

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 690**

51 Int. Cl.:

F16K 37/00 (2006.01)

F15B 19/00 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2009 E 09763246 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 2297502**

54 Título: **Sistema de válvula de control con monitorización de ciclos, diagnosis y predicción de degradación**

30 Prioridad:

09.06.2008 US 135666

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

08.04.2014

73 Titular/es:

**ROSS OPERATING VALVE COMPANY (100.0%)
1250 Stephenson Highway
Troy, MI 48083, US**

72 Inventor/es:

**CUMMINGS, ERIC O.;
FRAZIER, RICHARD J.;
DIVELBISS, DONALD S.;
DIVELBISS, TERRY L. y
HASELDEN, DAVID W., JR.**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 453 690 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de válvula de control con monitorización de ciclos, diagnosis y predicción de degradación

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere en general a válvulas de control de fluido, y, más específicamente, a la monitorización del rendimiento de las válvulas de control de fluido.

10 **[0002]** Las válvulas de control de fluido, como las válvulas neumáticas, realizan muchas funciones industriales que conllevan mover energía hidráulica desde una entrada hasta una o más salidas y desde la una o más salidas hasta uno o más orificios de escape. La energía hidráulica se puede usar para controlar el movimiento de cilindros neumáticos, por ejemplo. Una válvula que funciona fuera de sus especificaciones de rendimiento normales puede impedir que el sistema dentro del cual está instalada consiga su función requerida. Esto puede dar como resultado
15 que se produzca material de desecho por el equipo de fabricación, un daño al equipo, y un tiempo de inactividad de la producción. El tiempo de inactividad de la producción reduce la eficiencia en el proceso de fabricación y tiene costes finales directos asociados con ello. El fallo de una válvula (es decir, una condición fuera de las especificaciones de rendimiento normales de la válvula) puede resultar de problemas con cualquier número de componentes operativos internos. Los componentes pueden experimentar un desgaste o los componentes pueden
20 verse afectados por la contaminación que se introduce durante la vida útil de la válvula. Finalmente, el rendimiento de la válvula se puede degradar hasta tal grado que ya no sea capaz de cumplir su tarea prevista. Sin embargo, antes de ese punto, la válvula habitualmente muestra un rendimiento disminuido. Tal rendimiento disminuido se puede manifestar como tiempos de respuesta más lentos o como una respuesta errática. Este rendimiento disminuido a menudo pasa desapercibido durante las operaciones de fabricación continuas puesto que la válvula por
25 lo demás sigue operando dentro de límites aceptables y el volumen de producción de fabricación no se ve afectado inicialmente.

[0003] El funcionamiento de la válvula de control normalmente se monitoriza indirectamente en base a la influencia de las piezas controladas neumáticamente de una máquina de fabricación y el sistema de control de la
30 máquina correspondiente que se monitorizan de acuerdo con el volumen de producción. Siempre y cuando la pieza fabricada sea aceptable, entonces sólo se realizaría un mantenimiento rutinario en los componentes del sistema como la válvula de control. Cuando el proceso de producción falla o las piezas producidas muestran defectos detectables, el controlador principal que controla la operación del proceso de producción puede parar el sistema. El usuario de producción localiza y soluciona entonces el problema en base al análisis de la cuestión de producción. Si
35 el problema se puede circunscribir a la válvula de control entonces se puede reparar o reemplazar.

[0004] Además de monitorizar indirectamente el rendimiento de la válvula de control, los sistemas convencionales a menudo realizan una monitorización directa de la salida de una válvula de control. Habitualmente, esto se logra conectando conmutadores de sensor con controladores lógicos para monitorizar la activación y la
40 desactivación de la válvula con el fin de identificar si la respuesta estaba fuera de un parámetro preestablecido. El parámetro preestablecido se basa habitualmente en el rendimiento funcional de la máquina controlada.

[0005] La mayoría de los sistemas de monitorización de válvulas convencionales, sin embargo, son incapaces de abordar la cuestión de rendimiento gradualmente disminuido ni pueden rastrear con exactitud la degradación de
45 una manera que se proporcione alguna forma de predicción de la vida útil restante esperada. La solicitud internacional WO-2006/056214 mide cambios en diversos parámetros internos de una válvula de control y los otros componentes del sistema neumático para la comparación con límites preestablecidos. Asimismo, la patente europea 1365159 usa una monitorización de válvula basada en valores de consigna almacenados para definir un retardo de conmutación aceptable. Debido a las limitaciones anteriores de la técnica anterior, no se han predicho con exactitud
50 los fallos inminentes.

[0006] El documento US-2003-020-83-05-A1 describe un procedimiento y un aparato para realizar diagnosis en componentes de bucle de control para una válvula de control. El aparato comprende un posicionador que incluye un sensor de desplazamiento del ensamblaje de válvula de control de fluido y un sensor de recorrido de la válvula
55 como parte del bucle de control. El sensor de desplazamiento se usa para fines diagnósticos, y la rutina respectiva está dirigida a estimar el flujo de masa del fluido de control a las cámaras del accionador así como a identificar fugas u otros fallos en el accionador sobre esta base. Para conseguir tal diagnosis se debe llevar a cabo un número de etapas que conllevan entre otros los resultados de los sensores de presión en los orificios de salida primero y segundo. La unidad lógica de ese modo siempre opera en un modo de monitorización usando un número de

resultados de sensor diferentes para diagnosticar averías potenciales, y se concentra en la diagnosis de fallos producidos realmente en base a grandes desviaciones.

