



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 673**

51 Int. Cl.:
F04B 49/12 (2006.01)
F04B 17/04 (2006.01)
F04B 43/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00991047 .2**
86 Fecha de presentación : **31.08.2000**
87 Número de publicación de la solicitud: **1222395**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.07.2002**

54 Título: **Método y aparato para controlar una bomba.**

30 Prioridad: **01.09.1999 US 388823**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es: **MILTON ROY COMPANY**
201 Ivyland Road
Ivyland, Pennsylvania 18974-0577, US

72 Inventor/es: **Kilayko, Enrique, L. y**
Ryan, Liam

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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 y aparato para controlar una bomba.

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere de forma general a las bombas, y más particularmente a un método y aparato para controlar una bomba.

10 En los documentos US-A-5032772 y US-A-4635621 se describen sistemas de control de bombas.

Antecedentes de la invención

15 A menudo es necesario en un proceso industrial o de otro tipo, inyectar una cantidad medida de un material fluido en otra corriente de material o en un recipiente. Con este propósito han sido desarrolladas bombas dosificadoras y pueden ser accionadas eléctrica o hidráulicamente. Convencionalmente, una bomba dosificadora electromagnética utiliza un solenoide lineal que está alimentado de pulsos rectificadas de media onda u onda completa para mover un diafragma unido mecánicamente a un inducido del solenoide.

20 Las Figuras 1 y 2 ilustran un método convencional de control para una bomba dosificadora electromagnética 15 (mostrada en la Figura 3). Un solenoide 16 (también mostrado en la Figura 3) es energizado eléctricamente a un nivel suficiente para proporcionar fuerza de bombeo en la cámara de aire máxima (es decir, tiempo cero de la carrera) que alcanzará o excederá la fuerza máxima del fluido que se espera encontrar. La energía eléctrica también es entregada al máximo nivel de potencia en todas las otras posiciones de la carrera.

25 Como se ilustra en la Figura 3, la longitud de carrera de la bomba dosificadora 15 es controlada convencionalmente por un control mecánico de ajuste de longitud de carrera 17 que comprende un tornillo 18 y un mango 19. Típicamente, un operador de la bomba fija manualmente la longitud de carrera girando el mango 19, ajustando de este modo el tornillo 18 en una posición correspondiente a la longitud de carrera deseada.

30 Por otra parte, la bomba dosificadora es cebada generalmente operando un botón de cebado dispuesto de forma externa a la bomba. Para cebar de esta manera, el operador primero ajusta manualmente el control mecánico de ajuste 17 de longitud de carrera mediante el mango 19 en la posición asociada a una longitud máxima de carrera y después empuja el botón externo de cebado, lo cual, a su vez, hace que la bomba funcione a su caudal máximo.

35 Sin embargo, surgen varios problemas durante la operación de la bomba dosificadora convencional. Primero, el calor que se genera por la activación de energía eléctrica en el solenoide típicamente origina la necesidad de componentes que puedan tolerar el mismo, tal como carcasas de plástico y metal y otras partes de plástico y metal, y/o solenoides más grandes con más vueltas de cobre. Además, las fuerzas extra aplicadas al inducido, a la vista de la potencia máxima que se aplica, origina la necesidad de muelles de retorno y componentes relativamente más robustos para contrarrestar el magnetismo residual y permitir que el inducido vuelva a tiempo para que el diafragma de la bomba haga el trabajo de succión. Aún más, se incrementan los niveles de sonido a causa del golpe del inducido al final de la carrera cuando se bombea contra niveles bajos de fuerza, y además debido al golpe del inducido contra un tope de ajuste de carrera al final de cada carrera de succión bajo la influencia del resorte de retorno robusto. La vida útil es típicamente corta debido a las tensiones mecánicas que se encuentran.

Además, el control mecánico convencional 17 de ajuste de longitud de carrera puede ser inexacto debido a una falta de precisión de las partes y al desgaste.

50 Por otra parte, los dispositivos de cebado presentes en incluso las bombas dosificadoras más sofisticadas, no son capaces de detectar automáticamente una pérdida de cebado. Mejor dicho, el operador debe detectar de forma independiente que se ha desarrollado una condición de pérdida de cebado. Además, las bombas dosificadoras convencionales no vuelven automáticamente a la configuración de carrera o a las condiciones de operación de la bomba originalmente programadas después del cebado o recebado.

55 Resumen de la invención

En un esfuerzo por superar estos problemas, ha sido implementada una nueva metodología de control que controla electrónica y automáticamente la longitud de carrera, la velocidad de carrera y el cebado de la bomba, mientras entrega energía a la bobina en función de la posición del elemento de bomba, reduciendo sustancialmente de este modo la cantidad de fuerza y energía desperdiciada y la cantidad de calor producido.

De acuerdo con la invención, se proporciona un control de bomba como se expone en la reivindicación 1.

65 Preferentemente, la unidad de fuerza comprende un solenoide que tiene una bobina. También preferentemente, el elemento de bomba comprende un inducido y el sensor comprende un sensor de posición para detectar la posición del inducido. Además, preferentemente se aplica la energía a la bomba durante una carrera de succión para controlar la longitud de la carrera.

De acuerdo con otra realización, el sensor comprende por lo menos un transductor de presión que detecta un diferencial de presión. El circuito puede comprender un circuito de excitación que está acoplado a la bobina para aplicar energía eléctrica a la misma. Un procesador programado responde al sensor para controlar el circuito de excitación de forma tal que se entrega energía eléctrica a la bobina dependiendo de la posición del inducido.

De acuerdo con otra realización, el control puede comprender, además, un teclado numérico acoplado al circuito para ingresar parámetros de la bomba, y una pantalla también acoplada al circuito para mostrar una pluralidad de parámetros de la bomba.

En realizaciones alternativas, la bomba puede comprender una bomba dosificadora electromagnética o una bomba dosificadora hidráulica.

En una realización preferida de la presente invención, la bomba es una bomba dosificadora electromagnética que tiene un elemento de bomba movable que se puede mover sobre una longitud de carrera, que es variable de manera controlada en respuesta a la energía eléctrica aplicada a un solenoide. El control comprende un sensor de posición para detectar una posición del elemento de bomba movable y un circuito de excitación que responde al sensor y que modula la corriente eléctrica aplicada al solenoide. Se aplica la corriente al solenoide durante una carrera de succión dependiendo de la posición detectada del elemento de bomba para controlar la longitud de carrera del elemento de bomba movable.

En una realización preferida de la presente invención, el circuito modula la corriente eléctrica aplicada al circuito de excitación dependiendo de las características de funcionamiento del elemento de bomba para cebar automáticamente la bomba.

En una realización preferida de la presente invención, la bomba dosificadora tiene un elemento de bomba movable que se puede mover sobre una longitud de carrera, que es variable de manera controlada en respuesta a la energía eléctrica aplicada a un solenoide y comprende un sensor de posición para detectar una posición del elemento de bomba, y un circuito de excitación que responde al sensor. El circuito de excitación modula la corriente eléctrica aplicada al solenoide dependiendo de la posición del elemento de bomba para cebar automáticamente la bomba. El elemento de bomba se puede mover en las carreras de succión y de descarga y el circuito incluye medios para aumentar la energía aplicada al circuito de excitación durante una carrera de succión cuando una velocidad detectada del elemento de bomba es mayor que una cierta magnitud. El circuito incluye, además, medios para volver a aplicar energía a la unidad de excitación durante una carrera de descarga subsiguiente para cebar la bomba.

De acuerdo con todavía otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para cebar automáticamente una bomba, como se reivindica en la reivindicación 32.

En una reivindicación adicional de la presente invención, el circuito modula la corriente aplicada a la unidad de excitación, dependiendo de las características detectadas de funcionamiento del elemento de bomba, para controlar el cebado de la bomba, la longitud de carrera y la velocidad de carrera.

Controlando electrónicamente y automáticamente la longitud de carrera de la bomba, la presente invención elimina el control mecánico externo de ajuste de la longitud de carrera, mejorando por ello la precisión global de la bomba dosificadora. Además, la presente invención también contempla el cebado automático de la bomba dosificadora. El mismo hardware que controla electrónicamente la longitud de carrera de la bomba y la cantidad de energía aplicada al solenoide en función de la posición del elemento de bomba, también ceba automáticamente la bomba dosificadora. De este modo, el botón de cebado convencional puede ser eliminado, así como la necesidad de que un operador detecte una condición de pérdida de cebado y tome una acción correctiva.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1 y 2 son gráficos ideales que ilustran la fuerza del inducido desarrollada en función de la posición del inducido para bombas dosificadoras electromagnéticas de la técnica anterior;

la Figura 3 es una vista parcial en corte de una bomba dosificadora electromagnética que tiene un control de ajuste de longitud de carrera mecánico;

las Figuras 4 y 5 son vistas en corte parciales de una bomba dosificadora electromagnética que puede ser controlada según la presente invención;

las Figuras 6A y 6B son gráficos ideales similares a las Figuras 1 y 2 que ilustran la fuerza del inducido en función de la posición del inducido para la bomba de las Figuras 4 y 5;

las Figuras 7 y 8 son diagramas de ondas que ilustran la presión de cabeza, la posición del inducido y la forma de onda del pulso aplicado a las presiones del sistema 110 psi (758 KPa) y 30 psi (207 KPa), respectivamente, para la bomba ilustrada en las Figuras 4 y 5.

la Figura 9 es un diagrama de bloques de un control de bomba según la presente invención;

ES 2 296 673 T3

las Figuras 10A y 10B, cuando se unen a lo largo de las líneas rotuladas de forma similar, comprenden juntas un diagrama de flujo de una porción del programa ejecutado continuamente por el microprocesador de la Figura 9 para implementar la presente invención;

5 las Figuras 10C a 10G, cuando se unen a lo largo de las líneas rotuladas de forma similar, comprenden juntas un diagrama de flujo de una porción del programa ejecutado por el microprocesador de la Figura 9 para implementar la presente invención; y

la Figura 11 es un diagrama esquemático del circuito de excitación de la Figura 9.

Descripción de la realización preferida

15 Con referencia ahora a las Figuras 4 y 5, se ilustra una bomba dosificadora electromagnética 20 que incorpora la presente invención y que se puede mover de forma alternativa entre las carreras de succión y de descarga. Debería notarse que la presente invención es útil para controlar otros tipos de bombas, como bombas dosificadoras hidráulicas o cualquier otro aparato de bombeo. La bomba dosificadora 20 incluye un cuerpo principal 22 unido a un extremo con líquido 24. El cuerpo principal 22 aloja un actuador en forma de unidad de fuerza electromagnética (UFE) 26 que puede comprender un solenoide que tiene una bobina 28 y un inducido movable 30. La UFE 26 incluye además una
20 pieza polar 32 que, junto con la bobina 28 y el inducido 30 forman un circuito magnético.

El inducido 30 es cargado contra la izquierda (como se ve en las Figuras 4 y 5) por al menos un, y preferentemente por una pluralidad de resortes de retorno 34 separados circunferencialmente tales que, cuando no se provee excitación a la bobina 28, el inducido 30 descansa contra un tope mecánico 29.

25 Un eje 44 está acoplado a, y se mueve con, el inducido 30. El eje 44 está, a su vez, acoplado a un diafragma de bomba 46 el cual está acoplado de forma estanca entre el cuerpo principal 22 y el extremo con líquido 24. A medida que la bobina 28 se energiza y desenergiza, el inducido 30, el eje 44 y el diafragma 46 se mueven de forma alternativa entre las posiciones mostradas en las Figuras 4 y 5. Durante una carrera de succión de tal movimiento alternativo, se
30 extrae líquido hacia arriba a través de una primera conexión 50 pasando por una primera válvula de retención 52 y éste entra en una cavidad 54 del diafragma. Una segunda válvula de retención 56 se cierra durante la carrera de succión, como se muestra en la Figura 4. Como se muestra en la Figura 5, durante una carrera de descarga del movimiento alternativo, la primera válvula de retención 52 se cierra y la segunda válvula de retención 56 se abre permitiendo de este modo que el líquido se traslade entonces hacia arriba pasando por la segunda válvula de retención 56 y una
35 conexión 58, y hacia afuera de la bomba 20.

Se proporciona un sensor de posición 60 que tiene un eje 62 en contacto con el inducido 30 y desarrolla una señal representativa de la posición del inducido 30. Si se desea, el sensor de posición 60 puede ser reemplazado por uno o más transductores que desarrollan señales que representan la diferencia entre la presión encontrada por el diafragma
40 46 y la presión del fluido en el punto de inyección del líquido desde la bomba. En este caso, la energía suministrada a la bobina 28 es controlada de forma tal que esta diferencia de presión se mantenga baja pero, no obstante, finalizará la carrera de descarga dentro de una longitud de tiempo deseada.

Se proporciona un circuito generador de pulsos 64 en una cavidad 66. Como se ve en la Figura 9, el generador de pulsos comprende una serie de componentes del circuito que incluye un microprocesador 68 que es sensible a un
45 circuito de detección de cero 70 y que desarrolla señales para controlar un circuito de excitación 72 mostrado con mayor detalle en la Figura 11. En la realización preferida, el microprocesador 68 desarrolla señales de control que son suministradas mediante una entrada IN de un optoaislador 73 a elementos de conmutación interconectados, tales como SCR (rectificadores controlados de silicio) Q1 y Q2 u otros dispositivos tales como IGBT (transistores bipolares de
50 puerta aislada), MOSFET (transistores de efecto de campo semiconductores de óxido metálico) de potencia u otros. Los resistores R1-R5, los diodos D1 y D2 y el capacitor C1 proporcionan filtrado y polarización adecuados cuando se necesita. Los SCR Q1 y Q2 proporcionan corriente de fase controlada, la cual es rectificada por el rectificador de onda completa que comprende los diodos D3-D6, y suministrada a la bobina 28. Si se desea, el microprocesador 68 puede controlar, en cambio, el circuito de excitación 72 para suministrar corriente modulada por ancho de pulso o corriente
55 continua CC variable real a la bobina 28.

