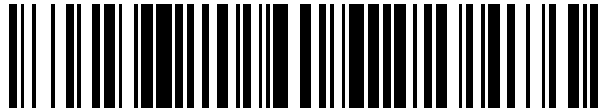


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 285**

51 Int. Cl.:

H02M 7/5381 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2007 PCT/EP2007/064053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2008 WO08074767**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2007 E 07857684 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2016 EP 2102978**

54 Título: **Aparato de suministro de energía para una carga capacitiva**

30 Prioridad:

20.12.2006 US 876050 P

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

29.11.2016

73 Titular/es:

**PRIMOZONE PRODUCTION AB (100.0%)
TERMINALVAGEN 2
246 42 LODDEKOPINGE, SE**

72 Inventor/es:

HANSSON, MIKAEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 592 285 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

Aparato de suministro de energía para una carga capacitiva

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a aparatos de suministro de energía para suministrar energía eléctrica a una carga capacitiva. La invención también se refiere a un método para manejar tales aparatos de suministro de energía con una carga capacitiva tal como un dispositivo de generación de ozono acoplado al aparato de suministro de energía. Además, la invención se refiere a un transformador de alta tensión adecuado para su uso en tales aparatos de suministro de energía.

Antecedentes de la invención

15 Un ejemplo de cargas capacitivas en un dispositivo de generación de ozono acoplado a un aparato de suministro de energía que genera una tensión CA a suministrar al dispositivo de generación de ozono. Tales aparatos de suministro de energía tienen una impedancia de salida inductiva y, cuando el dispositivo de generación de ozono se conecta a la salida del aparato de suministro de energía, la impedancia de salida inductiva del aparato de suministro de energía y la impedancia capacitiva del dispositivo de generación de ozono forman un circuito de resonancia que tiene una frecuencia de resonancia. Tales dispositivos de generación de ozono se accionan a frecuencias y tensiones que son suficientemente altas para producir una descarga de corona en el dispositivo de generación de ozono. Se suministra aire que contiene oxígeno (O_2) tal como aire atmosférico u oxígeno puro al dispositivo de generación de ozono, la corona convierte las moléculas de oxígeno (O_2) en el dispositivo de generación de ozono en ozono (O_3) y el aire con un contenido de ozono mejorado en comparación con el aire suministrado al dispositivo de generación de ozono se suministra desde el dispositivo de generación de ozono. La cantidad de ozono producido por el dispositivo de generación de ozono se incrementa con la tensión suministrada al mismo, y para minimizar las pérdidas en el aparato de suministro que acciona el dispositivo de generación de ozono, el aparato de suministro de energía debería funcionar en o cerca de la frecuencia de resonancia. En la práctica, sin embargo, por varios motivos la frecuencia de resonancia puede no ser constante y puede variar con el tiempo y como una función de parámetros operativos que incluyen temperatura y presión en el aire/oxígeno suministrado; intercambiar el dispositivo de generación de ozono o piezas del mismo, por ejemplo, para revisión o mantenimiento, puede cambiar la frecuencia de resonancia debido a diferencias o tolerancias en la capacitancia; y la frecuencia de resonancia también puede cambiar con la tensión a la que funciona el dispositivo de generación de ozono ya que la corona es un fenómeno no lineal. Sería ventajoso por tanto tener un aparato de suministro de energía que funcione a la frecuencia de resonancia actual del circuito de resonancia y que adapte su frecuencia de funcionamiento a la frecuencia de resonancia actual del circuito de resonancia.

Un ejemplo de un aparato de suministro de energía similar de la técnica anterior se divulga en el documento US4 063 108.

Los dispositivos de generación de ozono pueden funcionar a niveles de tensión en el intervalo de varios kV, a frecuencias de varios kHz y a niveles de energía de varios kW. El aparato de suministro de energía puede tener un transformador de alta tensión con una segunda bobina de alta tensión como su salida. Cuando se diseñan transformadores de alta tensión y alta frecuencia deben ponerse consideraciones especiales en el diseño en particular de la bobina de alta tensión para evitar la formación de arco eléctrico entre enrollamientos de la bobina de alta tensión y entre los enrollamientos y otros objetos cerca de las bobinas. La propia formación de arco eléctrico puede dañar la bobina de alta tensión y otros componentes, pero la formación de arco eléctrico creará ozono que puede tener efectos no deseados en el equipo y el entorno. Por tanto, sería ventajoso tener un transformador de alta tensión con una bobina de alta tensión donde la formación de arco eléctrico entre enrollamientos de la bobina de alta tensión se reduzca o incluso se evite.