RESUMEN DE LA INVENCION

5

[0007] La presente invención monitoriza aspectos predeterminados del rendimiento de una válvula durante toda su vida útil. Cuando la válvula comienza a mostrar un rendimiento disminuido, el dispositivo de monitorización genera una señal de indicación para advertir al personal de fabricación que la válvula se está moviendo hacia una condición en la que ya no funcionará correctamente. Esta advertencia permitirá al usuario realizar un mantenimiento preventivo de manera que se puedan evitar las interrupciones o pérdidas de producción.

10

[0008] De acuerdo con la invención, un sistema de válvula de control de fluido comprende un cuerpo de la válvula que tiene una perforación alargada en comunicación con un orificio de entrada y un orificio de salida. Un elemento de válvula es movable dentro de la perforación entre posiciones primera y segunda. El orificio de salida se conecta selectivamente con el orificio de entrada de acuerdo con la posición del elemento de válvula. Un sensor de la válvula se monta con relación al cuerpo de la válvula para generar una señal del sensor indicativa de al menos un parámetro instantáneo de la válvula que cambia entre las posiciones primera y segunda. Un piloto se monta en el cuerpo de la válvula adaptado para recibir una señal de comando del piloto y para mover el elemento de válvula en respuesta a la señal de comando del piloto. Una unidad lógica recibe la señal del sensor y la señal de comando del piloto, en el que un cambio predeterminado en la señal de comando del piloto hace que la unidad lógica determine un parámetro de ciclo que responda a un periodo de tiempo entre dos sucesos predeterminados. Al menos el comienzo o el final del periodo de tiempo corresponde a un valor predeterminado de la señal del sensor. La unidad lógica opera en un modo de referencia y un modo de monitorización. El modo de referencia comprende un número predeterminado inicial de ciclos de la señal de comando del piloto, y se acumulan determinaciones individuales del parámetro de ciclo para obtener un parámetro de ciclo esperado. El modo de monitorización se utiliza tras la terminación del modo de referencia. La unidad lógica genera una señal de indicación cuando el parámetro de ciclo durante el modo de monitorización muestra una varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado.

15

20

25

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0009]

La Figura 1 es una vista isométrica de una forma de realización de una unidad de válvula de la presente invención.

35

La Figura 2 es una sección transversal de otra forma de realización de la unidad de válvula en una posición desactivada.

La Figura 3 es una sección transversal de la unidad de válvula de la Figura 2 en una posición activada.

40

La Figura 4 es una gráfica que muestra diversas formas de realización para determinar un parámetro de tiempo de ciclo durante una activación de la válvula.

La Figura 5 es una gráfica que muestra diversas formas de realización para determinar un parámetro de tiempo de ciclo durante una desactivación de la válvula.

45

La Figura 6 es un diagrama de bloques de una forma de realización de una unidad lógica.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento preferido de la invención.

50

Las Figuras 8 y 9 son diagramas de flujo que muestran otro procedimiento preferido de la invención en mayor detalle.

La Figura 10 es un gráfico que muestra la comparación de un promedio de parámetros de tiempo de ciclo con los límites de control superior e inferior determinados usando un control estadístico de procesos.

55

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS

[0010] Con referencia ahora a la Figura 1, un sistema de válvula 10 incluye un cuerpo de la válvula 11 montado en

una base 12. El cuerpo de la válvula 11 incluye piezas internas de válvula convencionales para suministrar fluido entre diversos orificios en la base 12. Una placa de cubierta 13 monta una válvula del piloto 14 al cuerpo de la válvula 11. Una señal de comando del piloto 15 conectada con la válvula del piloto 14 puede ser una señal eléctrica cuando la válvula del piloto 14 sea una válvula eléctrica operada por solenoide o puede ser una señal neumática cuando la válvula del piloto 14 se controle neumáticamente. Una tapa extrema 16 se proporciona para montar un alojamiento 17 en el cuerpo de la válvula 11. El alojamiento 17 incluye la electrónica de monitorización de la presente invención en la forma de una unidad lógica y tiene conectores extremos 18 y 19 para conectar eléctricamente la electrónica a un control/monitor maestro 20.

10 **[0011]** El cuerpo de la válvula 11, la base 12, y la válvula del piloto 14 pueden ser cualquier tipo de válvulas de control de fluido convencionales que empleen uno o más elementos de válvula móviles. Las válvulas simples, las válvulas dobles, las válvulas de dos posiciones, las válvulas de tres posiciones, o cualquier otra válvula con elementos de válvula móviles se pueden monitorizar usando la presente invención. Un ejemplo de una válvula que tiene un elemento de válvula simple movable con dos posiciones se describirá en este documento. Sin embargo, cualquier válvula como una válvula doble que tenga más de un elemento de válvula movable se puede monitorizar duplicando las porciones de detección y de monitorización de la presente invención para detectar cambios y la respuesta de cada elemento de válvula separado. De forma alternativa, una válvula con un elemento de válvula simple movable a tres posiciones (es decir, para conectar por separado una entrada con alguna de dos salidas diferentes) puede monitorizar por separado el ciclado de la válvula entre una posición desactivada central y 20 posiciones activadas dirigidas opuestamente para las diferentes salidas, respectivamente.

[0012] Con referencia a la Figura 2, la válvula de control ejemplar 10 se muestra en sección transversal. Una perforación alargada 25 se extiende a través del cuerpo de la válvula 11 para recibir un elemento de válvula 26 movable longitudinalmente dentro de la perforación 25 entre una posición desactivada mostrada en la Figura 2 y una posición activada mostrada en la Figura 3. La perforación 25 crea diversas cámaras para recibir diferentes secciones del elemento de válvula 26. Las cámaras respectivas en el elemento de válvula 26 reciben un cabezal del pistón 27 en un extremo y un cabezal de entrada 28 en el otro extremo. La perforación 25 se comunica además con un orificio de entrada 30, un orificio de salida 31, y un orificio de escape 32. El cabezal del pistón 27 incluye un sello 33 para acoplarse con un asiento de la válvula 34 cuando se encuentra en la posición activada. En la posición desactivada mostrada en la Figura 2, el sello 33 está distanciado del asiento 34 de manera que el orificio de salida 31 se conecte con el orificio de escape 32. Un sello radial 35 también se proporciona en el cabezal del pistón 27 para acoplarse a la perforación 25 para mantener el aislamiento entre la presión del piloto y los orificios de la válvula 30-32.

