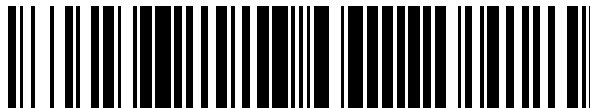


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 460 927**

51 Int. Cl.:

**C23F 13/04** (2006.01)

**C23F 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2004 E 04017268 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 1598445**

54 Título: **Método para inhibir la corrosión de metal**

30 Prioridad:

**17.05.2004 US 846598**

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

**16.05.2014**

73 Titular/es:

**CANADIAN AUTO PRESERVATION INC. (100.0%)  
390 BRADWICK DRIVE  
CONCORD, ONTARIO L4K 2W4, CA**

72 Inventor/es:

**LEWIS, MICHAEL E.**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 460 927 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**

Método para inhibir la corrosión de metal

**5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

La presente solicitud es una continuación en parte de la solicitud de patente de los Estados Unidos con N° 10/010.402 presentada el 7 de diciembre de 2001, la cual es una continuación en parte de la solicitud de patente de los Estados Unidos con N° 09/527.552, presentada el 17 de marzo de 2000, en la actualidad la patente de los Estados Unidos con N° 6.331.243, la cual reivindica la prioridad de la solicitud provisional de los Estados Unidos con N° 60/044.898, presentada el 25 de abril de 1997.

**Campo de la invención**

15 La presente invención se refiere, en general, a un proceso y aparato para la prevención de la oxidación de objetos de metal en un entorno oxidante. Más en particular, la presente invención se refiere a aparatos y métodos para generar corrientes superficiales en cuerpos conductores para inhibir la corrosión.

**Antecedentes de la invención**

20 En un entorno oxidante, existen sustancias que, en unas condiciones adecuadas, captan electrones y quedan reducidas. Habitualmente, estos electrones provienen de los átomos de los objetos de metal expuestos al entorno oxidante. Un entorno oxidante se caracteriza por la presencia de al menos una sustancia química cuyos átomos, en ese entorno, pueden reducirse mediante la adquisición de al menos un electrón procedente de los átomos del metal.  
25 Al "donar" un electrón, el metal queda oxidado. A medida que avanza el proceso de oxidación, un objeto de metal queda degradado hasta el punto de que deja de poder usarse para su fin previsto.

En tierra, la oxidación es predominante en, entre otras cosas, puentes y vehículos, cuando estos están expuestos a la sal que se esparce sobre las carreteras para evitar la formación de hielo en climas fríos. La sal derrite la nieve y el hielo y, al hacer esto, forma una solución acuosa de sal. El hierro o acero en los puentes o vehículos, cuando está expuesto a la solución de sal, se oxida con facilidad. La primera señal visible de la oxidación es la aparición de óxido sobre la superficie del objeto de metal. Una oxidación continuada conduce al debilitamiento de la integridad estructural de los objetos de metal. Si se permite que continúe la oxidación, en el objeto de metal aparecen perforaciones por oxidación y, finalmente, se desintegra o, en el caso del metal en puentes, queda demasiado débil para sustentar la carga a la que está sometido. La situación se ha agravado en los últimos años al aumentar las concentraciones de contaminantes y debido a la demanda de vehículos más ligeros, con un menor consumo de combustible que requieren una chapa metálica más delgada y el abandono de la construcción de bastidores.

Una solución acuosa de sal también es la causa de corrosión en un entorno marino y es responsable de la oxidación de los cascos de los barcos, las líneas de conducción marinas y las plataformas de perforación y de producción usadas por la industria petrolífera.

Los métodos de prevención de la corrosión anteriores se basaban en la aplicación de un revestimiento protector, por ejemplo de pintura, al objeto de metal. Este evita que el metal entre en contacto con el entorno oxidante y de ese modo evita la corrosión. A lo largo de un tiempo prolongado, no obstante, el revestimiento protector desaparece por desgaste y puede comenzar el proceso de oxidación del metal. La única forma de evitar que la oxidación se inicie es volver a aplicar el revestimiento. Esto puede ser un proceso costoso en la mejor de las circunstancias: es mucho más fácil revestir minuciosamente las partes de un automóvil en una fábrica, antes del montaje, que volver a aplicar el revestimiento sobre un automóvil montado. En otras circunstancias, por ejemplo, en una línea de conducción marina, el proceso de volver a aplicar un revestimiento es imposible.

Otros métodos de prevención de la oxidación incluyen los sistemas de protección catódica. En estos, el objeto de metal que va a protegerse pasa a ser el cátodo de un circuito eléctrico. El objeto de metal que va a protegerse y un ánodo están conectados con una fuente de energía eléctrica, completándose el circuito eléctrico desde el ánodo hasta el cátodo a través de la solución acuosa. El flujo de electrones proporciona la fuente de electrones necesaria a las sustancias en la solución acuosa que normalmente dan lugar a la oxidación, reduciendo de ese modo la "donación" de electrones que provienen de los átomos del metal protegido (cátodo).

La invención de Byrne (patente de los Estados Unidos con N° 3.242.064) enseña un sistema de protección catódica en el que se suministran unos impulsos de corriente continua (CC) a la superficie de metal que va a protegerse, tal como el casco de un barco. El coeficiente de utilización de los impulsos se cambia en respuesta a condiciones variables del agua que rodea el casco del barco. La invención de Kipps (patente de los Estados Unidos con N° 3.692.650) divulga un sistema de protección catódica aplicable a las tuberías de revestimientos de pozos y líneas de conducción enterradas en suelos conductores, las superficies interiores de depósitos que contienen sustancias corrosivas y porciones sumergidas de estructuras. El sistema usa a una tensión de CC por impulsos cortos y una corriente continua ininterrumpida.

- Los sistemas de protección catódica de la técnica anterior no son completamente efectivos ni siquiera para objetos o estructuras sumergidos en un medio conductor tal como agua del mar. La razón de esto es que, debido a variaciones locales en la conformación de la estructura que se está protegiendo y a concentraciones de las sustancias oxidantes en el entorno acuoso, los “puntos calientes” locales de desarrollo de corrosión no están adecuadamente protegidos y, finalmente, dan lugar a una ruptura de la estructura. Los sistemas de protección catódica son de poco uso en la protección de objetos de metal que no estén al menos parcialmente sumergidos en un medio conductor, tal como agua del mar o suelo conductor. Como resultado, las vigas maestras de metal de los puentes y la carrocería de los automóviles no pueden protegerse de forma efectiva por estos sistemas catódicos.
- 5
- 10 Cowatch (patente de los Estados Unidos con N° 4.767.512) enseña un método dirigido a evitar la corrosión de objetos que no están sumergidos en un medio conductor. En el objeto de metal se imprime una corriente eléctrica al tratar el objeto de metal como la placa negativa de un condensador. Esto se logra mediante un acoplamiento capacitivo entre el objeto de metal y un medio para proporcionar impulsos de corriente continua. El objeto de metal que va a protegerse y el medio para proporcionar impulsos de corriente continua tienen una masa común. En su
- 15 realización preferida, Cowatch divulga un dispositivo en el que se aplica una tensión de CC de 5.000 a 6.000 voltios a la placa positiva de un condensador separado del objeto de metal por un dieléctrico. Unos impulsos pequeños y de alta frecuencia (1 kilohercio) de tensión de CC se superponen a la tensión de CC estacionaria. Cowatch también hace referencia a una tensión de perforación del material dieléctrico como una tensión de aproximadamente 10 kV.
- 20 Debido a los riesgos de seguridad de tener la alta tensión aplicada en un lugar que expone a seres humanos y animales a un posible contacto con el objeto de metal o cualquier otra parte del acoplamiento capacitivo, Cowatch requiere limitaciones a la máxima salida de energía de la invención.
- Cowatch divulga un dispositivo de dos fases para obtener la tensión de CC por impulsos. La primera fase proporciona salidas de una CA de tensión más alta y una CA de tensión más baja. En la segunda fase, las dos tensiones de CA se rectifican para dar una CC de alta tensión con un impulso de CC superpuesto. Cowatch usa al menos dos transformadores, uno de los cuales puede ser un transformador de núcleo saturado de contrafase. Debido al uso de los transformadores, las pérdidas de energía asociadas con la invención son altas. Sobre la base de los valores divulgados en el documento de Cowatch, la eficiencia puede ser muy baja (menor de un 10 %). La
- 25 alta disipación de calor también puede requerir un método de disipación del calor. Además, la invención requiere un medio independiente para desconectar el dispositivo durante periodos prolongados de no utilización para evitar la descarga de la batería.
- 30
- Un problema relacionado en cierta medida que afecta a las estructuras sumergidas está causado por el crecimiento de organismos. Los mejillones, por ejemplo, son un grave problema para los sistemas municipales de suministro de agua y las centrales eléctricas. Debido a su prolífico crecimiento, obstruyen las entradas de agua requeridas para el funcionamiento apropiado del sistema de suministro de agua o la central eléctrica, dando lugar a una reducción en el flujo de agua. Han de llevarse a cabo costosas operaciones de limpieza de manera periódica. Las lapas y otros organismos son bien conocidos por incrustarse en los cascos de los barcos y otras partes sumergidas de
- 35 estructuras. Los medios convencionales de abordar esto incluyen el uso de pinturas antiincrustantes y una limpieza minuciosa a intervalos regulares. Las pinturas pueden tener unos efectos ambientales no deseables, mientras que la limpieza es un proceso costoso, que requiere que el barco se ponga fuera de servicio mientras que se realiza la limpieza. Ninguno de estos medios es efectivo a largo plazo.
- 40
- Es un fin de la presente invención la provisión de protección frente a la corrosión a objetos de metal incluso cuando los objetos que van a protegerse no están sumergidos en un electrolito. Es un fin adicional de la presente invención lograr esto sin exponer a los seres humanos o animales al riesgo de altas tensiones. Además, el dispositivo también debería ser energéticamente eficiente, reduciendo de ese modo el consumo sobre la fuente de energía y no debería requerir medio especial alguno para la disipación de calor. Esta debería también, como parte de la circuitería, tener un elemento de supervisión de tensión de la batería que desconecte el amplificador de impulsos si la tensión de la batería cae por debajo de un umbral predeterminado, conservando de este modo la potencia de la batería. Esto es particularmente útil debido a que unas condiciones de clima frío en las cuales la corrosión es más probable debido a la exposición a la sal que se usa para derretir el hielo sobre las calzadas, también impone unas mayores exigencias sobre una batería para arrancar un vehículo. Además del clima frío, las altas temperaturas y la humedad también
- 45 conducen a una mayor corrosión simultáneamente con mayores exigencias sobre la potencia de la batería para arrancar un vehículo. También es un fin de la presente invención inhibir el crecimiento de organismos sobre estructuras sumergidas. Por último, también es un fin de la presente invención proteger la circuitería frente al daño si el aparato se conecta de manera involuntaria a la batería con la polaridad invertida.
- 50
- 55
- 60 Por lo tanto, es deseable proporcionar un control mejorado para la protección frente a la corrosión.

### Sumario de la invención

- 65 Un objeto de la presente invención es evitar o mitigar al menos una desventaja de los métodos de inhibición de la corrosión anteriores. En particular, un objeto de la invención es la provisión de un circuito y método para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal. El método incluye cargar un condensador a partir de una fuente de tensión de CC, donde un terminal de la fuente de tensión de CC y un terminal de dicho condensador están directamente conectados eléctricamente con el objeto de metal en un punto común, y donde un segundo terminal de dicho condensador está aislado del objeto de metal; aislar eléctricamente el condensador cargado del proceso de carga desde la fuente de tensión de CC; acoplar dicho segundo terminal eléctrico del condensador cargado con el objeto de metal en una posición distante con respecto a aquella en la que dicho terminal de la fuente de tensión de CC y dicho terminal eléctrico de dicho condensador están directamente conectados en el punto común a la vez que se mantiene la carga del condensador cargado aislada del proceso de carga desde la fuente de tensión de CC; descargar de manera capacitiva la carga a partir del condensador cargado para proporcionar unas formas de onda eléctricas conformadas que tienen unas características predeterminadas con una componente de CA variable en el tiempo para hacer que fluya una corriente superficial a lo largo de toda la superficie del objeto de metal; y repetir de forma sucesiva los procesos de carga y descarga anteriores a lo largo del tiempo.