Como se muestra también en la Figura 9, el microprocesador 68 puede estar acoplado a un teclado numérico 80 y a una pantalla 82, así como a otros circuitos 84 de entrada/salida (E/S) según se desee o requiera. El teclado numérico 80 es el mecanismo para fijar los parámetros de control de la bomba, por ejemplo, un volumen de carrera porcentual,
60 velocidad de carrera (carreras por minuto) y/o caudal (volumen bombeado en el tiempo), para cualquier modo de operación de la bomba. Como se indicará con mayor detalle de aquí en más, el microprocesador 68 calcula la longitud de carrera real utilizando el volumen de carrera porcentual y los factores de corrección FC1 y FC2 que corrigen la relación no lineal entre la salida de volumen real por carrera y la longitud de carrera real.

65 La bomba según la presente invención puede funcionar en uno de diversos modos, que incluyen un modo de operación totalmente manual, un modo de operación semiautomático y un modo de operación totalmente automático. Para operar la bomba en el modo de operación totalmente manual, el operador introduce manualmente en cualquier orden tanto un volumen de carrera porcentual deseado como una velocidad de carrera. Después de que los parámetros

han sido introducidos, el microprocesador 68 calcula entonces la longitud de carrera y el caudal correspondiente a los parámetros introducidos y a partir de entonces controla la bomba de acuerdo con los parámetros calculados.

Para operar la bomba según la presente invención en un modo semiautomático, el operador introduce manualmente el caudal deseado y, o el volumen de carrera porcentual o la velocidad de carrera deseados mediante el teclado numérico 80, y entonces el microprocesador 68 calcula los parámetros necesarios (es decir, la longitud de carrera y, si no fue introducido por el usuario, la velocidad de carrera) correspondientes a los parámetros introducidos. La bomba es operada a partir de entonces de acuerdo con la longitud de carrera y la velocidad de carrera introducidos o calculados.

Para operar la bomba según la presente invención en un modo totalmente automático, el operador introduce manualmente el caudal deseado mediante el teclado numérico 80 y entonces el microprocesador 80 determina tanto la velocidad de carrera como la longitud de carrera y opera la bomba según los parámetros determinados.

Si no es seleccionada por el usuario la programación de uno de los modos de operación anteriores, la bomba opera según o los parámetros previamente programados, o los parámetros por defecto, si no han sido programados parámetros previamente.

Para todos los modos de operación, los parámetros introducidos, así como los parámetros calculados o determinados, son mostrados en la pantalla 82.

Controlando la energía aplicada a la bobina 28, el microprocesador 68 es capaz de controlar electrónicamente la longitud de carrera de la bomba 20. En otras palabras, una vez que los parámetros deseados son introducidos mediante el teclado numérico 80, o fijados a los valores por defecto, el microprocesador 68 da instrucciones al circuito de excitación 72 de aplicar una cantidad de energía a la bobina 28 durante la carrera de succión, disminuyendo de este modo la velocidad de carrera y deteniendo el inducido 30 en la longitud de carrera programada o por defecto. El inducido 30 entonces queda suspendido o permanece detenido en la longitud de carrera programada o por defecto durante un período de tiempo.

Después de que el inducido 30 queda suspendido en la longitud de carrera programada o por defecto, se aplica nuevamente energía a la bobina 28 para comenzar una carrera de descarga. Durante la carrera de descarga, se aplica la energía a la bobina en función de la posición del inducido 30. Ventajosamente, sólo se aplica a la bobina 28 la cantidad de energía necesaria para completar la carrera de descarga, de forma tal que no se desperdicia fuerza ni energía y de forma tal que las partes mecánicas que están dentro de la bomba no están sujetas a un desgaste indebido resultante de la aplicación de un exceso de fuerza durante las carreras de la bomba.

Las Figuras 6A y 6B ilustran el seguimiento de la fuerza UFE desarrollada durante una carrera de descarga a la presión del sistema, en función de la posición del inducido para la bomba de las Figuras 4 y 5. Puede verse que se desperdicia relativamente poca energía durante la carrera de descarga y, por lo tanto, se reduce el ruido (porque el inducido no golpea ruidosamente en la pieza polar 32 al final de la carrera) a la vez que se generan menores niveles de calor.

Además de controlar electrónicamente la longitud de carrera, el control de la presente invención también detecta automáticamente una pérdida de cebado y, cuando se detecta tal condición, el control ceba la bomba y lleva de nuevo a la bomba a condiciones normales de operación después de que la bomba es cebada o después de un tiempo predeterminado siguiente a la detección de pérdida de cebado. Durante condiciones normales de operación de la bomba, puede detectarse una cantidad en exceso de aire en la bomba, indicando una falta de cebado. La bomba detecta la presencia de aire o gas en la bomba detectando una velocidad de carrera mayor que una cierta magnitud programada. El sensor de posición 60 detecta la posición del inducido 30 y el procesador 68 calcula el cambio de posición en función del tiempo, determinando de este modo la velocidad de carrera y detectando un incremento de la misma.

Después de que la bomba detecta una pérdida de cebado mediante la detección de una velocidad de carrera mayor que el nivel programado, el procesador 68 controla la energía aplicada por el circuito de excitación 72 a la bobina 28 durante una o más carreras de succión subsiguientes para detener el inducido 30 cerca o en una posición eléctrica máxima de la longitud de carrera, evitando de este modo que el inducido 30 haga contacto con el tope mecánico 29 (y que se origine un desgaste del mismo) mostrado en las Figuras 4 y 5. Después de que el inducido 30 es detenido en, o cerca de, la posición eléctrica máxima de la longitud de carrera, el generador de pulsos aplica corriente a la bobina 28, incrementando de este modo la velocidad de carrera del inducido 30 hasta un máximo durante una o más carreras de descarga subsiguientes. Esta operación continúa durante las subsiguientes carreras de succión y descarga hasta que la bomba está llena de nuevo con líquido. En este punto, el microprocesador 68 detecta una reducción de la velocidad de carrera por debajo de un cierto nivel (que indica que la bomba ha sido cebada) y el microprocesador 68 vuelve a los valores fijados para la bomba que estaban efectivamente en el momento en que fue detectada la condición de pérdida de cebado. Esta reanudación de los valores previos fijados de la bomba es, alternativamente, llevada a cabo preferentemente en un momento predeterminado siguiente a la detección de pérdida de cebado, independientemente de si el microprocesador 68 detecta la reducción de la velocidad de carrera por debajo de cierto nivel. De este modo, se volverán a adoptar los valores previos fijados para la bomba después del tiempo predeterminado en caso de que se haya reducido el suministro de líquido para la bomba.

ES 2 296 673 T3

Las Figuras 7 y 8 ilustran la operación de la presente invención durante las carreras de succión y descarga a la presión de sistema de 110 psi (758 KPa) y a la presión de sistema de 30 psi (207 KPa), respectivamente (la presión de sistema es la presión de líquido en el punto de inyección de un líquido entregado por la bomba 20 en un conducto que contiene otro líquido a presión). Como ilustra cada uno de los diagramas de onda de las Figuras 7 y 8, los pulsos rectificados de media onda son de fases apropiadamente controladas (es decir, ya sea un ciclo de media onda completo o una porción ajustable de manera controlada de un ciclo de media onda) y son aplicados a la bobina 28 durante la carrera de descarga en función de la posición del inducido 30 (detectada por el sensor 60) de forma tal que sólo es suministrada a la bobina 28 la energía exacta para mover el inducido 30 la longitud de carrera entera sin desperdiciar cantidades significativas de fuerza y energía y sin generar cantidades significativas de calor. También son aplicados a la bobina 28 pulsos rectificados de media onda con fases apropiadamente controladas, durante la carrera de succión en función de la posición del inducido 30 (también detectada por el sensor) para controlar electrónicamente la longitud de carrera.

En los diagramas de onda de la Figura 7, la presión de cabeza (es decir, la presión de fluido a la cual está expuesto el diafragma 46) varía entre 35 psi (241 KPa) y 150 psi (1034 KPa) durante la carrera de descarga (es decir, durante el movimiento del inducido 30 y el diafragma 46 entre la posición mostrada en la Figura 4 y la posición mostrada en la Figura 5). No se descarga fluido hasta que la presión de cabeza es mayor que la presión del sistema. En otras palabras, a pesar de que la carrera de descarga comienza cuando la presión de cabeza es de aproximadamente 35 psi (241 KPa), el fluido no es descargado hasta que la presión de cabeza excede la presión de sistema de 110 psi (758 KPa). Durante la carrera de succión, la presión de cabeza permanece sustancialmente constante.

En el caso de los diagramas de onda de la Figura 8, la presión de cabeza varía entre 20 psi (138 KPa) y 57 psi (393 KPa) a medida que el inducido 30 se mueve sobre la longitud de carrera durante una carrera de descarga. Como en la Figura 7, no se descarga fluido hasta que la presión de cabeza es mayor que la presión del sistema. En otras palabras, a pesar de que la carrera de descarga comienza cuando la presión de cabeza es de aproximadamente 20 psi (138 KPa), el fluido no es descargado hasta que la presión de cabeza es mayor que 30 psi (207 KPa). Nuevamente, la presión de cabeza permanece sustancialmente constante durante la carrera de succión.

En ambas Figuras, 7 y 8, la energía es inicialmente eliminada de la bobina 28 al inicio de la carrera de succión y, después de un corto espacio de tiempo, el inducido 30 comienza a moverse hacia una posición retraída bajo la influencia de los resortes de retorno 34. Entonces se aplican pulsos de media onda de fase controlada a la bobina 28 para desacelerar y detener el inducido 30 en una cierta posición correspondiente a la longitud de carrera ordenada. Entonces se aplican pulsos de media onda con fase apropiadamente controlada a la bobina 28 para hacer que el inducido 30 quede "suspendido" en esa cierta posición durante un intervalo de tiempo predeterminado. Entonces se aplican a la bobina 28 pulsos sinusoidales rectificados de media onda para comenzar la carrera de descarga, en la cual los pulsos son de fase controlada para obtener anchos de pulso que producen una condición justo debajo de, o exactamente en, la saturación de la UFE 26. De este modo, el inducido 30 es acelerado lo más rápido posible hacia una posición extendida (también denominada posición de "fondo") sin generación ni disipación de exceso de calor. A partir de entonces, se aplican pulsos más estrechos durante la carrera de descarga a medida que el inducido 30 se mueve hacia la posición de fondo. Después de que se alcanza dicha posición al final de la carrera de descarga, se elimina la energía de la bobina 28 y, después de un corto espacio de tiempo, el inducido 30 comienza a moverse hacia una posición retraída bajo la influencia de los resortes de retorno 34, iniciándose de este modo la carrera de succión del siguiente ciclo completo de bombeo como se indicó anteriormente.

Con referencia de nuevo a la Figura 9, el circuito de excitación de la UFE recibe la corriente alterna procedente de una unidad de suministro de energía 74, que también suministra energía al microprocesador 68 y a un circuito interfaz 76 de medición de señal que recibe una señal de salida desarrollada por el sensor de posición 60. El circuito de detección de cero 70 detecta puntos de cruce en cero de las ondas de corriente alterna y proporciona una señal de interrupción al microprocesador 68 con el fin descrito a continuación.

El microprocesador 68 es programado convenientemente para ejecutar varias rutinas de control, porciones de las cuales se ilustran en las Figuras 10A-10G. Las rutinas de control principales de la presente invención incluyen programación para controlar automáticamente la longitud de carrera del inducido 30 y para cebar y recibir automáticamente y electrónicamente la bomba (Figuras 10C-10G). Cada rutina de control incluye programación para aplicar energía al solenoide en función de la posición del inducido 30.

El programa de las Figuras 10A y 10B es ejecutada continuamente, pero es pausado periódicamente en respuesta a la generación de una señal de interrupción para permitir la ejecución del programa de las Figuras 10C-10G. Este programa de las Figuras 10A y 10B incluye comandos para advertir a un usuario de introducir uno o más parámetros operacionales para la bomba. Con referencia ahora a la Figura 10A, un bloque 204 hace una comprobación para determinar si ha sido fijada una señal de bomba encendida indicando que la bomba está actualmente encendida (un usuario puede presionar una tecla de comienzo/parada del teclado numérico 80 para fijar o borrar la señal de bomba encendida). Si esto es cierto, un bloque 206 determina si un temporizador de intervalo de carrera se iguala a un parámetro denominado "intervalo de carrera". El intervalo de carrera representa el período de un ciclo de bombeo completo. Durante el primer paso por el programa, el intervalo de carrera se fija igual a un valor por defecto y a partir de entonces el intervalo de carrera es determinado por los bloques 240 y 242 de la Figura 10B. El temporizador de intervalo de carrera comienza a cronometrar al final de la carrera de descarga. Cuando el temporizador de intervalo de carrera se iguala al intervalo de carrera, un bloque 207 determina la longitud de carrera para el siguiente ciclo

ES 2 296 673 T3

de carrera. El bloque 207 calcula la longitud de carrera correspondiente al volumen de carrera porcentual utilizando los factores de corrección FC1 y FC2. El factor de corrección FC1 depende del modelo particular de la bomba y se determina empíricamente y se programa en fábrica. El factor de corrección FC2 es obtenido del modo indicado a continuación, en relación con la Figura 10E.

Después de que la longitud de carrera ha sido determinada, un bloque 208 fija una señal indicando que una carrera está pendiente. Entonces, un bloque 210 reinicializa el temporizador de intervalo de carrera a cero.

Si el bloque 204 determina que la bomba no está encendida, un bloque 212 reinicializa el temporizador de intervalo de carrera a cero y mantiene el temporizador a dicho valor hasta que se fija la señal de bomba encendida. El control pasa de los bloques 210 y 212 al bloque 214. El bloque 214 ordena al sistema cumplir otras tareas que incluyen actualizar la pantalla, monitorizar las entradas del teclado numérico, monitorizar las entradas del sistema y actualizar la memoria.