A escala comercial e industrial el ozono se produce a partir de oxígeno, O_2 , en un gas que contiene oxígeno. El gas que contiene oxígeno puede ser aire atmosférico o gas enriquecido con oxígeno. Existen métodos para extraer el oxígeno del aire atmosférico para producir gas enriquecido con oxígeno. El ozono puede producirse a partir de oxígeno principalmente mediante dos métodos, uno que comprende irradiar el oxígeno con luz ultravioleta, y el otro que comprende un dispositivo de descarga de corona. Proporcionar gas enriquecido con oxígeno y producir ozono a partir del oxígeno son procesos que consumen energía y los consumos de energía y otros recursos de los dos procesos son comparables.

En algunas aplicaciones donde se usa el ozono, se necesita una producción predeterminada o prescrita de ozono, o la producción requerida de ozono puede cambiar. Una manera simple y directa de ajustar la producción es ajustar solo la energía eléctrica del aparato de generación de ozono y dejar constante el flujo o suministro de gas que contiene oxígeno, o viceversa. Esto no está optimizado para minimizar el consumo de recursos que comprenden gas que contiene oxígeno y energía suministrada desde el aparato de suministro de energía, y la producción deseada puede no resultar posiblemente o incluso puede ser imposible de obtener.

Objeto de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un aparato de suministro de energía con una impedancia de salida inductiva para suministrar energía eléctrica a una carga capacitiva donde se asegura que el circuito de resonancia formado por la impedancia de salida inductiva y la impedancia de carga capacitiva funcione a la frecuencia de resonancia.

También es un objeto de la invención proporcionar un método de funcionamiento de un aparato de generación de ozono para minimizar el consumo de recursos que comprenden gas que contiene oxígeno y energía suministrada desde el aparato de suministro de energía.

Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un transformador de alta tensión con un riesgo reducido de formación de arco eléctrico entre enrollamientos de la bobina de alta tensión y que sea adecuado para manipular tensiones en el intervalo de kV, frecuencias en el intervalo de kHz y niveles de energía en el intervalo de kW.

Sumario de la invención

La invención proporciona un aparato de suministro de energía para suministrar energía eléctrica a una carga capacitiva con una impedancia de carga capacitiva. El aparato comprende

- un transformador con una primera bobina y una segunda bobina,
- un excitador positivo de semi-periodo y un excitador negativo de semi-periodo dispuestos para suministrar alternativamente semi-periodos positivos de tensión y semi-periodos negativos de tensión, respectivamente, a la primera bobina,
- la segunda bobina puede conectarse a la carga capacitiva para formar un circuito de resonancia eléctrica con una frecuencia de resonancia, y para suministrar tensión eléctrica a la carga, y
- un dispositivo para determinar cruces por cero de la tensión suministrada a la primera bobina y para provocar alternancia entre semi-periodos positivos y negativos de tensión suministrada a la primera bobina en los cruces por cero de la tensión suministrada a la primera bobina, en el que el dispositivo para determinar los cruces por cero comprende una tercera bobina en el transformador.

Un efecto de esto es que la alternancia entre semi-periodos positivos y negativos de tensión suministrada a la primera bobina se controla mediante la frecuencia de resonancia actual del circuito de resonancia formado por la segunda bobina del transformador y la carga capacitiva.

Otro efecto es que se evita el ruido de conmutación eléctrica desde los elementos de conmutación ya que la conmutación se realiza a veces sin o con muy poca tensión por los elementos de conmutación.

Tal aparato de suministro de energía es útil para suministrar energía eléctrica a una carga capacitiva con una impedancia de carga capacitiva tal como un dispositivo de generación de ozono, y en particular un dispositivo de generación de ozono en el que hay una combinación adecuada de frecuencias y tensiones que son suficientemente altas para producir una descarga de corona en el dispositivo de generación de ozono.

Otros ejemplos de cargas capacitivas incluyen, sin limitación de la invención a ellos:

- reactores para la destrucción o desintegración de sustancias o gases. Los ejemplos de gases que se considera que tiene un efecto negativo en el entorno si se liberan son Halón 1301 y otros gases con propiedades de extinción de fuego, SF₆ y otros gases usados, por ejemplo, por sus propiedades eléctricas y gases usados en aparatos de enfriamiento;
- transductores piezoeléctricos usados, por ejemplo, para generar ultrasonidos en un medio para limpiar objetos sumergidos en el medio;
- dispositivos electroluminiscentes tales como películas electroluminiscentes para el uso en pantallas LCD y en señales; y
- dispositivos para producir arcos de luz o descargas de corona. Tales dispositivos se usan, por ejemplo, para producir ozono a partir de un gas que contiene oxígeno.

El dispositivo para determinar cruces por cero puede detectar la propia tensión, pero en aplicaciones de alta tensión, esto puede no ser viable, y el dispositivo puede comprender entonces una bobina separada en el transformador. Esto asegura que la tensión detectada está en fase con las tensiones en las bobinas, por lo que se asegura que la alternación entre semi-periodos positivos y negativos de tensión suministrada a la primera bobina se realiza en realidad en los cruces por cero de la tensión suministrada a la primera bobina.

