



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 189**

51 Int. Cl.:
H01H 47/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04798221 .0**

96 Fecha de presentación : **05.11.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1811539**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.07.2007**

54 Título: **Contactor eléctrico y procedimiento de control de cierre de contactor asociado.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.10.2011

73 Titular/es: **GENERAL ELECTRIC COMPANY**
1 River Road
Schenectady, New York 12345, US

72 Inventor/es: **Morrón Lluch, Ricardo;**
García Espinosa, Antonio;
Alabern Morera, Xavier y
Muñoz Galián, José

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 366 189 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

Contactor eléctrico y procedimiento de control de cierre de contactor asociado

Antecedentes de la invención

La presente descripción se refiere, en general, a contactores eléctricos y, en particular, al control de su acción de cierre.

Los contactores para aplicaciones en motores, iluminación y uso general se diseñan habitualmente con uno o más contactos de potencia que cambian de estado activando y desactivando una bobina de excitación. Los contactores pueden configurarse con un único polo o con una pluralidad de polos y pueden incluir contactos que están normalmente abiertos así como normalmente cerrados. En un contactor que emplea contactos normalmente abiertos, la excitación de la bobina provoca el cierre de los contactos. La naturaleza de una aplicación de contactor tiende a dar como resultado decenas de millares o incluso millones de operaciones de cierre y apertura a lo largo de la vida útil del contactor. En este sentido, se presta atención a los atributos mecánicos del contactor que permiten su condición de funcionamiento. En caso de que el contactor se abra y se cierre en un circuito eléctrico excitado, los contactos no sólo experimentan una carga mecánica, sino también una carga eléctrica, que se manifiesta en la formación de un arco eléctrico. Durante el cierre de un contactor normalmente abierto, la dinámica de la acción de cierre tiende a derivar en un rebote de contacto en el punto de cierre, que bajo condiciones de carga puede dar como resultado el trazado y la extinción de múltiples arcos eléctricos, que a su vez tienden a aumentar el grado de desgaste en los contactos y reducir la expectativa de tiempo de vida útil de los contactos. Aunque los contactores actuales pueden mostrarse adecuados para los propósitos para los que se han previsto, persiste en la técnica la necesidad de un contactor eléctrico que ofrezca una reducción en el desgaste de los contactos y un aumento en la vida útil del contactor.

El documento WO-A-00/45403 da a conocer un sistema para controlar la fuerza o el movimiento de un accionador electromagnético para conseguir un control de posición continuo. El sistema proporciona, entre otras cosas, levitación magnética y aterrizaje suave de un elemento en movimiento. Se calculan la posición y el flujo y los usan para controlar una excitación de corriente o de voltaje.

El documento DE-A-10544207 se dirige a controlar un accionador aplicando una corriente de bobina en respuesta a una corriente y un voltaje en la bobina. La corriente de bobina se controla como una función de la posición y velocidad del accionador.

El documento US-A-2002/186915 da a conocer cómo se determinan unas condiciones determinadas de un dispositivo de conmutación de potencia analizando la impedancia de una bobina de accionador.

Breve descripción de la invención

La presente invención trata de un contactor tal como se define en la reivindicación 1 que tiene un circuito de conducción desmontable, un accionador, una armadura magnética y estator y un controlador, en el que el accionador está en conexión mecánica con el circuito de conducción desmontable, y el estator magnético y la armadura magnética están dispuestos entre sí en conexión por campo de inducción, y con una bobina de excitación que responde a una corriente de bobina que sirve para generar un campo de inducción magnética dirigido a través del estator y la armadura. El controlador tiene un circuito de procesamiento diseñado para controlar la corriente de bobina en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina, de tal modo que la corriente de bobina se controla en respuesta a la posición y velocidad de cierre del circuito de conducción desmontable antes de que el circuito de conducción desmontable se cierre durante a movimiento de estado abierto a cerrado.

La presente invención también trata de un procedimiento tal como se define en la reivindicación 11 para controlar la acción de cierre de un contactor del tipo descrito anteriormente. Se calculan los valores iniciales de inductancia y resistencia de la bobina; se calcula una inductancia instantánea de la bobina de contactor; se calcula una posición instantánea de la armadura en relación con el estator en respuesta a la inductancia instantánea calculada de la bobina; se calcula una velocidad instantánea del armazón en relación con el estator, y se calcula una corriente de bobina en respuesta a la velocidad instantánea y posición de la armadura, de tal modo que la velocidad instantánea de la armadura tiende hacia una característica de velocidad objetivo.

Breve descripción de los dibujos

Con referencia a los dibujos a modo de ejemplo, en los que elementos similares se enumeran de forma similar en las figures adjuntas:

La figura 1 representa un contactor a modo de ejemplo en una perspectiva isométrica detallada para su uso de acuerdo con las realizaciones de la invención.

La figura 2 representa una vista isométrica parcial de algunos de los componentes ilustrados en la figura 1.

La figura 3 representa una perspectiva lateral parcial de algunos de los componentes ilustrados en la figura 2.

Las figuras 4A y B representan un diagrama de flujo a modo de ejemplo del proceso para poner en práctica las realizaciones de la invención.

Las figuras 5 y 7 representan datos empíricos a modo de ejemplo de un modelo de contactor que funciona en ausencia de las realizaciones de la invención.

- 5 Las figuras 6 y 8 representan datos empíricos a modo de ejemplo de un modelo de contactor que funciona de acuerdo con las realizaciones de la invención.

Descripción de realizaciones de la invención

10 Una realización de la invención presenta un controlador para un contactor eléctrico que controla la corriente dirigida a la bobina de contactor, de tal modo que la velocidad de cierre de la armadura en relación con el estator se mantiene dentro de límites predeterminados antes del cierre, reduciendo por tanto el rebote de contacto en el momento del cierre. Por consiguiente, en caso de que el contactor se conecte a una carga de intensidad, es posible una menor erosión por contacto en el circuito de conducción desmontable del contactor.

15 La figura 1 es un ejemplo de funcionamiento de un contactor 100 que tiene una sección 101 más baja, una sección 102 media y una cubierta 103. Dentro del contactor 100, hay un circuito 105 de conducción desmontable, un accionador 110 en contacto mecánico con el circuito 105 de conducción desmontable, un estator 115 magnético, una armadura 120 magnética, una bobina 125 de excitación y un controlador 130, que pueden apreciarse mejor a la vista de la figura 2. La bobina 125 de excitación responde a una corriente de bobina que proviene de los conductores 135, que sirve para generar un campo de inducción magnética dirigido a través del estator 115 y la armadura 120 a través de un entrehierro 140; esto ubica el estator 115 y la armadura 120 en conexión entre sí por campo de inducción. La armadura 120 y el accionador 110 se acoplan por medio de un puente 145 (se aprecia mejor a la vista de la figura 3), de tal modo que el accionador 110 y la armadura 120 ascienden y descienden juntos cuando la armadura 120 se desplaza bajo la influencia del campo de inducción magnética anteriormente mencionado para aumentar y disminuir el entrehierro 140. El circuito 105 de conducción desmontable incluye un conector 150 de línea, un conector 155 de carga y un brazo 160 de contacto. Un par de contactos 165 en cada extremo del brazo 160 de contacto hace posible crear y romper (abrir y cerrar) el circuito 105 de conducción desmontable repetidamente, si el contactor 100 se encuentra sometido a una carga eléctrica o no. El accionador 110 se acopla mecánicamente al brazo 160 de contacto por medio de los resortes 170 de contacto y el brazo 175 de guía, que se acopla con el brazo 160 de contacto por medio de un pasador 180. Una superficie 185 de captura en el brazo 160 de contacto ofrece un medio de distribución de la fuerza de contacto durante la acción de cierre. Las flechas 215 ilustradas en la figura 3 representan el movimiento relativo de los diferentes componentes del contactor 100 a medida que la armadura 120 desciende.

