptores **521** de trabajo adicionales en la posición de desconexión) da como resultado la descarga eléctrica de los bancos de condensadores **414** de trabajo correspondientes y la generación de un pulso de corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **422** de potencial y el electrodo **423** puesto a tierra que está asociado con el cuerpo del recipiente **16** a través del líquido **15** bajo tratamiento. Para mantener la descarga de corriente eléctrica dentro del líquido, se cierran (conectan) uno o más interruptores **521** de trabajo adicionales, dando como resultado de ese modo la descarga eléctrica de los bancos de condensadores **514** de trabajo adicionales correspondientes y el mantenimiento de la corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **422** de potencial correspondientes y el electrodo **423** puesto a tierra.

55 Debería tomarse nota de que cuando se usa un cierto tipo de interruptores de trabajo, por ejemplo, tiratrones, entonces uno de los electrodos del interruptor ha de ponerse a tierra permanentemente.

En referencia a las **Figs. 6A** y **6B**, la **Fig. 6A** muestra un esquema eléctrico del sistema **60** para el tratamiento de un líquido contaminado, de acuerdo con una realización adicional de la invención y la **Fig. 6B** muestra un esquema

eléctrico adicional de un sistema **60** para el tratamiento de un líquido contaminado. El sistema **60** incluye un circuito **61** de carga y un módulo **62** de descarga eléctricamente conectado al circuito **61** de carga. El circuito **61** de carga incluye un dispositivo **611** de alimentación de alta tensión conectado a un banco de condensadores **612** general y un banco de condensadores **614** de trabajo conectado al banco de condensadores **612** general en un terminal a través de un primer elemento **613** de limitación general y en otro terminal a través de un segundo elemento **616** de limitación general que conecta los terminales puestos a tierra del banco de condensadores **612** general y el banco de condensadores **614** de trabajo.

De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 6A**, el primer elemento **613** de limitación general es un dispositivo interruptor. Por ello, en esta realización los términos “primer elemento de limitación general” y “dispositivo interruptor general” son intercambiables. A su vez, el segundo elemento **616** de limitación general es un dispositivo de resistencia. En consecuencia, en esta realización los términos “segundo elemento de limitación general” y “elemento resistivo general” son intercambiables.

Como se muestra en la **Fig. 6A**, el dispositivo **613** interruptor general se dispone en la línea de potencia eléctrica de potencial; mientras que el elemento **616** resistivo general se dispone en la línea eléctrica puesta a tierra. Sin embargo, cuando se desee, el dispositivo interruptor general puede disponerse en la línea eléctrica puesta a tierra; mientras que el elemento resistivo general puede disponerse en la línea de potencia eléctrica de potencial.

De acuerdo con la disposición mostrada en la **Fig. 6B**, el primer elemento **613** de limitación general así como el segundo elemento **616** de limitación general son ambos dispositivos de resistencia. En este caso, el banco de condensadores **614** de trabajo está conectado al banco de condensadores **612** general a través de un primer dispositivo de resistencia (denominado en el presente documento como un primer elemento **613** resistivo general) dispuesto en la línea eléctrica de potencial y a través de un segundo dispositivo de resistencia (denominado en el presente documento como un segundo elemento **616** resistivo general) dispuesto en la línea eléctrica puesta a tierra. De acuerdo con esta realización, el elemento **616** resistivo general conecta los terminales de tierra del banco de condensadores **612** general y del banco de condensadores **614** de trabajo.

El módulo **62** de descarga del sistema **60** incluye un interruptor **621** de trabajo que se dispone en serie con el banco de condensadores **613** de trabajo y electrodos **622** y **623** separados por un espacio dentro del líquido **15** y dispuestos en serie con el interruptor **621** de trabajo para proporcionar una descarga eléctrica dentro del líquido **15**.