Después del bloque 214, un bloque 216 determina si ha sido seleccionada la programación de un modo de operación. Si no, el control pasa inmediatamente al bloque 238, Figura 10B. En caso contrario, un bloque 218 (Figura 10A) hace que la pantalla 82 muestre un menú advirtiéndolo al usuario, entre otras cosas, que indique si se desea la programación de la bomba. Un bloque 220 entonces determina si el usuario ha seleccionado la programación de un modo de operación de la bomba. De ser así, el control pasa al bloque 224, Figura 10B.

Con referencia ahora a la Figura 10B, el bloque 224 determina si el usuario seleccionó el modo de operación totalmente automático. Si este es el caso, un bloque 226 advierte al usuario de introducir un caudal y entonces el control pasa al bloque 238. Si el bloque 224 determina que el usuario no seleccionó el modo de operación totalmente automático, un bloque 228 determina si el usuario seleccionó el modo de operación semiautomático. De ser así, un bloque 230 advierte al usuario de introducir un caudal deseado y ya sea una velocidad de carrera deseada o un volumen de carrera porcentual deseado. Después de que el usuario introduce los parámetros deseados, el control pasa al bloque 238.

Si el bloque 228 determina que el usuario no seleccionó el modo de operación semiautomático, un bloque 232 determina si el usuario seleccionó el modo de operación manual. De ser así, un bloque 234 advierte al usuario de introducir una velocidad de carrera deseada y un volumen de carrera porcentual deseado, y entonces el control pasa al bloque 238. Así mismo, el control pasa directamente al bloque 238 (pasando por alto el bloque 234) si el bloque 232 determina que el usuario no ha seleccionado el modo manual. De este modo, el bloque 232 proporciona al usuario una oportunidad de salir de la programación del modo de operación aún después de indicar el deseo de programar la bomba.

Una vez que ha sido determinado el modo de operación de la bomba, el bloque 238 determina si ha sido fijada una señal que indica que debe producirse el cebado de la bomba. De ser así, un bloque 240 fija el volumen de carrera porcentual al 100%, la velocidad de carrera igual a la velocidad de carrera de cebado y el intervalo de carrera igual al intervalo de carrera de cebado. La velocidad de carrera de cebado y el intervalo de carrera de cebado son valores determinados empíricamente que hacen que el inducido se mueva a una velocidad suficientemente rápida para llevar a cabo el cebado de la bomba. Si se desea, el usuario alternativamente puede establecer valores para la velocidad de carrera de cebado y para el intervalo de carrera de cebado. Si el bloque 238 determina que no debe llevarse a cabo el cebado, un bloque 242 calcula el volumen de carrera porcentual y/o la velocidad de carrera y/o el intervalo de carrera, dependiendo de los parámetros introducidos en los bloques 224-234 o de los parámetros de la bomba por defecto. El control regresa de los bloques 240, 242 al bloque 204, Figura 10A.

Con referencia ahora a la Figura 10C, una vez que el microprocesador 68 determina que debe ser ejecutado el software ilustrado en las Figuras 10C-10E, un bloque 296 comprueba la salida del circuito 76 de medición de señal para detectar la posición del inducido 30. Entonces, un bloque 298 opera el circuito interfaz 76 de medición de señal para detectar la magnitud del voltaje de la corriente alterna suministrada por la unidad de suministro de energía 74. Después del bloque 298, un bloque 300 hace una comprobación para determinar si ha sido fijada una señal interna del microprocesador 68 indicando que ha sido suspendido el bombeo. Si este es el caso, el control pasa al bloque 370 para determinar si han transcurrido 30 segundos. De ser así, un bloque 372 borra o reinicializa el modo suspendido y el control retorna al bloque 296 a la recepción de la siguiente interrupción. Si el bloque 370 determina que no han transcurrido 30 segundos, el control pasa al bloque 396, Figura 10G.

Si el bloque 300 determina que no se ha suspendido el bombeo, un bloque 302 hace una comprobación para determinar si todavía está en curso una carrera de descarga del inducido 30. Si no está en curso una carrera de descarga, un bloque 308 hace una comprobación para determinar si el inducido ha completado una carrera de succión (es decir, si el inducido 30 ha alcanzado una posición de final de carrera). Esto se lleva a cabo comprobando el estado de una señal denominada RETORNO DE CARRERA DE SUCCIÓN COMPLETO. Si el retorno de la carrera de succión no está completo, el control pasa al bloque 309, Figura 10F. De lo contrario, el control pasa al bloque 310, el cual inicializa una variable CMO (que significa número de ciclos de media onda) a un valor de cero.

Después del bloque 310, un bloque 314 calcula un nivel de energía media máxima EMMAX que no debe excederse durante una carrera de descarga, como sigue:

ES 2 296 673 T3

$$APMAX = \frac{ECMAX * CPM MAX * LCAMAX}{CPM * LCA}$$

5 donde ECMAX es un valor almacenado determinado empíricamente que representa la energía máxima continua por carrera de descarga permitida a la longitud de carrera máxima (LCAMAX), velocidad de carrera máxima (CPM MAX) y presión máxima (LCAMAX y CPM MAX son almacenadas también) y donde CPM es la velocidad de carrera y LCA es la longitud de carrera. El valor de EMMAX representa la energía máxima a ser aplicada a la bobina 28, más allá de la cual no se producirá más trabajo útil durante una carrera de descarga (de hecho, ocurrirá un deterioro del
10 rendimiento y calentamiento).

El bloque 314 también de manera inherente adecúa un incremento en la energía hacia la unidad de fuerza durante la carrera de descarga para condiciones de fluidos de alta viscosidad. En otras palabras, la bomba de la presente invención es capaz de detectar automáticamente una condición de fluido de alta viscosidad (detectando la posición y
15 la velocidad del inducido) y puede incrementar la energía aplicada a la unidad de fuerza durante la carrera de descarga para completar con éxito la carrera durante esta condición de fluido.

De este modo, durante una condición de fluido de alta viscosidad, la energía media máxima EMMAX por carrera de descarga puede incrementarse hasta un valor determinado empíricamente que es mayor que la energía máxima continua por carrera de descarga ECMAX. En este caso, el valor de EMMAX puede incrementarse hasta un nivel de,
20 por ejemplo, el 150% de ECMAX. Con el fin de incrementar la energía media máxima por carrera EMMAX hasta dicho valor incrementado, la velocidad de carrera CPM debe disminuirse hasta un nivel menor que la velocidad de carrera máxima CPM MAX. Si la velocidad de carrera CPM no se disminuye hasta un nivel menor que la velocidad de carrera máxima CPM MAX, entonces la energía media máxima por carrera EMMAX durante una condición de fluido de alta viscosidad no puede exceder la energía máxima continua por carrera de descarga ECMAX por defecto.
25

Después del bloque 314, un bloque 316 inicializa variables ETC (que significa energía total de la carrera durante una carrera de descarga), CFIC (un contador de final de carrera que se incrementa al final de la carrera de descarga) y CFC (un contador de fallo de carrera que se incrementa al final de una carrera de descarga fallida) a cero.
30

Después del bloque 316, y después del bloque 302 si se ha determinado que todavía está en curso una carrera de descarga, un bloque 318 incrementa el valor de CMO en uno y el control pasa al bloque 320, Figura 10D. El bloque 320 hace una comprobación para determinar si el valor de CMO es menor o igual que tres. Si se encuentra que esto es cierto, el control pasa al bloque 322, el cual lee un valor almacenado MAXCMOET y que representa el ciclo de media onda máximo en el tiempo (es decir, el ancho o duración máxima del pulso de media onda). Este valor es dependiente de la frecuencia de la corriente alterna AC suministrada a la unidad de suministro de energía 74.
35

Un bloque 324 entonces establece el valor de la variable CMOETCARRERA (que significa ciclo de media onda en el tiempo para esa carrera de descarga) en un valor igual a MAXCMOET menos un término de compensación de voltaje COMPV y menos un término de ajuste de la longitud de carrera LCA. Debería notarse que cualquiera o ambos COMPV y LCA pueden ser calculados o determinados de acuerdo con datos obtenidos empíricamente y/o pueden ser dependientes de un parámetro. Por ejemplo, cada uno de una serie de valores determinados empíricamente positivos y/o negativos de COMPV puede ser almacenado en una tabla de búsqueda en una dirección dependiente del valor de la magnitud de voltaje de la línea de corriente alterna AC detectado por el bloque 298 de la Figura 10C. El término LCA puede ser determinado de acuerdo con la longitud de carrera. Específicamente, cada uno de una serie de valores determinados empíricamente de LCA puede ser almacenado en una tabla de búsqueda en una dirección dependiente de la longitud de carrera. Después del bloque 324, un bloque 326 entonces opera el circuito de excitación 72 de la UFE de forma tal que se aplica a la bobina 28 un pulso rectificado de media onda de fase controlada, de duración determinada por el valor actual de CMOETCARRERA.
40
45

A partir de entonces, un bloque 328 calcula la energía aplicada a la bobina 28 por el bloque 326 y un bloque 330 acumula un valor ETC que representa la energía total aplicada a la bobina 28 sobre la carrera de descarga entera. El valor ETC es igual a la energía acumulada de los pulsos previos aplicados a la bobina 28 durante la carrera de descarga actual además de la energía aplicada por el bloque 326 en el paso actual a través del programa.
50

Si el bloque 320 determina que el valor de CMO es mayor que 3, un bloque 340 hace una comprobación para determinar si la posición del inducido 30 es mayor que el 90% de la longitud total de carrera (en otras palabras, el bloque 340 hace una comprobación para determinar si el inducido 30 ha recorrido más del 90% de la longitud de carrera calculada durante la actual carrera de descarga). Si esto no es cierto, el valor CMOET es calculado por el
60 bloque 342 como sigue:

$$CMOET = CMOETCARRERA - CORR$$

Cada uno de la serie de valores para el término CORR de la ecuación anterior puede ser almacenado en una tabla de búsqueda en una dirección dependiente de la distancia recorrida por el inducido 30 desde el último ciclo, la posición actual del inducido 30 así como el valor actual de CMO (es decir, el número de medias ondas que han sido aplicadas a la bobina 28 durante la carrera actual). La función del bloque 342 es reducir la energía aplicada durante cada ciclo a
65

ES 2 296 673 T3

medida que se desarrolla la carrera. A partir de entonces, un bloque 344 opera el circuito de excitación 72 para aplicar un pulso rectificado de media onda, de fase apropiadamente controlada de acuerdo con el valor de CMOET, a la bobina 28. Después del bloque 344, el control pasa al bloque 328.

- 5 Si el bloque 340 determina que la posición del inducido 30 está dentro del 10% de la longitud de carrera deseada o calculada, un bloque 346 controla el circuito de excitación 72 de la UFE para aplicar a la bobina 28 un voltaje suficiente para sostener el inducido en la longitud de carrera durante un período de tiempo seleccionado, tal como 50 milisegundos, determinado por el contador de final de carrera CFIC. Preferentemente, este voltaje es seleccionado para proporcionar apenas suficiente fuerza de sostén para mantener el inducido 30 en el final del límite del recorrido
10 pero no es tan alta como para producir una cantidad significativa de energía desperdiciada. Después del bloque 346, un bloque 348 incrementa el contador de final de carrera CFIC en uno y el control pasa al bloque 328.

- Una vez que la energía del ciclo actual y la energía total de la carrera han sido calculadas por los bloques 328 y 330, un bloque 350 hace una comprobación para determinar si el valor de CMO es menor o igual que un valor máximo de ciclo de media onda MAXCMO almacenado por el microprocesador 68. Si esto es cierto, el control pasa al bloque 352, Figura 10E, que hace una comprobación para determinar si el valor actual almacenado en el contador de final de carrera CFIC es mayor o igual que 4. Si esto no es cierto, el control retorna al bloque 296 de la Figura 10C a la recepción de la siguiente interrupción. Por otra parte, si el CFIC es mayor o igual que 4, el control pasa al bloque 354, el cual hace una comprobación para determinar si la energía total de la carrera calculada ETC es menor o igual que la energía media máxima calculada por el bloque 314 de la Figura 10C. Si esto también es cierto, una señal es fijada por un bloque 356 indicando que la carrera actual ha sido completada con éxito. El bloque 356 también reinicializa la señal de carrera pendiente, inicializa un temporizador de 50 milisegundos a cero y actualiza el segundo factor de corrección FC2. El factor FC2 es actualizado basándose en el valor de ETC calculado durante la carrera actual, el tiempo total de la carrera de descarga y los valores previos de FC2 calculados por el bloque 356 durante pasos previos
20 del programa. Puede verse que FC2 es actualizado al final de cada carrera exitosa y, como se indicó anteriormente, el valor del mismo es utilizado por el bloque 207 de la Figura 10A para determinar la longitud de carrera.

- Entonces, un bloque 357 aplica energía a la bobina 28 para mantener el inducido 30 en la posición de fondo. Esto se lleva a cabo ejecutando el software representado con detalle en la Figura 10G (el cual es descrito con mayor detalle
30 más abajo). Un bloque 358 entonces reinicializa la señal que indica que ha sido completado el retorno de la carrera de succión, y un bloque 359 finaliza la carrera.

- Si el bloque 354 determina que la energía total de la carrera excede el valor de la energía media máxima calculada por el bloque 314, un bloque 360 fija una señal indicando que la carrera actual ha sido completada sin éxito, y reinicializa una señal que indica que no está pendiente una carrera de descarga. El bloque 360 además inicializa el temporizador de 50 milisegundos a cero. Entonces, un bloque 362 incrementa el contador de fallos de carrera en 1 y un bloque 364 hace una comprobación para determinar si el contador de fallos de carrera CFC tiene un valor actual mayor que 5. Si esto es cierto, es fijada una señal por un bloque 366 indicando que la carrera de descarga actual ha sido situada en modo suspendido y un bloque 368 inicia un temporizador que es capaz de funcionar para mantener la
40 señal de modo suspendido durante un cierto período de tiempo, por ejemplo 30 segundos. Entonces, el control retorna, a la recepción de la siguiente interrupción, al bloque 296, Figura 10C, después de lo cual un bloque 370 hace una comprobación para determinar si el temporizador de 30 segundos ha expirado. Una vez que esto ocurre, un bloque 372 borra o reinicializa la señal de modo suspendido.