[0013] El cabezal de entrada 28 incluye un sello 36 para acoplarse al asiento de la válvula 37 para aislar selectivamente la cámara de entrada de la cámara de salida. De ese modo, a falta de presión del piloto contra el cabezal del pistón 27, un muelle 38 empuja el sello 36 contra el asiento de la válvula 37 de manera que el orificio de entrada 30 y el orificio de salida 31 se aislen cuando el elemento de válvula 26 se encuentre en la posición desactivada mostrada en la Figura 2. El orificio de salida 31 se conecta de ese modo con el orificio de escape 32 cuando se encuentra en la posición desactivada y se conecta con el orificio de entrada 30 cuando se encuentra en la posición activada. Un pasaje del piloto 39 a través de la placa de cubierta 13 reparte presión del piloto desde la válvula del piloto 14 para actuar en contra del muelle 38 cuando se desee colocar el elemento de válvula 26 en la posición activada. Mientras haya presentes presiones de entrada y del piloto correctas y una señal de control del piloto correcta, el elemento de válvula 26 se mueve rápidamente entre las posiciones activada y desactivada y no puede permanecer en ninguna posición intermedia a menos que se deba a un fallo.

45 **[0014]** La presente invención monitoriza la respuesta del elemento de válvula 26 durante sus ciclos operativos con el fin de detectar cambios de movimiento indicativos de un rendimiento degradado y una probabilidad aumentada de que el rendimiento de la válvula finalmente esté fuera de las especificaciones. La válvula de control 10 incluye elementos adicionales asociados con monitorizar electrónicamente el rendimiento de la válvula. Un extremo del elemento de válvula 26 es recibido en un casquillo 40 montado en la tapa extrema 16. En estrecha proximidad, se monta un imán 41 en la tapa extrema 16 de tal manera que un campo magnético generado por el imán 41 se vea alterado por el movimiento del elemento de válvula 26 que es magnéticamente permeable. Como consecuencia, se puede usar un Sensor de efecto Hall 42 para determinar la posición instantánea del elemento de válvula 26 monitorizando el campo magnético cambiante generado por el imán 41. El Sensor de efecto Hall 42 se monta en una primera placa de circuito impreso 43 montada en el alojamiento 17. Las placas de circuito impreso adicionales 44 y 55 contienen componentes eléctricos adicionales de una unidad lógica dentro del alojamiento 17.

[0015] Será evidente para los expertos en la materia que se pueden emplear otros procedimientos de detectar la posición del elemento de válvula. En lugar del imán estacionario 41, se puede emplear un imán que se mueva con el

elemento de válvula 26. Por ejemplo, una porción del propio elemento de válvula 26 puede estar compuesta por un imán permanente y el elemento 41 en las Figuras 2 y 3 podría ser un acoplador magnético (es decir, no magnetizado permanentemente) para transmitir el campo magnético cambiante del elemento de válvula 26 al Sensor de efecto Hall 42.

5

[0016] Además de la detección de la posición, se puede usar cualquier sensor que genere una señal del sensor indicativa de un parámetro instantáneo de la válvula que cambie entre las posiciones desactivada y activada. La invención sólo depende de la capacidad de determinar una cantidad de tiempo transcurrida entre diferentes valores de la señal del sensor cuando la válvula cambie entre sus posiciones desactivada y activada. Por ejemplo, se puede usar la evolución de tiempo de la presión de salida cambiante durante una activación o desactivación de la válvula. La presión de salida cambiante también se puede usar para verificar que los parámetros de entrada y de salida no estén afectando negativamente a las señales del sensor y al tiempo de respuesta.

10

[0017] La válvula de control de la presente invención incluye sensores adicionales que se pueden usar en la detección de sucesos temporizados asociados con el movimiento del elemento de válvula 26 o para determinar otras condiciones dentro de la válvula o influencias externas del exterior de la válvula de control (todo denominado en este documento "condiciones generales"). De ese modo, las Figuras 2 y 3 muestran una pluralidad de sensores de presión 46, incluyendo al menos dos sensores de presión 46 para medir las presiones de entrada y de salida, respectivamente. Los pasajes (no mostrados) a través de la tapa extrema 16 y el cuerpo de la válvula 11 conectan los sensores de presión 46 con cámaras de entrada y de salida respectivas. Las presiones medidas pueden ser procesadas por la unidad lógica para derivar valores para las presiones de entrada y de salida de estado estacionario para los estados de la válvula activado y desactivado así como detectando una caída de presión instantánea máxima en la entrada durante una activación de la válvula. También se puede proporcionar uno o más sensores de temperatura (no mostrados) con el fin de monitorizar la temperatura de la válvula 10 y su entorno. La señal eléctrica proporcionada a la válvula del piloto 14 también se conecta con la unidad lógica como una condición general a través de una cavidad para cableado 47 que se extiende entre la placa de cubierta 13 y la tapa extrema 16.