En una realización, cada uno de los excitadores de semi-periodos positivos y negativos está dispuesto para suministrar una tensión a través de un elemento inductivo a la primera bobina durante una duración de no más de un cuarto de un periodo correspondiente a una frecuencia de resonancia más alta predeterminada. El elemento

inductivo reduce el contenido de alta frecuencia de la tensión suministrada a la primera bobina por lo que la interferencia electromagnética también se reduce.

5 En una realización, la duración de la tensión suministrada a través del elemento inductivo puede controlarse en duraciones entre cero y un cuarto de un periodo correspondiente a la frecuencia de resonancia más alta predeterminada. Esto es útil para controlar y variar la energía suministrada a la carga capacitiva. Esta duración máxima es la primera mitad de un semi-periodo, donde la tensión aumenta, y la segunda mitad del semi-periodo se usa entonces para que disminuya la tensión.

10 En una realización, la frecuencia de resonancia es mayor que el intervalo de frecuencia audible para los humanos. Esto asegura que el sonido provocado por la alternación entre semi-periodos positivos y negativos de tensión suministrada a la primera bobina sea inaudible.

15 En una realización, los excitadores de semi-periodos positivos y negativos comprenden un elemento de conmutación electrónico tal como un conmutador semiconductor de estado sólido o un tubo de vacío.

20 En una realización donde se conecta un dispositivo de generación de ozono a la segunda bobina del aparato de suministro de energía para formar un aparato de generación de ozono, el aparato puede funcionar de acuerdo con un método que comprende controlar la energía suministrada desde el aparato de suministro de energía al dispositivo de generación de ozono en un nivel de energía predeterminado; suministrar un flujo de gas que contiene oxígeno en el dispositivo de generación de ozono; y controlar el flujo de gas que contiene oxígeno para obtener una concentración predeterminada de ozono a partir del dispositivo de generación de ozono.

25 En una realización, el aparato de suministro de energía incluye un transformador que comprende un núcleo, una bobina de baja tensión en el núcleo y una bobina de alta tensión en el núcleo, donde la bobina de alta tensión tiene una pluralidad de sustratos de soporte aislantes apilados en una disposición superpuesta, soportando cada sustrato de soporte una traza con porciones terminales, formando la traza una o más vueltas alrededor del núcleo y una almohadilla conectora que conecta una porción terminal de la traza en un sustrato con una porción terminal de una traza en un sustrato superpuesto.

30 Los transformadores tradicionales tienen dos o más capas con varias vueltas en cada capa donde una capa exterior se enrolla alrededor de una capa interior, y las vueltas físicamente adyacentes en capas adyacentes pueden separarse eléctricamente mediante varias vueltas. Esto requiere un aislamiento muy bueno entre capas para evitar la formación de arco eléctrico entre capas. Un transformador de alta tensión de acuerdo con la invención tiene la ventaja de que la tensión máxima entre vueltas físicamente adyacentes de la bobina de alta tensión se limita a la diferencia de tensión entre dos vueltas físicamente adyacentes. Esto minimiza el riesgo de formación de arco eléctrico entre vueltas, por lo que puede esperarse una larga vida útil de la bobina. Además, la bobina de alta tensión de tal transformador puede tener una longitud corta medida a lo largo del núcleo, por lo que puede realizarse compacta y puede fabricarse con un alto grado de precisión en comparación con bobinas que se enrollan desde una longitud de alambre. La bobina puede fabricarse como una unidad, y en caso necesario toda la bobina puede intercambiarse fácilmente, y también pueden intercambiarse sustratos individuales que soportan una o más vueltas. Las bobinas pueden componerse de tantos sustratos como sea necesario de acuerdo con la aplicación actual.

45 Breve descripción de las figuras

La invención se describirá ahora en más detalle con respecto a las figuras adjuntas. Las figuras muestran una manera de implementar la presente invención y no deben interpretarse como limitadas a otras posibles realizaciones que entren dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjuntas.

50 La Figura 1 muestra esquemáticamente una primera realización de un aparato de suministro de energía de la invención,

55 la Figura 2 ilustra la temporización de los primeros y segundos excitadores de semi-periodo en la realización en la Figura 1,

la Figura 3 es una sección transversal a través de un transformador de alta tensión usado en la realización en la Figura 1, y

60 las Figuras 4 y 5 muestran un sustrato que soporta una traza eléctricamente conductora para el uso en el transformador en la Figura 3.