25 Durante una acción de cierre por medio de una corriente de bobina que proviene del controlador 130, que se discutirá en mayor detalle a continuación, la armadura 120 cierra el entrehierro 140, debido a que la atrae el estator 115 bajo la influencia del campo de inducción magnética anteriormente mencionado, y el accionador 110 y el brazo 160 de contacto se mueven al unísono hacia el conector de línea y los conectores 150, 155 de carga hasta que los pares de contactos 165 se tocan. En el momento del cierre de los contactos 165, el accionador 110 se sobreexcita ligeramente para comprimir los resortes 170 de contacto, proporcionando por tanto una fuerza de contacto y una reducción de contacto en los pares de contactos 165. Como resultado de las fuerzas dinámicas entre los pares de contactos 165 durante el cierre de contacto, puede producirse un rebote de contacto. No obstante, tal como se discutirá en mayor detalle a continuación, las realizaciones de la invención ofrecen un grado de control para reducir este rebote de contacto.

30 Durante una acción de apertura que resulta de la reducción o eliminación de la corriente de bobina en los conductores 135, los resortes 170 de contacto y el resorte de recuperación de la armadura 190 mueven la armadura 120, el accionador 110 y el brazo 160 de contacto hacia arriba, separando por tanto los pares de contactos 165.

35 Para reducir el rebote de contacto durante el cierre, el controlador 130 incluye un circuito 200 de procesamiento que se diseña, es decir, se configura con circuitos y componentes electrónicos, para controlar la corriente de bobina en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina 125, de tal modo que la corriente de bobina se reduce antes de que el circuito 105 de conducción desmontable se cierre durante un movimiento de apertura a cierre. Además, el circuito 200 de procesamiento se diseña para controlar la corriente de bobina independiente de un sensor auxiliar separado de la corriente y circuito de sensor de voltaje (detector) que pueden formar una parte solidaria del circuito 200 de procesamiento. En una realización, el circuito 200 de procesamiento se alimenta por medio de conductores 205 externos.

40 Los medios mediante los que el circuito 200 de procesamiento controla la corriente de bobina se discutirán ahora con referencia al procedimiento 300 representado mediante el diagrama de flujo en la figura 4. En general, el procedimiento 300 sirve para controlar la velocidad de la armadura o para mantenerla dentro de unos límites predeterminados en el momento anterior al cierre del circuito 105 de conducción desmontable durante un movimiento de apertura a cierre. Por consiguiente, debe calcularse o estimarse la posición de la armadura 120 en relación con el estator 115 durante la acción de cierre. Debido a que no se usan sensores externos para éste

cómputo, la posición de la armadura 120 se determina usando los parámetros eléctricos de voltaje y corriente de bobina.

Debido a que el contactor 100 no tiene un sensor externo, es necesario calcular la resistencia inicial de la bobina R (una vez que la corriente comienza a fluir en la bobina 125). Además, el cómputo de la inductancia inicial de la bobina L y su comparación con el valor de funcionamiento convencional hace posible detectar anomalías en la bobina, como una condición de circuito abierto (ruptura del devanado de la bobina) o una condición de reducción de las espiras de la bobina (bobina cortocircuitada). Estos cálculos se hacen a través de muestreos de corrientes I_a e I_b en dos instantes diferentes dentro del primer semiciclo en el caso de corriente alterna. Los tiempos de muestreo típicos son aproximadamente $t_a = 2,5$ ms (milisegundos) y aproximadamente $t_b = 5,5$ ms. Estos tiempos de muestreo se aplican también en cálculos de corriente continua. En una realización, se toman varias muestras en instantes muy próximos a los mencionados anteriormente y los valores promedio se usan para evitar el riesgo de obtener valores de corrientes erróneos I_a e I_b debido a perturbaciones eléctricas.

En el bloque 305, un parámetro de control de carga de trabajo se ajusta a 1 y un temporizador que actúa como un reloj se inicializa para definir la frecuencia de muestreo. En el bloque 310, las corrientes I_a y I_b se miden en los dos instantes anteriormente mencionados t_a y t_b y el cambio en las corrientes ΔI_a y ΔI_b se calcula dependiendo de si la bobina 125 se alimenta por medio de potencia de CA (corriente alterna) o de CC (corriente continua), tal como se determina en el bloque 315, o si se detecta un voltaje de transición de paso por cero durante los cálculos en el bloque 310, la lógica de control puede pasar directamente al bloque 320 o al bloque 325. En los bloques 325, 330 y 335, se detectan los voltajes de transición de paso por cero primero y segundo y se determina la frecuencia de la potencia de CA.

En el bloque 320, se calculan los valores iniciales para la inductancia de la bobina L en henrios (H) y la resistencia de la bobina R en ohmios (Ω) de acuerdo con las ecuaciones previstas, que dependen de si la bobina 125 se alimenta por medio de CA o de CC. En las ecuaciones del bloque 320, E_o es el voltaje de CC, E_{pico} es el voltaje de pico de CA, w es la potencia de pulsación de CA y t es el tiempo. En el bloque 340, se determina si la resistencia inicial de la bobina R y la inductancia inicial de la bobina L son indicativas de una condición de contactor abierto y/o de una bobina defectuosa. Si la respuesta es no, entonces la lógica de control pasa al bloque 345, en el que se cancela el algoritmo. Si la respuesta es sí, entonces la lógica de control pasa al bucle 350 de cómputo, que comienza en el bloque 355, en el que el voltaje y la corriente instantáneos de la bobina se muestrean para cada iteración a través del bucle 350.

Una vez que se han calculado los valores iniciales de R y L y no hay una condición de cancelación, la lógica de control pasa a los bloques 360, 365, 370 y 375, en los que la fuerza contraelectromotriz de la bobina e_{bob} , se calculan un muestreo de la integral de e_{bob} y la inductancia de la bobina L para cada iteración. En este caso, $u(t)$ es el voltaje en la bobina 125, $i(t)$ es la corriente a través de la bobina 125, R es la resistencia inicial de la bobina y $e(t)$ es una abreviatura de $e_{bob}(t)$.