- 45 Después del bloque 372, o después del bloque 370 si el temporizador de 30 segundos no ha expirado, el control retorna al bloque 296, Figura 10C, a la recepción de la siguiente interrupción.

- Si el bloque 364 determina que el valor actual del contador de fallos de carreras CFC no es mayor que 5, el control pasa, a la recepción de la siguiente interrupción, al bloque 296 de la Figura 10C.

- 50 Como debería ser evidente, el efecto de la programación anterior durante cada carrera de descarga es inicialmente aplicar dos pulsos de media onda rectificados de fase controlada de acuerdo con el valor de COMPV y LCA a la bobina 28 y, a partir de entonces, aplicar pulsos de media onda rectificados de fase controlada hasta que se alcance el límite del 90% de longitud de carrera. Debería notarse que la bomba alternativamente puede ser programada de forma tal que sean aplicados inicialmente tres pulsos de media onda rectificados (también de fase controlada de acuerdo con el valor de VCMOP y LCA) a la bobina 28. En general, los anchos de pulso se disminuyen durante este intervalo hasta que se alcanza el punto de 90% y, a partir de entonces, se aplica la energía de sostén a la bobina 28. A medida que se aplican pulsos a la bobina 28, se acumula la energía aplicada a la bobina durante la carrera y, si el nivel de energía excede el nivel de energía media máxima, se llega a la conclusión de que se ha completado una carrera sin éxito. Si se completaron sin éxito cinco o más carreras se suspende durante 30 segundos la operación posterior de la bomba 20.
60

- La rutina de control principal para controlar electrónicamente la longitud de carrera y para cebar y recebar automática y electrónicamente la bomba cuando sea necesario, es ilustrada en la Figura 10F. Se emprende la programación de la Figura 10F si el bloque 308 de la Figura 10C determina que el retorno de la carrera de succión actual no es completo.
65

Si la carrera de succión no es completa, el bloque 309 determina si está en curso una carrera de succión comprobando si la señal de CARRERA PENDIENTE ha sido fijada por el bloque 208 (Figura 10A). Si no, el control pasa

al bloque 396, Figura 10G. Por otra parte, si la carrera está pendiente, el bloque 380 prueba si se ha producido una pérdida de cebado en la bomba midiendo la velocidad de carrera o la velocidad del inducido 30 durante una carrera de retorno o de succión. Entonces, un bloque 382 determina si se ha detectado una pérdida de cebado durante la carrera de succión. Si se ha detectado una pérdida de succión, un bloque 384 determina si se ha permitido el cebado automático. Si se ha permitido el cebado automático, un bloque 386 establece la longitud de carrera al máximo valor eléctrico y fija una señal indicando que se está cebando la bomba. Entonces, un bloque 388 aplica energía a la bobina 28 para detener el inducido 30 en la longitud de carrera eléctrica máxima antes que éste golpee el tope mecánico 29 mostrado en las Figuras 4 y 5. Si el bloque 382 determina que no ha sido detectada una pérdida de cebado o si el bloque 384 determina que no se ha permitido el cebado automático, el control pasa al bloque 387, el cual reinicializa una señal indicando que no se está cebando la bomba. Entonces, el control pasa al bloque 388, donde se aplica energía a la bobina 28 durante la carrera de succión para controlar la longitud de carrera según los parámetros introducidos, calculados o por defecto. La energía aplicada a la bobina durante la carrera de succión tiene un nivel que permite que los resortes de retorno 34 retraigan el inducido 30 a una velocidad controlada.

Después del bloque 388, un bloque 390 entonces hace una comprobación para determinar si el inducido 30 se ha movido una distancia mayor o igual que la longitud de carrera. Si esto no es cierto, el control retorna al bloque 296, Figura 10C, cuando se recibe la siguiente interrupción. Alternativamente, si el bloque 390 determina que el inducido 30 se ha movido una distancia mayor o igual que la longitud de carrera, un bloque 391 incrementa un temporizador de final de carrera de succión. Entonces, un bloque 392 comprueba este temporizador para determinar si ha transcurrido un período de tiempo predeterminado, por ejemplo, 50 milisegundos, desde el momento en que la posición del inducido 30 igualó o excedió primero la longitud de carrera. Se proporciona este período de tiempo para permitir que una bola de válvula 385 de la primera válvula de retención 52 caiga hacia abajo y cierre contra un asiento de la válvula 52. Si ha transcurrido el período de tiempo predeterminado, un bloque 394 fija una señal indicando que ha sido completada una carrera de succión y el control pasa al bloque 296, Figura 10C, a la recepción de la siguiente interrupción. Si no ha transcurrido ese período de tiempo predeterminado, el control entonces pasa por alto el bloque 394.

La Figura 10G ilustra porciones de la rutina de control cuando se ha suspendido el bombeo o durante el tiempo de intervalo entre carreras (es decir, el tiempo entre sucesivos ciclos de carrera) para la bomba dosificadora electromagnética de la presente invención. Una vez que esto ha sido determinado por el bloque 370 de la Figura 10C, o una vez que el bloque 309 de la Figura 10F ha determinado que no está pendiente una carrera de succión, el control pasa al bloque 396, Figura 10G, el cual mide la posición del inducido 30. Un bloque 398 entonces hace una comprobación para determinar si el inducido 30 está en la posición de fondo o totalmente extendido. Si esto no es cierto, un bloque 400 inicializa o reinicializa el inducido a la posición de fondo; si el inducido está en la posición de fondo, un bloque 402 aplica suficiente energía a la bobina 28 para mantener el inducido en tal posición. Entonces el control pasa de los bloques 400 y 402 al bloque 296, Figura 10C, cuando se recibe la siguiente interrupción.

La presente invención obtiene importantes ventajas sobre otras bombas:

1. La presente bomba puede implementar un control de ajuste de carrera automático electrónico, obviando por ese motivo la necesidad de un mango de ajuste de carrera u otro control de ajuste de carrera mecánico.

2. La presente bomba puede detectar automáticamente una condición de pérdida de cebado y proporciona un control de cebado automático, obviando por ese motivo la necesidad de un botón de cebado u otros dispositivos de cebado.

3. La bomba utiliza menos energía que otras bombas de capacidad comparable, porque ésta aplica la energía en función de la posición del inducido.

4. La bomba tiene menos movimiento que las bombas electromagnéticas convencionales comparables gracias a que el inducido 30 golpea menos al final de la carrera debido a la reducción de energía (la aplicación de energía en función de la velocidad y posición del inducido) cuando el inducido 30 está a punto de hacer contacto con la pieza polar 32. También se mejora la precisión porque hay menor inercia de fluido al final de la carrera de descarga lo cual, aparte de eso, podría dar como resultado un sobrebombeo, especialmente bajo ciertas circunstancias.

5. La presente metodología de control da como resultado una mayor vida útil de la bomba gracias a la reducción de tensiones sobre los diversos componentes. También se mejora la precisión porque la longitud de carrera tendrá una menor tendencia a aumentar con el tiempo. Además, se reduce el calor y por lo tanto la expansión térmica, y los resortes de retorno pueden hacerse menos rígidos, dando como resultado, por ello, tensiones menores.

6. Una bomba que incorpora la presente invención puede bombear materiales más viscosos cuando el material está a una presión menor que la capacidad de presión máxima. El software detecta automáticamente una condición de fluido de alta viscosidad gracias a la detección de la posición del inducido con respecto al tiempo e incrementa la energía hasta un 50% para forzar el fluido viscoso a través del extremo con líquido 24. Esto también contribuye a la exactitud gracias a la capacidad para completar la carrera aún si el producto químico se hace vuelve viscoso sólo temporalmente.

7. Una bomba que incorpora la presente invención puede ser utilizada a un voltaje mayor que su capacidad sin sobrecalentamiento gracias a la capacidad para retirar paulatinamente (es decir, reducir) la energía aplicada a la bobina,

ES 2 296 673 T3

a medida que se requiera. Esto también significa que una bomba que incorpora la presente invención no requiere diferentes bobinas para diferentes capacidades de voltaje.

5 8. Una bomba que utiliza la presente invención es programable externamente en el sentido de que pueden cambiarse las características de bombeo cambiando la programación del microprocesador.

10 Como se indicó anteriormente, la presente invención no está limitada a su uso con una bomba dosificadora electro-magnética. En lugar de eso, el presente control podría ser utilizado para operar un elemento de control de una bomba dosificadora hidráulica o cualquier otro dispositivo apropiado, según se desee.

15 Serán evidentes a los expertos en la técnica numerosas modificaciones a la presente invención en vista de la descripción anterior. Por consiguiente, esta descripción debe ser interpretada sólo como ilustrativa y es presentada con el fin de permitir a los expertos en la técnica realizar y utilizar la invención y enseñar el mejor modo de llevar a cabo la misma. Están reservados los derechos exclusivos de todas las modificaciones que entren en el alcance de las reivindicaciones dependientes.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un control para una bomba dosificadora (20) que tiene un elemento de bomba movable (30), siendo movable el elemento de bomba movable sobre una longitud de carrera, la cual es variable de manera controlada en respuesta a la energía eléctrica aplicada a una unidad de fuerza (26), que comprende:
- un sensor (60) para detectar una característica de funcionamiento de la bomba; y **caracterizado** por
- un circuito (64) que responde al sensor y que modula la corriente eléctrica aplicada a la unidad de fuerza (26) dependiendo de la característica de funcionamiento detectada del elemento de bomba para controlar el cebado de la bomba.
2. El control de la reivindicación 1, en el cual dicho circuito (64) ceba automáticamente la bomba.
3. El control de la reivindicación 1, teniendo dicha bomba dosificadora un elemento de bomba movable que se mueve alternativamente en carreras de succión y descarga, en el cual dicho circuito (64) controla el cebado de la bomba y la longitud de carrera.
4. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual la unidad de fuerza (26) comprende un solenoide.
5. El control de la reivindicación 4, en el cual el solenoide comprende una bobina (28).
6. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual el elemento de bomba comprende un inducido (30).
7. El control de la reivindicación 6, en el cual el sensor (60) comprende un sensor de posición para detectar la posición del inducido (30).
8. El control de la reivindicación 5, en el cual el circuito comprende un circuito de excitación (72) que está acoplado a la bobina (28) para entregar energía eléctrica a la misma.
9. El control de la reivindicación 6, que además comprende un procesador programado (68) que responde al sensor (60) para controlar el circuito y en el cual el circuito (64) modula la corriente eléctrica entregada a la unidad de fuerza (26) dependiendo de una posición del inducido (30).
10. El control de la reivindicación 10, en el cual el circuito (64) incrementa la energía entregada a la unidad de fuerza (26) durante una carrera de descarga en respuesta a una condición de fluido altamente viscoso.
11. El control de la reivindicación 8, en el cual el circuito (64) incrementa la energía entregada a la bobina (28) durante una carrera de descarga en respuesta a una condición de fluido viscoso.
12. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual la bomba (20) comprende una bomba dosificadora electromagnética.
13. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual la bomba (20) comprende una bomba dosificadora hidráulica.
14. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual se aplica la energía a la bomba (20) durante una carrera de succión para controlar la longitud de carrera.
15. El control de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el cual el elemento de bomba (30) es movable alternativamente en las carreras de succión y descarga, y en el cual el circuito (64) incluye medios para incrementar la energía aplicada a la unidad de fuerza durante una carrera de succión cuando la velocidad detectada del elemento de bomba es mayor que una cierta magnitud y medios para volver a aplicar energía a la unidad de fuerza durante una carrera de descarga subsiguiente para cebar la bomba.
16. El control de la reivindicación 15, en el cual la bomba (20) tiene un tope mecánico (29) y en el cual el circuito (64) incrementa la cantidad de energía aplicada a la unidad de fuerza (26) para impedir que el elemento de bomba (30) haga contacto con el tope mecánico (29).
17. El control de la reivindicación 15, en el cual el circuito (64) incluye medios para retornar la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados después de que se ceba la bomba (20).
18. El control de la reivindicación 15, en el cual el circuito (64) incluye medios para retornar la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados una vez que ha expirado un período de cebado particular.
19. El control de la reivindicación 18, en el cual los medios de retorno comprenden un temporizador y medios para establecer el conjunto de parámetros programados.

ES 2 296 673 T3

20. El control de la reivindicación 1, en el cual el elemento de bomba movable (30) es movable sobre una longitud de carrera, la cual es variable de manera controlada en respuesta a la energía eléctrica aplicada a un solenoide, en el cual:

5 dicho sensor es un sensor de posición (60) para detectar una posición del elemento de bomba (30);

 dicho circuito es un circuito de excitación (72) que responde al sensor y que modula la corriente eléctrica aplicada al solenoide dependiendo de la posición del elemento de bomba (30) para cebar automáticamente la bomba;

10 en el cual el elemento de bomba (30) es movable alternativamente en las carreras de succión y descarga, y en el cual el circuito (72) incluye medios para incrementar la energía aplicada a la unidad de fuerza durante una carrera de succión cuando una velocidad detectada del elemento de bomba es mayor que una cierta magnitud y medios para volver a aplicar energía a la unidad de fuerza durante una carrera de descarga subsiguiente para cebar la bomba.

15 21. El control de la reivindicación 20, en el cual el solenoide comprende una bobina (28).

 22. El control de la reivindicación 20, en el cual el elemento de bomba comprende un inducido (30) movable.

 23. El control de la reivindicación 22, en el cual el sensor de posición (60) detecta la posición del inducido (30).

20 24. El control de la reivindicación 21, en el cual el circuito de excitación (72) está acoplado a la bobina (28) para aplicar energía eléctrica a la misma.

25 25. El control de la reivindicación 22, que además comprende un procesador programado (68) que responde al sensor para controlar el circuito de excitación (72) y en el cual el circuito modula la corriente eléctrica entregada al solenoide dependiendo de la posición del inducido (30).