Descripción detallada de una realización

65 En la Figura 1 se muestra un aparato de suministro de energía 100 con una carga 300 que tiene una impedancia de carga con un componente capacitivo C y posiblemente también un componente resistivo. La carga 300 se denomina por tanto carga capacitiva y se ilustra como un condensador. La carga 300 puede ser cualquier carga capacitiva tal

como un dispositivo de generación de ozono. El aparato de suministro de energía 100 comprende un transformador 110 con una primera bobina 120 y una segunda bobina 130. La primera bobina 120 tiene una derivación central 121, que se conecta con una bobina inductiva 150 y un elemento de conmutación 151. El elemento de conmutación 151 puede funcionar con el control de un controlador 160 para abrirse y cerrarse y por tanto establecer y deshacer una conexión entre la bobina inductiva 150 y una tensión de suministro CC. Los elementos de conmutación 170 y 180 en respectivos extremos de la primera bobina 120 también funcionan con el control del controlador 160 para establecer y deshacer conexiones a tierra. Los elementos de conmutación 151, 170 y 180 son preferentemente elementos de conmutación semiconductores de estado sólido tales como transistores CMOS, SCR u otros elementos de conmutación rápidos. En algunas aplicaciones puede considerarse el uso de elementos de conmutación de tubo de vacío. La segunda bobina 130 del transformador 110 tiene una impedancia con un componente inductivo L y posiblemente también un componente resistivo R. Por tanto, la impedancia compleja Z tiene la forma de $Z = R + j\omega L$. La carga capacitiva 300 se conecta de manera desmontable a la segunda bobina 130 del transformador 110 para formar un circuito de resonancia con una frecuencia de resonancia f_r , determinada por el componente capacitivo C de la carga capacitiva y el componente inductivo L de la segunda bobina 130 del transformador 110 de acuerdo con la fórmula $f_r = 1/2\pi \sqrt{LC}$. El transformador 110 también tiene una tercera bobina 140 conectada al controlador 160.

En la Figura 2 se ilustra el funcionamiento del aparato de suministro de energía 100 en la Figura 1. El circuito de resonancia formado por la carga capacitiva 300 conectada a la segunda bobina 130 del transformador 110 tiene una frecuencia de resonancia con un periodo T correspondiente. En un primer semi-periodo, el controlador 160 controla el elemento de conmutación 151 y el elemento de conmutación 170 para cerrarse, por lo que la corriente eléctrica fluye desde la fuente de tensión CC a través de la bobina inductiva 150 y a través de la derivación central 121 en la mitad superior de la primera bobina 120 y a través del elemento de conmutación 170 a tierra. La bobina inductiva 150 y la impedancia inductiva de la primera bobina 120 del transformador 110 tienen el efecto de que esta corriente no se eleva momentáneamente sino exponencialmente hacia una asíntota superior. Tras un periodo t, el elemento de conmutación 151 se controla para abrirse, y debido a la impedancia inductiva en el circuito incluyendo la bobina inductiva 150, la corriente en la mitad superior del primer enrollamiento 120 continúa pero ahora se extrae a través del diodo 152 en lugar de desde la fuente de tensión CC. La tensión sobre el elemento de conmutación 180 disminuye en un índice determinado por la frecuencia de resonancia. Tras un medio ciclo T/2 de la frecuencia de resonancia, esta tensión ha disminuido a cero, los elementos de conmutación 170 y 180 se controlan para cambiar su estado por lo que el elemento de conmutación 170 se abre y el elemento de conmutación 180 se cierra, y comienza el siguiente medio ciclo. La corriente eléctrica fluye desde la fuente de tensión CC a través de la bobina inductiva 150 y a través de la derivación central 121 en la mitad inferior del primer enrollamiento 120 y a través del elemento de conmutación 180 a tierra. Tras otro periodo t, el elemento de conmutación 151 se controla para abrirse, y la corriente en la mitad inferior del primer enrollamiento 120 continúa pero ahora se extrae de nuevo a través del diodo 152 en lugar de desde la fuente de tensión CC. La tensión sobre el elemento de conmutación 170 disminuye en un índice determinado por la frecuencia de resonancia. Tras otro medio ciclo, es decir, un ciclo completo de la frecuencia de resonancia, este proceso se repite.

La frecuencia de resonancia actual determina el tiempo cuando la tensión sobre el abierto de los dos elementos de conmutación 170 y 180 es cero, lo que ocurre tras cada semi-periodo, que es cuando se realiza la conmutación de los elementos de conmutación 151, 170 y 180. Este tiempo se determina usando la tercera bobina 140 en el transformador. La bobina 140 detecta una tensión que está en fase con la tensión sobre el abierto de los dos elementos de conmutación 170 y 180, lo que significa que en particular los cruces por cero ocurren simultáneamente. Las tensiones detectadas por la tercera bobina 140 se introducen en el controlador 160 y el controlador 160 determina los cruces por cero de la tensión detectada por la tercera bobina 140, momentos en los que los elementos de conmutación se controlan tal como se ha descrito antes.