En un circuito R-L, el voltaje en la bobina 125 puede deducirse a partir de:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t) \cdot \frac{dL}{dt}.$$

Ecuación 1

No obstante, la determinación de la inductancia L a partir de esta ecuación puede ser difícil, debido a que los términos de derivadas como $di(t)/dt$ pueden incluir perturbaciones del sistema, que son complicadas de evitar. Por consiguiente, las realizaciones de la invención determinan la inductancia de la bobina L usando la fuerza contraelectromotriz de la bobina y la corriente a través de la bobina en cualquier instante usando la siguiente ecuación:

$$L = \frac{\int_0^t (U - R \cdot i_{bob}) \cdot dt}{i_{bob}(t)} = \frac{\int_0^t e_{vcb}}{i_{bob}(t)},$$

Ecuación 2

que es equivalente a las ecuaciones de los bloques 365 y 375, en las que U hace referencia a $u(t)$ y $e_{i_{bob}}$ y $e_{i_{bob}}(t)$ hacen referencia a $i(t)$.

En el bloque 380, se determina si la inductancia instantánea de la bobina L es menor que un umbral máximo Lmax, que es indicativo de si la armadura 120 está próxima a cerrarse o no. Es decir, a medida que la armadura (120) se sitúa próxima a cerrarse, la inductancia instantánea de la bobina L se eleva, alcanza su pico y entonces cae debido a la saturación del núcleo ferromagnético (como puede verse en la figura 3, que se discute a continuación en mayor detalle). Por lo tanto, por medio de una comparación entre la inductancia instantánea de la bobina L con el umbral máximo Lmax, el circuito 200 de procesamiento puede determinar cuando está cerca de una condición de cierre de armadura.

Si $L < L_{max}$, entonces la lógica de control pasa al bloque 385, en el que se calcula o se estima la posición x de la armadura 120 en relación con el estator 115. En teoría, la inductancia de la bobina es una función de la posición de la armadura y de la corriente de bobina, que puede deducirse a partir de:

$$L = \frac{N^2}{s \left[\frac{l_F + l_M + l_T + 0.0005N \cdot i}{0.0011} + \frac{2x}{\mu_0} \right]} + K_R,$$

Ecuación 3

en la que N es el número de espiras de la bobina 125, l_M es la longitud de la trayectoria del campo de inducción magnética a través de la armadura 120, S_l es la longitud de la trayectoria del campo de inducción magnética a través del estator 115, l_T es la longitud de la trayectoria del campo de inducción magnética a través de un entrehierro 140 fijo, s es la sección eficaz de la trayectoria magnética, K_R es una constante relacionada con el valor inicial de la inductancia de la bobina, P_0 es la permeabilidad de la distancia de aislamiento, y x es la posición de la armadura 120 en relación con el estator 115. Volviendo a elaborar la Ecuación 3, la posición x de la armadura 120 puede obtenerse a partir de:

$$x = \frac{\mu_0}{2} \left[\frac{N^2 \cdot s}{L - K_R} - \frac{l_F + l_M + l_T + 0.0005N \cdot i}{0.0011} \right]$$

Ecuación 4

En el bloque 390, la velocidad (V) de la armadura 120 en relación con el estator 115 se determina tomando la derivada de la ecuación 4 o, en términos de diferencias finitas, tomando la diferencia de incrementos en x en relación con t, ($\Delta x/\Delta t$), de una etapa iterativa a la siguiente.

En una realización alternativa, el circuito 200 de procesamiento se diseña también para estimar la aceleración de la armadura 120 en relación con el estator 115 en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina 125, tomando la derivada de la velocidad.

En el bloque 395, se calcula una corriente deseada de la bobina usando un control de lógica difusa, que obtiene una velocidad de cierre de armadura que aproxima de forma más próxima la característica de velocidad de cierre objetivo, que es una velocidad de cierre predeterminada deseable que produce una reducción del rebote de contacto y se almacena en una memoria 210 en el controlador 130. En cada iteración, se calcula la velocidad de cierre real de la armadura de acuerdo con el procedimiento 300 mencionado anteriormente y se compara con la velocidad de cierre de la armadura deseada en la memoria 210 para esa posición instantánea de la armadura.

Si la velocidad real de la armadura es demasiado alta o demasiado baja, entonces la corriente de bobina se ajusta en consecuencia para ralentizar o acelerar la armadura. En la siguiente iteración se hace una comparación similar y se aplica un ajuste similar, obteniendo un cambio en la corriente de bobina, de tal modo que la velocidad de cierre de la armadura se ajustará de forma iterativa para situarse más próxima a la característica de velocidad de cierre objetivo que se ha almacenado en la memoria 210. Por consiguiente, la corriente de bobina ajustada obtiene una velocidad de cierre de la armadura 120 en el punto de cierre de los contactos 165 que es más baja que la velocidad de cierre que habría proporcionado en ausencia de la corriente de bobina ajustada, y la velocidad de cierre reducida de la armadura en el punto de cierre de los contactos da como resultado un rebote de contacto inferior en el momento del cierre, en comparación con lo que se habría producido en ausencia de la corriente de bobina ajustada. En este caso la corriente de bobina ajustada se considera como ajustada de un primer valor a un segundo valor más bajo, en el que el segundo valor produce un rebote de contacto inferior en el circuito de conducción desmontable durante un movimiento de apertura a cierre, en comparación con lo que se habría producido con el primer valor de la corriente de bobina.

Si se determina en el bloque 380 que la inductancia de la bobina L es igual a o más alta que el umbral valor Lmax, lo

que significa que el circuito magnético se cierra y que la armadura 120 en movimiento está tocando el estator 115 magnético, entonces la lógica de control pasa al bloque 400, en el que se calcula una carga de trabajo de la corriente de bobina, y se pone en práctica, de tal modo que la corriente de bobina se reduce para ahorrar energía y reducir el temperatura de aumento de bobina, y que hay suficiente corriente de bobina en el estado estacionario para mantener los contactos 165 del contactor 100 cerrado. En una realización, la carga de trabajo de la corriente de bobina es de aproximadamente 1/10 a 1/15 de la corriente de captura máxima de la bobina 125.

Con referencia ahora a las figuras 5-8, se representaron los datos a modo de ejemplo empíricos de un contactor 100 funcionando sin las realizaciones (figuras 5 y 7), aunque con las realizaciones (figuras 6 y 8) de la invención. Las figuras 5 y 6 presentan la misma escala para las ordenadas y para las abscisas, siendo la abscisa el tiempo y la ordenada, en un caso, siendo un desplazamiento x . Las figuras 7 y 8 tienen la misma escala para las ordenadas y para las abscisas, siendo la abscisa el tiempo y siendo la ordenada una señal representativa de continuidad a través de un conjunto de contactos 165 cerrados.

Con referencia en primer lugar a las figuras 5 y 6, se representa la posición x de la armadura 120 por medio de la curva 405 (figura 5) y de la curva 406 (figura 6), se representa la inductancia L de bobina 125 por medio de la curva 410 y la corriente de bobina (i) se representa por medio de la curva 415. La parada de la armadura 120 en relación con el estator 115 se considera un cambio abrupto en la característica de la curva 405, 406 representada en el número 420 (figura 5) y en el número 421 (figura 6). Tras el cierre de la armadura, múltiples elevaciones y descensos son evidentes en la curva 405, pero no están en la curva 406, lo que indica una condición de rebote de contacto en la figura 5, tal como se representa en los números 425 y 430.