De acuerdo con una realización del primer aspecto, la descarga de manera capacitiva de la carga a partir del condensador cargado se realiza por conexión eléctrica de dicho segundo terminal con el objeto de metal. En un aspecto de esta realización, la polaridad de la fuente de tensión de CC se invierte en cada uno de los procesos de carga y descarga repetidos sucesivos. En otra realización del primer aspecto, descargar de manera capacitiva el condensador cargado comprende descargar a una placa de condensador asociada con dicho objeto de metal para cargar la placa de condensador y hacer que fluyan corrientes superficiales en un sentido en el objeto de metal, y después mediante la descarga de la placa de condensador cargada con el objeto de metal hacer que fluyan corrientes superficiales en un sentido opuesto en el objeto de metal. En las realizaciones anteriores, las formas de onda eléctricas tienen una conformación propicia para generar la componente de CA, las formas de onda eléctricas incluyen una frecuencia de resonancia del objeto de metal y/o tienen un tiempo de subida y de bajada de aproximadamente 200 nanosegundos, o las formas de onda eléctricas derivan de formas de onda eléctricas de CC unipolar o formas de onda eléctricas de CC bipolar.

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un circuito para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal. El circuito incluye un condensador y un circuito de generación de corriente. El condensador se carga a partir de una fuente de tensión de CC donde un terminal de la fuente de tensión de CC y un terminal del condensador están directamente conectados eléctricamente entre sí, para, durante el uso, la conexión con el objeto de metal en un punto común, mientras que otro terminal de dicho condensador está aislado del objeto de metal. El circuito de generación de corriente acopla el otro terminal del condensador con el objeto de metal en una posición distante con respecto a aquella en la que dicho terminal de la fuente de tensión de CC y dicho terminal del condensador están, durante el uso, directamente conectados eléctricamente con el objeto de metal en un punto común a la vez que se aísla el condensador cargado del proceso de carga desde la fuente de tensión de CC, con el fin de conformar una descarga capacitiva del condensador cargado al objeto de metal para tener una componente de CA variable en el tiempo y para hacer que fluya una corriente superficial en un sentido a lo largo de toda la superficie del objeto de metal. El circuito de generación de corriente permite un funcionamiento cíclico repetido de dicha carga de dicho condensador y dicha descarga capacitiva conformada.

De acuerdo con una realización del segundo aspecto, el circuito incluye además un circuito de conmutación para acoplar el condensador a la fuente de tensión de CC para cargarlo, y para acoplar el condensador cargado con el objeto de metal para una descarga capacitiva. En otra realización del segundo aspecto, el circuito incluye además un conmutador de polaridad para invertir la polaridad de la fuente de tensión de CC en cada carga y descarga repetidas sucesivas.

De acuerdo con otra realización más del segundo aspecto, el circuito incluye además un condensador distribuido para acoplar de manera capacitiva con el objeto de metal en dicha posición distante con respecto a dicho punto común para posibilitar que dicha corriente superficial fluya en dicho un sentido, comprendiendo también dicho circuito un circuito de descarga para descargar una carga del condensador distribuido al objeto de metal para inducir que una corriente superficial fluya en dicho objeto de metal en un sentido opuesto a dicho un sentido. En un aspecto de la presente realización, el circuito de descarga comprende un segundo dispositivo de impedancia acoplado entre el condensador distribuido y un circuito de conmutación adicional, permitiendo dicho circuito de conmutación adicional que la carga del condensador distribuido pase a través de dicha segunda impedancia durante el flujo de dicha corriente superficial en dicho objeto de metal en el sentido opuesto. El condensador distribuido puede incluir al menos dos placas individuales conectadas en paralelo, y cada una de dichas al menos dos placas individuales conectadas en paralelo puede tener un área superficial diferente de la de la otra.

Otros aspectos y elementos distintivos de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia tras el examen de la siguiente descripción de realizaciones específicas de la invención junto con las figuras adjuntas.

**Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirán realizaciones de la presente invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- las figuras 1A y 1B son diagramas de circuito de la técnica anterior de Cowatch;  
 la figura 2 es un diagrama esquemático del aparato de la presente invención;  
 las figuras 3A, 3B y 3C son diagramas de circuito de las realizaciones preferidas de la presente invención;  
 la figura 4 es una realización alternativa de la presente invención;  
 5 la figura 5 es una realización preferida de la compensación de fase preferida de la presente invención;  
 la figura 6 es un circuito para acoplar, de manera capacitiva, formas de onda eléctricas con un objeto de metal de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 la figura 7 es un circuito para acoplar, de manera capacitiva, formas de onda eléctricas con un objeto metálico de acuerdo con otra realización de la presente invención; y,  
 10 la figura 8 es una representación gráfica del potencial de corrosión a lo largo del tiempo para un panel de prueba y un panel de control.

**Descripción detallada**

15 La presente invención proporciona, en general, un método para reducir la tasa de corrosión en un objeto de metal mediante la inducción de una corriente superficial a lo largo de toda la superficie del objeto de metal. La corriente superficial puede inducirse mediante la aplicación directa o indirecta de unas formas de onda eléctricas que tienen componentes de CA, en respuesta a las formas de onda eléctricas generadas a partir de un circuito. Las formas de onda eléctricas tienen una componente variable en el tiempo con características tales como espectro de frecuencias, tasa de repetición, tiempo de subida / de bajada, impulsos, sinusoides, y combinaciones de impulsos y sinusoides. El cuerpo de metal y el terminal negativo de una fuente eléctrica adecuada, tal como una tensión de CC (batería), están conectados a masa. El terminal positivo de la fuente de tensión de CC está conectado con el circuito electrónico que imparte unas formas de onda eléctricas de baja tensión al terminal conductor conectado con el cuerpo de metal. Las componentes de CA variables en el tiempo en la forma de onda eléctrica responsables de inducir las corrientes superficiales son efectivas en la inhibición de la corrosión y, por lo tanto, su generación se ve favorecida. Los métodos alternativos de inducción de corrientes superficiales incluyen la descarga directa del condensador a través del cuerpo de metal, o el movimiento de un campo electromagnético sobre el cuerpo de metal, o mediante la generación de una señal, con una forma de onda apropiada a partir de una fuente de RF unida a una antena de transmisión de tal modo que la señal transmitida se recibe por el cuerpo de metal.

20 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la generación de unas formas de onda eléctricas que tienen una conformación propicia para generar la componente (de CA) variable en el tiempo es efectiva para reducir la tasa de oxidación. Las formas de onda eléctricas pueden incluir, si bien no es necesariamente así, una frecuencia a la que resuena el objeto de metal. Se ha establecido que las formas de onda eléctricas de un impulso unipolar con un periodo nominal de 100  $\mu$ s, una anchura de 3  $\mu$ s y unos tiempos de subida y de bajada de aproximadamente 200 nanosegundos, son efectivas en la prevención de la corrosión incluso cuando no se encuentra presente un electrolito. Dado que: i) se ha determinado que las corrientes superficiales inducidas sobre el cuerpo de metal por la forma de onda eléctrica son responsables de la reducción de la tasa de corrosión y ii) en principio, cualquier forma de onda eléctrica con una componente de CA puede inducir una corriente superficial sobre un objeto de metal, cuando se acopla apropiadamente con un objeto de metal. Por lo tanto, es evidente que el número posible de formas de onda eléctricas apropiadas, adecuadas para la reducción de la tasa de corrosión es prácticamente infinito. Estas corrientes superficiales pueden atribuirse al fenómeno de efecto pelicular, en el que una corriente eléctrica de alta frecuencia tiene tendencia a distribuirse con una densidad de corriente más alta cerca de la superficie de un conductor que en su núcleo.

25 Las realizaciones pueden resumirse como un método para reducir la tasa de oxidación de un objeto de metal, mediante la generación de formas de onda eléctricas, el acoplamiento de las formas de onda eléctricas con el objeto de metal, y la inducción de una corriente superficial a lo largo de toda la superficie del objeto de metal en respuesta a las formas de onda eléctricas. Las formas de onda eléctricas tienen unas características predeterminadas y se generan a partir de una fuente de tensión de CC, de tal modo que cada forma de onda tiene una componente de CA temporal.

30 En un ejemplo, la etapa de acoplamiento incluye accionar las formas de onda eléctricas a través de al menos dos puntos de contacto sobre el objeto de metal, la etapa de generación puede incluir generar unas formas de onda eléctricas que tienen una conformación propicia para generar la componente de CA, y las formas de onda eléctricas pueden incluir una frecuencia de resonancia del objeto de metal. En otra realización del presente aspecto, la etapa de acoplamiento puede incluir acoplar de manera capacitiva las formas de onda eléctricas a partir de un primer terminal con un segundo terminal conectado con el objeto de metal, donde el segundo terminal está conectado con un terminal de masa de la fuente de tensión de CC.

35 En otro ejemplo más, la etapa de acoplamiento de manera capacitiva puede incluir cargar un condensador a partir de la fuente de tensión de CC y descargar la carga almacenada del condensador a través del objeto de metal a una conexión a masa entre la fuente de tensión de CC y el objeto de metal en respuesta a las formas de onda eléctricas. En aspectos alternativos de la presente realización, el condensador puede cargarse mecánicamente, un primer terminal del condensador puede estar conectado con el objeto de metal y un segundo terminal del condensador puede estar conectado con un área del objeto de metal distante con respecto a la conexión a masa, y la polaridad de

la fuente de tensión de CC puede invertirse después de que la carga almacenada se haya descargado.

En un ejemplo alternativo, la etapa de acoplamiento de manera capacitiva puede incluir cargar un condensador a partir de la fuente de tensión de CC y descargar la carga almacenada del condensador en un condensador distribuido acoplado con el objeto de metal en respuesta a las formas de onda eléctricas, donde la corriente superficial inducida se desplaza en un primer sentido en respuesta a la acumulación de la carga almacenada en el condensador distribuido. En un aspecto de la presente realización, la etapa de acoplamiento puede incluir mover un campo magnético sobre el objeto de metal a una frecuencia que se corresponde con la frecuencia predeterminada de los impulsos de señal.

De acuerdo con ejemplos alternativos adicionales, la etapa de acoplamiento puede incluir transmitir señales de RF que se corresponden con las formas de onda eléctricas a través de una antena para su recepción por el objeto de metal, la etapa de generación puede incluir generar las formas de onda eléctricas con unos tiempos de subida y de bajada de aproximadamente 200 nanosegundos, y la etapa de generación puede incluir generar formas de onda eléctricas de CC unipolar o formas de onda eléctricas de CC bipolar.

Las realizaciones pueden resumirse además como un circuito para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal. El circuito incluye un circuito de carga que tiene una fuente de tensión de CC, y un circuito de generación de corriente acoplado con el objeto de metal. El circuito de carga tiene una fuente de tensión de CC para proporcionar una descarga capacitiva, estando conectado un terminal de la fuente de tensión de CC con el objeto de metal. El circuito de generación de corriente está acoplado con el objeto de metal para recibir y conformar la descarga capacitiva a partir del circuito de carga, el circuito de generación de corriente acopla la descarga capacitiva conformada con el objeto de metal para inducir una corriente superficial en el mismo.

En un ejemplo, el circuito de carga puede incluir un condensador dispuesto en paralelo con respecto a la fuente de tensión de CC, y un circuito de conmutación para acoplar el condensador a la fuente de tensión de CC en una posición de carga para cargar el condensador, acoplando el circuito de conmutación el condensador con una salida en una posición de descarga para descargar el condensador. El circuito de generación de corriente puede incluir un dispositivo de impedancia acoplado entre la salida y el objeto de metal para proporcionar una forma de onda de corriente conformada, induciéndose la corriente superficial a medida que la forma de onda de corriente conformada se aplica al objeto de metal. La fuente de tensión de CC puede incluir un circuito de conmutación de polaridad para invertir la polaridad de la fuente de tensión de CC.

En este ejemplo, el circuito de generación de corriente puede incluir un condensador distribuido acoplado con el objeto de metal, un dispositivo de impedancia acoplado entre la salida y el condensador distribuido para proporcionar una forma de onda de corriente conformada, recibiendo el condensador distribuido la carga a partir de la forma de onda de corriente conformada para inducir la corriente superficial, y un circuito de descarga para descargar la carga del condensador distribuido al terminal para inducir una segunda corriente superficial de sentido opuesto a la corriente superficial. El circuito de descarga puede incluir un segundo dispositivo de impedancia acoplado entre el condensador distribuido y un circuito de conmutación de descarga, acoplando el circuito de conmutación de descarga de forma selectiva el segundo dispositivo de impedancia al terminal. El condensador distribuido puede incluir al menos dos placas individuales conectadas en paralelo, donde cada una de las al menos dos placas individuales conectadas en paralelo tiene un área superficial diferente.