 26. El control de la reivindicación 25, en el cual el circuito incrementa la energía entregada al solenoide durante una carrera de descarga en respuesta a una condición de fluido altamente viscoso.

30 27. El control de la reivindicación 20, en el cual la bomba dosificadora (20) comprende una bomba dosificadora electromagnética.

35 28. El control de la reivindicación 20, en el cual la bomba tiene un tope mecánico (29) y en el cual el circuito incrementa la cantidad de energía aplicada a la unidad de fuerza (26) para impedir que el elemento de bomba haga contacto con el tope mecánico (29).

 29. El control de la reivindicación 20, en el cual el circuito (72) incluye medios para retornar la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados después de que se ceba la bomba (20).

40 30. El control de la reivindicación 20, en el cual el circuito (72) incluye medios para retornar la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados una vez que ha expirado un período de cebado particular.

 31. El control de la reivindicación 30, en el cual los medios de retorno comprenden un temporizador y medios para establecer el conjunto de parámetros programados.

45 32. Un método para cebar automáticamente una bomba (20) que tiene una bobina (28) y un inducido (30) movable dentro de un rango de posiciones, en el cual el inducido (30) es movable en las carreras de succión y descarga, dicho método **caracterizado** por comprender las etapas de:

50 detección de la posición del inducido (30);

 incremento de la energía eléctrica aplicada a la bobina (28) durante una carrera de succión del inducido (30) cuando la velocidad detectada del inducido es mayor que una cierta magnitud; y

55 aplicación de nuevo de energía a la bobina (28) durante una carrera de descarga subsiguiente para cebar la bomba (20).

60 33. El método de la reivindicación 32, en el cual la bomba tiene un tope mecánico (29) y en el cual el método comprende la etapa de incremento de la cantidad de energía aplicada a la bobina (28) para impedir que el inducido (30) haga contacto con el tope mecánico (29).

 34. El método de la reivindicación 32, que además comprende la etapa de retorno de la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados después de que se ceba la bomba (20).

65 35. El método de la reivindicación 32, que además comprende la etapa de retorno de la bomba (20) a un conjunto de parámetros programados una vez que ha expirado un período de cebado particular.

 36. El método de la reivindicación 32, que además comprende la etapa de proporcionar energía a la bobina (28) durante una carrera de descarga dependiendo de la posición detectada del inducido.

FIG. 1
Técnica Anterior

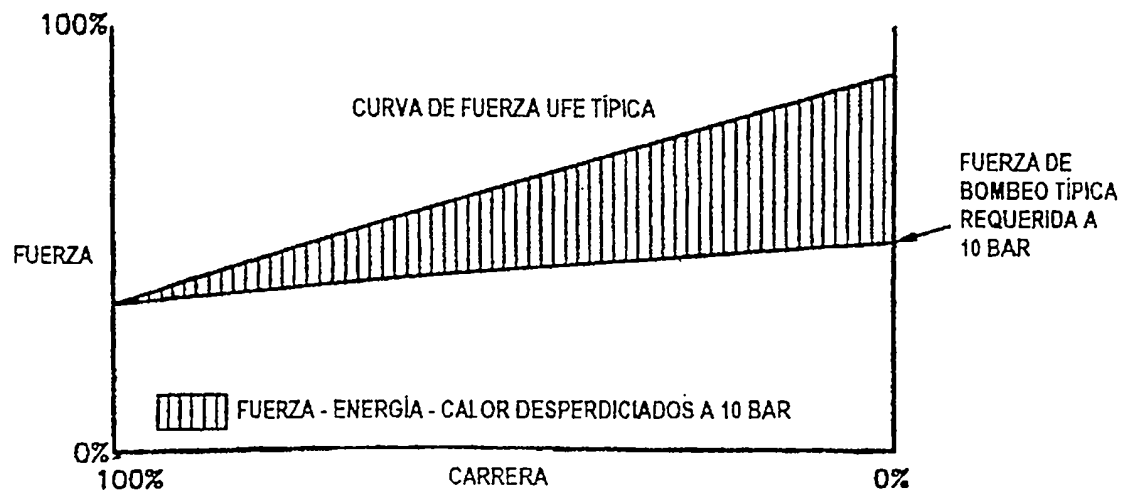
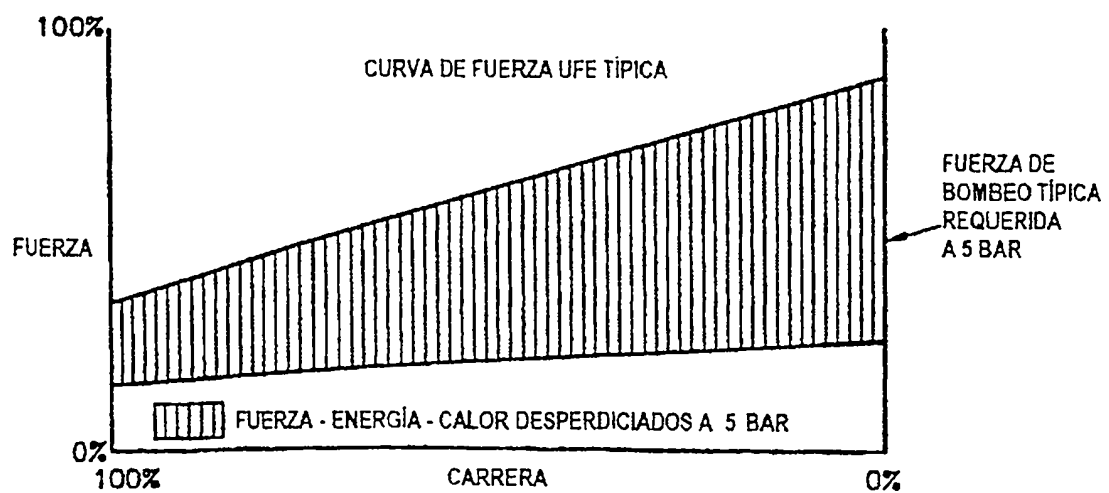