Una comparación más nítida del rebote de contacto con y sin las realizaciones de la invención puede apreciarse mejor haciendo referencia ahora a las figuras 7 y 8, en las que la figura 7 ilustra el cierre de contacto en un contactor 100 que funciona en ausencia de las realizaciones de la invención, y la figura 8 ilustra el cierre de contacto en un contactor 100 que funciona de acuerdo con las realizaciones de la invención. En ambos las figuras 7 y 8, el punto de cierre de contacto inicial se representa por medio de un número 450, que es el punto en tiempo en el que continuidad de los contactos 165 en establece en el cierre y se indica por medio de un cambio positivo en el signo ilustrado. Tal como se ilustra en la figura 7, la aparición de una pérdida de continuidad puede observarse en dos puntos 455, 460 tras el cierre inicial del brazo 160 de contacto, lo que significa la aparición de un rebote de contacto (dos veces). Por comparación, la figura 8 ilustra una ausencia de pérdida de continuidad y, por consiguiente, una ausencia de rebote de contacto.

Al comparar las figuras 7 y 8, puede observarse que las realizaciones de la invención han mejorado la dinámica de cierre del contactor 100, dando como resultado por tanto una reducción del rebote mecánico en los contactos 165. Cuando el contactor se carga y como resultado de esta reducción en los rebotes de contacto, los arcos eléctricos entre los contactos 165 se reducen también, de esta forma también se prolonga, la vida útil del contactor 100. Debido a que la lógica 300 de control de procedimiento es del tipo de bucle cerrado, la velocidad de impacto y el perfil de velocidad calculados en los contactos 165 y en la armadura 120 magnética durante una acción de cierre son valores empíricos que toman en consideración los cambios de voltaje en el suministro de potencia eléctrica, el desgaste mecánico de las partes de contactor, cambios en el rozamiento, el deterioro constante de los resortes y otras perturbaciones externas; por tanto, se obtiene un patrón de control, que se ajusta él mismo a cambios en las condiciones.

Aunque la invención se ha descrito usando una estructura concreta para 100, es evidente que el alcance de la invención no está limitado por la misma y que la invención puede aplicarse también a un contactor que tiene una estructura diferente, como un único par de contactos 165 o una multitud de pares de contactos 165, por ejemplo.

Una realización de la invención puede diseñarse en la forma de dispositivos y procesos puestos en práctica mediante un ordenador para llevar a cabo dichos procesos. La presente invención puede también tomar la forma de producto de programación informática que consiste en un código de programación informático que contiene instrucciones dadas en un medio físico, como unidades de discos flexibles, CD-ROM, discos duros, USB (*universal serial bus*, bus de serie universal) o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador, en el que, cuando se carga y se ejecuta en un ordenador el código de programa informático, dicho ordenador se convierte en un aparato para llevar a la práctica la invención. La presente invención puede también tomar la forma de un código de programa informático, por ejemplo, si se almacena en un medio de almacenamiento, se carga y/o ejecuta por un ordenador, o se transmite a través de un medio de transmisión, como cables o cableado eléctrico, medios de fibra óptica o radiación electromagnética, en la que, cuando el código de programa informático se carga y se ejecuta en un ordenador, el ordenador se convierte en un dispositivo para llevar a la práctica la invención. Cuando se ponen en práctica en un microprocesador de propósito general, los segmentos del código de programa informático configuran el microprocesador para crear circuitos lógicos específicos. El efecto técnico de las instrucciones ejecutables es el controlar de la acción de cierre de un contactor, de tal modo que se mitiga la erosión por contacto del contactor sometido a carga.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a realizaciones a modo de ejemplo, los expertos en la técnica entenderán que pueden introducirse varios cambios y que pueden sustituirse elementos de la misma con equivalentes sin alejarse del alcance de la invención. Además, pueden hacerse muchas modificaciones para adaptar

5 cualquier situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin alejarse del alcance fundamental de la misma. Por consiguiente, la intención no es que la invención esté limitada a la realización concreta descrita como los mejores o únicos medios contemplados para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluya todas las realizaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, el uso de los términos primero, segundo, etc., no indica ningún orden de importancia, sino que los términos primero, segundo, etc. se usan para distinguir un elemento de otro. De forma similar, el uso de los términos uno, dos, etc., no indica a limitación en cuanto a la cantidad, sino que más bien indica la presencia de al menos uno de los elementos a los que se hace referencia.

REIVINDICACIONES

1. Un contactor que comprende:

un circuito (105) de conducción desmontable;

un accionador (110) en conexión mecánica con el circuito (105) de conducción desmontable,

5 un estator (115) magnético y una armadura (120) magnética dispuestos en conexión por campo de inducción entre sí y con una bobina (125) de excitación que responde a una corriente de bobina que sirve para generar un campo de inducción magnética dirigido a través del estator (115) y la armadura (120);

caracterizado porque el contactor comprende además:

10 un controlador (130) que tiene un circuito (200) de procesamiento diseñado para determinar si la inductancia instantánea de la bobina es menor que un umbral máximo indicativo de si la armadura está próxima a cerrarse y si la inductancia instantánea de la bobina es menor que el umbral máximo:

15 controlar la corriente de bobina en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina (125), de tal modo que la corriente de bobina se controla en respuesta a la posición y velocidad de cierre del circuito (105) de conducción desmontable antes de que el circuito de conducción desmontable se cierre durante un movimiento de apertura a cierre y si la inductancia instantánea de la bobina es igual a o más alta que el umbral máximo:

20 calcular una carga de trabajo de corriente de bobina de tal modo que la corriente de bobina se reduce a una corriente suficiente para mantener el circuito (105) de conducción desmontable cerrado durante un estado estacionario cerrado.

2. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para controlar la corriente de bobina en respuesta al voltaje y a la corriente de bobina e independiente de cualquier sensor auxiliar.

3. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

25 el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para calcular la posición de la armadura (120) en relación con el estator (115) en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina (125).

4. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 3, en el que:

el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para calcular la velocidad de la armadura (120) en relación con el estator (115) en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina (125).

30 5. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 4, en el que:

el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para calcular la aceleración de la armadura (120) en relación con el estator (115) en respuesta a la corriente y al voltaje en la bobina (125).

6. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 4, en el que:

35 el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para comparar la velocidad calculada de la armadura (120) con una característica de velocidad objetivo.

7. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 6, en el que:

40 el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para ajustar la corriente de bobina en respuesta a la velocidad calculada de la armadura y la característica de velocidad objetivo de la armadura, de tal modo que la velocidad de cierre de la armadura (120) se sitúa más próxima a la característica de velocidad objetivo.

8. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que:

el circuito (105) de conducción desmontable comprende un par de contactos (165) eléctricos;

45 la corriente de bobina ajustada produce una velocidad de cierre de la armadura (120) en el momento del cierre de los contactos (165) que es menor que la velocidad de cierre que existiría en ausencia de la corriente de bobina ajustada;

la velocidad de cierre reducida de la armadura (120) en el momento del cierre de los contactos (165)

produce un rebote de contacto que es menor en el momento del cierre, en comparación con lo que sería en ausencia de la corriente de bobina ajustada.

9. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

5 el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para calcular la resistencia de la bobina y la inductancia de la bobina en respuesta al voltaje y a la corriente de bobina.

10. Un contactor de acuerdo con la reivindicación 9, en el que:

el circuito (200) de procesamiento se diseña, además, para calcular la posición de la armadura (120) en relación con el estator (115) en respuesta a la inductancia de la bobina calculada.

10 11. Un procedimiento para controlar la acción de cierre del contactor de reivindicación 1, en el que el procedimiento comprende:

calcular los valores de inductancia y resistencia iniciales de la bobina;

calcular una inductancia instantánea de la bobina del contactor (100);

caracterizado porque el procedimiento comprende además:

15 determinar si la inductancia instantánea de la bobina es menor que un umbral máximo indicativo de si la armadura está próxima a cerrarse y si la inductancia instantánea de la bobina es menor que el umbral máximo:

calcular una posición instantánea de la armadura (120) en relación con el estator (115) en respuesta a la inductancia instantánea calculada de la bobina;

calcular una velocidad instantánea de la bobina (120) en relación con el estator (115);

20 calcular una corriente de bobina en respuesta a la velocidad instantánea y posición de la armadura (120), de tal modo que la velocidad instantánea de la armadura (120) tiende hacia la característica de velocidad objetivo, y si la inductancia instantánea de la bobina es igual a o más alta que el umbral máximo:

25 calcular una carga de trabajo de corriente de bobina de tal modo que la corriente de bobina se reduce a una corriente suficiente para mantener el circuito (105) de conducción desmontable cerrado durante un estado estacionario cerrado.

12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que calcular una corriente de bobina comprende:

calcular una corriente de bobina que se ajusta de un primer valor a un segundo valor más bajo, dando el segundo valor como resultado un rebote de contacto en el circuito (105) de conducción desmontable durante un movimiento de apertura a cierre menor de lo que se produciría con el primer valor.

30 13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que calcular una inductancia instantánea de la bobina comprende:

muestrear un voltaje y corriente de bobina instantáneos;

calcular un voltaje inductivo instantáneo en respuesta a la caída de voltaje de bobina instantáneo y el voltaje resistivo instantáneo a través de la bobina (125); y

35 calcular una inductancia instantánea de la bobina en respuesta a una integración de un muestreo del voltaje inductivo instantáneo.

14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además:

calcular una resistencia inicial de la bobina y una inductancia de la bobina inicial del contactor (100).

15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además:

40 muestrear un voltaje y corriente de bobina instantáneos y calcular una carga de trabajo de la corriente de bobina en respuesta a la resistencia inicial de la bobina y la inductancia de la bobina inicial que indican un contactor abierto (100) en ausencia de anomalía en la bobina.