El periodo t en el que el elemento de conmutación 151 se cierra puede variar, y el elemento de conmutación 151 puede controlarse para abrirse, por ejemplo, cuando la corriente ha alcanzado un nivel predeterminado. Por tanto, por ejemplo, el valor promedio o el valor RMS de la tensión en la primera y segunda bobina pueden controlarse, y por tanto la energía suministrada a la carga puede variar. La duración máxima del periodo t en el que se cierra el elemento de conmutación 151 se determina como no más de un cuarto de un periodo T correspondiente a una frecuencia de resonancia predeterminada más alta en la que el aparato está diseñado para funcionar.

En caso de desconexión de la carga capacitiva durante el funcionamiento del aparato, la frecuencia de resonancia se incrementará, lo que podría provocar condiciones operativas no deseadas, en particular si el conmutador 151 pudiera funcionar a tales frecuencias de resonancia incrementadas. Para evitar tales condiciones, se establece una frecuencia de repetición máxima para el funcionamiento del conmutador 151. La frecuencia de repetición máxima se corresponde con la frecuencia de resonancia predeterminada más alta en la que el aparato está diseñado para funcionar o ligeramente mayor.

En caso de un cortocircuito de los terminales de la segunda bobina 130 durante el funcionamiento del aparato, también pueden surgir condiciones operativas no deseadas, en particular altas corrientes en las primeras y segundas bobinas del transformador. La abertura del elemento de conmutación 151 cuando la corriente se ha

elevado hasta un nivel predeterminado limita la corriente que puede extraerse desde la segunda bobina, lo que es útil en caso de un cortocircuito de los terminales de la segunda bobina 130.

La Figura 3 muestra una realización de un transformador 500 de alta tensión adecuado para el uso en la realización de la Figura 1. El transformador 500 tiene un núcleo 501 compuesto de dos núcleos E 502 y 503 preferentemente idénticos con sus patas intermedias tocándose entre sí y de esta manera en contacto magnético entre sí. Sus patas exteriores son más cortas que las patas intermedias por lo que se forman unos huecos de aire en cada una de las patas exteriores del núcleo. Una primera bobina 510 se enrolla en una canilla 511 y se coloca alrededor de la pata intermedia. Y una segunda bobina 520 de alta tensión que comprende dos medias bobinas con una media bobina colocada a cada lado de la primera bobina 510.

La Figura 4 muestra una realización de las vueltas individuales del transformador de alta tensión en la Figura 3. Una lámina plana o sustrato 600 de un material eléctricamente aislante con una abertura central 601 soporta una traza 610 eléctricamente conductora que forma un bucle alrededor de la abertura central 601. En la porción de extremo exterior 611 la traza 610 eléctricamente conductora tiene una almohadilla conectora 612 en el mismo lado del sustrato 600 que la traza conductora 610, y en la porción de extremo interior 613 la traza 610 eléctricamente conductora tiene una almohadilla conectora 614 en el lado opuesto del sustrato 600 con una conexión pasante. La traza conductora 610 puede tener una o más vueltas alrededor de la abertura central 601.

La Figura 5 muestra otra realización de las vueltas individuales del transformador de alta tensión en la Figura 3. Una lámina plana o sustrato 700 de un material eléctricamente aislante con una abertura central 701 soporta una traza 710 eléctricamente conductora que forma un bucle alrededor de la abertura central 701. La estructura en la Figura 7 es una imagen de espejo de la estructura en la Figura 6, excepto que en la porción de extremo exterior 711 la traza 710 eléctricamente conductora tiene una almohadilla conectora 712 en el lado opuesto del sustrato 700 con una conexión pasante, y en la porción de extremo interior 713 la traza 710 eléctricamente conductora tiene una almohadilla conectora 714 en el mismo lado del sustrato 700 que la traza conductora 710. La traza conductora 710 puede tener una o más vueltas alrededor de la abertura central 701.

En la Figura 3, cada una de las medias bobinas de la bobina 510 de alta tensión se compone apilando sustratos alternativos 600 y 700. Cuando un sustrato 600 se coloca sobre un primer sustrato 700 en una disposición superpuesta, la almohadilla 614 estará justo sobre la almohadilla 714, y las dos almohadillas 614 y 714 pueden conectarse eléctricamente, por ejemplo, mediante soldadura. Las trazas 610 y 710 así interconectadas en sus respectivos sustratos formarán por tanto dos vueltas o bucles alrededor de las aberturas centrales. Un segundo sustrato 700 puede colocarse entonces sobre el sustrato 600 con la almohadilla 712 justo sobre la almohadilla 612, y las dos almohadillas 612 y 712 pueden conectarse eléctricamente de la misma manera para formar una bobina con tres vueltas. De esta manera, varios sustratos 600 y 700 pueden apilarse alternativamente para formar una bobina con cualquier número deseado de vueltas. La bobina 520 de alta tensión del transformador 500 comprende dos medias bobinas que se hacen de esta manera. En la Figura 3, la bobina 520 de alta tensión con sus sustratos así apilados se ve desde el borde de los sustratos.