La presente invención se entiende de la mejor forma haciendo referencia, en primer lugar, a los métodos de la técnica anterior de prevención de la oxidación de metal mediante acoplamiento capacitivo. La figura 1A muestra el diagrama de circuito de un transformador de núcleo saturado de contrafase usado en la invención de Cowatch. En general, el terminal **1** está conectado con el lado positivo del sistema eléctrico de un vehículo y el terminal **2** está conectado con el lado negativo del sistema eléctrico del vehículo. La salida del transformador **81** tiene tres tomas, **21**, **22** y **23**. La toma **21** proporciona la masa del sistema, **22** proporciona una CA de 12 voltios y **23** proporciona una CA de 400 voltios. La salida desde la primera fase se introduce en la segunda fase, un pulsador rectificador, cuyo diagrama de circuito se muestra en la figura 1B. La CA de 400 voltios procedente de **23** se introduce en **50**, la CA de 12 voltios procedente de **22** está conectada con **51** mientras que la masa **21** está conectada con **52**. La salida del pulsador rectificador, entre **77** y **73**, es una CC de 400 voltios con impulsos de 12 voltios superpuestos sobre la CC de 400 voltios.

A continuación se describe la configuración específica de los circuitos de la figura 1A y la figura 1B. En la figura 1A, el terminal **1** está conectado en paralelo con el núcleo **81** en la conexión **3**, el condensador **4** y la resistencia **5**. La resistencia **5** también está conectada en paralelo con el transistor **6**, el diodo **7**, el condensador **8** y la resistencia **9**. La conexión **2** con el lado negativo del sistema eléctrico del vehículo, está conectada en paralelo con el condensador **4**, el transistor **6**, el diodo **7**, el transistor **10** y el diodo **11**. El transistor **10** está conectado en el punto **12** (la entrada al devanado primario) con un segundo devanado **14** alrededor del transformador de núcleo de ferrita saturable **81**. El transistor **10** también está conectado en el punto **13** (la realimentación de salida) a un tercer devanado **15** alrededor del transformador **81**. El condensador **8** y la resistencia **9** están conectados en el punto **16** (salida a partir de la realimentación) con el tercer devanado **15** alrededor del transformador **81**. El transistor **6** está conectado en el punto **17** (la entrada a primario) con el primer devanado **18** alrededor del transformador **81**. Cada uno del primer devanado

**18** y un segundo devanado **14** son **7** espiras de hilo del número 20. El tercer devanado **15** son **9** espiras de hilo del número 20. El cuarto devanado **19** son 225 espiras de hilo del número 30, y el quinto devanado **20** son 10 espiras de hilo del número **30**.

5 En la figura 1B, la entrada de CA de 400 voltios en el punto **50** está conectada en paralelo con los diodos **59** y **60**. La entrada de CA de 12 voltios en el punto **51** está conectada en paralelo con los diodos **53** y **54**. La entrada de masa de sistema en el punto **52** está conectada en paralelo con los diodos **55**, **56**, **57** y **58**. Los diodos **53**, **56**, **57** y **60** están conectados en paralelo con los condensadores **61** y **62**, la resistencia **65**, la SCR **76**, el diodo **69** y en el punto **71** con el primer devanado **78** alrededor del núcleo de transformador de impulsos **80**. Los diodos **54** y **55** están  
10 conectados en paralelo con el condensador **61**, la resistencia **67** y la resistencia **66**. La resistencia **67** está conectada en paralelo con el condensador **62** y el transistor **75**. La resistencia **66** está conectada con el transistor **75**. El transistor **75** está conectado en paralelo con la resistencia **65** y la SCR **76**. Los diodos **58** y **59** están conectados en paralelo con la resistencia **68**. La resistencia **68** está conectada en paralelo con la SCR **76**, el diodo **69** y el condensador **64**. El condensador **64** está conectado en el punto **72** con el primer devanado **78** alrededor del núcleo de transformador de impulsos **80**. Un segundo devanado **79** alrededor del núcleo de transformador de impulsos **80** está conectado en el punto **74** con el diodo **70**. El diodo rectificador de alta tensión **70** está conectado con el punto de salida **77**. La relación del número de espiras en el primer devanado **78** con respecto al número de espiras en el segundo devanado **79** es 1:125, alrededor del núcleo de transformador de impulsos **80**.

20 La invención de la técnica anterior suministra una CC de alta tensión con unos impulsos de baja tensión superpuestos sobre la CC de alta tensión a una placa positiva de un condensador conectado entre **73** y **77**. La placa positiva del condensador está separada de y acoplada con el objeto de metal puesto a masa por medio de un separador capacitivo.

25 La figura 2 es un diagrama de bloques funcionales que ilustra el funcionamiento de un aparato de la presente invención. La batería **101** es la fuente de potencia de CC para la invención. Un terminal de la batería está conectado con la masa **103**. El terminal positivo de la batería está conectado con el protector frente a tensión inversa **105**. El protector frente a tensión inversa evita la aplicación involuntaria de una tensión de batería inversa a otra circuitería y que se dañen los componentes.

30 Un acondicionador de potencia **107** convierte la tensión de batería en la tensión apropiada que necesita el microprocesador **111**. En la realización preferida, la tensión que necesita el microprocesador es CC de 5,1 voltios. El elemento de supervisión de tensión de batería **109** compara la tensión de batería con una tensión de referencia (CC de 12 voltios en la realización preferida). Si la tensión de batería se encuentra por encima de la tensión de referencia, entonces el microprocesador **111** activa el amplificador de impulsos **113** y el indicador de potencia **115**. Cuando el amplificador de impulsos se activa por una señal de impulso que tiene una salida positiva del microprocesador, se genera una señal de impulsos amplificada que tiene una salida positiva por el amplificador de impulsos y se transporta al separador **117**. El separador **117** está acoplado de manera capacitiva con el objeto de metal que se está protegiendo, **119**. Cuando se activa el indicador de potencia **113**, se enciende un LED de potencia  
35 en el indicador de potencia, sirviendo como un indicador que el amplificador de impulsos se haya activado. Evidentemente, cuando la tensión de batería cae por debajo de la tensión de referencia, puede apagarse la totalidad de los circuitos excepto el circuito para detectar la tensión de batería, para minimizar el consumo de potencia. El uso del elemento de supervisión de tensión de batería **109** evita el consumo sobre la batería si la tensión de batería es demasiado baja.

45 Cuando la presente invención se usa para proteger un objeto de metal, tal como la carrocería de un automóvil, el separador **117** tiene un material de sustrato fabricado de un dieléctrico adecuado, que en este caso es similar a fibra de vidrio delgada y está unido al objeto **119** por medio de un adhesivo de silicona de alta resistencia dieléctrica. En la realización preferida, la combinación de sustrato-adhesivo tiene un potencial de ruptura de al menos 10 kilovoltios.  
50 El adhesivo es preferentemente uno de curado rápido, que se curará lo bastante en 15 minutos para fijar el material dieléctrico al objeto de metal.

Con la amplia visión de conjunto de la invención en la figura 2, los detalles del dispositivo, que se muestran en las figuras 3A-3C son más fáciles de entender. Los nodos numerados **147**, **149**, **151**, **153**, **155**, **157** y **159** en la figura 3A están conectados con los nodos etiquetados de forma correspondiente en la figura 3C. La unidad se alimenta a partir de una batería de coche típica en la que el terminal positivo de la batería está conectado con el terminal **133** sobre un panel de conector **131**. El terminal negativo de la batería está conectado con la carrocería del coche ("masa") y con el terminal **137** sobre el panel de conectores **131**. El separador **117** de la figura 2 está conectado con el terminal **139** sobre el panel de conectores **131** mientras que el objeto de metal **119** que se está protegiendo en la figura 2, está conectado con la masa. La batería de coche, el separador **117** y el objeto de metal **119** que se está protegiendo y sus conexiones no se muestran en la figura 3A.

65 El circuito de protección frente a tensión inversa **105** de la figura 2 comprende los diodos D3 y D4 en la figura 3A. En la realización preferida de la invención, D3 y D4 son diodos IN4004. Los que están familiarizados con la materia reconocerán que con la configuración de los diodos que se muestra, la tensión en el punto **141** no se encontrará a una tensión negativa significativa con respecto a la masa ni siquiera si la batería está conectada con el cuadro de

conectores **131** con la polaridad invertida. Esto protege los componentes electrónicos frente al daño y es una mejora frente a la técnica anterior. Tal como se muestra en la figura 3A, un suministro de tensión VCC está conectado con los terminales comunes de R1, R2, C1, D1 y la entrada de VCC del microprocesador **145**.

5 El circuito de acondicionador de potencia **107** en la figura 2, está compuesto por la resistencia R1, el diodo Zener D1 y el condensador C1. Estos convierten la tensión de batería nominal de 13,5 voltios en los 5,1 voltios que necesita el microprocesador. En la realización preferida, R1 tiene una resistencia de 330  $\Omega$ , C1 tiene una capacidad de 0,1  $\mu\text{F}$  y D1 es un diodo IN751. Como sabrán aquellos que están familiarizados con la materia, un diodo Zener tiene una caída de tensión sumamente estable para un intervalo muy amplio de corrientes.

10 Los condensadores C8, C9 y C10 prestan la función de filtrar la tensión de batería y la tensión de referencia. En la realización preferida, cada uno de estos tiene un valor de 0,2  $\mu\text{F}$ . C8 y C9 podrían sustituirse por un único condensador con un valor de 0,2  $\mu\text{F}$ .

15 El elemento de supervisión de tensión de batería comprende las resistencias R2, R3, R4, R5 y R6 y los condensadores C4 y C5. La tensión se supervisa mediante un comparador en el microprocesador **145**. El divisor de tensión, que está compuesto por las resistencias R2 y R3, proporciona una referencia estable para la patilla P33 del microprocesador **145**. En la realización preferida, cada uno de R2 y R3 tiene una resistencia de 100 K $\Omega$ . Por consiguiente, con la tensión de referencia del diodo Zener D1 de 5,1 voltios, la tensión en la patilla P33 del microprocesador sería de 2,55 voltios. En la realización preferida, el microprocesador **145** es un Z86ED4M fabricado por Zilog.

25 La tensión de batería se divide por las resistencias R5 y R6 y se aplica a las patillas de entrada de comparador P31 y P32. En la realización preferida, R5 tiene una resistencia de 180 K $\Omega$  y R6 tiene una resistencia de 100 K $\Omega$ . El comparador en el microprocesador **145** compara la tensión de batería dividida por R5 y R6, en las patillas P31 y P32, con la referencia dividida de 2,55 voltios en la patilla P33. Siempre que la tensión en las patillas P31 y P32 cae por debajo de la tensión de referencia en la patilla P33, el microprocesador detecta una tensión de batería baja y deja de enviar señales al amplificador de impulsos (que se analiza en lo sucesivo). La necesidad de conectar la patilla P00 al punto de unión de las resistencias R5 y R6 a través de la resistencia R4 surge debido a que el comparador es sensible solo a transiciones en las que la tensión en las patillas P31 y P32 cae por debajo de la tensión de referencia en la patilla P33. La patilla P00 recibe impulsos aproximadamente cada segundo o así entre 0 voltios y 5 voltios por el microprocesador. Cuando la patilla P00 encuentra a cero voltios, con una resistencia entonces de 100 K $\Omega$  para la resistencia R4 en la realización preferida, la tensión en las patillas P31 y P32 se encuentra por debajo de la tensión de referencia de 2,55 voltios en la patilla P33 cuando la tensión de batería se encuentra por debajo de 11,96 voltios. Cuando la patilla P00 encuentra a 5 voltios, la tensión en P31 y P32 se encuentra por encima de 2,55 voltios. Por este medio, el microprocesador es capaz de detectar una tensión de batería baja en funcionamiento continuo. Los condensadores C4 y C5 proporcionan un filtrado de CA para estas tensiones.

40 Aquellos que están familiarizados con la materia reconocerán que el requisito para que la patilla P00 funcione de forma cíclica entre dos niveles de tensión, y el requisito para la resistencia R4, no serían necesarios en otros microprocesadores en los que el comparador puede ser sensible a diferencias reales entre una tensión de referencia y una tensión de batería, en lugar de a una transición de la tensión de batería por debajo de la tensión de referencia.

45 El uso de un microprocesador para generar unos impulsos de tensión de CC y el uso de un elemento de supervisión de tensión de batería para apagar el aparato cuando la tensión de batería cae por debajo de un nivel de referencia son mejoras frente a los métodos de la técnica anterior. No obstante, los expertos en la materia entenderán que existen circuitos lógicos bien conocidos en la técnica, tales como circuitos generadores de oscilador / señales de impulso, que pueden usarse para generar los impulsos. El indicador de potencia comprende un LED D2, un transistor Q5 y unas resistencias R7, R8 y R9. El transistor Q5 se pone en estado de conducción por una salida positiva del microprocesador en la patilla P02. Cuando el transistor Q5 se encuentra en estado de conducción, el LED D2 está encendido. Si la tensión de batería se reduce a 12 V nominales, el microprocesador no tiene una salida positiva en la patilla P02 y el LED D2 se apaga. Cuando la tensión de batería sube por encima de 12 voltios nominales, el microprocesador tiene una salida positiva en la patilla P02 y el LED D2 se enciende.