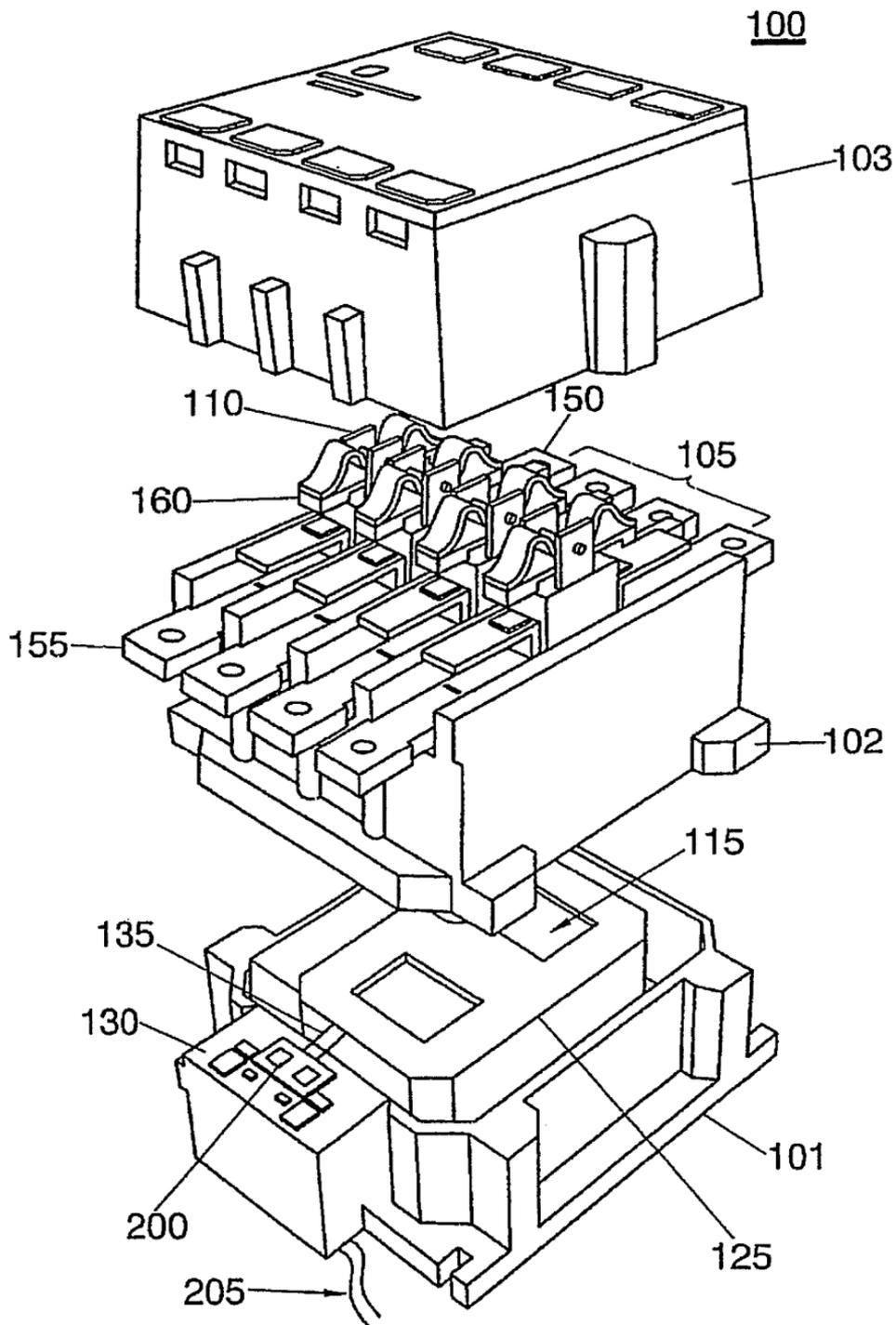


FIG. 1

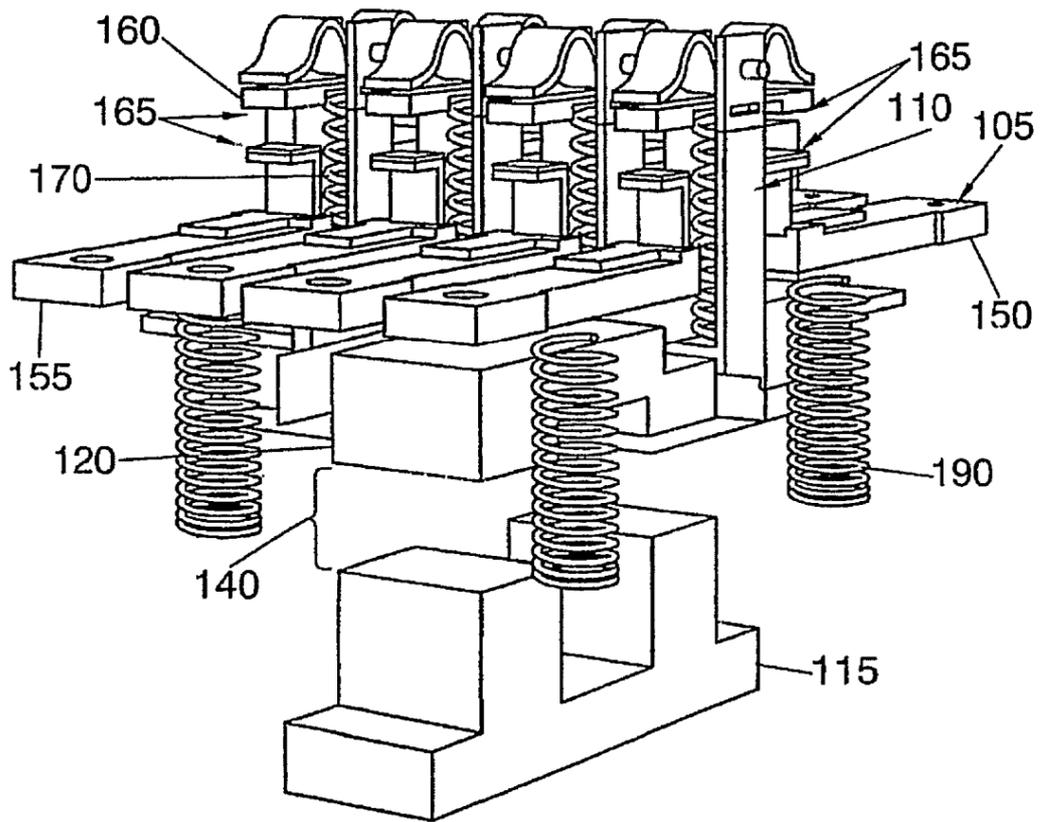
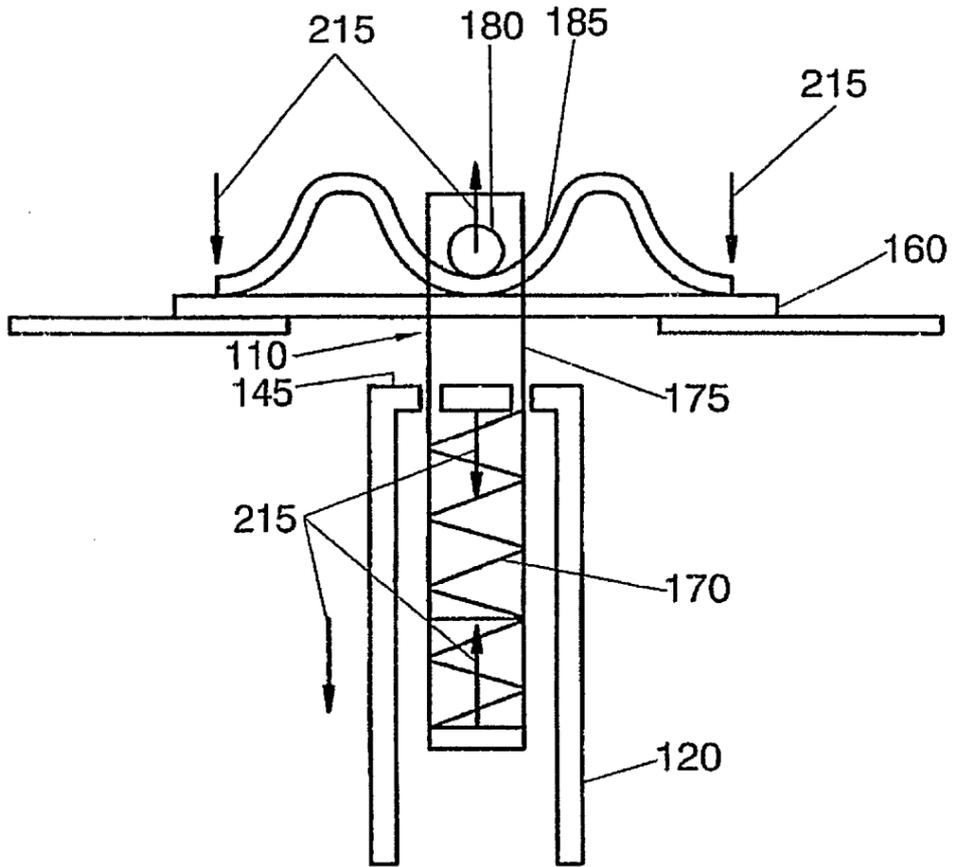