15

20

25

30

[0018] La Figura 4 muestra modos ejemplares de definir sucesos temporizados correspondientes a un parámetro instantáneo de la válvula que cambia entre las posiciones desactivada y activada. La Figura 4 es una gráfica que muestra una línea de trazado 50 que representa una señal del sensor correspondiente a 1) la posición lineal del elemento de válvula entre las posiciones activada y desactivada, ó 2) la presión de salida, por dar sólo dos ejemplos. La válvula de control se desactiva inicialmente de manera que el parámetro instantáneo que se está monitorizando tiene un valor desactivado inicial, como se muestra a lo largo del segmento 51. Nominalmente, el valor desactivado corresponde a una posición cero (con el cabezal de escape abierto y el cabezal de entrada totalmente cerrado), o una presión de salida de sustancialmente cero (es decir, la presión atmosférica ambiente). Una señal de comando del piloto ("piloto encendido") se produce en 54 haciendo que la posición o la presión ascienda (tras un breve tiempo de retardo) a lo largo de un segmento 52 hasta que alcance un valor activado final en el segmento 53. Los sucesos temporizados entre el comienzo y el final del segmento 52 se pueden usar para determinar un parámetro de ciclo correspondiente a la activación de la válvula. Sin embargo, es más preferible que se eviten factores que causen complicaciones como aceleraciones y rebote en el comienzo y el final del movimiento del elemento de válvula usando sólo una porción del segmento 52. Por lo tanto, un suceso 55 se define en un nivel del 20% entre el valor desactivado y el valor activado para indicar el primer suceso temporizado. Un valor del 80% define un suceso 56 para la segunda señal del sensor que define el tiempo para el segundo suceso. El parámetro de ciclo resultante 57 corresponde a una duración de tiempo medida Δt . Un parámetro de ciclo alternativo 58 se puede definir usando un primer suceso correspondiente al tiempo de la señal de comando del piloto 54 (detectada por la unidad lógica a través del cableado directo al piloto o por un sensor de presión del piloto) con un tiempo de parámetro de ciclo correspondiente Δt^* que termina en el tiempo correspondiente a la señal del sensor del 80%.

35

40

45

50

[0019] La Figura 5 es un diagrama similar que muestra la determinación de un parámetro de ciclo durante una desactivación de la válvula de control. Una línea de trazado 60 incluye un segmento 61 correspondiente al valor activado de estado estacionario del parámetro elegido mientras la válvula permanece en su estado activado. Un suceso de "piloto apagado" 64 se produce cuando se extrae la señal de comando del piloto. Tras un breve tiempo de reacción, el parámetro elegido se reduce entonces a lo largo del segmento 62 hasta que alcanza un valor de estado estacionario desactivado en el segmento 63. Un parámetro de ciclo de desactivación se determina entre un par de sucesos definidos a lo largo del segmento 62. El parámetro de ciclo puede comenzar en un nivel del 80% del parámetro instantáneo o puede comenzar en el apagado de la señal de comando del piloto, por ejemplo. El tiempo medido para el parámetro de ciclo puede terminar en el nivel del 20% del parámetro elegido o en un nivel diferente del parámetro. Los niveles del 20% y del 80% del parámetro elegido sólo se proporcionan como ejemplos. Cualquier

55

par de puntos a lo largo de los segmentos 52 y 62 que se puedan determinar de forma consistente y con exactitud se pueden emplear para determinar los parámetros de ciclo de activación y de desactivación. La presente invención consigue la capacidad de pronosticar cuándo se puede producir una degradación del rendimiento de la válvula monitorizando los cambios en el parámetro de ciclo en contraste con promedios a largo plazo, como se explicará en más detalle más adelante.

[0020] Una unidad lógica 65 de la presente invención se muestra en mayor detalle en la Figura 6. Un microcontrolador 66 puede estar compuesto por cualquier microprocesador adecuado como el microcontrolador LPC2368 disponible en los Semiconductores NXP, por ejemplo. El microcontrolador 66 se conecta al Sensor de efecto Hall 42. En caso de que una válvula de control tenga más de un elemento de válvula móvil que se esté monitorizando, un segundo Sensor de efecto Hall 67 se puede proporcionar internamente o bien externamente al paquete de la electrónica dentro del alojamiento del módulo electrónico.

[0021] El sensor de presión de entrada 46A, y el sensor de presión de salida 46B están conectados con el microcontrolador 66. Para monitorizar una válvula de 3 posiciones que tenga una segunda salida o una válvula que utilice dos elementos de válvula móviles independientes y una segunda salida, también se puede proporcionar un sensor de presión de salida 68. Un sensor de temperatura 70 integral con la válvula también se conecta al microcontrolador 66. En caso de que la válvula del piloto se active neumáticamente, se puede proporcionar un sensor de presión del piloto 71 para generar una señal de comando del piloto para permitir que la unidad lógica 65 detecte el comienzo de cada activación y desactivación durante un ciclo de la válvula.

[0022] Cuando la válvula del piloto se controla eléctricamente, un resistor de detección 73 se puede conectar en serie con un solenoide del piloto 72 proporcionándose de ese modo una línea de detección común 74, una línea de detección de corriente 75, y una línea de detección de voltaje 76 todas conectadas con el microcontrolador 66.

[0023] Un bloque de acondicionamiento de la potencia de entrada 77 proporciona una potencia regulada al microcontrolador 66. Un puerto de configuración 78 está conectado con el microcontrolador 66 para permitir al usuario acceder a y configurar diversos parámetros de instalación y configuración. Se puede usar una pluralidad de entradas digitales 80 para dar señales a la válvula para realizar alguna acción u operación lógica, como iniciar un restablecimiento manual de la referencia estadística (descrito más adelante).