55 En la realización preferida, Q5 es un transistor 2N3904, R7 tiene una resistencia de 3,9 K $\Omega$ , R8 tiene una resistencia de 1 K $\Omega$  y R9 tiene una resistencia de 10 K $\Omega$ .

60 Cuando la tensión de batería se encuentra por encima de los 12 V nominales, el microprocesador también produce un impulso de salida en la patilla P20. Este se envía al amplificador de impulsos, que está compuesto por las resistencias R11-R16 y los transistores Q1-Q4. En la realización preferida, Q1, Q3 y Q5 son transistores 2N3904, Q2 y Q4 son transistores 2N2907; R11 tiene una resistencia de 2,7 K $\Omega$ , cada uno de R12 y R13 tiene una resistencia de 1 K $\Omega$ , R14 y R15 tienen unas resistencias de 390  $\Omega$ , y R16 tiene una resistencia de 1 K $\Omega$ . El condensador C7 proporciona un filtrado de CA para el circuito amplificador de impulsos y, en la realización preferida, tiene una capacitancia de 20  $\mu\text{F}$ . La salida del amplificador de impulsos se aplica, a través de **139** en el panel de conectores **131**, al separador de acoplamiento **117** que está unido al cuerpo del coche. La salida tiene una amplitud nominal de



12 voltios.

Con la completa ausencia de todo transformador en la invención, puede conseguirse con facilidad una alta eficiencia. Esto reduce el consumo sobre la batería y es una mejora frente a la técnica anterior. En una realización actualmente preferida, la señal a partir de la patilla P20 del microprocesador comprende un impulso con unas características nominales de una amplitud de 5 V, una anchura de 3 microsegundos y una tasa de repetición de 10 kHz. Para las formas de onda eléctricas del tipo de impulsos, los tiempos de subida y de bajada de la señal de impulsos amplificada que se aplica al separador 117 determina su contenido de alta frecuencia y, por lo tanto, la variación temporal en la forma de onda eléctrica. En una realización actualmente preferida, el tiempo de subida y los tiempos de bajada de cada impulso que forma la señal de impulsos amplificada son aproximadamente 200 ns.

La frecuencia de reloj para el microprocesador en la realización actualmente preferida se determina por el circuito resonante que comprende los condensadores C2 y C3 y el inductor L1. El uso de este circuito es más rentable que cristal de cuarzo para controlar el reloj del microprocesador. Esto es una mejora frente a la técnica anterior. En la realización preferida, C2 y C3 tienen una capacitancia de 100 pF mientras que el inductor L1 tiene una inductancia de 8,2 µH. Aquellos que están familiarizados con la materia reconocerán que podrían usarse otros dispositivos o circuitos para proporcionar el mecanismo de sincronismo del microprocesador.

Pasando a continuación a la figura 4, se ilustra una realización alternativa de la presente invención que utiliza un condensador interno 160, un cable 161 y una fijación 162 para suministrar impulsos al objeto de metal 119, en lugar del separador capacitivo 117. En la figura 4, la salida del amplificador de impulsos 113 está unida al lado positivo del condensador 160. El lado negativo del condensador 160 está unido a un cable 161, que está unido a la fijación 162. Los impulsos de salida procedentes del amplificador de impulsos 113 se transmiten de este modo al objeto de metal 119 a través de la trayectoria formada por el condensador 160, el cable 161 y la fijación 162, que está unida al objeto de metal 119.

Pasando a continuación a la figura 5, se muestra una realización preferida de la presente invención que ilustra el sensor de fase y la circuitería de ajuste para un sistema provisto de dos o más electrodos. La presente invención proporciona dos o más electrodos para la unión a grandes estructuras metálicas, tales como depósitos de almacenamiento de agua y naves de almacenamiento metálicas o vehículos grandes. Un primer y un segundo electrodo están unidos a la estructura metálica o vehículo que se está tratando, de tal modo que los efectos de la invención se aplican de forma simultánea en dos o más puntos. Cada uno de los electrodos aplica una forma de onda eléctrica variable en el tiempo al objeto que se está tratando. Una forma de onda sinusoidal es un ejemplo de una forma de onda preferida que puede aplicarse, no obstante puede aplicarse cualquier forma de onda adecuada con igual efectividad. Se aplica un primer electrodo sobre un cable corto en un punto sobre el objeto de metal y se aplica un segundo electrodo unido a un cable más largo en un segundo punto sobre el objeto de metal que se está tratando. Se usa un sensor de fase para ajustar la señal de tal modo que la diferencia de impedancia del cable largo y el cable corto no afecte a la relación síncrona de fase de las dos señales aplicadas. Es decir, se determina la relación de fase de las señales aplicadas al objeto de metal y la impedancia compleja del primer y el segundo cable y la señal aplicada a cada cable se compensa en fase y se ajusta de tal modo que las señales en el extremo distante de cada cable sean síncronas en fase o estén en fase cuando se aplican al objeto de metal. Se proporciona un circuito de protección frente a alta tensión para proteger la presente invención frente al daño debido a un pico de alta tensión o sobretensión. Se proporciona un diodo emisor de luz (LED) parpadeante a velocidad variable para indicar unos niveles de potencia de la batería de completa, marginal y baja.

Tal como se muestra en la figura 5, un primer cable 161 y un segundo cable 166 se accionan por el amplificador de impulsos 213 por medio de, respectivamente, las líneas de señal 216 y 214, en respuesta a los impulsos de señal provistos mediante el microprocesador 111. El amplificador de impulsos 213 contiene circuitería de retardo de fase para realizar un ajuste para cualquier retardo de fase debido a diferencias de impedancia entre el cable 161 y el cable 166 que pueden ser de diferentes longitudes y por lo tanto exhibir diferentes impedancias y retardos de fase. Una impedancia diferente en cada cable tiende a desviar independientemente la fase de cada señal de salida en el extremo distante del cable según se aplica al objeto por medio de la fijación 162 o 167. Por lo tanto, la presente invención proporciona una compensación de fase, es decir, la detección de fase de cada señal de salida en la fijación o el punto de aplicación a un objeto y el retardo o compensación de fase apropiada para poner cada señal de salida en sincronización de fase. Por lo tanto, la presente invención supervisa y ajusta la fase de la señal de salida en cada fijación 162 y 167. De otro modo, las señales aplicadas pueden no estar en sincronización de fase y hacer que la aplicación de las señales de salida sea menos efectiva. Es más eficiente eléctricamente ajustar la fase de cada señal aplicada de fijación de tal modo que el pico de cada señal de fijación coincida con el pico de otras señales de fijación aplicadas a un objeto de metal. Por lo tanto, la presente invención asegura que cada señal en cada fijación aplicada a un objeto de metal es síncrona en fase.

La fase de cada señal en cada fijación puede determinarse mediante la unión de cada fijación 162 y 167 a un sensor de fase 170 para determinar la relación de fase de cada señal en cada fijación 162 y 167, después de que la señal haya pasado a través de los cables de suministro 161 y 166 y los condensadores 160 y 165. El microprocesador 111 determina una diferencia de fase y envía una señal de retardo de fase al amplificador de impulsos 213, que aplica una señal de retardo de fase a los impulsos enviados a cada cable de tal modo que las señales se encuentran en

sincronización de fase cuando se aplican a un objeto a través de las fijaciones. El sensor de fase y el amplificador de impulsos también pueden detectar y ajustar diferencias en la impedancia compleja entre dos señales aplicadas. Se usa un circuito similar para ajustar la fase de las señales aplicadas en la realización en la que se usa un acoplamiento capacitivo para aplicar las señales a un objeto.

5 El indicador de potencia **215** comprende un circuito de detección de tensión, un intermitente y una indicación de tensión y LED. El circuito indicador de potencia hace que el LED destelle a  $\frac{1}{8}$  hercio cuando la tensión de suministro es de doce voltios, a  $\frac{1}{4}$  hercio cuando la tensión de suministro es menor de doce voltios y mayor de 11,7 voltios, y a  $\frac{1}{2}$  hercio cuando la tensión de suministro es menor de 11,7 voltios. Se proporciona un circuito de protección frente a  
10 sobretensión **172** para proteger la presente invención frente a las altas tensiones debidas a una avería del regulador u otras fuentes de alta tensión.

Tal como se ha mencionado en lo que antecede en la descripción de la invención que se muestra en la figura 5, el microprocesador **111** puede generar una forma de onda eléctrica, tal como un tren de impulsos por ejemplo, para su  
15 aplicación a las estructuras metálicas. Tal como se ha analizado en lo que antecede, una forma de onda eléctrica tiene una componente variable en el tiempo, y puede ser de un tipo de impulsos o un tipo sinusoidal, y tener diversas características tales como un espectro de frecuencias, tasa de repetición y tiempos de subida / de bajada específicos. En la presente realización, la generación o la inducción de una corriente superficial sobre la estructura metálica es efectiva para inhibir la corrosión de la estructura metálica. A pesar de que pueden generarse corrientes  
20 superficiales en respuesta a una forma de onda eléctrica variable en el tiempo, aplicada a la estructura metálica, el microprocesador **111** y el amplificador de impulsos **113** proporcionan señales basadas en CC por impulsos unipolares. No obstante, una transformada de Fourier de una señal de este tipo indica que, además de una componente de CC, la señal también incluye muchas componentes de CA. En general se ha observado que las componentes de más alta frecuencia son aproximadamente  $0,35/\text{Trf}$ , donde Trf es el tiempo de subida / de bajada del impulso, el que quiera que sea más pequeño. A pesar de que se usa una señal de CC unipolar en las presentes  
25 realizaciones, en su lugar puede usarse con igual efectividad una señal de CC bipolar. Una señal unipolar hace referencia a una señal que realiza excursiones de tensión o de corriente solo en el sentido positivo o el negativo, mientras que una señal bipolar hace referencia a una señal que realiza excursiones de tensión o de corriente en los sentidos tanto negativo como positivo, tal como, por ejemplo, una forma de onda sinusoidal.

30 Los expertos en la materia entenderán que en el campo de las comunicaciones de señales digitales, los hilos que portan señales digitales pueden exhibir unas características de inductancia y capacitivas no deseadas. Por lo tanto, pueden comportarse como un circuito LC resonante que puede dar lugar a unos transitorios no deseados, y a sobreoscilación de la señal en el extremo de recepción del circuito. A unas velocidades de transmisión altas en las  
35 que los tiempos de subida y de bajada son muy cortos, esto puede plantear un grave problema. A pesar de que los profesionales en el campo de las comunicaciones de señales digitales han estado trabajando en la minimización de este efecto, tales transitorios se prefieren para las realizaciones de la presente invención. Estas componentes de CA transitorias de las formas de onda eléctricas de un tipo de impulsos potenciarán la componente de frecuencia a la que oscila el circuito LC efectivo y, por lo tanto, potenciarán la generación de corrientes superficiales que reduce la tasa de corrosión. Se observa que las formas de onda eléctricas pueden tener cualquier conformación, siempre que  
40 posean una componente (de CA) variable en el tiempo. Naturalmente, para las formas de onda de un tipo por impulsos, el microprocesador **111** puede ajustarse para proporcionar las señales de impulsos a una alta frecuencia, y unos tiempos de subida / de bajada cortos, para generar las componentes (de CA) variables en el tiempo. Evidentemente, los expertos en la materia entenderán que puede usarse cualquier circuito de generación de impulsos de alta velocidad adecuado en lugar del microprocesador **111**.

Se observa que la generación de corrientes superficiales puede potenciarse si la forma de onda eléctrica contiene  
45 frecuencias a las que resuena el objeto metálico. Debido a que un vehículo es una estructura eléctrica compleja con respecto a la excitación eléctrica de CA, puede tener una resonancia eléctrica a muchas de las frecuencias generadas por la forma de onda eléctrica. Las frecuencias resonantes exactas del vehículo se determinan por la estructura del vehículo y las capacitancias e inductancias parásitas presentes en el circuito eléctrico y los hilos usados para unir el circuito. No solo se obtendrán unas corrientes superficiales grandes, las corrientes superficiales irradiarán de forma eficiente, volviendo el objeto metálico una antena efectiva. Por lo tanto, mediante la selección de la conformación de forma de onda apropiada y, por lo tanto, el espectro de frecuencias, puede obtenerse una  
50 inhibición de la corrosión óptima. No obstante, los expertos en la materia entenderán que es preferible controlar este proceso con el fin de evitar problemas de interferencia de RF.