FIG. 2
Técnica Anterior



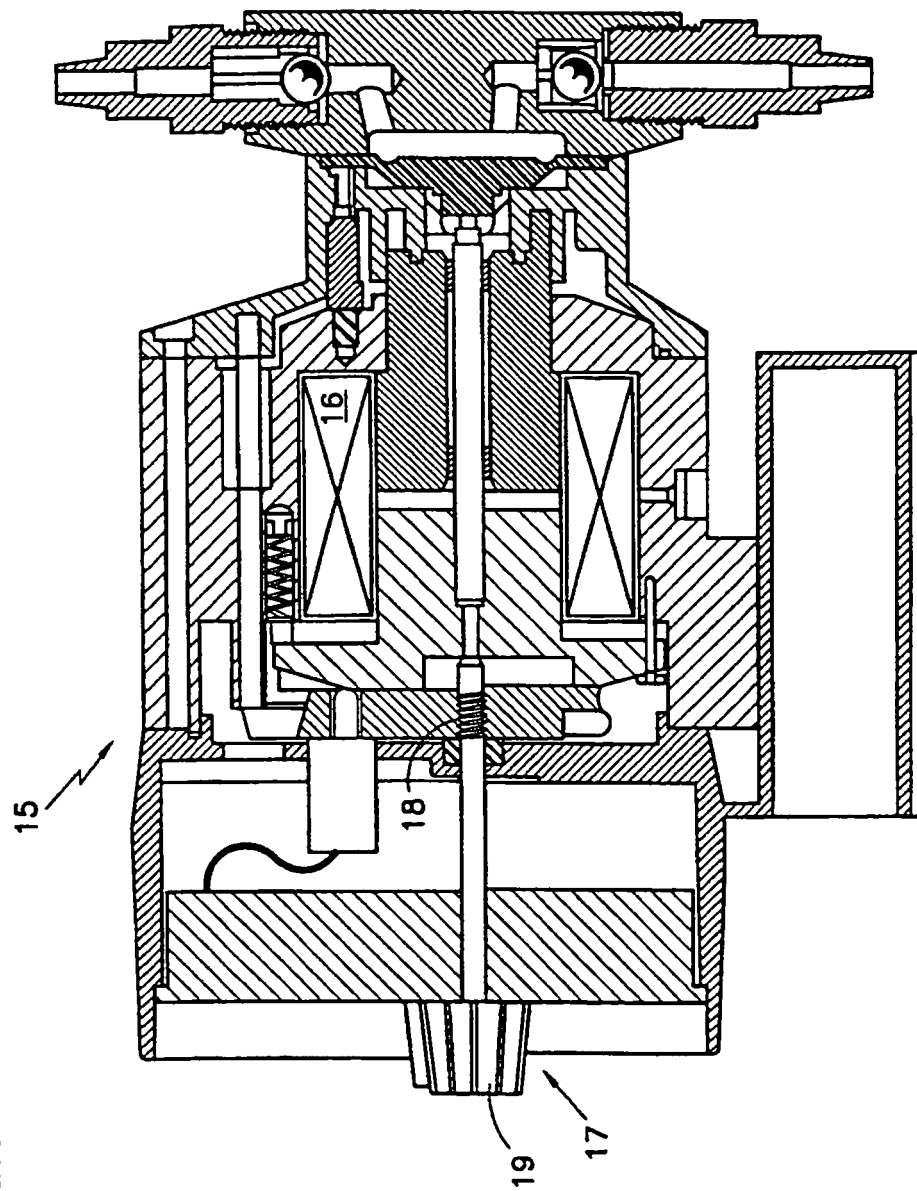


FIG.3

FIG.4

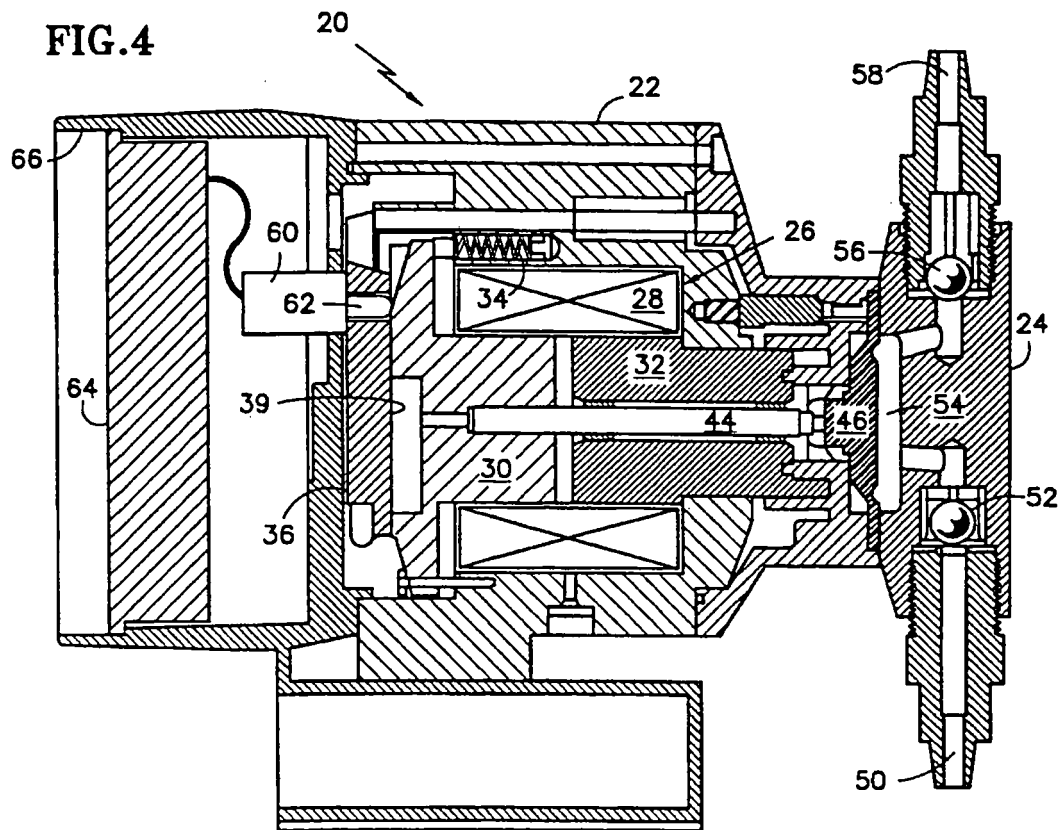


FIG.5

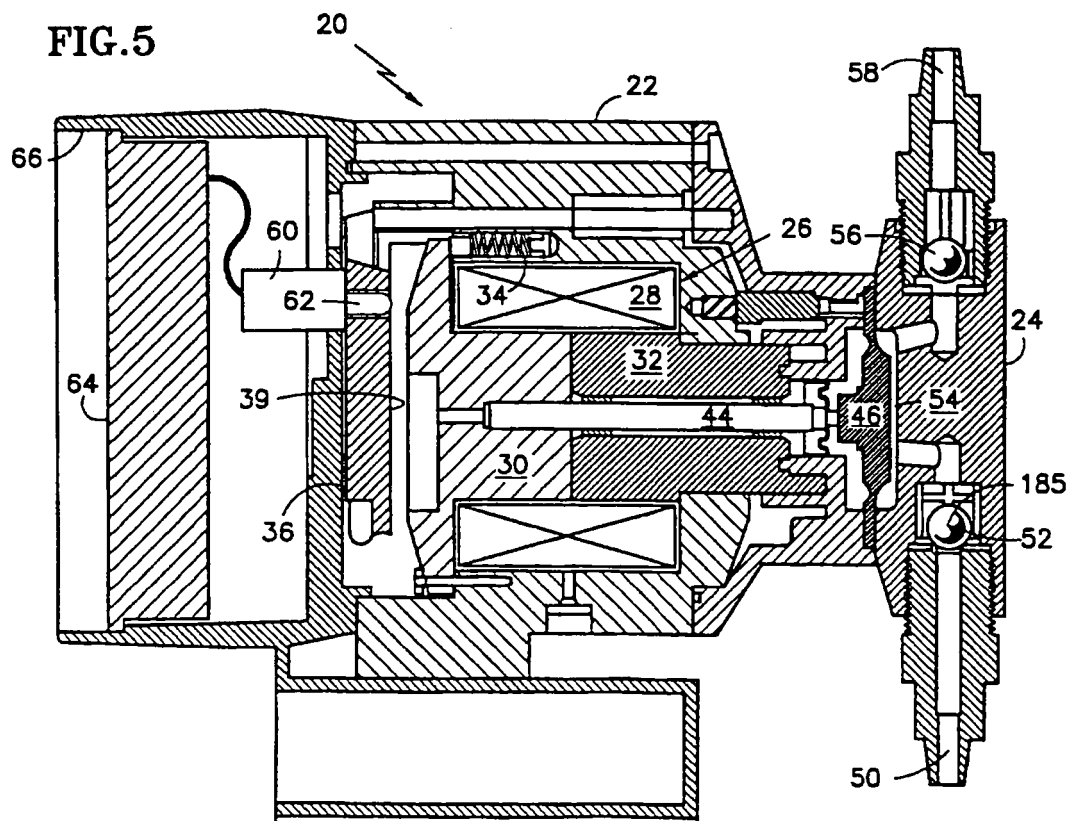


FIG. 6A

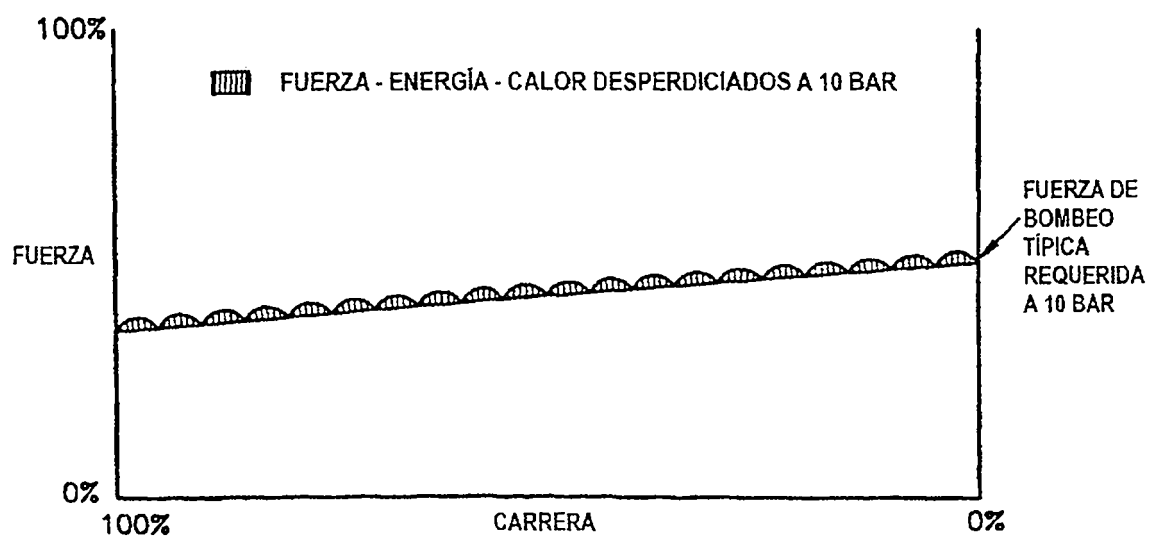
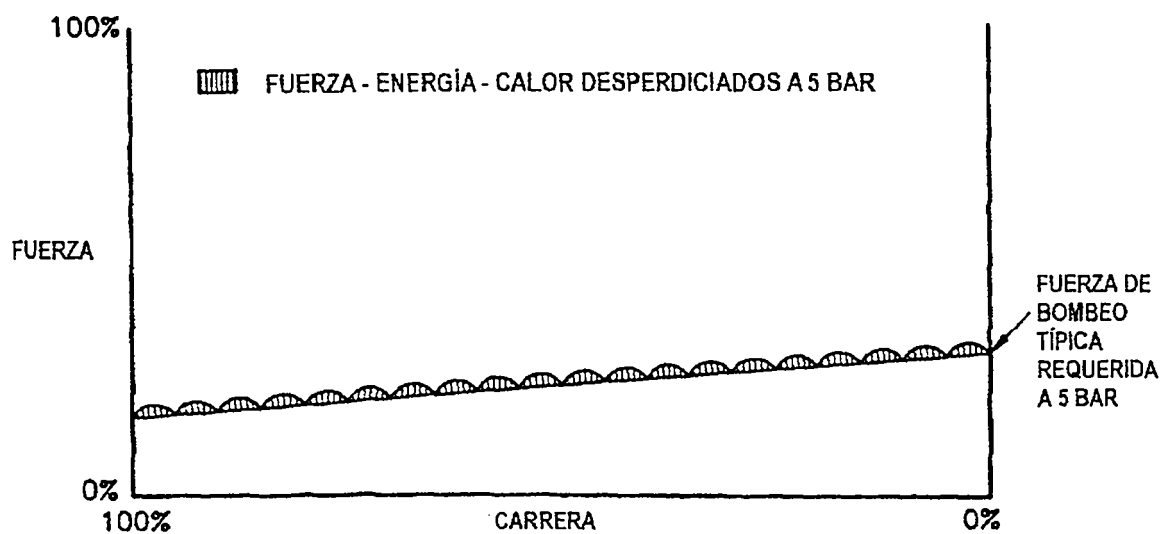


FIG. 6B



BETA2000: PRESIÓN DE SISTEMA 110 PSI (758 KPa)

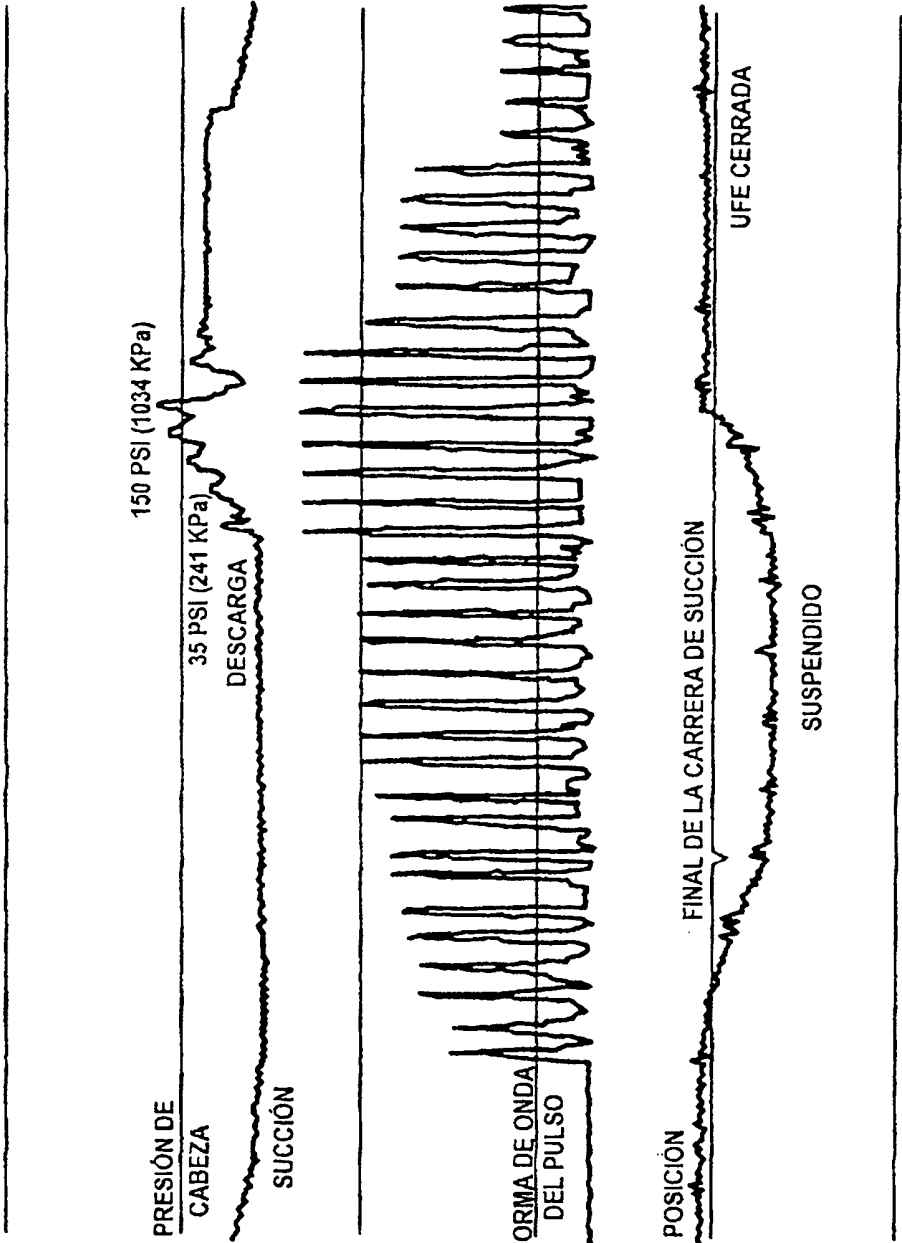


FIG. 7

BETA2000: PRESIÓN DE SISTEMA 30 PSI (207 KPa)