[0024] Se proporciona una pluralidad de salidas digitales 81 por el microcontrolador 66 que se pueden usar para indicar el estado de la válvula. Por ejemplo, las salidas digitales 81 pueden comprender marcas binarias para indicar cuándo es normal el rendimiento de la válvula, cuándo está fuera del rango un parámetro, cuándo ha cambiado algún aspecto del rendimiento de la válvula, y cuándo cumple una condición predeterminada una comparación lógica de la presión de entrada con la presión de salida. Por ejemplo, se puede poner una marca respectiva cuando la presión de salida sea mayor que algún porcentaje ajustable de la presión de entrada como una indicación de que el dispositivo aguas abajo que se está controlando se ha activado totalmente y está listo para funcionar (es decir, la tarea que se está realizando por la salida se ha conseguido). Un PLC u otro controlador del proceso puede usar esta información para adelantar el comienzo del siguiente ciclo de la máquina y de ese modo acelerar el proceso que se está realizando.

[0025] Un dispositivo de almacenamiento de datos 82 (como una tarjeta SD extraíble o memoria fija) está conectado con el microcontrolador 66 y se puede usar para almacenar datos registrados, datos de rendimiento estadísticos, datos de fallos, y datos de rendimiento de ciclo a ciclo. Un puerto de comunicación 83 está conectado con el microcontrolador 66, y puede estar compuesto por un puerto Ethernet u otra función de comunicación de red de tipo en serie o paralelo para permitir la interacción con la unidad lógica por otros dispositivos electrónicos como un PLC o un PC.

[0026] Un LED de circuito de vigilancia 84 se conecta al microcontrolador 66 y se activa para proporcionar una indicación visual de que la unidad lógica 65 es funcional (por ejemplo, para usarse como una herramienta de localización y solución de problemas). Un LED de estado 85 está conectado con el microcontrolador 66 y se puede usar con el fin de generar cualquier indicación programable deseada durante la operación de la unidad lógica.

[0027] La operación del sistema habitual de la presente invención para monitorizar una válvula de control con un elemento de válvula corredizo interno avanza generalmente de la siguiente manera. Una señal de comando del piloto se recibe para activar la válvula. La señal de comando puede ser una señal eléctrica para operar un solenoide o bien una presión del piloto para una válvula del piloto controlada neumáticamente. La unidad lógica detecta la señal de comando del piloto e inicia un temporizador de activación. Un recuento de ciclos mantenido en la unidad

lógica se aumenta en uno. La unidad lógica examina la señal del piloto para verificar que su voltaje y corriente se hallan dentro de límites predefinidos determinados por las características de diseño de la unidad de solenoide que se está usando y se carga previamente en la unidad lógica. Los límites predefinidos también se pueden ajustar en el campo (p. ej., a través del puerto de configuración o el puerto de comunicación, por ejemplo). Siempre que la señal de comando del piloto no se halle dentro de los límites predefinidos, la unidad lógica registra un fallo y proporciona una señal de salida para indicar el problema a un dispositivo externo como un PLC u otro controlador principal.

[0028] La presión de entrada también es medida y registrada por la unidad lógica. Un valor de estado estacionario de la presión de entrada se acumula (por ejemplo, tomando un promedio a largo plazo) y se puede comparar con los límites predefinidos para esa variable. El valor instantáneo durante todo un ciclo de activación también se puede comparar con la presión de entrada de referencia de estado estacionario acumulada por la unidad lógica en ciclos previos. Si la presión de entrada instantánea no se halla dentro de un cierto porcentaje del valor de referencia, la unidad lógica proporciona un mensaje de fallo u otra indicación como una señal de LED. También se pueden detectar y registrar otras condiciones generales antes, durante, y después de cada ciclo operativo de la válvula, y generar mensajes de fallo cuando las condiciones generales estén fuera de sus límites reglamentarios.

[0029] La activación del piloto aplica presión del piloto al pistón del elemento de válvula haciendo que el elemento de válvula cambie de la posición desactivada hacia la posición activada. El movimiento de la porción de vástago del elemento de válvula hace que cambie el campo magnético detectado en el sensor de efecto Hall. La señal del sensor se procesa para determinar la posición del elemento de válvula a tiempo real. Los instantes de tiempo indicados por el temporizador de activación en funcionamiento son registrados para posiciones predeterminadas a lo largo de la trayectoria del elemento de válvula (como las posiciones del 20% y 80% del camino entre las posiciones extremas). En base a la diferencia entre los sucesos temporizados, se determina el tiempo para realizar los movimientos correspondientes. La unidad lógica compara los valores de tiempo con los tiempos de referencia como se establece por la unidad lógica para la válvula específica usando datos registrados y analizados estadísticamente para ciclos de operación previos. Si los tiempos de respuesta del elemento de válvula no se hallan dentro de los límites de control del proceso para los parámetros de ciclo elegidos (que se han introducido manualmente o bien determinado de acuerdo con una referencia acumulada durante ciclos de operación previos), la unidad lógica registra un fallo y proporciona un mensaje de fallo correspondiente u otra indicación al dispositivo externo. Un proceso similar se realiza durante el ciclo de desactivación.