En una realización alternativa en la que no son posibles, o no son deseables, componentes de alta frecuencia, las componentes de alta frecuencia pueden minimizarse mediante la reducción de la máxima tasa de cambio presente  
60 en la forma de onda eléctrica. Para las formas de onda por impulsos, esto implica la reducción de los tiempos de subida y de bajada del impulso. Se observa que las formas de onda por impulsos de bajo coeficiente de utilización con unos tiempos de subida y de bajada moderados son efectivas para inducir corrientes superficiales en el cuerpo de metal que se está protegiendo. Un tiempo de subida y de bajada moderado hace referencia a tiempos similares a los que se divulgan en las presentes realizaciones de la invención. En particular, se observa que los tiempos de  
65 subida y de bajada de una duración apropiada, para una forma de onda por impulsos, son responsables principalmente de la generación de las corrientes superficiales. Las técnicas de circuitos para minimizar los tiempos

de subida / de bajada de señal son bien conocidas por los expertos en la materia.

Una técnica alternativa para generar corrientes superficiales en un objeto metálico es acoplar de manera capacitiva las formas de onda eléctricas directamente con el objeto metálico para inducir la generación de corrientes superficiales. Esto puede lograrse mediante descarga directa a través del objeto de metal o mediante la generación de corrientes superficiales inducida por campo. A continuación se proporciona una descripción de circuitos para acoplar, de manera capacitiva, formas de onda eléctricas con un objeto de metal de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La figura 6 muestra un diagrama esquemático de un circuito para acoplar una forma de onda eléctrica con un objeto metálico por descarga directa de acuerdo con una realización de la presente invención. El circuito incluye un circuito de carga que tiene una fuente de tensión de CC para proporcionar una descarga capacitiva, y un circuito de generación de corriente acoplado con el objeto de metal para recibir y conformar la descarga capacitiva procedente del circuito de carga. Un terminal de la fuente de tensión de CC está conectado con el objeto de metal, y el circuito de generación de corriente aplica la descarga capacitiva conformada al objeto de metal para inducir una corriente superficial en el mismo. El circuito de acoplamiento capacitivo **300** incluye una fuente de tensión de CC **302**, tal como una batería, unos dispositivos de impedancia **304** y **306**, el condensador **308**, el conmutador **310** y el objeto metálico **312**. En el presente ejemplo, la fuente de tensión de CC **302**, el dispositivo de impedancia **304**, el condensador **308** y el conmutador **310** forman el circuito de carga para proporcionar la descarga capacitiva procedente del condensador **308** por medio del conmutador **310**. En particular, el condensador **308** está dispuesto en paralelo con respecto a la fuente de tensión de CC **302**, y el conmutador **310** acopla el condensador **308** con la fuente de tensión de CC **302** en una posición de carga para cargar el condensador, y con una salida en una posición de descarga para descargar el condensador **308**. En el presente ejemplo, la salida puede ser el nodo "1" del conmutador **310**, y el circuito de generación de corriente incluye el dispositivo de impedancia **306**. El dispositivo de impedancia **304** limita la corriente mientras que el condensador **308** se carga, y el dispositivo de impedancia **306** se usa para conformar la forma de onda de corriente que va a aplicarse al objeto metálico **312**. A pesar de que no se muestra, la fuente de tensión **302** incluye un circuito de conmutación de polaridad para invertir su polaridad. El conmutador **310** se controla para conectar eléctricamente la placa del condensador **308** o bien con la posición 1 o bien con la posición 2 en la figura 6. Preferentemente, los dos terminales del condensador **308** están conectados a una cierta distancia uno de otro sobre el objeto metálico **312**. Los expertos en la materia entenderán que el tipo y los valores específicos de los dispositivos de impedancia **304**, **306**, el condensador **308** y la fuente de tensión **302** son parámetros de diseño. Dicho de otra forma, sus valores se seleccionan para asegurar que se inducen unas corrientes superficiales efectivas para reducir la tasa de corrosión en el objeto metálico **312**.

Durante el funcionamiento, el conmutador **310** se ajusta a la posición 2 para cargar el condensador **308** mediante la fuente de tensión **302** por medio del dispositivo de impedancia **304**. En este ejemplo se supone que la fuente de tensión **302** comienza con el terminal negativo conectado con la placa de debajo del condensador **308**. Una vez se ha cargado, el conmutador **310** se cambia a la posición 1 para descargar la carga almacenada a través del objeto metálico **312** por medio del dispositivo de impedancia **306**. Por lo tanto, se genera una corriente superficial a través del objeto metálico a medida que la carga positiva en la placa de arriba del condensador **308** se descarga a través del objeto metálico **312**. El conmutador **310** se cambia entonces de nuevo a la posición 2 y la polaridad de la fuente de tensión **302** se invierte por medio de un circuito de conmutación de polaridad, de tal modo que la placa de debajo del condensador **308** queda positivamente cargada. Cuando el conmutador **310** se cambia a la posición 1, se genera una corriente superficial en el sentido opuesto a través del objeto metálico **312**. Por lo tanto, se aplica carga al objeto metálico **312**, y se extrae del mismo, a medida que el conmutador **310** se cambia entre las posiciones 1 y 2, y la polaridad de la fuente de tensión **302** se invierte cada vez que el conmutador **310** vuelve a la posición 2.

Por consiguiente, la frecuencia a la que el condensador **308** se carga y se descarga puede controlarse mediante el microprocesador **111** y, en particular, por la forma de onda eléctrica provista mediante el microprocesador **111**. Más específicamente, el conmutador **310** y el circuito de conmutación de la fuente de tensión **302** pueden controlarse por la forma de onda eléctrica. Por lo tanto, la forma de onda eléctrica está acoplada de forma efectiva con el objeto metálico debido a que la tensión de descarga del condensador **308** se corresponde con una fase activa de las formas de onda eléctricas. En realizaciones alternativas, muchos condensadores que funcionan en paralelo pueden estar conectados de forma selectiva con el objeto metálico para asegurar que se inducen corrientes superficiales a través de todo el objeto metálico **312**, y el condensador o condensadores pueden cargarse mecánicamente al realizar trabajo sobre el dieléctrico que separa las placas de condensador. Además, los expertos en la materia entenderán que, en lugar de la fuente de tensión unipolar **302** que se describe para la figura 6, puede usarse una fuente de tensión bipolar para evitar la necesidad de un circuito de conmutación de polaridad.

La figura 7 muestra un diagrama esquemático de un circuito para acoplar una forma de onda eléctrica con un objeto metálico mediante la generación de corrientes superficiales inducida por campo de acuerdo con una realización de la presente invención. El circuito incluye un circuito de carga que tiene una fuente de tensión de CC para proporcionar una descarga capacitiva, y un circuito de generación de corriente acoplado con el objeto de metal para recibir y conformar la descarga capacitiva procedente del circuito de carga. Un terminal de la fuente de tensión de CC está conectado con el objeto de metal, y el circuito de generación de corriente aplica la descarga capacitiva conformada al objeto de metal para inducir una corriente superficial en el mismo. El circuito **350** incluye los mismos elementos

que se muestran en el circuito **300** de la figura 6, y dispuestos en la misma configuración, pero añade un tercer dispositivo de impedancia **352**, un segundo conmutador **354** y una placa de condensador distribuido **356**. En el presente ejemplo, la fuente de tensión de CC **302**, el dispositivo de impedancia **304**, el condensador **308** y el conmutador **310** forman el circuito de carga para proporcionar la descarga capacitiva a partir del condensador **308** por medio del conmutador **310**. En particular, el condensador **308** está dispuesto en paralelo con respecto a la fuente de tensión de CC **302**, y el conmutador **310** acopla el condensador **308** con la fuente de tensión de CC **302** en una posición de carga para cargar el condensador, y con una salida en una posición de descarga para descargar el condensador **308**. En el presente ejemplo, la salida puede ser el nodo "1" del conmutador **310**. El circuito de generación de corriente incluye el dispositivo de impedancia **306**, la placa de condensador distribuido **356** y un circuito de descarga que incluye el dispositivo de impedancia **352** y el conmutador **354**. El dispositivo de impedancia **352** conforma la señal de corriente a medida que esta se descarga a través del conmutador **354**, y la placa de condensador distribuido **356** pueden ser muchas placas de condensador individuales ubicadas en diferentes ubicaciones a lo largo del objeto metálico **312**. En una variante de la presente realización, cada placa de condensador individual que forma la placa de condensador distribuido **356** puede tener su propia impedancia **352** y conmutador **354**. Al igual que en la figura 6, los expertos en la materia entenderán que el tipo y los valores específicos de los dispositivos de impedancia **304**, **306**, **352**, el condensador **308** y la fuente de tensión **302** son parámetros de diseño seleccionados para garantizar una generación de corrientes superficiales efectiva. Además, el área superficial de cada condensador individual puede adaptarse para producir una magnitud deseada de corriente superficial para una ubicación específica sobre el objeto metálico **312**. La adaptación puede requerirse para compensar la conformación del objeto metálico **312** y/o los componentes conectados con el objeto metálico **312**, que pueden afectar a la distribución de la corriente superficial.

Durante el funcionamiento, el conmutador **310** se ajusta a la posición 2 para cargar el condensador **308** mediante la fuente de tensión **302** por medio del dispositivo de impedancia **304**, mientras que el conmutador **354** está abierto. En este ejemplo se supone que la fuente de tensión **302** está configurada de tal modo que su terminal negativo está conectado con la placa de debajo del condensador **308**. Con el conmutador **354** abierto, el conmutador **310** se cambia a la posición 1 para distribuir, o compartir, la carga almacenada con la placa de condensador distribuido **356** por medio del dispositivo de impedancia **306**. Por lo tanto, se generan corrientes superficiales a través del objeto metálico a medida que se carga la placa de condensador distribuido **356**. Más específicamente, se inducen unas corrientes superficiales que fluyen en un primer sentido a medida que se carga la placa de condensador distribuido **356**. Con el conmutador **310** en la posición 2, el conmutador **354** se cambia a la posición cerrada para descargar la placa de condensador distribuido **356** e inducir unas corrientes superficiales que fluyen en un segundo sentido opuesto. Por consiguiente, cuando el conmutador **310** se encuentra en la posición 2, el condensador **308** comienza a cargar. El ciclo termina después al ajustar el conmutador **354** a la posición abierta.

Por consiguiente, la frecuencia a la que el condensador **356** se carga y se descarga puede controlarse mediante el microprocesador **111** y, en particular, por la forma de onda eléctrica provista mediante el microprocesador **111**. Más específicamente, los conmutadores **310** y **354** pueden controlarse por la forma de onda eléctrica, para mantener la secuencia de operaciones de conmutación que se ha mencionado en lo que antecede. Por lo tanto, la forma de onda eléctrica está acoplada de forma efectiva con el objeto metálico debido a que la placa de condensador distribuido **356** se carga y se descarga a una frecuencia que está relacionada con la frecuencia de la forma de onda eléctrica. Los expertos en la materia entenderán que el microprocesador **111** puede configurarse para generar más de una forma de onda eléctrica de tal modo que cada forma de onda eléctrica controla los conmutadores **310** y **354** en la secuencia apropiada.

Una ventaja de la presente realización es la flexibilidad para adaptar corrientes superficiales en diferentes ubicaciones del objeto de metal mediante el ajuste de los valores de los condensadores individuales de la placa de condensador distribuido **356**, y los valores de los componentes. Por lo tanto, la reducción de la corrosión a través de la totalidad de la superficie del objeto metálico puede maximizarse con independencia de su conformación o tamaño.

Las técnicas que se han descrito en lo que antecede para generar una corriente superficial en un objeto metálico requieren una conexión física entre el circuito generador de señales de impulso y el objeto metálico. Un método sin contacto para generar una corriente superficial puede comportar la generación de un campo electromagnético para inducir una corriente superficial. Por ejemplo, un campo magnético que se está moviendo sobre una superficie metálica puede inducir corrientes de Foucault, algunas de las cuales serían corrientes superficiales. Un campo magnético de este tipo puede proporcionarse mediante un imán permanente, que puede pasarse sobre la superficie del objeto metálico a una frecuencia que puede controlarse por el microprocesador **111**. Por lo tanto, los impulsos de señal se acoplan de forma efectiva con el objeto metálico debido a que el dispositivo que genera el campo magnético se mueve sobre un área particular del objeto metálico en respuesta a una fase activa del impulso de señal.