FIG. 2



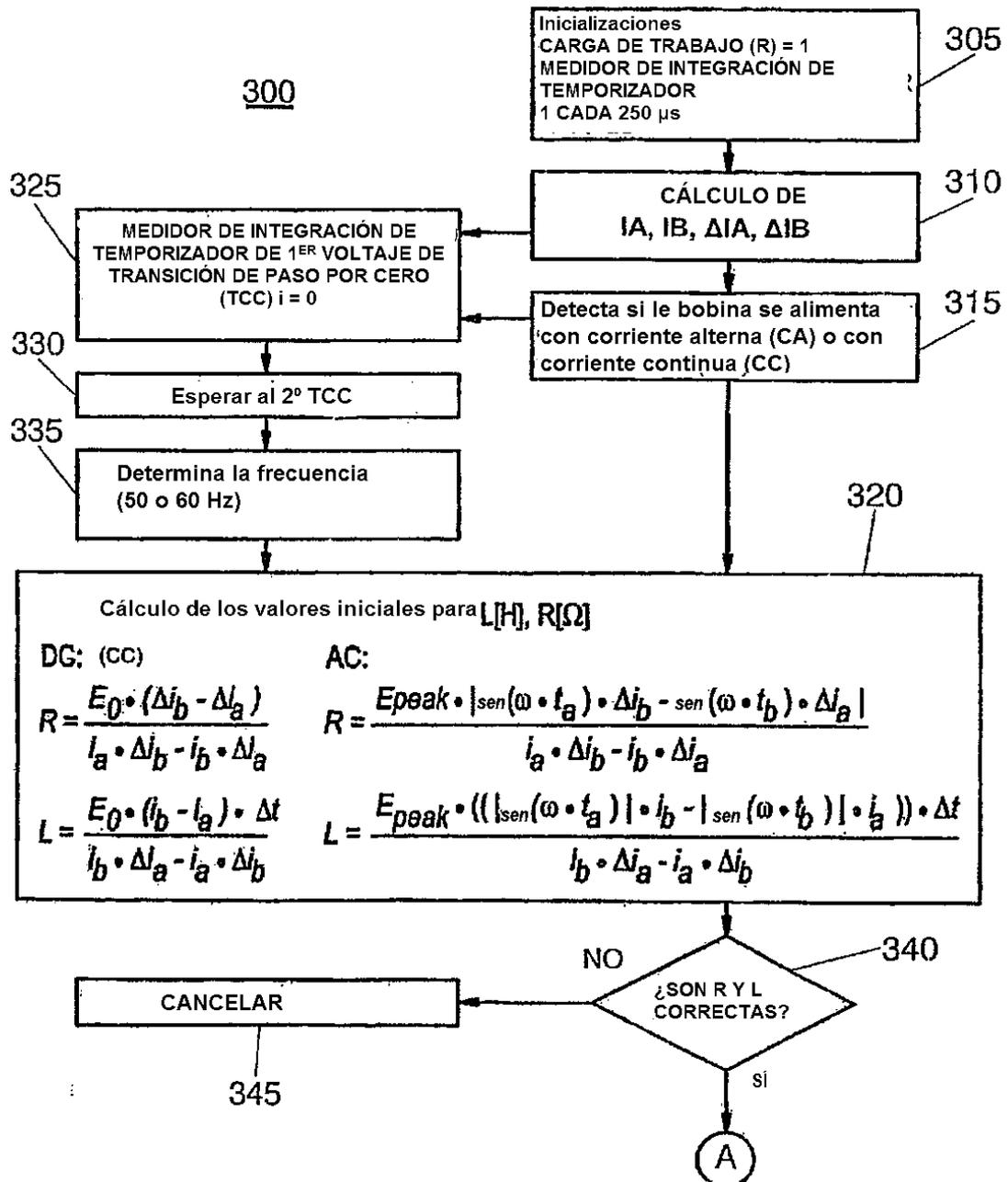


FIG. 4A

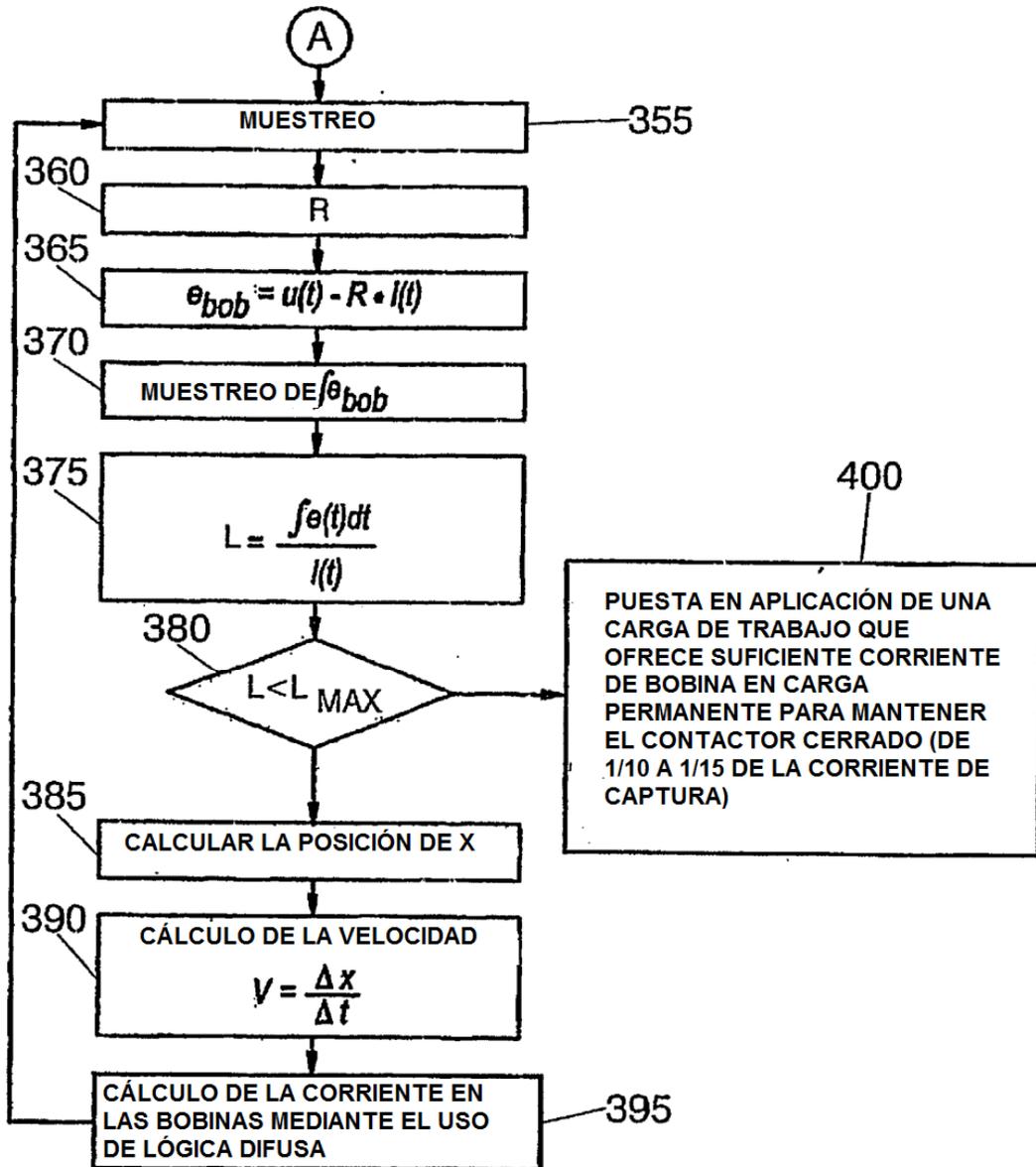


FIG. 4B

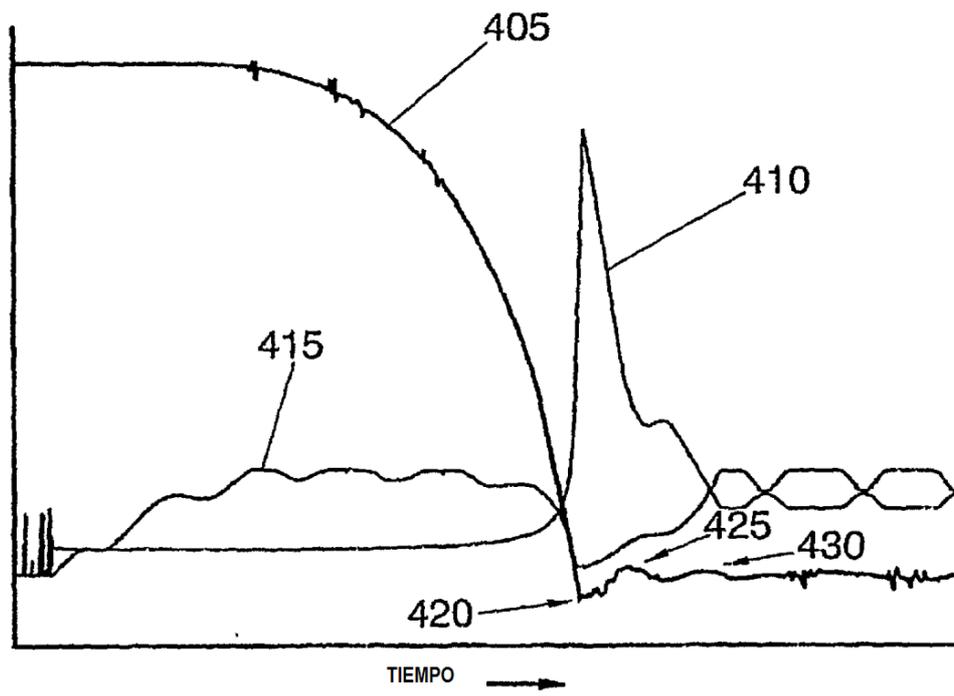