[0030] Un procedimiento preferido de la presente invención se describirá ahora en conexión con el diagrama de flujo de la Figura 7. Un ciclo nuevo comienza cuando la unidad lógica detecta que el piloto se ha encendido. En la etapa 100, la unidad lógica comprueba diversas condiciones generales como la presión de entrada, el voltaje y la corriente de la señal del piloto, y la temperatura de la válvula. La posición mínima del vástago de la válvula también se puede medir como una condición general ya que un cambio en la condición mínima (es decir, la posición de estado estacionario más lejana al sensor Hall y nominalmente la posición desactivada) puede ser una indicación de una acumulación de detritos en el asiento de la válvula u otros problemas de sellado que impidan la completa desactivación de la válvula. Además, algunas condiciones generales se pueden monitorizar durante todo el ciclo, como la presión de entrada de manera que una presión de entrada instantánea mínima se pueda determinar como una indicación de posibles problemas en el suministro de fluido de entrada, como un filtro defectuoso u obstruido. Todas las condiciones generales se comparan con sus intervalos meta (determinados estadísticamente según ciclos previos de la válvula o bien determinados según límites estrictos suministrados durante la configuración de la unidad lógica) en la etapa 101. Si alguna condición general no se halla dentro de su intervalo meta, entonces se envían mensajes de fallo u otras indicaciones en la etapa 102. La respuesta interna de la válvula durante la activación se mide en la etapa 103. Se hace una comprobación en la etapa 104 para determinar si se obtienen datos válidos con respecto a la respuesta interna de la válvula. La validez de los datos depende de si las condiciones generales son tales que se esperaría el rendimiento nominal del elemento de válvula interno. Si no hay presentes condiciones para obtener datos válidos, entonces la unidad lógica espera al siguiente ciclo de la válvula. Sin embargo, si se obtienen datos válidos, entonces los promedios continuos y la acumulación estadística de datos se actualizan en la etapa 105.

[0031] Se hace una comprobación en la etapa 106 para determinar si se ha acumulado una referencia válida (es decir, si se ha incluido un número de ciclos suficiente en los promedios acumulados). Si no entonces la unidad lógica espera a que se produzca el siguiente ciclo. De forma alternativa, los datos de respuesta interna válidos se pueden comparar con los límites extremos almacenados por la unidad lógica para definir la operación límite que sólo puede ser aceptable durante periodos de tiempo limitados. Por ejemplo, una gran ventana de tiempo en el intervalo de 100 a 200 mS se puede comparar con los tiempos de ciclo determinados antes de la acumulación de la referencia, con los sucesos estando fuera del intervalo que se ignora durante un espacio de tiempo limitado.

[0032] Si se ha acumulado una referencia válida, entonces la respuesta de la válvula actual se compara con valor/es esperado/s en la etapa 107. En una forma de realización (denominada en este documento el modo "adaptativo"), el/los valor/es esperado/s se calcula/n como límites de control superior e inferior en base a la metodología del control estadístico de procesos (SPC) que usa el parámetro de tiempo de ciclo de ciclos sucesivos. En otra forma de realización (denominada en este documento modo de monitorización), la respuesta de la válvula actual (es decir, el valor actual del parámetro de tiempo de ciclo) se compara con un valor esperado determinado como un promedio a largo plazo. Se hace una comprobación en la etapa 108 para determinar si una varianza entre la respuesta actual y la respuesta esperada es mayor que una varianza predeterminada. En el modo de monitorización, por ejemplo, se puede haber determinado por operar una válvula en una referencia de 10.000 ciclos que un parámetro de ciclo definido como el movimiento del elemento de válvula entre las posiciones del 20% y del 80% tiene un promedio de 20 milisegundos (ms). Una varianza predeterminada puede estar compuesta por ejemplo por un aumento del 10% de manera que si un parámetro de ciclo instantáneo excede de 22 ms entonces existe una varianza predeterminada para la que se debería generar un mensaje de fallo u otra señal de indicación.

[0033] Si existe menos de la varianza predeterminada, entonces la unidad lógica espera a que comience el siguiente ciclo. Si existe la varianza predeterminada, se hace una comprobación en la etapa 109 para determinar si la varianza puede ser causada por una condición general. Si es así, entonces la unidad lógica simplemente espera a que comience el siguiente ciclo. De lo contrario, se genera un mensaje de fallo en la etapa 110 para indicar a un controlador principal, un dispositivo de monitorización, o un operario humano que el parámetro de tiempo de ciclo muestra una varianza con respecto a los valores esperados (por ejemplo, los promedios de referencia o los límites de control superior e inferior) que indican que el rendimiento de la válvula degradado está presente hasta tal grado que la unidad lógica pronostica que la operación "fuera de las especificaciones" de la válvula de control puede ser inminente. En una forma de realización preferida, el mensaje de fallo puede incluir un número proyectado de ciclos de válvula restantes (o el tiempo restante en base a la tasa de ciclos de la válvula) antes de que se pueda producir una condición de fallo.

[0034] Un proceso más detallado para la presente invención se muestra en la Figura 8. Una señal de comando del piloto se recibe en la etapa 115. Las condiciones generales, las condiciones iniciales, y un tiempo de inicio se registran en la etapa 116. Un recuento de ciclos se aumenta en uno en la etapa 117. Se hace una comprobación en la etapa 118 para determinar si el recuento de ciclos desde la instalación inicial de la válvula de control tiene un valor bajo que indica que el sistema de válvula de control se encuentra en un periodo de rodaje (es decir, un tiempo durante el cual los componentes de la válvula se están desgastando y ajustando los unos a los otros y aún no han alcanzado una condición operativa con un rendimiento consistente). De forma similar, la etapa 118 comprueba si hay una condición al ralentí en el que ha transcurrido un tiempo particular desde el ciclado previo de la válvula. Por ejemplo, cuando se para un proceso de fabricación durante el fin de semana, los primeros ciclos de la válvula en la siguiente jornada de trabajo pueden experimentar transitorios en la propia operación de la válvula o en los componentes aguas arriba o aguas abajo del sistema de fabricación de manera que los datos medidos no son fiables y no se deberían usar en los promedios continuos acumulados. En las condiciones al ralentí o de rodaje, se utiliza un proceso modificado 119. El proceso modificado descuenta ciertos cambios en los valores medidos pero por lo demás sigue pudiendo monitorizar el rendimiento global de la válvula.