Otra técnica sin contacto para generar una corriente superficial comporta transmitir una señal con una conformación (forma de onda) apropiada a partir de una fuente de RF a través de una antena de tal modo que la señal transmitida se recibe por el objeto metálico. Por consiguiente, los impulsos de señal en la presente realización alternativa pueden usarse para generar las señales de RF usando circuitos de RF bien conocidos, que se acoplan entonces con el objeto metálico por medio de las señales transmitidas.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente invención, la tasa de corrosión o de oxidación de un objeto de metal puede reducirse mediante la generación de unas formas de onda eléctricas con unas características predeterminadas a partir de un circuito de generación de formas de onda adecuado alimentado por una fuente de energía eléctrica adecuada, tal como una fuente de tensión de CC. Mediante el acoplamiento de las formas de onda eléctricas generadas con el objeto de metal, se inducen unas corrientes superficiales a lo largo de toda la superficie del objeto de metal. A pesar de que las formas de onda eléctricas no se acoplan directamente con el objeto metálico en las técnicas de acoplamiento capacitivo y sin contacto, se considera que estas se acoplan indirectamente con el objeto de metal debido a que pueden usarse para controlar otros componentes para inducir las corrientes superficiales. Los expertos en la materia entenderán que el diseño del circuito y los parámetros de dispositivo se seleccionarían cuidadosamente para garantizar que no exista interferencia alguna con sistemas vecinos que pueden ser sensibles a señales digitales variables en el tiempo.

Debido a que la corriente superficial puede generarse con fuentes de baja tensión de CC, las realizaciones de la presente invención pueden usarse en muchas aplicaciones prácticas debido a que las baterías de baja tensión, tal como las baterías de CC de 12 voltios, se encuentran disponibles con facilidad y están más generalizadas que las fuentes de alta tensión requeridas en la técnica anterior.

Para validar la efectividad de la inhibición de corrosión de las realizaciones de la presente invención, se realizó una prueba de corrosión sobre paneles de metal preparados para su uso como paneles de carrocería de automóvil. Se realizó una prueba de corriente superficial sobre un automóvil para garantizar que hubiera presentes corrientes superficiales mientras que el aparato estaba activo para inhibir la corrosión.

La efectividad de la inhibición de la corrosión de las realizaciones de circuito de la presente invención, a la que se hace referencia en lo sucesivo como el módulo, se sometió a prueba rayando el panel para exponer el metal desnudo. El módulo, que estaba alimentado por una batería de coche convencional, tenía sus terminales conectados con la parte posterior del panel de metal. Tanto este panel de prueba como un panel de "control" rayado de forma similar se pulverizaron de forma continua con una solución de sal durante un periodo de más de 500 horas. Unos electrodos montados en cada panel en las ubicaciones rayadas supervisaron el potencial de cada panel a lo largo de la duración del periodo de prueba. Una inspección visual mostró claramente que el panel de prueba había experimentado significativamente menos corrosión que el panel de control, tal como se puso de manifiesto por la ausencia de manchas de óxido. Además, las mediciones de potencial de cada panel mostraron que el panel de prueba finalmente alcanzó un potencial más negativo, en aproximadamente 150 mV, que el del panel de control. Los resultados representados gráficamente del potencial de tensión (en voltios) frente al tiempo (en horas) se muestran en la figura 8, en la que los potenciales de panel de prueba se muestran como rombos y los potenciales de panel de control se muestran como cuadrados. Por lo tanto, se concluye que el potencial más negativo del panel de prueba inducido por las realizaciones de la presente invención, contribuye a la inhibición de corrosión.

La prueba de corriente superficial implicó conectar el módulo con un automóvil y medir las corrientes superficiales usando técnicas bien conocidas. En particular, un terminal del módulo estaba conectado con un perno de masa del lado del conductor del automóvil y el otro terminal del módulo estaba conectado con un perno de panel de cuerpo de guardabarros en el lado del acompañante del automóvil. Se usó un receptor de radio con una sonda de corriente de lazo calibrado para detectar y medir la corriente superficial en diferentes ubicaciones de la carrocería del automóvil. La prueba concluyó que se detectaba corriente superficial a lo largo de toda la superficie del automóvil.

Por lo tanto, las pruebas confirman que la corrosión puede inhibirse a través de la generación de corrientes superficiales, de acuerdo con las realizaciones que se han descrito en lo que antecede de la presente invención.

A pesar de que las realizaciones que se han descrito en lo que antecede de la presente invención son efectivas para reducir la tasa de corrosión de un metal en ausencia de un electrolito, son igualmente efectivas en presencia de un electrolito. Además, a pesar de que en las realizaciones que se han descrito en lo que antecede de la presente invención se han ilustrado fuentes de tensión de CC de baja tensión, también pueden usarse fuentes de tensión de CC de alta tensión con igual efectividad. Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención pueden aplicarse a grandes estructuras de metal tales como buques marítimos con cascos de metal.

Se pretende que las realizaciones que se han descrito en lo que antecede de la presente invención sean solo ejemplos. Los expertos en la materia pueden efectuar alteraciones, modificaciones y variaciones en las realizaciones particulares sin alejarse del alcance de la invención, que se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal (312), que comprende:

- 5 a) cargar un condensador (308) a partir de una fuente de tensión de CC (302), donde un terminal de la fuente de tensión de CC (302) y un terminal de dicho condensador (308) están directamente conectados eléctricamente con el objeto de metal (312) en un punto común, y donde un segundo terminal de dicho condensador (308) está aislado del objeto de metal (312),
- 10 b) aislar eléctricamente el condensador cargado (308) del proceso de carga a partir de la fuente de tensión de CC (302),
- c) acoplar dicho segundo terminal eléctrico procedente del condensador cargado (308) al objeto de metal (312) en una posición distante con respecto a aquella en la que dicho terminal de la fuente de tensión de CC (302) y dicho terminal eléctrico de dicho condensador (308) están directamente conectados en el punto común a la vez que se mantiene la carga del condensador cargado (308) aislada del proceso de carga desde la fuente de
- 15 tensión de CC (302),
- d) descargar de manera capacitiva la carga a partir del condensador cargado (308) para proporcionar unas formas de onda eléctricas conformadas que tienen unas características predeterminadas con una componente de CA variable en el tiempo para hacer que fluya una corriente superficial a lo largo de toda la superficie del
- 20 objeto de metal (312), y

repetir de forma sucesiva los procesos de carga y descarga anteriores a lo largo del tiempo.

25 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de descargar de manera capacitiva la carga procedente del condensador cargado (308) se realiza por conexión eléctrica de dicho segundo terminal con el objeto de metal (312).

3. El método de la reivindicación 2, en el que la polaridad de la fuente de tensión de CC (302) se invierte en cada uno de los procesos de carga y descarga repetidos de forma sucesiva.

30 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de descargar de manera capacitiva el condensador cargado (308) comprende descargar a una placa de condensador asociada con dicho objeto de metal (312) para cargar la placa de condensador y hacer que fluyan corrientes superficiales en un sentido en el objeto de metal (312), y entonces mediante la descarga de la placa de condensador cargada con el objeto de metal (312) hacer que fluyan corrientes superficiales en un sentido opuesto en el objeto de metal (312).

35 5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las formas de onda eléctricas tienen una conformación propicia para generar la componente de CA.

40 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las formas de onda eléctricas incluyen una frecuencia de resonancia del objeto de metal y/o tienen un tiempo de subida y de bajada de aproximadamente 200 nanosegundos.

45 7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las formas de onda eléctricas derivan de formas de onda eléctricas de CC unipolar o formas de onda eléctricas de CC bipolar.

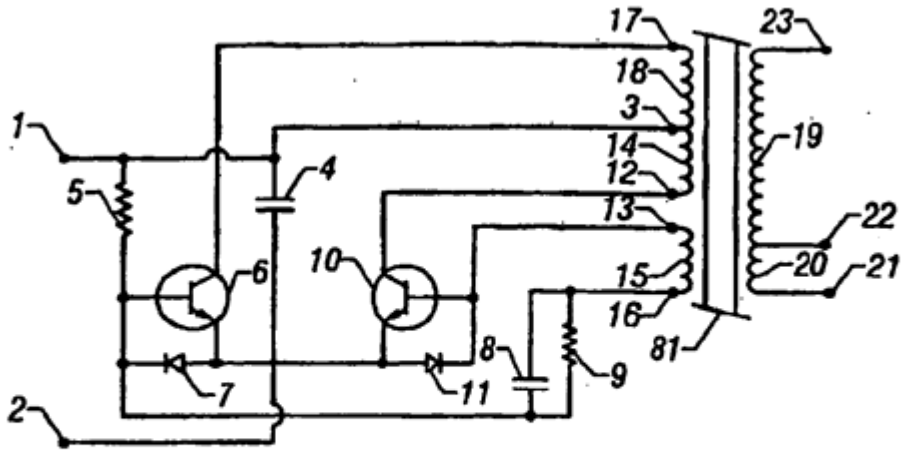
8. Un circuito para reducir la tasa de corrosión de un objeto de metal (312), que comprende:

- 50 un condensador (308) que va a cargarse a partir de una fuente de tensión de CC (302) donde un terminal de la fuente de tensión de CC (302) y un terminal del condensador (308) están directamente conectados eléctricamente entre sí, para, durante el uso, la conexión con el objeto de metal (312) en un punto común, mientras que otro terminal de dicho condensador (308) está aislado del objeto de metal (312),
- un circuito de generación de corriente para acoplar el otro terminal del condensador (308) con el objeto de metal (312) en una posición distante con respecto a aquella en la que dicho terminal de la fuente de tensión de CC (302) y dicho terminal del condensador (308) están, durante el uso, directamente conectados eléctricamente con
- 55 el objeto de metal (312) en un punto común a la vez que se aísla el condensador cargado (308) del proceso de carga desde la fuente de tensión de CC (302), con el fin de conformar una descarga capacitiva del condensador cargado (308) al objeto de metal (312) para tener una componente de CA variable en el tiempo y para hacer que fluya una corriente superficial en un sentido a lo largo de toda la superficie del objeto de metal (312), permitiendo dicho circuito de generación de corriente un funcionamiento cíclico repetido de dicha carga de dicho condensador
- 60 (308) y dicha descarga capacitiva conformada.

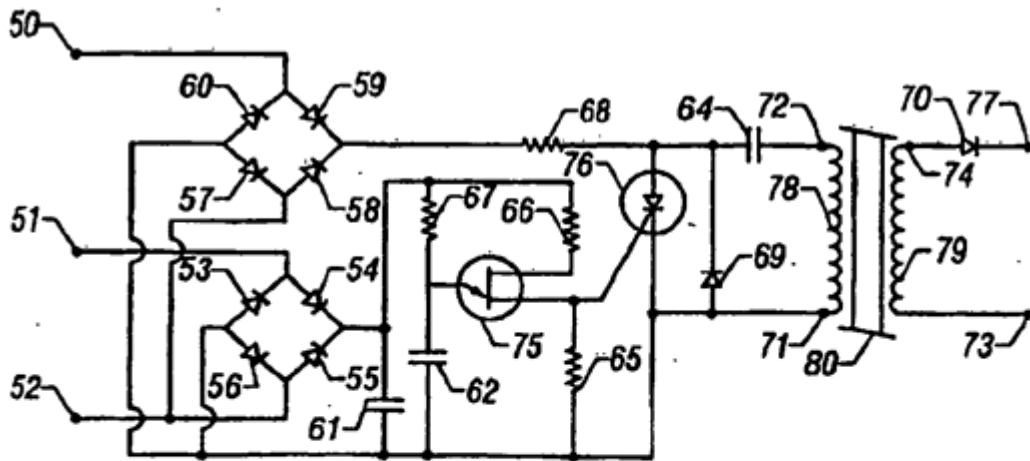
9. Un circuito de acuerdo con la reivindicación 7, que además comprende un circuito de conmutación para acoplar el condensador (308) a la fuente de tensión de CC (302) para cargarlo, y para acoplar el condensador cargado (308) con el objeto de metal (312) para una descarga capacitiva.

65

10. Un circuito de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que además comprende un conmutador de polaridad para invertir la polaridad de la fuente de tensión de CC (302) en cada carga y descarga repetidas sucesivas.
- 5 11. Un circuito de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende un condensador distribuido (356) para acoplar de manera capacitiva con el objeto de metal (312) en dicha posición distante con respecto a dicho punto común para posibilitar que dicha corriente superficial fluya en dicho un sentido, comprendiendo también dicho circuito un circuito de descarga para descargar una carga del condensador distribuido (356) al objeto de metal (312) para inducir que una corriente superficial fluya en dicho objeto de metal (312) en un  
10 sentido opuesto a dicho un sentido.
12. Un circuito de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho circuito de descarga comprende un segundo dispositivo de impedancia acoplado entre el condensador distribuido (356) y un circuito de conmutación adicional, permitiendo dicho circuito de conmutación adicional que la carga del condensador distribuido (356) pase a través de dicha segunda impedancia durante el flujo de dicha corriente superficial en dicho objeto de metal (312) en el sentido opuesto.  
15
13. El circuito de la reivindicación 12, en el que el condensador distribuido (356) incluye al menos dos placas individuales conectadas en paralelo.  
20
14. El circuito de la reivindicación 13, en el que cada una de dichas al menos dos placas individuales conectadas en paralelo tiene un área superficial diferente de la de la otra.