La distancia desde las trazas 610 y 710 eléctricamente conductoras hasta el borde del sustrato debería ser suficientemente grande para evitar la formación de arco eléctrico entre trazas en sustratos adyacentes.

Tal como se ha mencionado, en una realización el aparato de generación de ozono antes descrito funcionará a frecuencias por encima del intervalo audible para los humanos, por ejemplo, en el intervalo de frecuencia de 15-25 kHz. Esto también tiene el efecto de que el tamaño del núcleo del transformador puede reducirse en comparación con el tamaño requerido a frecuencias menores.

Para fines de alta frecuencia se usa un alambre Litz para la primera bobina 510. El alambre Litz consiste en un número de hebras de alambre aisladas que pueden retorcerse o tejerse entre sí. A frecuencias altas, la corriente eléctrica fluirá en una capa de superficie de un espesor que disminuye con una frecuencia creciente, este es el llamado efecto revestimiento. A 20 kHz la profundidad del revestimiento es aproximadamente 0,5 mm en cobre. En los huecos de aire en las patas exteriores del transformador, el campo magnético aislado puede influenciar la primera bobina 510. El uso del alambre Litz reduce las corrientes inducidas en la primera bobina 510.

Para fines de alta frecuencia puede usarse un núcleo de transformador laminado o un núcleo de ferrita para reducir o eliminar corrientes inducidas en el núcleo.

El núcleo 502, 503 tiene huecos de aire en las patas exteriores. Tal transformador es particularmente útil para suministrar cargas que exhiben resistencia negativa, tal como dispositivos de descarga de corona usados para la producción de ozono en un aparato de la invención. En los huecos de aire existirá un campo magnético aislado y hay una distancia desde la primera bobina 510 hasta los huecos de aire, y dos medias bobinas de la segunda bobina se mantienen separadas para que los enrollamientos se mantengan fuera del campo aislado. A frecuencias mayores que el intervalo audible por los humanos y niveles de energía de varios kW como los que se manejan en el aparato de la invención, el campo magnético disiparía una energía considerable en todas las piezas metálicas sometidas al campo aislado, y es por tanto importante mantener el campo aislado y todos los componentes metálicos separados. Esta disposición asegura esto último.

5 En algunas aplicaciones donde se usa ozono se necesita o se prescribe una producción predeterminada de ozono, o la producción requerida de ozono puede cambiar. En una realización, cada uno del flujo de gas que contiene oxígeno y la energía suministrada desde el aparato de suministro de energía al dispositivo de generación de ozono se controlan para obtener una producción predeterminada de ozono desde el dispositivo de generación de ozono y para minimizar el consumo de recursos que comprenden gas que contiene oxígeno y energía suministrada desde el aparato de suministro de energía. El control puede basarse en un modelo matemático del aparato y del proceso incluyendo datos teóricos y experimentales y puede incluir también mediciones reales de parámetros relevantes para el uso, por ejemplo, en un sistema de control de realimentación.