Como se muestra en las **Figs. 6A** y **6B**, el electrodo **622** se conecta al segundo elemento (elemento resistivo) **616** de limitación general indicado para la protección del dispositivo **611** de alimentación de alta tensión frente a sobrecargas. De la misma manera, el segundo elemento **616** de limitación general sirve para limitar la corriente de descarga entre el banco de condensadores **612** general y el banco de condensadores **614** de trabajo para evitar una descarga del banco de condensadores **612** general junto con el banco de condensadores **614** de trabajo. Más aún, durante el funcionamiento, el electrodo **618** de potencial del dispositivo **611** de alimentación de alta tensión puede conectarse a su electrodo **617** puesto a tierra a través del elemento **616** resistivo general. En este caso, la carga del banco de condensadores **614** de trabajo se proporciona también a través del elemento **616** resistivo general. Por ello, la corriente de carga del banco de condensadores **614** de trabajo puede también limitarse. La resistencia eléctrica del segundo elemento **616** de limitación general puede, por ejemplo, estar en el intervalo de 10 kiloohmios - 50 kiloohmios.

Cuando se desee, el electrodo **622** puede finalizarse mediante una pluralidad de puntas de trabajo sumergidas dentro del líquido **15** y distribuidas dentro de un volumen deseado del líquido, aunque, tal como se muestra en las **Figs. 6A** y **6B**, puede utilizarse también simplemente una punta de trabajo. Las puntas de trabajo se conectan a través de cables al electrodo **622** de potencial común. El segundo electrodo **623** se conecta a o se asocia con un cuerpo conductor puesto a tierra del recipiente **16** de tratamiento que contiene el líquido **15**.

Por razones de seguridad, uno de los terminales (**617** en las **Figs. 6A** y **6B**) del dispositivo **611** de alimentación de alta tensión (por ejemplo, el terminal “negativo”) se pone a tierra permanentemente. Más aún, el cuerpo conductor del recipiente **16** de tratamiento se pone también permanentemente a tierra.

La operación del sistema **60** se inicia a partir de la carga del banco de condensadores **612** general por el dispositivo **611** de alimentación de tensión. En operación, el banco de condensadores **612** general se carga permanentemente dado que está permanentemente conectado al dispositivo **611** de alimentación de tensión. El banco de condensadores **612** general suministra una alta tensión al banco de condensadores **614** de trabajo.

De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 6A**, el banco de condensadores **612** general puede descargarse parcialmente mediante el cierre (conexión) del interruptor **613**, y a través del segundo elemento **616** resistivo general, para suministrar una alta tensión al banco de condensadores **614** de trabajo. De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 6B**, el banco de condensadores **612** general suministra permanentemente una alta tensión al banco de condensadores **614** de trabajo a través del primer elemento **613** resistivo general y del segundo elemento **616** resistivo general conectado al dispositivo **611** de alimentación de tensión.

La pérdida de tensión a través del banco de condensadores **612** general debido a esta descarga puede estimarse por $(C_g - C_t) / C_g$. Debido a la condición $C_g \gg C_t$, esta pérdida es relativamente pequeña, es decir, $(C_g - C_t) / C_g \ll 1$.

Por ello, la caída de tensión a través del banco de condensadores **612** general puede compensarse fácilmente mediante la carga del banco de condensadores **612** general desde el dispositivo **611** de alimentación de tensión.

5 De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 6A**, el banco de condensadores **614** de trabajo puede descargarse mediante la apertura (desconexión) del interruptor **613** general y a continuación el cierre (conexión) del interruptor **621** de trabajo para descargar el banco de condensadores **614** de trabajo y generar un pulso de corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **622** y **623** a través del líquido bajo tratamiento.

10 De acuerdo con la realización mostrada en la **Fig. 6A**, el banco de condensadores **614** de trabajo puede descargarse mediante el cierre (conexión) del interruptor **621** de trabajo para descargar el banco de condensadores **614** de trabajo y generar un pulso de corriente eléctrica transitoria entre los electrodos **622** y **623** a través del líquido bajo tratamiento. La primera resistencia **613** de limitación general debería limitar la corriente entre el banco de condensadores **612** general y el banco de condensadores **614** de trabajo, evitando de ese modo una descarga del banco de condensadores **612** general junto con el banco de condensadores **614** de trabajo durante el funcionamiento.