**FIG. 1A**  
(Técnica anterior)



**FIG. 1B**  
(Técnica anterior)



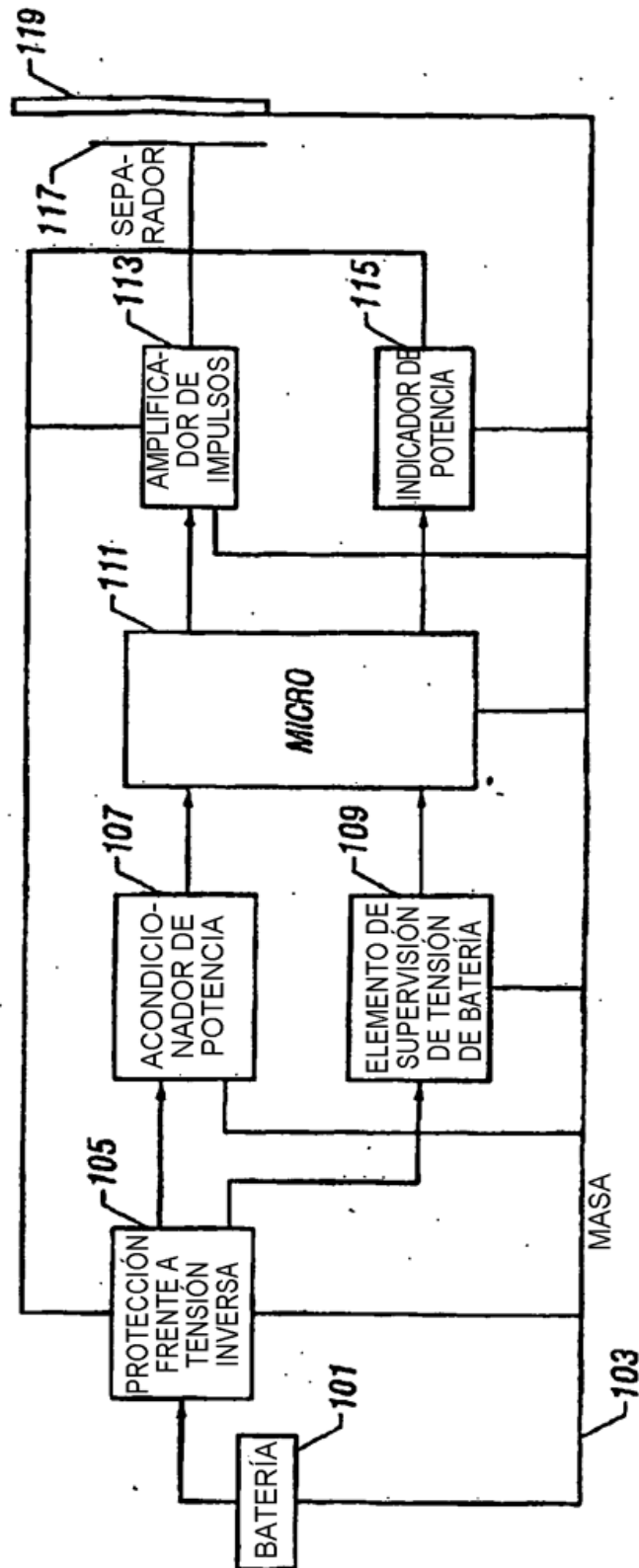


FIG. 2

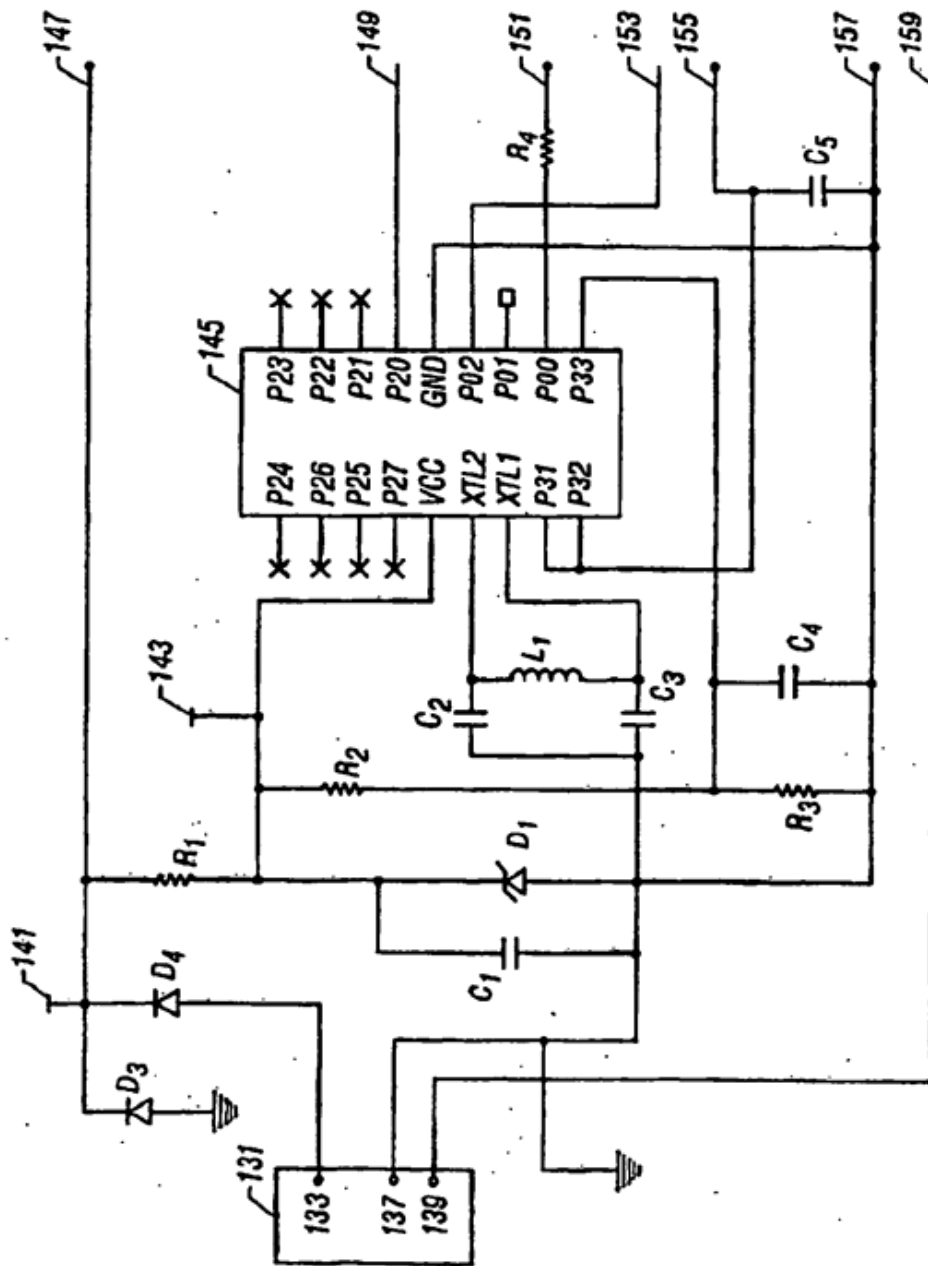


FIG. 3A

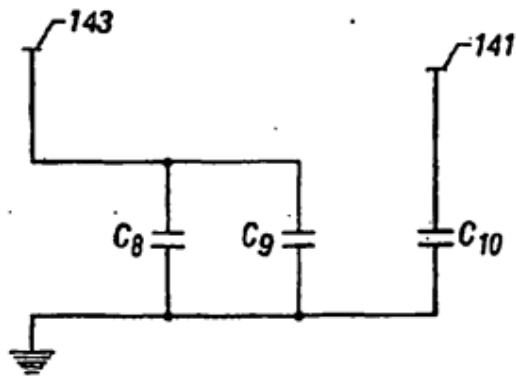


FIG. 3B

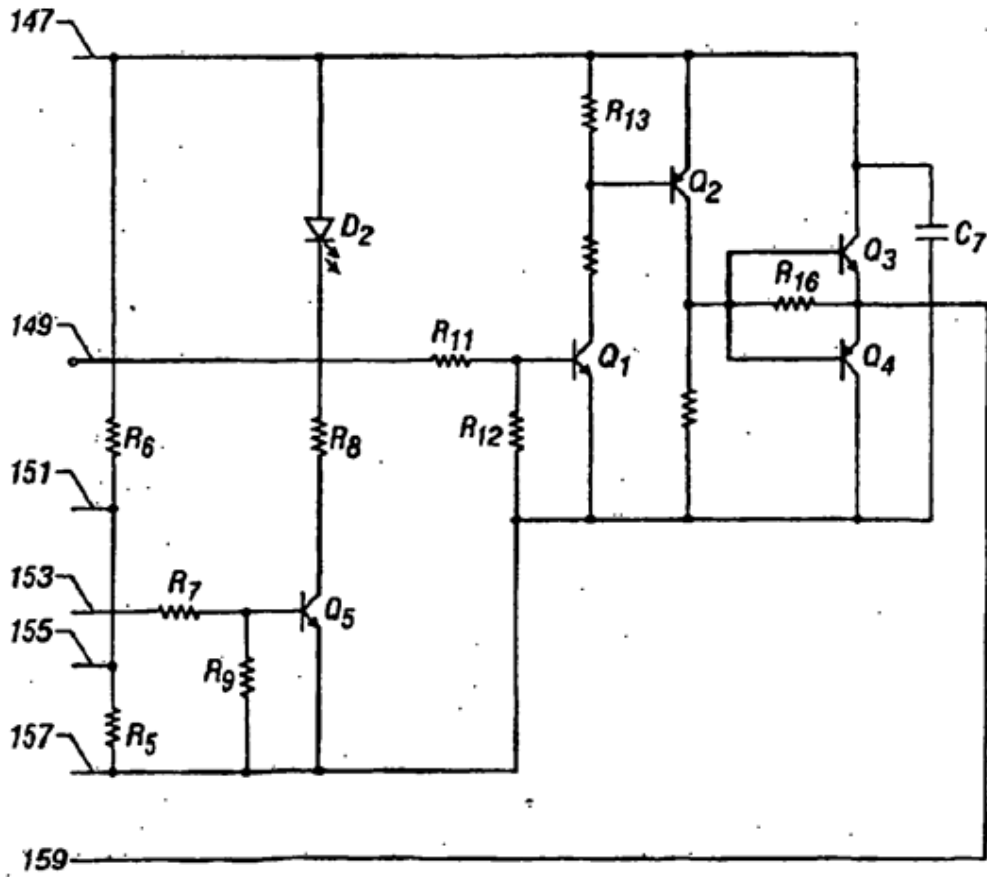