10 Aunque la presente invención se ha descrito en relación con las realizaciones especificadas, no debería interpretarse como limitada de ninguna manera a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se expone mediante el conjunto de reivindicaciones adjunto. En el contexto de las reivindicaciones, los términos "comprendiendo" o "comprende" no excluyen otros elementos o etapas posibles. Además, la mención de referencias tales como "un" o "una" etc., no deberían interpretarse como la exclusión de una pluralidad. El uso de signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a elementos indicados en las figuras tampoco se interpretará como una limitación del alcance de la invención. Adicionalmente, las características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones pueden combinarse posiblemente de manera ventajosa, y la mención de estas características en diferentes reivindicaciones no excluye que una combinación de características no sea posible y ventajosa.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato de suministro de energía (100) para suministrar energía eléctrica CA a una carga capacitiva (300) con una impedancia de carga capacitiva, comprendiendo el aparato
- 10 - un transformador (110, 500) con una primera bobina (120, 510) y una segunda bobina (130, 520), teniendo la primera bobina primeras y segundas medias bobinas con una derivación central (121) común, y
 - un excitador positivo (160, 151, 170) de semi-periodo y un excitador negativo (160, 151, 180) de semi-periodo dispuestos para suministrar alternativamente semi-periodos positivos de tensión a la primera media bobina y semi-periodos negativos de tensión a la segunda media bobina, respectivamente, de la primera bobina (120, 510),
 - la segunda bobina (130, 520) puede conectarse con la carga capacitiva (300) para formar un circuito de resonancia eléctrica con una frecuencia de resonancia, y para suministrar la energía eléctrica CA en la frecuencia de resonancia a la carga (300), y
 15 - un dispositivo (160) para determinar cruces por cero de la tensión suministrada a la primera bobina (120, 510) y para provocar una alternancia entre semi-periodos positivos y negativos de tensión suministrada a la primera bobina (120, 510) en los cruces por cero de la tensión suministrada a la primera bobina (120, 510), comprendiendo el dispositivo (160), para determinar los cruces por cero, una tercera bobina (140) separada en el transformador (110, 500), y estando dispuesto cada uno de los excitadores positivo y negativo (160, 151, 170, 180) de semi-periodo para suministrar los semi-periodos respectivos de tensión a través de un elemento inductivo (150) a la derivación central (121) de la primera bobina (120, 510), y
 20 - un dispositivo (151, 160) para controlar la duración (t) de la tensión suministrada a la derivación central (121) a duraciones entre cero y un cuarto de un periodo correspondiente a una frecuencia de resonancia más alta predeterminada del circuito de resonancia y controlar por tanto la energía CA suministrada a la carga (300).
- 25 2. Un aparato (100) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la frecuencia de resonancia es mayor que el intervalo de frecuencia audible para los humanos.
- 30 3. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los excitadores positivos y negativos (160, 151 170, 180) de semi-periodo comprenden un elemento de conmutación electrónico (170, 180).
- 35 4. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el transformador (110, 500) comprende
- 40 - un núcleo (501),
 - una bobina (120, 510) de tensión baja en el núcleo, y
 - una bobina (130, 520) de tensión alta en el núcleo (501) que tiene una pluralidad de sustratos de soporte (600, 700) aislantes en una disposición superpuesta, soportando cada sustrato de soporte (600, 700) una traza (610, 710) eléctricamente conductora con porciones terminales (611, 613, 711, 713), formando la traza (610, 710) una o más vueltas alrededor del núcleo (501), y una almohadilla conectora (612, 614, 712, 714) que conecta una porción terminal (611, 613) de la traza (610) en un sustrato (600) con una porción terminal (711, 713) de una traza (710) en un sustrato superpuesto (700).
- 45 5. Un aparato (100) de acuerdo con la reivindicación 4 en el que cada sustrato de soporte (600, 700) soporta su traza conductora (610, 710) en una superficie de sustrato y la almohadilla conectora (614, 712) está en la superficie de sustrato opuesta con una conexión eléctrica a través del sustrato (600, 700) que conecta la almohadilla conectora con la porción terminal (613, 711) de la traza conductora (610, 710).
- 50 6. Un aparato para generar ozono, comprendiendo el aparato
- 55 - un aparato de suministro de energía (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, y
 - un dispositivo de generación de ozono (300) conectado con la segunda bobina (130, 520), teniendo el dispositivo de generación de ozono (300) una impedancia capacitiva para formar el circuito de resonancia eléctrica y para recibir la energía eléctrica CA en la frecuencia de resonancia desde la segunda bobina (130, 520).