15 Como tal, los expertos en la materia a la que pertenece la presente invención, pueden apreciar que mientras que la presente invención se ha descrito en términos de realizaciones preferidas, la concepción, en la que se basa la presente divulgación, puede utilizarse fácilmente como base para el diseño de otras estructuras, sistemas y procesos para llevar a cabo las diversas finalidades de la presente invención.

20 Debería entenderse que cuando se desee cada una de las realizaciones anteriormente descritas del sistema y procedimiento para tratamiento de un líquido contaminado pueden utilizarse en un proceso de tratamiento multietapa. Por ejemplo, el tratamiento adicional del líquido puede incluir el paso de líquido a través de una unidad de filtro para obtener el fluido purificado aguas abajo de la unidad de filtro.

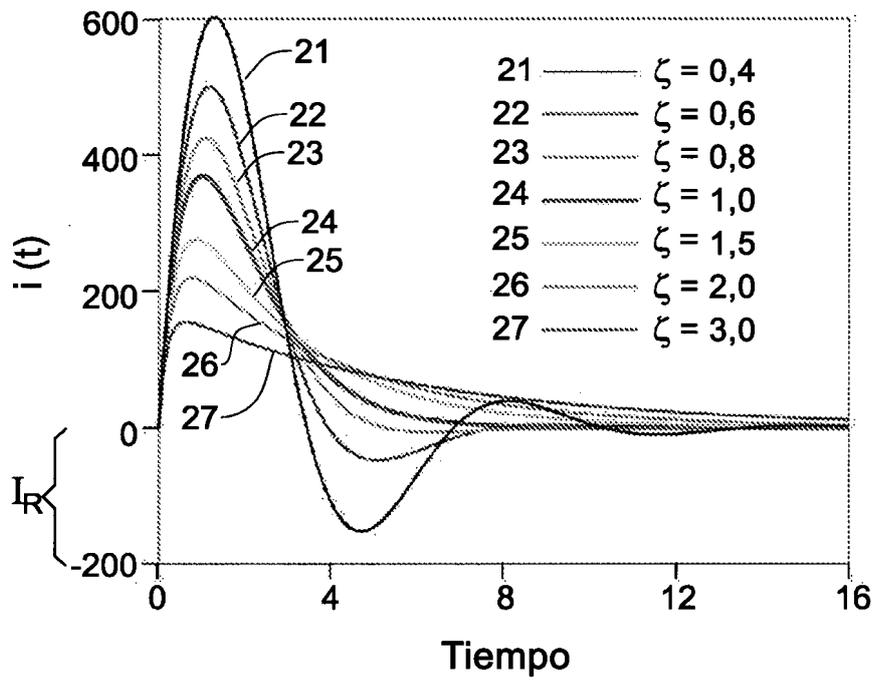
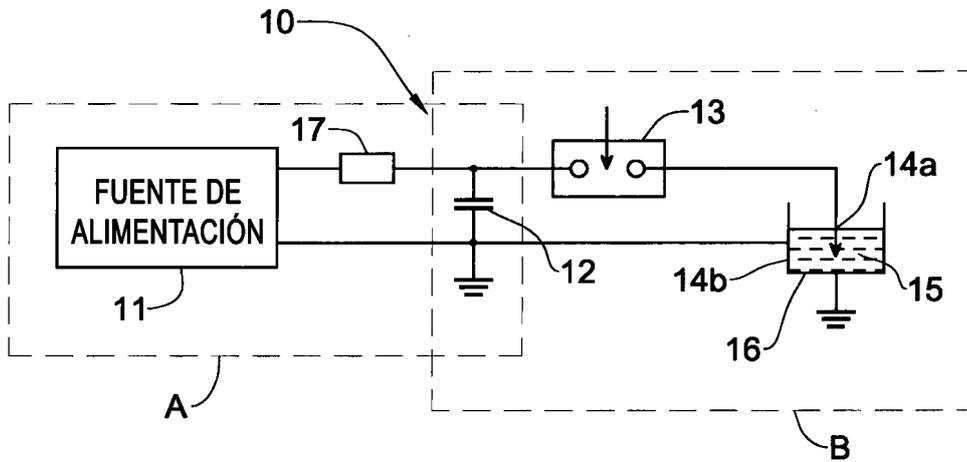
Se debe entender que la fraseología y terminología empleada en el presente documento tiene la finalidad de descripción y no deberían considerarse como limitativas.