FIG. 3C

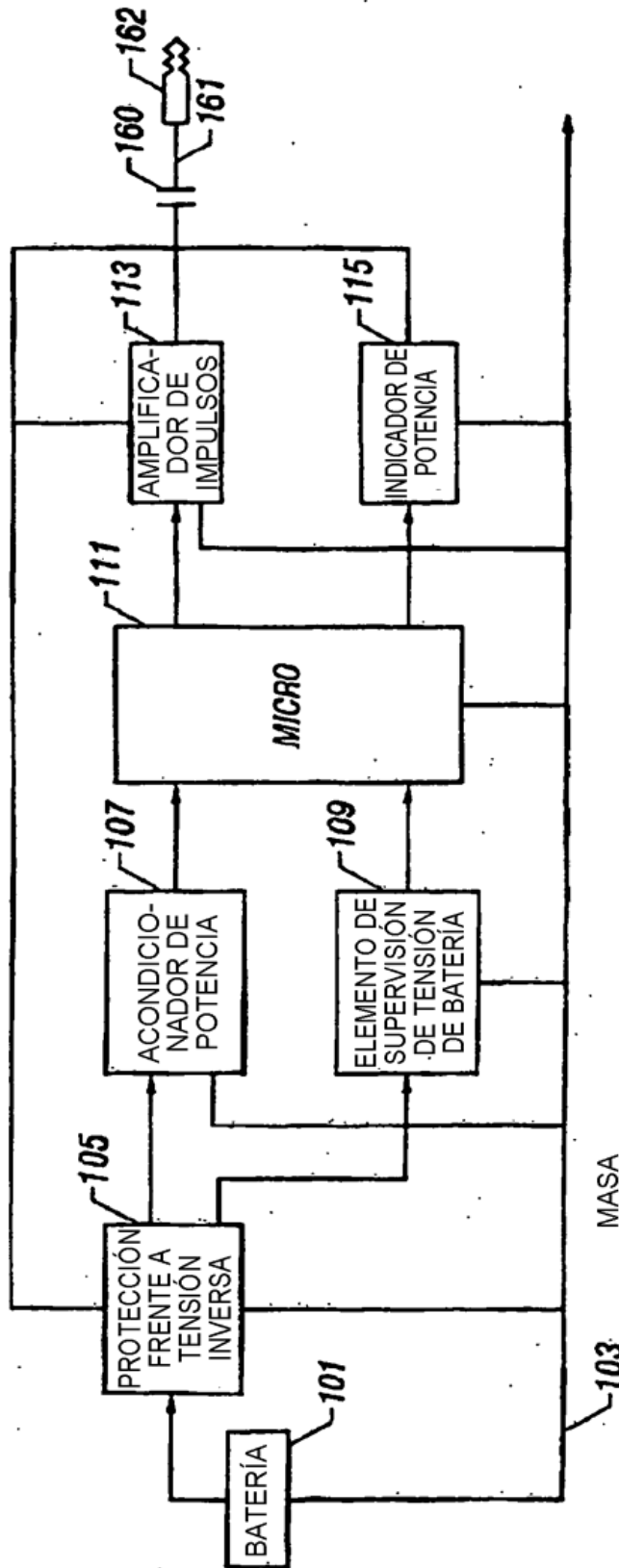


FIG. 4

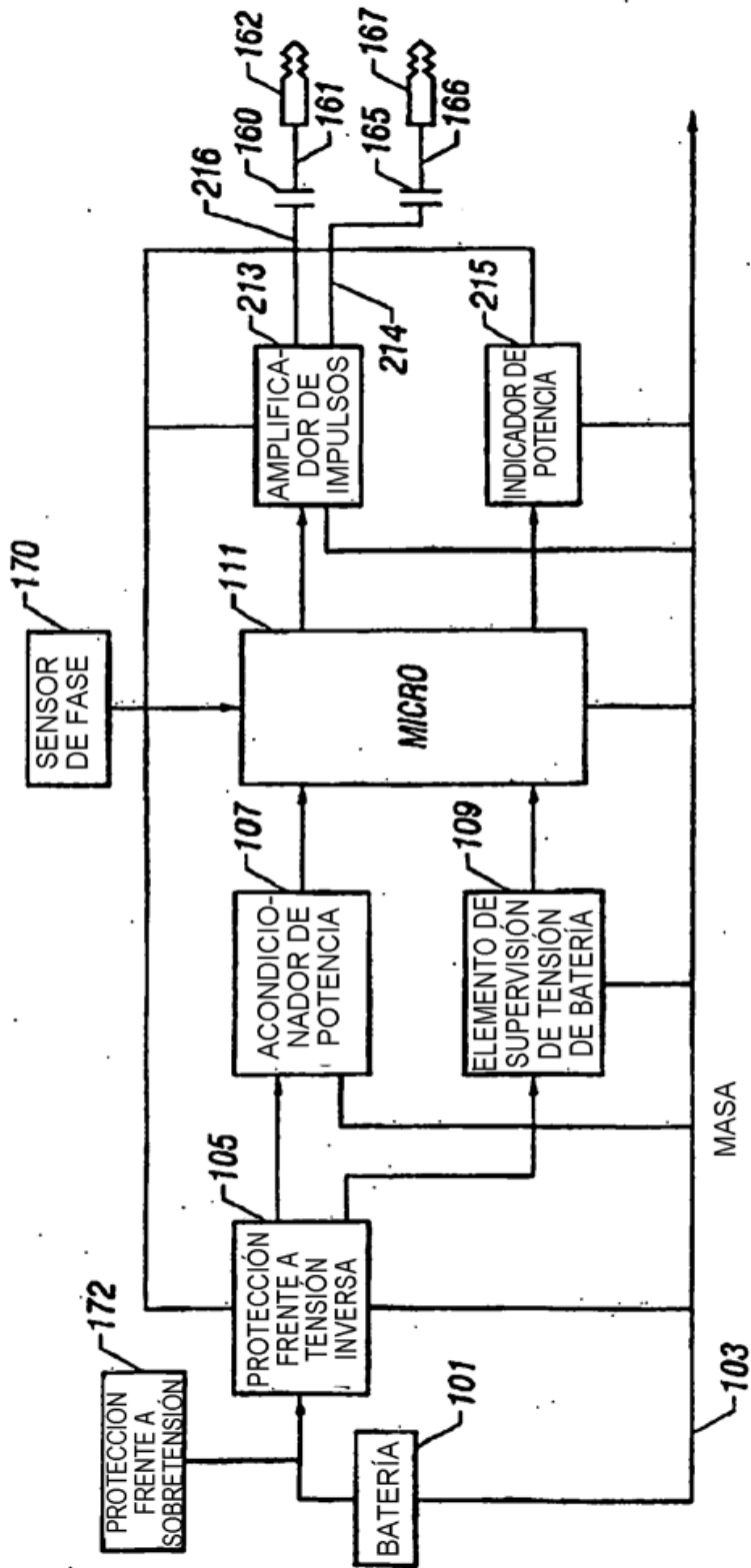


FIG. 5

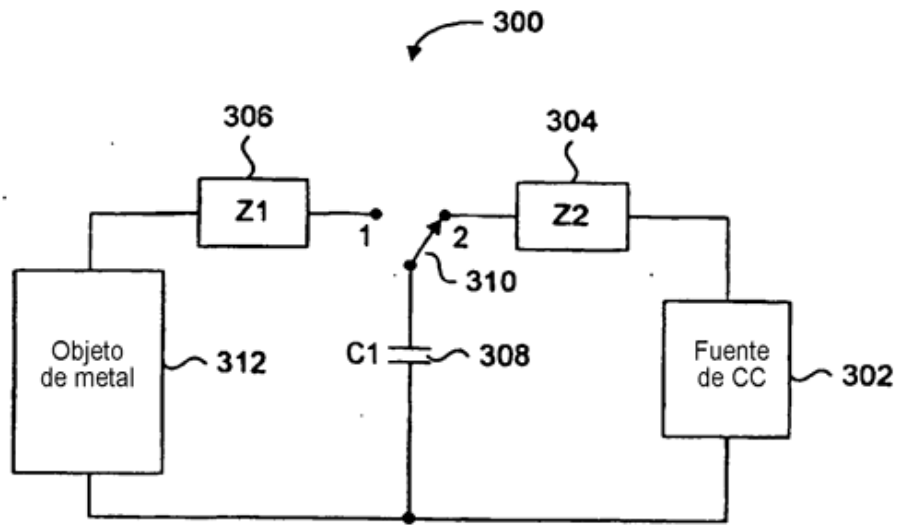


FIG. 6

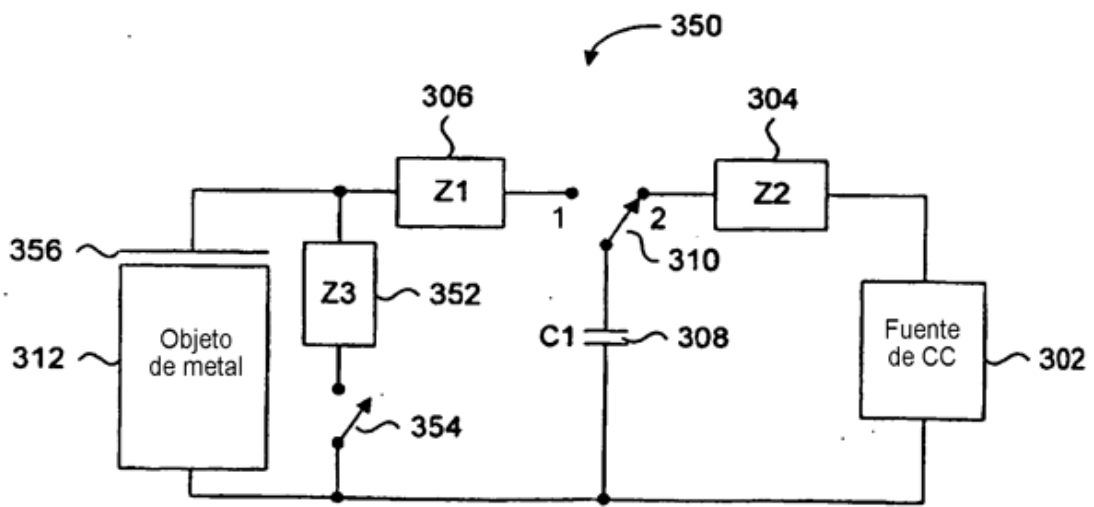


FIG. 7

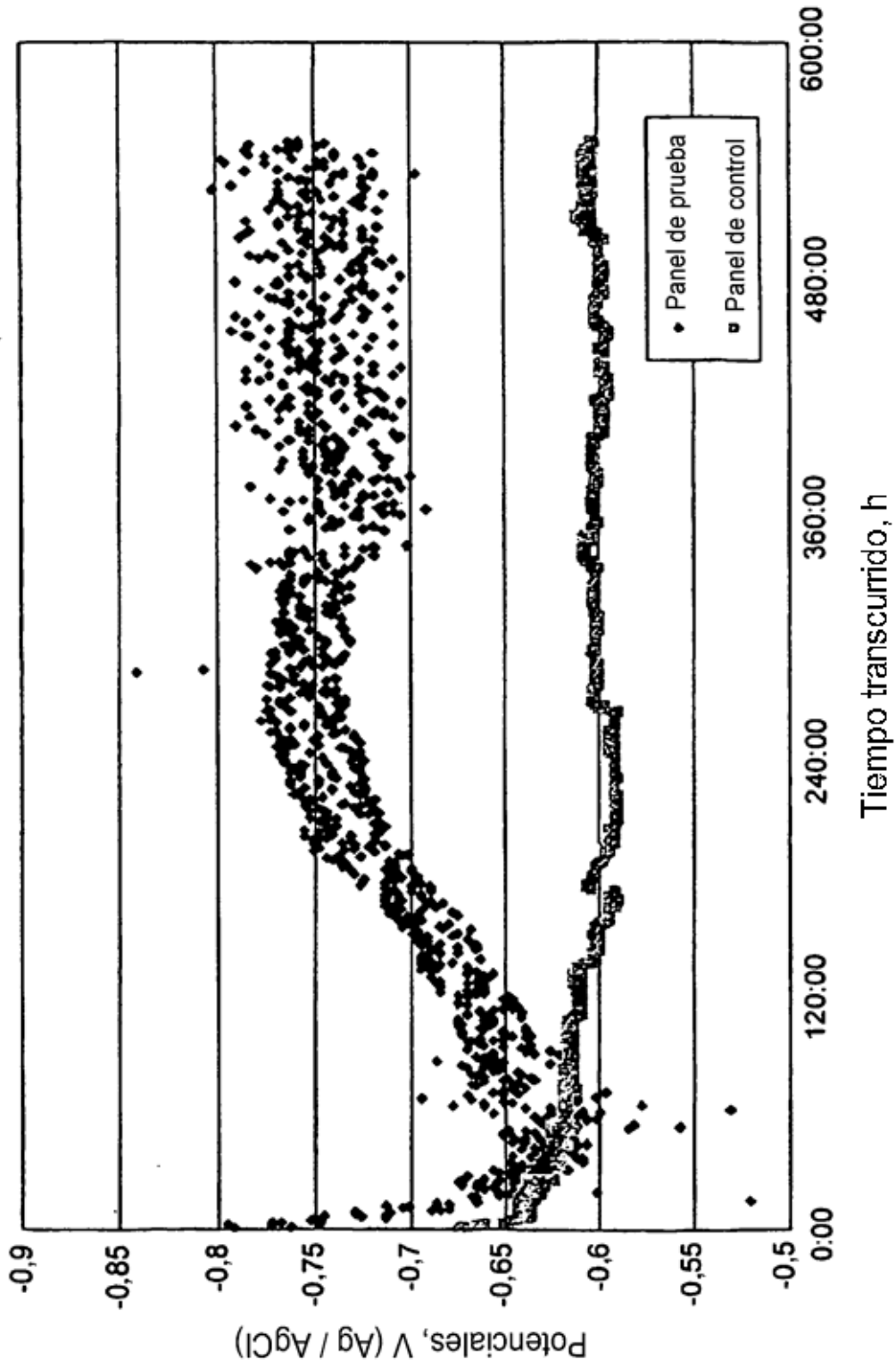


FIG. 8