[0035] Si no se encuentra en el periodo al ralentí o de rodaje, se hace una comprobación en la etapa 120 para determinar si otras condiciones generales están bien. Si no, entonces se envía un mensaje de fallo en la etapa 121. Durante todo el ciclo de activación de la válvula, se comprueba la presión de entrada en la etapa 122, y si se halla fuera de los límites predefinidos, y entonces se genera un mensaje de fallo en la etapa 123. De forma similar, se comprueba la presión de salida en la etapa 124 durante todo el ciclo de la válvula y se envía un mensaje de fallo correspondiente en la etapa 125 cuando la presión de salida está fuera de los límites predeterminados.

[0036] Las respuestas internas del elemento de válvula (por ejemplo, el tiempo entre sucesos cuando el elemento de válvula se detecta en posiciones predeterminadas o los tiempos en los que hay presentes presiones predeterminadas en la salida) se registran en la etapa 126. Los tiempos de ciclo de activación se calculan en la etapa 127 en respuesta a los tiempos registrados para las respuestas del elemento de válvula y/o el tiempo de un cambio en la señal de comando del piloto. El procedimiento de la Figura 8 opera en un modo de referencia o un modo de monitorización de la siguiente manera. Se hace una comprobación en la etapa 128 para determinar si el recuento de ciclos es mayor que un umbral en el que el umbral representa un número de ciclos seleccionado para representar un periodo suficientemente largo de operación de la válvula en el que se puede obtener un promedio significativo. Hasta que se alcanza el umbral, se acumulan los promedios en el modo de referencia pero no se usan con el fin de pronosticar la vida útil restante (es decir, el número de ciclos hasta una condición de la válvula fuera de

las especificaciones). De ese modo, si el recuento no es mayor que el umbral en la etapa 128, entonces los promedios se actualizan según el modo de referencia en la etapa 129, siempre y cuando haya presentes condiciones generales que indiquen que se han obtenido datos válidos.

5 **[0037]** Si el recuento excede el umbral en la etapa 128, entonces se realiza la operación en un modo de monitorización que comienza con la etapa 130 en la que uno o más parámetros de tiempo de ciclo determinados para el presente ciclo (o un promedio en una cierta ventana de ciclos) se comparan con un umbral de los parámetros de ciclo (por ejemplo, un valor proporcional al promedio de referencia acumulado). Como una alternativa a o además de comprobar un promedio, se puede hacer una comprobación de las desviaciones estándares de los parámetros
10 del rendimiento de la válvula. Las tendencias de las desviaciones estándares indicarán si hay más variabilidad en el rendimiento de la válvula (atascamiento) a medida que se acumulen los ciclos.

[0038] Si los tiempos de ciclo son mayores que el umbral de los parámetros de ciclo que indica que el movimiento del elemento de válvula ha disminuido su velocidad lo suficiente como para indicar una tendencia, entonces se hace
15 una comprobación en la etapa 131 para determinar si el tiempo aumentado podría ser debido a un problema en el suministro de fluido presurizado a la entrada. Si las condiciones de suministro se hallan dentro de límites nominales, entonces un pronóstico para el número de ciclos o el tiempo hasta un fallo potencial de la válvula se actualiza en la etapa 132. Por ejemplo, los parámetros de ciclo medios en distintos grupos de ciclos consecutivos se pueden calcular y retener en la unidad lógica de manera que se pueda observar cualquier tendencia de parámetros de
20 tiempo de ciclo en aumento. Los tiempos de ciclo (y/o desviaciones estándares) de los grupos respectivos pueden ser procesados (por ejemplo, integrados) para determinar la pendiente en la que está aumentando el parámetro de tiempo de ciclo medio. En base a la pendiente y al valor actual, se estima una proyección del número de ciclos restantes hasta que el tiempo de ciclo medio alcanzaría una longitud de tiempo inaceptable. El tiempo correspondiente o número de ciclos hasta una condición de fallo se puede comparar con un número predeterminado
25 de ciclos en la etapa 133. Si el número proyectado de ciclos restantes no es menor que el número predeterminado, entonces se detecta una situación aceptable. De lo contrario, se envía una señal indicadora en la etapa 134 para indicar al controlador principal y al operario humano que se pronostica un fallo inminente. La indicación puede o no incluir el número de ciclos restantes o el tiempo hasta que se predice que se producirá el fallo.

30 **[0039]** Si los tiempos de ciclos medidos no son mayores que el umbral en la etapa 130 (es decir, el parámetro de ciclo actual no muestra la varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado), o tras detectarse un problema de suministro en la etapa 131, determinando que el pronóstico actualizado está bien en la etapa 133 o enviando una señal de indicación en la etapa 134, entonces los promedios móviles para el parámetro de ciclo se actualizan en la etapa 135 siempre que las condiciones generales y otras sean tales que los datos del parámetro de
35 ciclo sean válidos. El procedimiento para determinar promedios actualizados en la etapa 135 puede ser equivalente al procedimiento en la etapa 129 del modo de referencia o se puede modificar para proporcionar una sensibilidad diferente a los cambios en los parámetros de ciclo (por ejemplo, reduciendo la sensibilidad de los promedios a grandes cambios en los valores actuales mientras se encuentra en el modo de monitorización). Después de eso, la unidad lógica espera al final de la señal del piloto en la etapa 136 como una indicación del comienzo de un ciclo de
40 desactivación.

[0040] Además de los modos de referencia y de monitorización, la presente invención también puede utilizar un modo "adaptativo". En este modo, la unidad lógica detecta un cambio significativo que se produce en un parámetro de ciclo o una variable general de la válvula de control. En base a muestras previas del parámetro de ciclo o las
45 variables generales, los límites de control superior e inferior se calculan usando un control estadístico de procesos como se muestra en la Figura 10 en el que los valores de los parámetros de ciclo se trazan como una línea 155. Cada punto de datos en la línea 155 puede comprender preferentemente un valor de parámetro de ciclo medio o una desviación estándar determinada en diversos ciclos que se muestrean periódicamente.