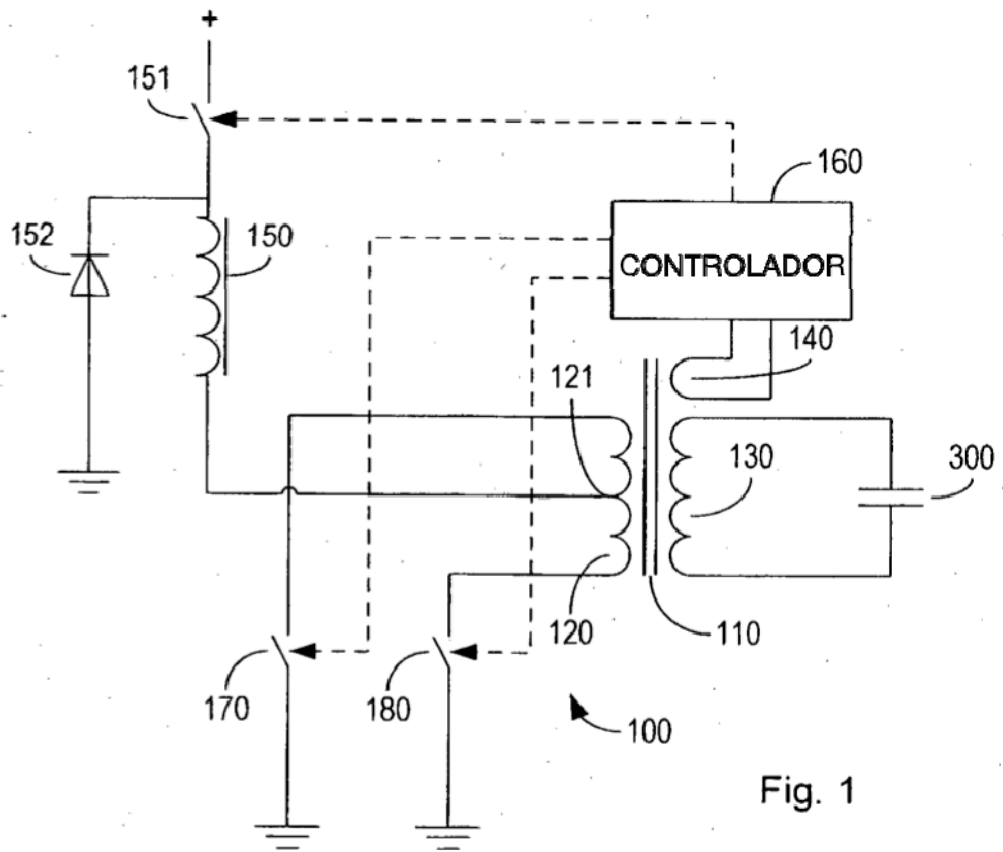


Fig. 1

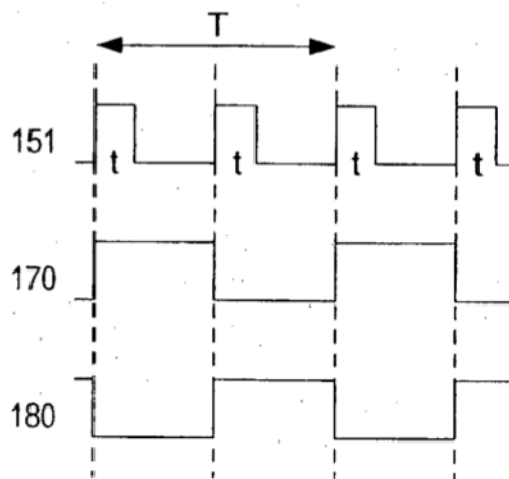


Fig. 2

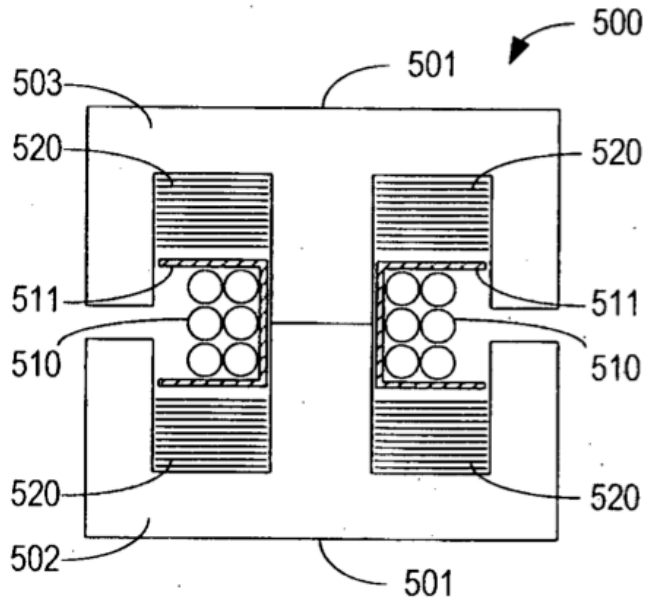


Fig. 3

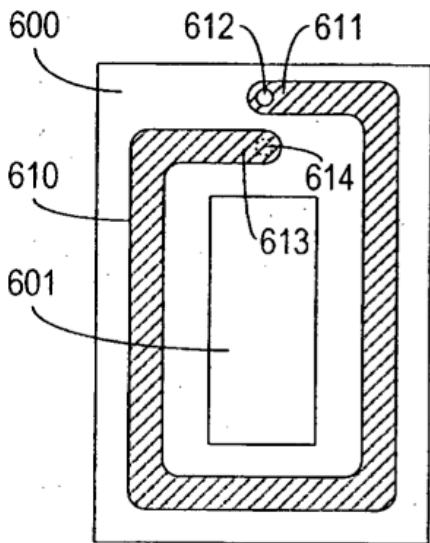


Fig. 4

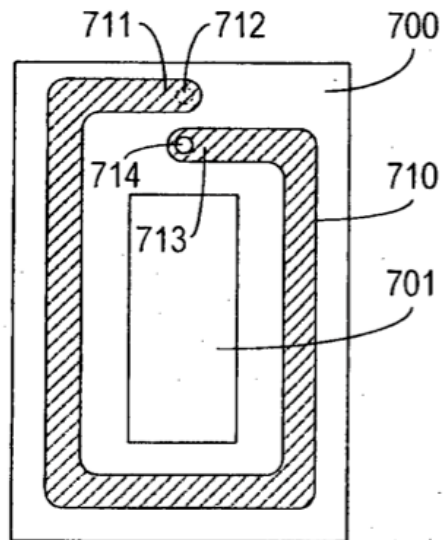


Fig. 5