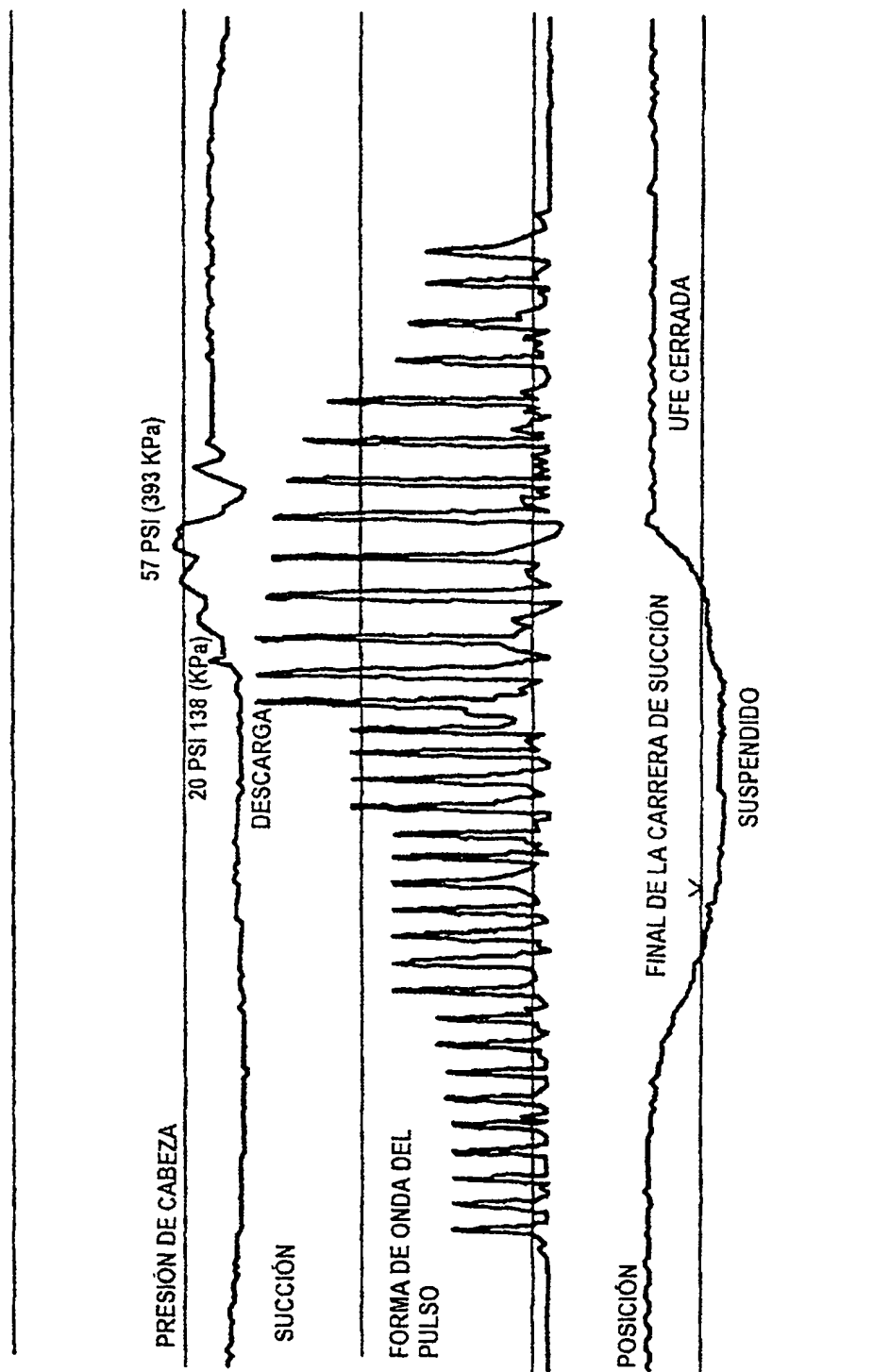


FIG.8

FIG.9

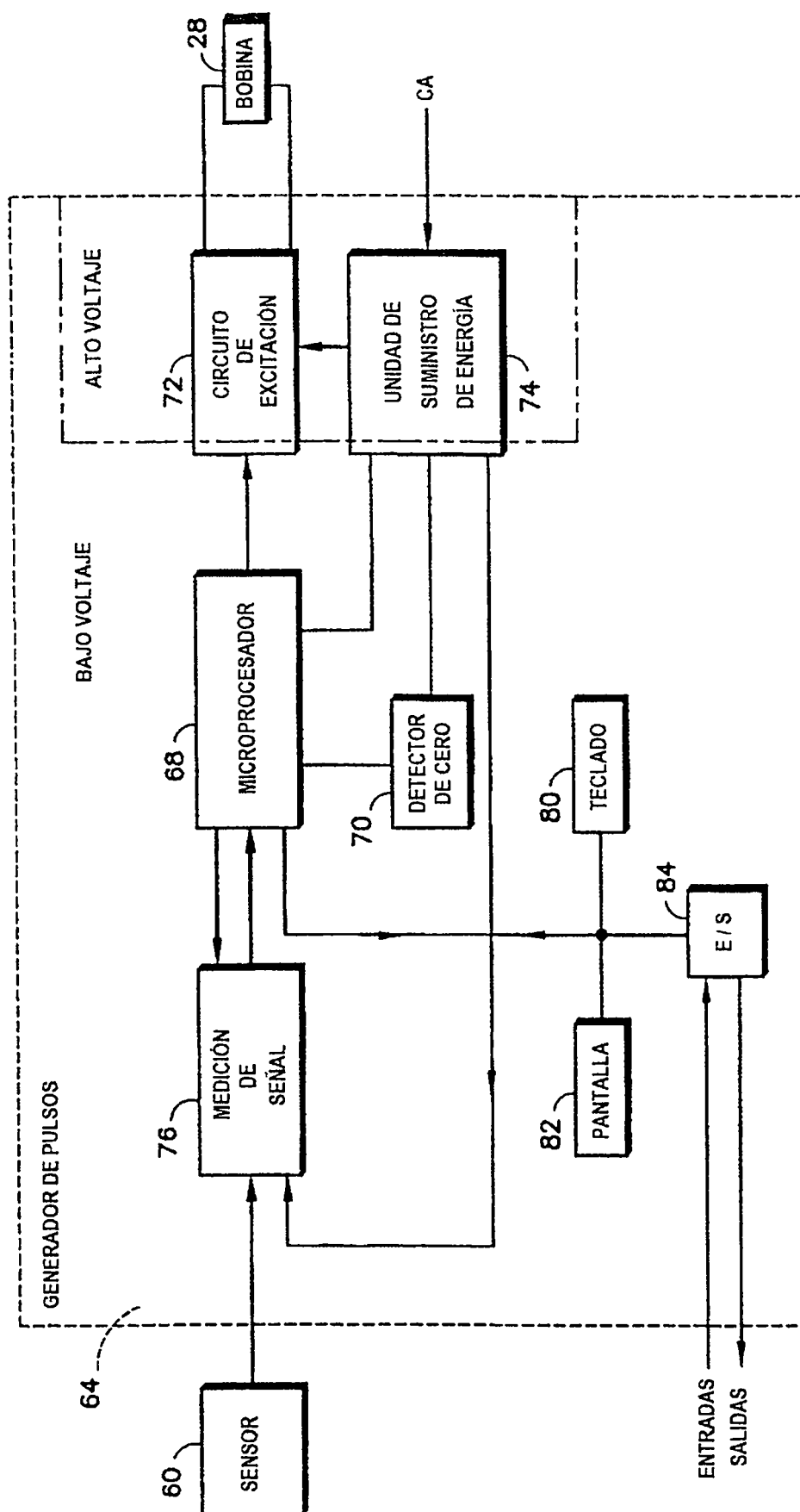


FIG.10A

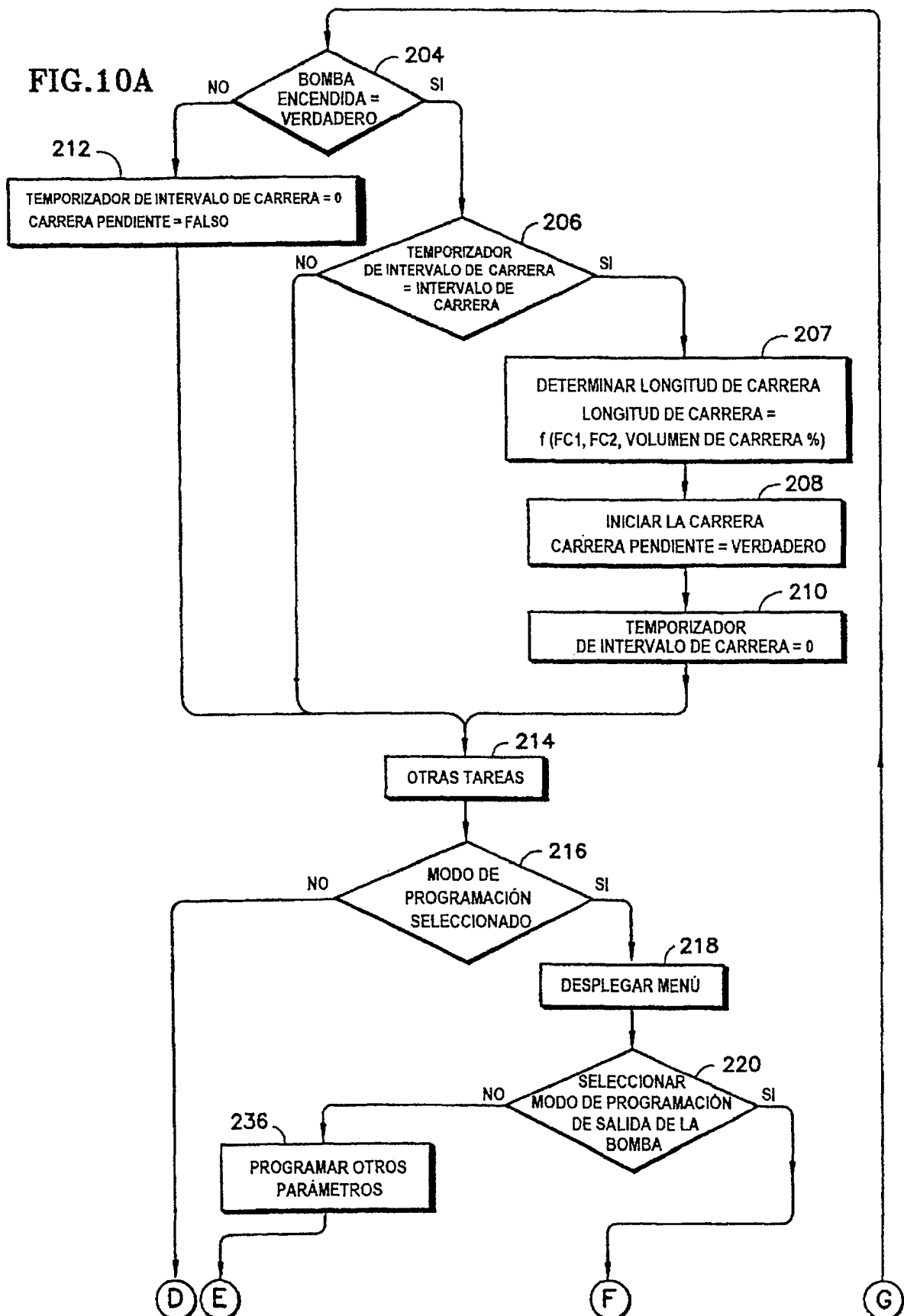


FIG.10B

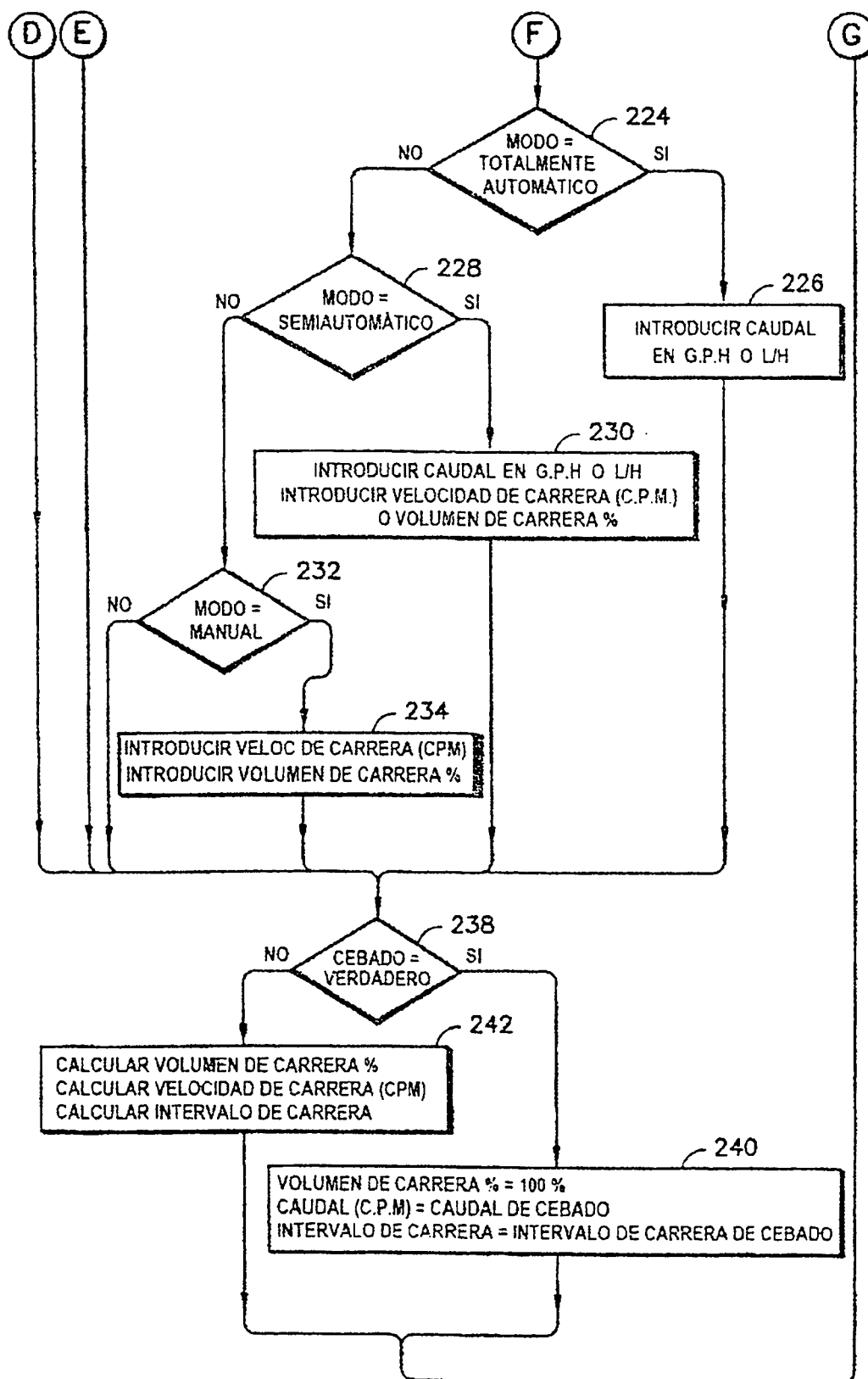
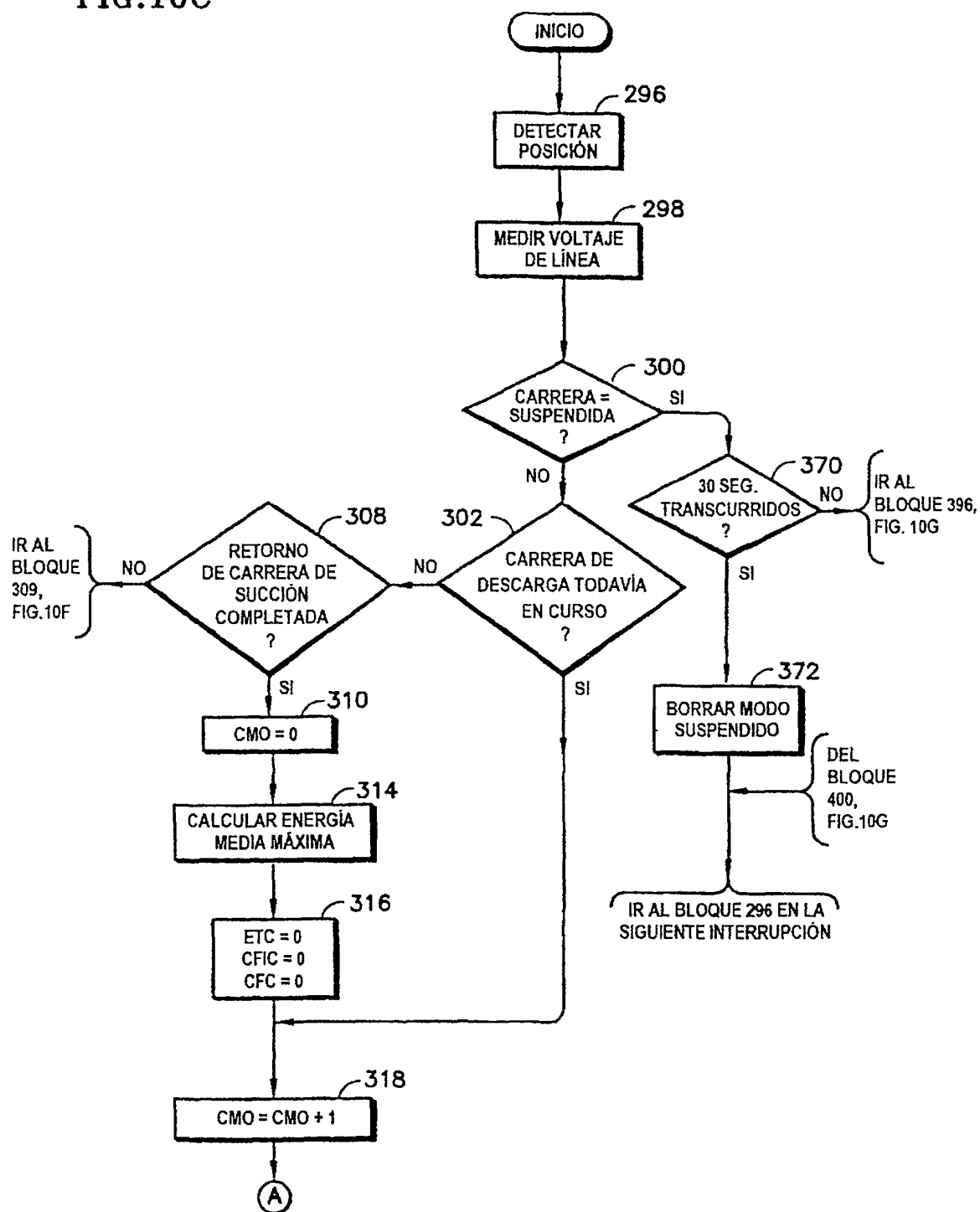