25 Finalmente, se debería tomar nota de que la palabra "comprendiendo" tal como se usa a todo lo largo de las reivindicaciones adjuntas ha de interpretarse que significa "incluyendo pero sin limitarse a".

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para tratamiento de un líquido contaminado (15), que comprende:
 - un dispositivo (311, 411, 611) de alimentación de alta tensión que tiene un terminal (316, 416, 618) de potencial y un terminal (317, 417, 617) de tierra;
 - 5 un banco de condensadores (312, 412, 612) general conectado al dispositivo de alimentación de alta tensión; al menos un dispositivo (313, 413, 613) interruptor general conectado a dicho dispositivo de alimentación de alta tensión y a dicho banco de condensadores general;
 - 10 al menos un banco de condensadores (314, 414, 414a-414c, 614) de trabajo conectado al banco de condensadores general a través de dicho al menos un interruptor general;
 - al menos un interruptor (321, 421, 621) de trabajo dispuesto en serie con el banco de condensadores de trabajo correspondiente;
 - 15 al menos un electrodo (34, 422, 622) de potencial sumergido en dicho líquido (15) contaminado y conectado a dicho al menos un banco de condensadores de trabajo a través de dicho al menos un interruptor de trabajo; y al menos un electrodo (35, 423, 623) puesto a tierra que define un espacio dentro del líquido contaminado junto con dicho al menos un electrodo de potencial y dispuesto en serie con el interruptor de trabajo para proporcionar una descarga eléctrica a través de una porción del líquido contaminado dentro del espacio.
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capacidad eléctrica del banco de condensadores general es mayor que la capacidad eléctrica de dicho al menos un banco de condensadores de trabajo.
3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al menos dos bancos de condensadores (414, 414a-414c); y en el que los bancos de condensadores de trabajo vecinos están separados entre sí mediante un elemento (415) resistivo de la corriente de trabajo.
4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un electrodo puesto a tierra está asociado con un cuerpo conductor puesto a tierra de un recipiente (16) de tratamiento que contiene el líquido (15).
5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el banco de condensadores general y dicho al menos un banco de condensadores de trabajo se conectan juntos mediante un bus puesto a tierra común conectado al terminal puesto a tierra del dispositivo de alimentación de alta tensión.
6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, incluyendo adicionalmente al menos una resistencia (616) de limitación general dispuesta en la línea eléctrica puesto a tierra.
7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un interruptor general y dicho al menos un interruptor de trabajo son interruptores de alta corriente.
8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un interruptor general y dicho al menos un interruptor de trabajo son interruptores de espacio de chispa de tres electrodos que incluyen dos electrodos de interrupción que forman las trayectorias de interrupción y un electrodo de disparo configurado para proporcionar el paso de la alta corriente entre los dos electrodos del interruptor.
9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un interruptor de trabajo es un interruptor de alta corriente de semiconductor.
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
 - un interruptor (513) general adicional conectado al banco de condensadores (412) general;
 - 40 al menos un banco de condensadores (514) de trabajo adicional que tiene un terminal puesto a tierra y un terminal de potencial conectado al banco de condensadores (412) general a través del interruptor (513) general adicional;
 - al menos un interruptor (521) de trabajo adicional dispuesto en serie con y entre el terminal de potencial del banco de condensadores (514) de trabajo adicional correspondiente y el electrodo (422a) correspondiente que se sumerge dentro del líquido bajo tratamiento.
11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende al menos dos bancos de condensadores (514) de trabajo adicionales, en el que los bancos de condensadores (514) de trabajo adicionales se separan entre sí mediante un elemento (515) resistivo de la corriente adicional dispuesto en la línea de potencia de potencial.
12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 11, en el que una capacidad (C_{ad}) eléctrica adicional del banco de condensadores adicional es mayor que una capacidad (C_t) eléctrica del banco de condensadores de trabajo, pero es menor que una capacidad (C_g) del banco de condensadores general.
13. Un procedimiento para el tratamiento de un líquido contaminado, que comprende:
 - proporcionar un sistema para el tratamiento de un líquido contaminado de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes;