FIG. 5

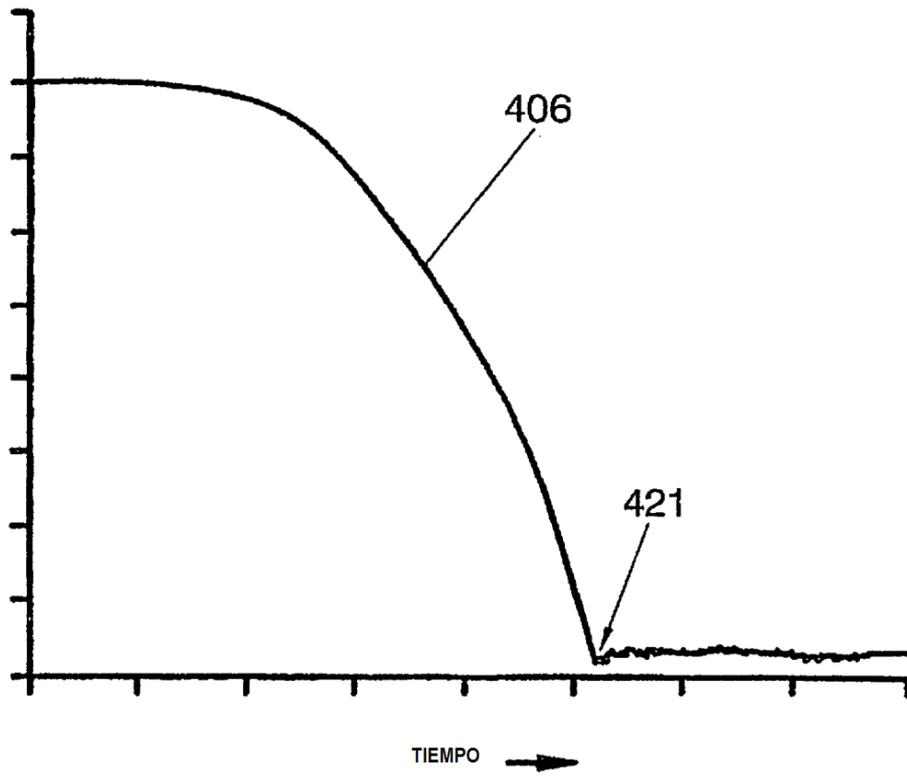


FIG. 6

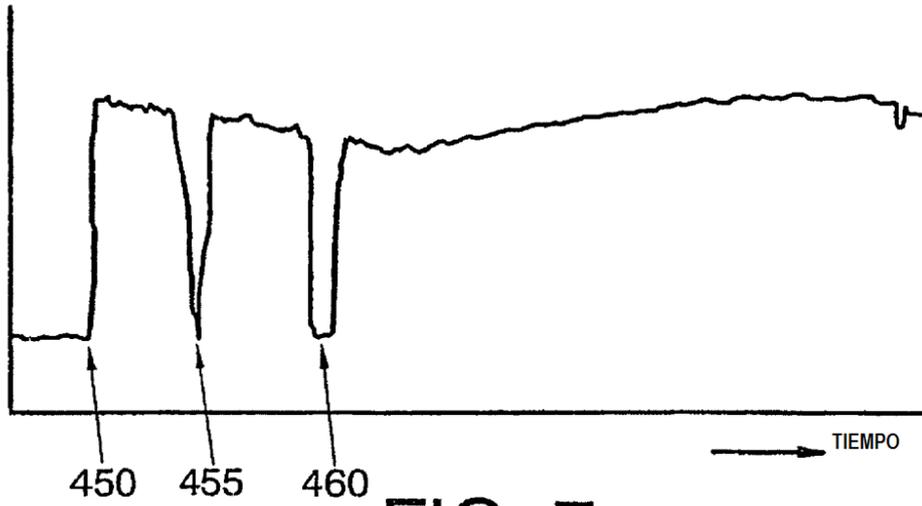


FIG. 7

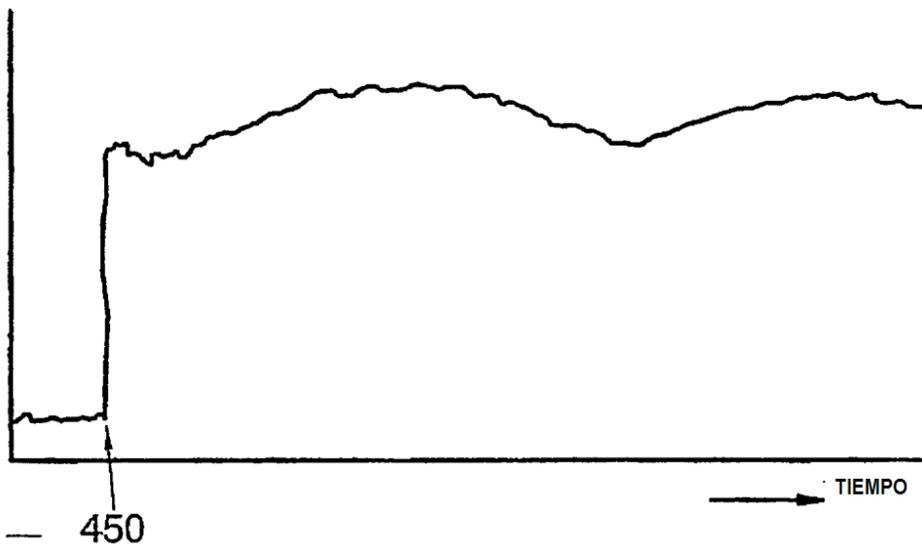


FIG. 8