FIG.10C



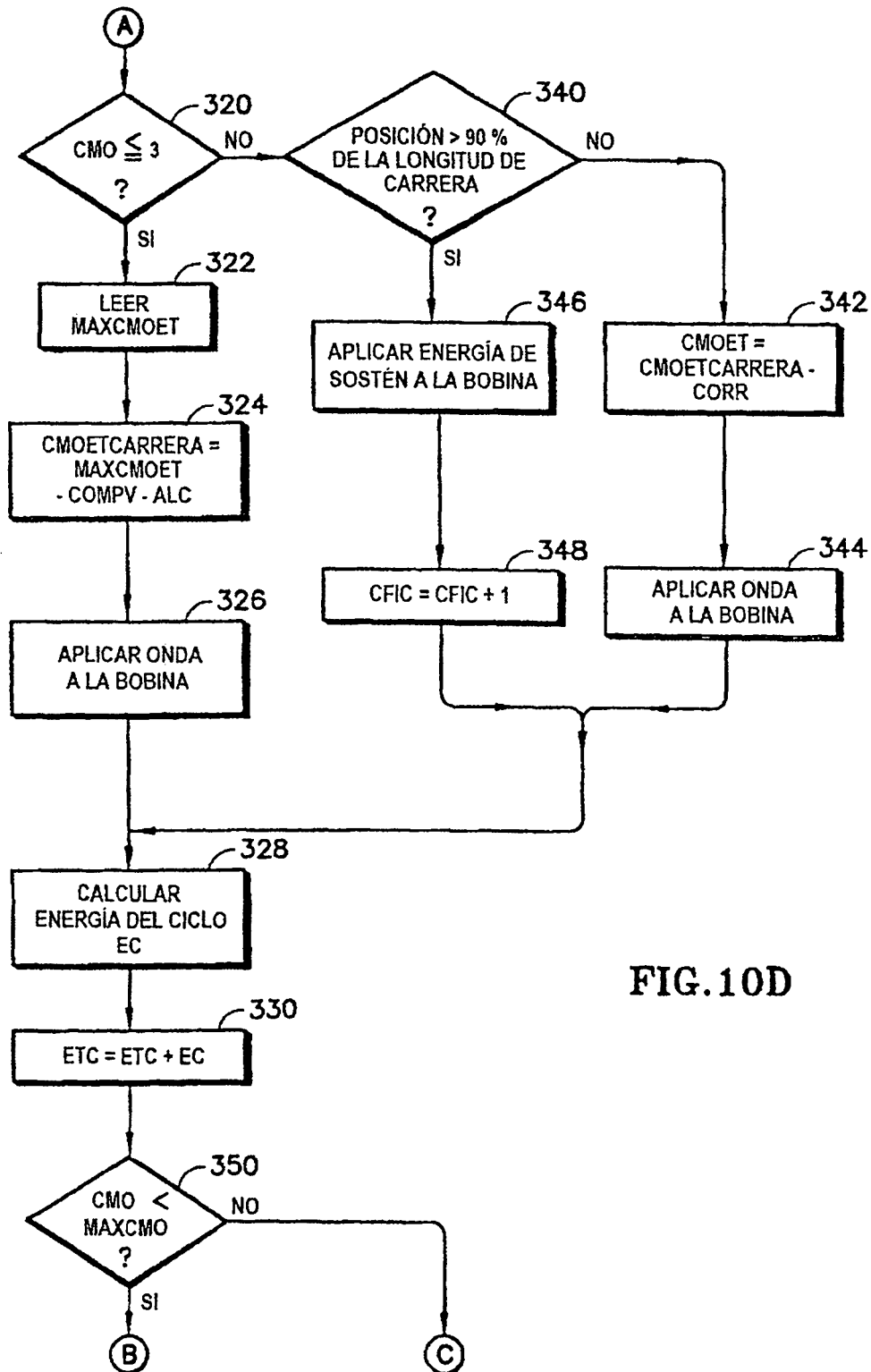


FIG. 10D

FIG.10E

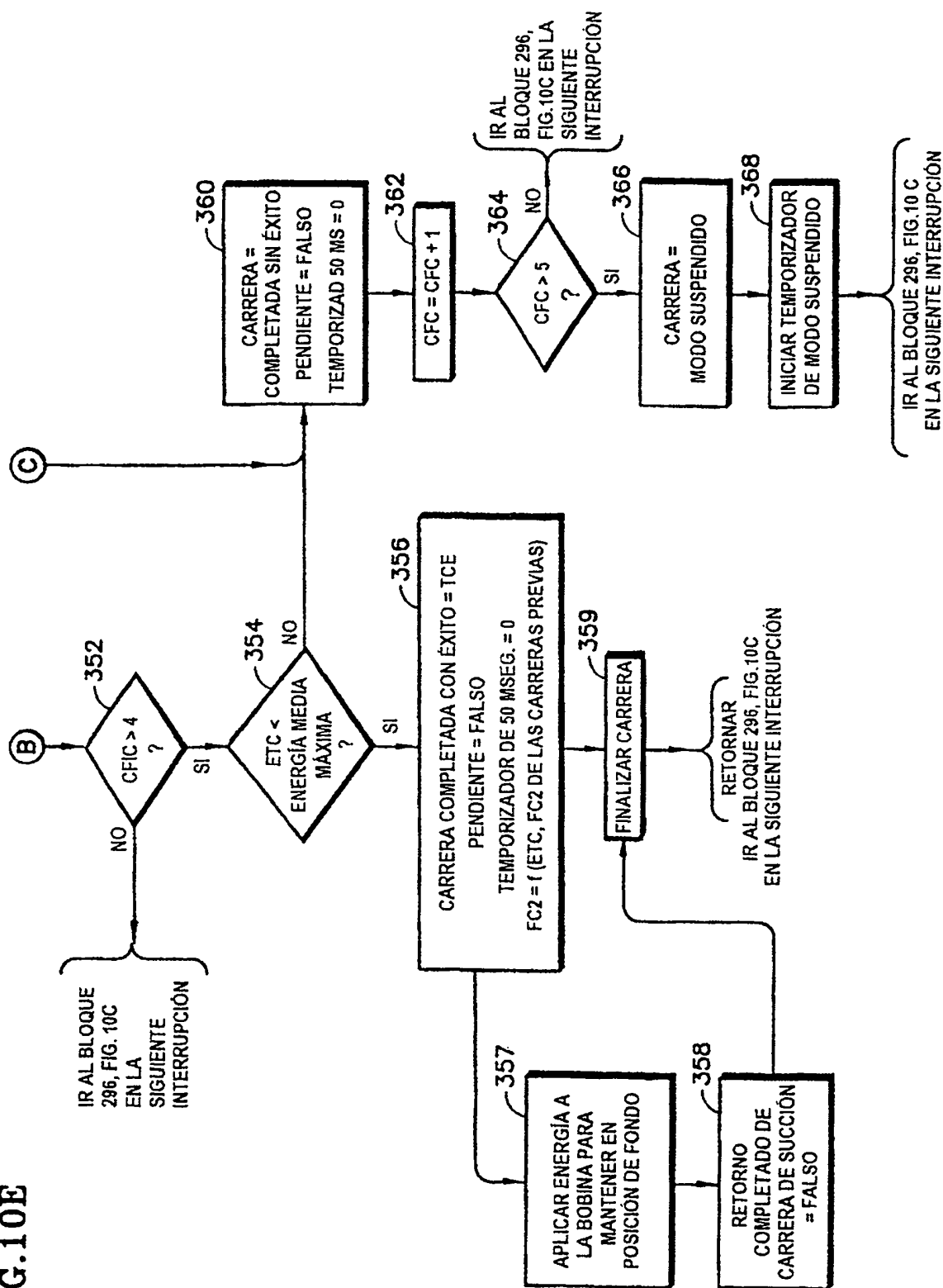


FIG.10F

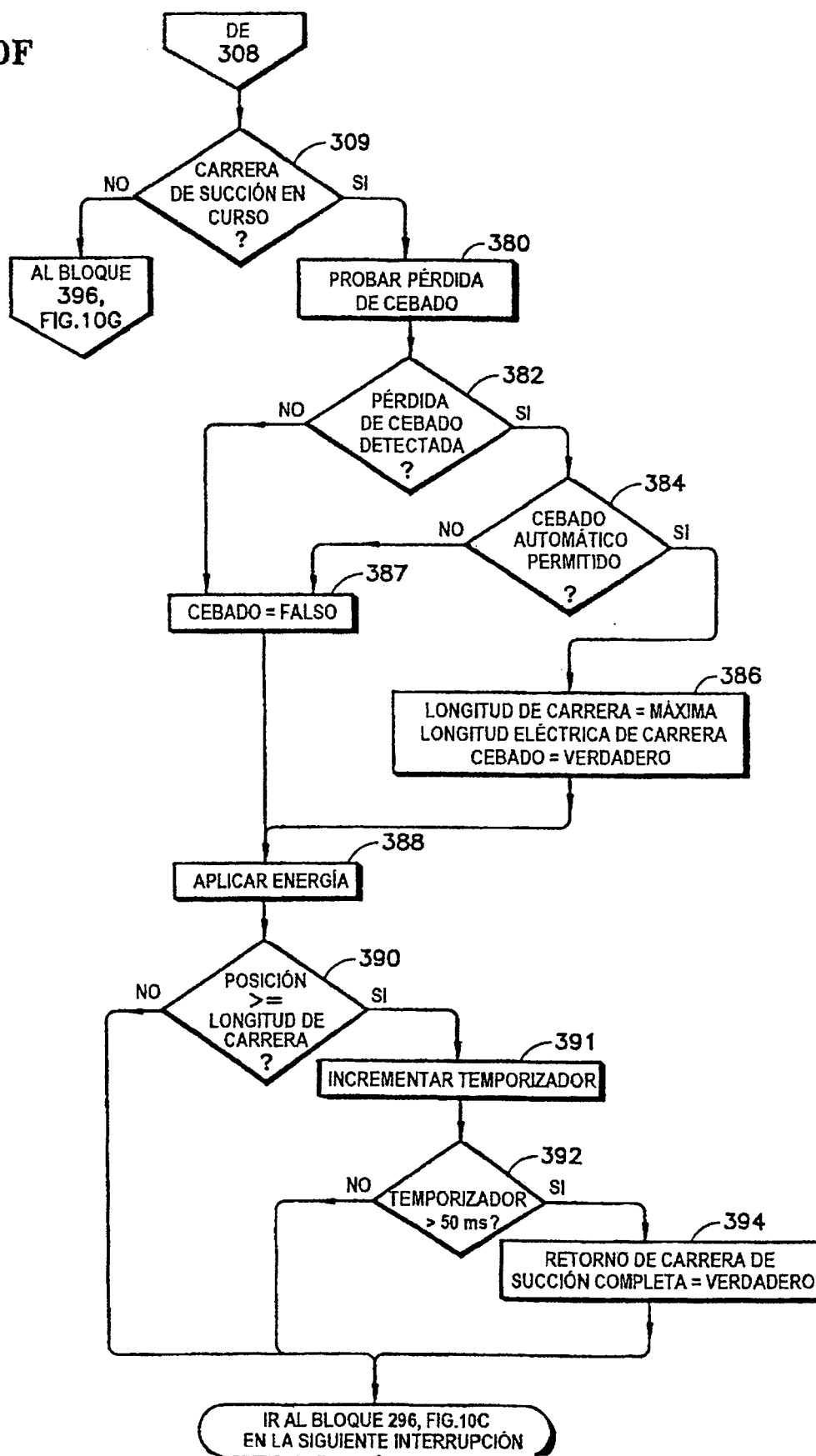


FIG.10G

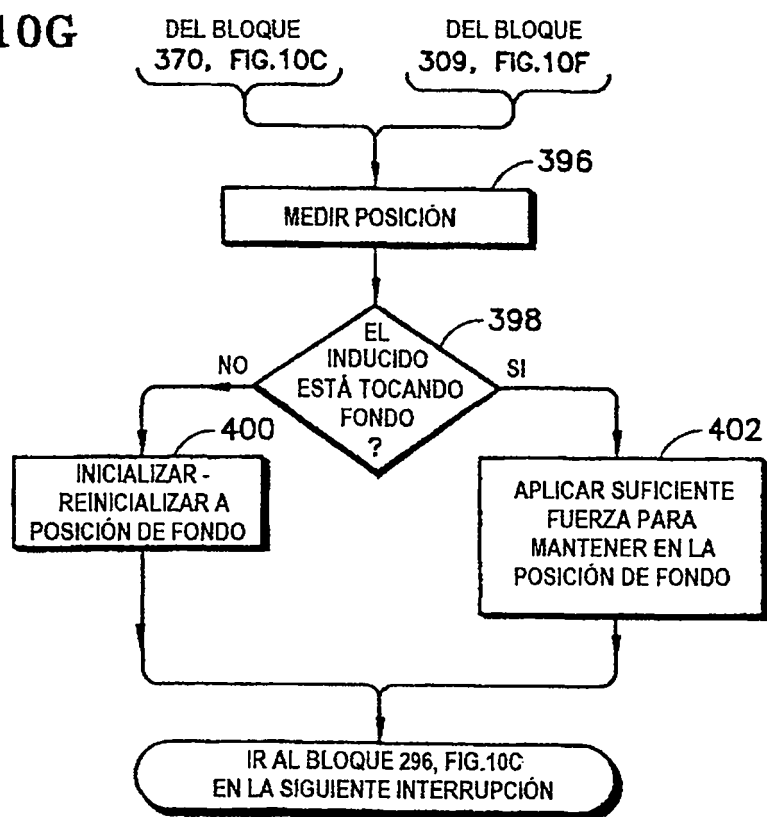


FIG.11