- colocar dicho al menos un interruptor general y dicho al menos un interruptor de trabajo en la posición de desconexión;
cargar el banco de condensadores general mediante la conexión al dispositivo de alimentación de tensión;
conectar dicho al menos un interruptor general para suministrar una alta tensión a dicho al menos un banco de condensadores de trabajo para la carga del mismo mediante la descarga parcial del banco de condensadores general;
- 5 conectar dicho al menos un interruptor de trabajo, descargando de ese modo dicho al menos un banco de condensadores de trabajo y generando un pulso de corriente eléctrica transitoria entre dicho al menos un electrodo de potencial y dicho al menos un electrodo puesto a tierra.
- 10 14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende la etapa de desconexión de dicho al menos un interruptor general para abrir la conexión entre el banco de condensadores general y dicho al menos un banco de condensadores de trabajo antes de la etapa de conexión de dicho al menos un interruptor de trabajo.
15. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende adicionalmente:
- 15 proporcionar un interruptor (513) general adicional y conectarlo al banco de condensadores (412) general;
proporcionar al menos un banco de condensadores (514) de trabajo adicional y conectar uno de sus terminales a tierra y conectar otro terminal al banco de condensadores (412) general a través del interruptor (513) general adicional;
- 20 proporcionar al menos un interruptor (521) de trabajo adicional y disponerlo en serie con y entre el terminal de potencial del banco de condensadores (514) de trabajo adicional correspondiente y el electrodo de potencial correspondiente que está sumergido dentro del líquido bajo tratamiento;
- conectar dicho interruptor (513) general adicional para suministrar una alta tensión a dicho al menos un banco de condensadores (514) de trabajo adicional para la carga del mismo mediante la descarga parcialmente del banco de condensadores (412) general;
- 25 conectar dicho al menos un interruptor (521) de trabajo adicional para proporcionar la descarga de dicho al menos un banco de condensadores (514) de trabajo adicional y de ese modo mantener una corriente eléctrica transitoria entre el electrodo de potencial correspondiente y el electrodo puesto a tierra.



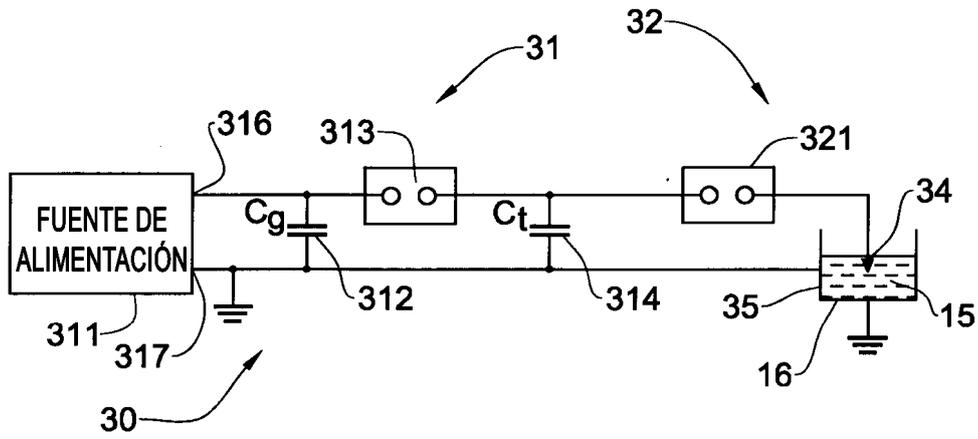


FIG. 3A

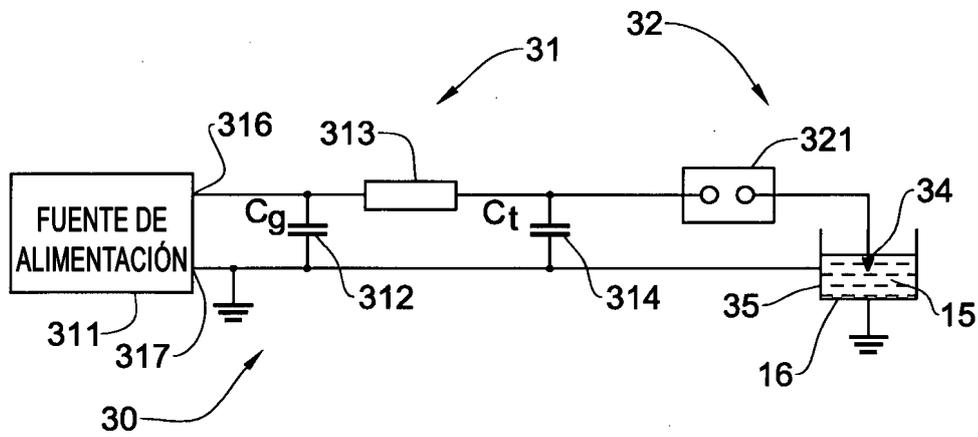


FIG. 3B

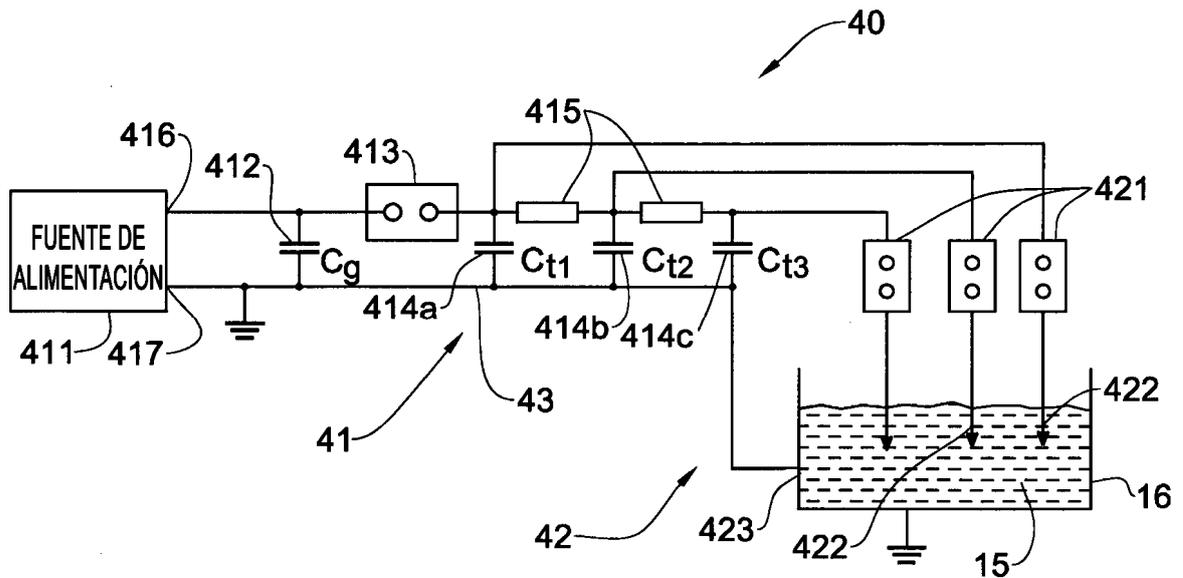


FIG. 4A

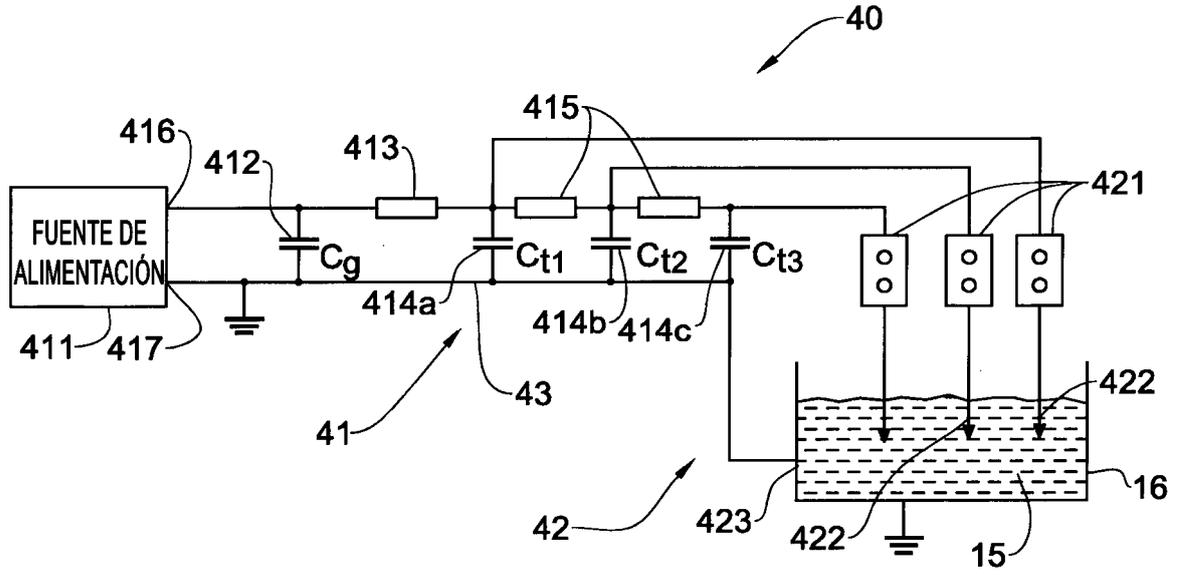


FIG. 4B

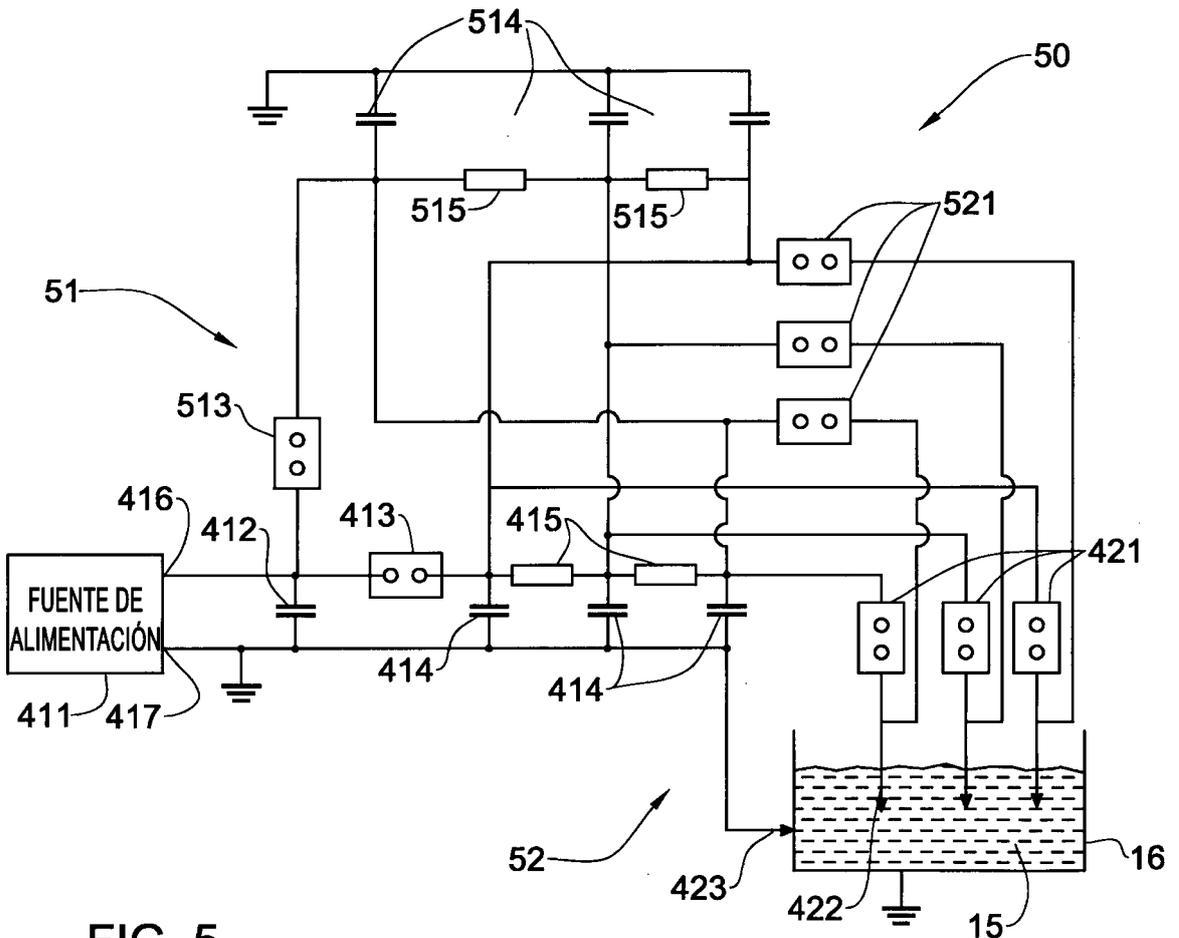


FIG. 5

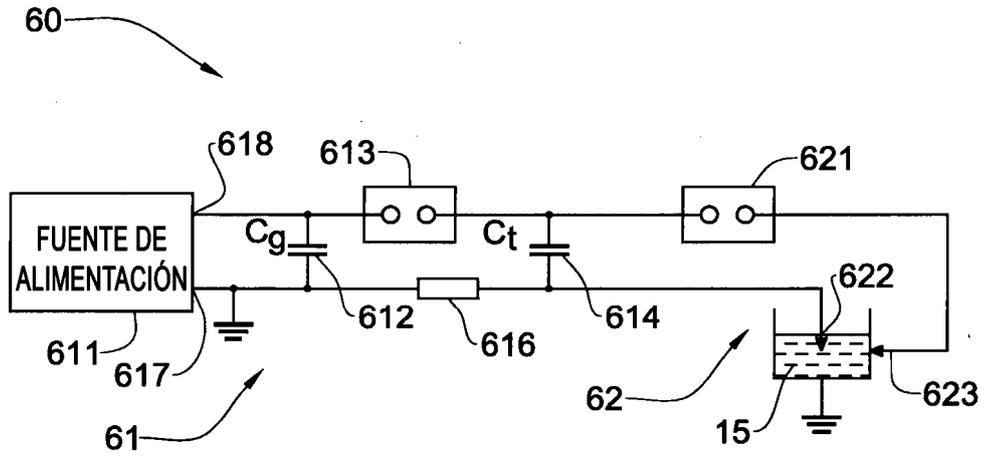


FIG. 6A

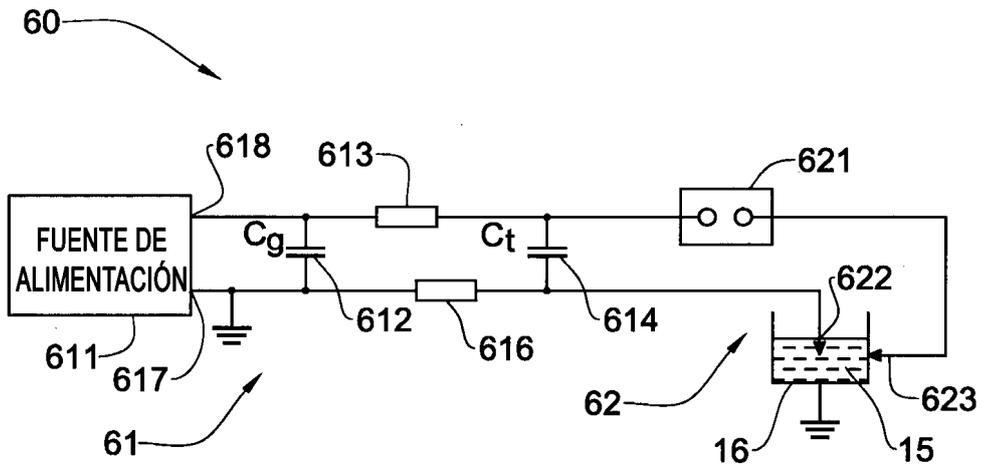


FIG. 6B