50 **[0041]** El modo adaptativo puede estar inactivo durante un periodo de rodaje inicial 156. Después de eso, un límite de control superior (UCL) 157 y un límite de control inferior (LCL) 158 se determina dinámicamente durante todo el ciclo vital de la válvula de control. Por ejemplo, el UCL 157 y el LCL 158 se pueden calcular en ciclos designados como 160 y 161, respectivamente, usando parámetros de ciclo que se produzcan durante una ventana 162. En una forma de realización, se puede usar una ventana móvil para calcular el UCL y el LCL en diferentes tiempos. El valor
55 del UCL 157 y del LCL 158 se puede determinar de una manera convencional, bien conocida en base a una varianza estadística como una varianza seis sigma (σ). En un suceso 163, un cambio repentino en la línea 155 hace que pase a ser mayor que el UCL 157, dando como resultado que la varianza actual sea mayor que la varianza predeterminada de manera que se genera un mensaje de fallo. Tras el suceso 163, el UCL y el LCL tienen una separación cada vez mayor debido al cambio significativo en el parámetro de tiempo de ciclo.

[0042] El manejo de un ciclo de desactivación se muestra de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 9. La señal de comando del piloto se apaga en la etapa 140. Las condiciones generales y el tiempo de apagado se registran en la etapa 141. Las respuestas internas de la válvula se registran en la etapa 142. En la etapa 143, se calculan los tiempos de ciclo de desactivación. Los tiempos de los parámetros de ciclo se comparan con un umbral (correspondiente a un porcentaje del promedio, el UCL y el LCL, u otros límites reglamentarios) en la etapa 144. Se hace una comprobación en la etapa 145 para determinar si un problema de suministro está causando una varianza entre el tiempo de ciclo de desactivación actual y el umbral. Si no, entonces la predicción o pronóstico de degradación se actualiza en la etapa 146. Si el tiempo proyectado para un fallo es aceptable en la etapa 147 entonces no se envía ninguna señal de indicación. Si es inaceptable, entonces se envía la señal de indicación en la etapa 148.

[0043] En la etapa 149, los valores esperados de los parámetros de ciclo (por ejemplo, los promedios o el UCL y el LCL) se actualizan de acuerdo con el modo de referencia o de monitorización de la operación mientras haya presentes condiciones válidas. Después de eso, la unidad lógica espera a la siguiente señal de comando del piloto en la etapa 150.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de válvula de control de fluido (10) que comprende:
- 5 un cuerpo de la válvula (11) que tiene una perforación alargada (25) en comunicación con un orificio de entrada (30) y un orificio de salida (31);
- un elemento de válvula (26) movable dentro de la perforación (25) entre posiciones primera y segunda, en el que el orificio de salida (31) se conecta selectivamente con el orificio de entrada (30) de acuerdo con la posición del
- 10 elemento de válvula (26);
- al menos un sensor de la válvula (42, 46B, 67) montado en relación con el cuerpo de la válvula (26) para generar una señal del sensor indicativa de al menos un parámetro instantáneo de la válvula que cambia entre las posiciones primera y segunda;
- 15 un piloto (14) montado en el cuerpo de la válvula (11) adaptado para recibir una señal de comando del piloto (15) y para mover el elemento de válvula (26) en respuesta a la señal de comando del piloto (15);
- una unidad lógica (65) que recibe la señal del sensor y la señal de comando del piloto (15), en el que un cambio predeterminado en la señal de comando del piloto (15) hace que la unidad lógica (65) determine un parámetro de ciclo (57, 58) que responda a un periodo de tiempo entre dos sucesos predeterminados (55, 56), en el que al menos el comienzo o el final del periodo de tiempo corresponde a un valor predeterminado de la señal del sensor,
- 20 **caracterizado porque**
- 25 la unidad lógica (65) opera en un modo de referencia y un modo de monitorización, en el que el modo de referencia comprende un número predeterminado inicial de ciclos de la señal de comando del piloto (15), y se acumulan determinaciones individuales del parámetro de ciclo (57, 58) para obtener un parámetro de ciclo esperado; y porque
- 30 el modo de monitorización se utiliza tras la terminación del modo de referencia, en el que la unidad lógica (65) genera una señal de indicación (134,148) cuando el parámetro de ciclo (57, 58) durante el modo de monitorización muestra una varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado.
2. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, en el que la unidad lógica (54)
- 35 tiene además un modo adaptativo en el que el parámetro de ciclo esperado se determina calculando estadísticamente un límite de control superior (157) y un límite de control inferior (158) en respuesta a determinaciones individuales del parámetro de ciclo (57, 58) dentro de una ventana predeterminada, y en el que la varianza predeterminada corresponde al parámetro de ciclo (57, 58) que está por encima del límite de control superior (157) o por debajo del límite de control inferior (158).
- 40
3. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, en el que un parámetro detectado por el sensor de la válvula (42, 46B, 67) comprende una posición instantánea del elemento de válvula (26), y en el que al menos uno de los sucesos predeterminados (55, 56) comprende un movimiento predeterminado del elemento de válvula (26) a una posición predeterminada entre las posiciones primera y segunda.
- 45
4. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, en el que el parámetro de ciclo (57, 58) corresponde a un periodo de tiempo medido en el que el elemento de válvula (26) se mueve entre las posiciones primera y segunda, o corresponde a un periodo de tiempo medido desde el cambio predeterminado en la señal de comando del piloto (15) hasta que el elemento de válvula (26) se mueve a una posición predeterminada.
- 50
5. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 4, en el que el parámetro de ciclo (57, 58) muestra la varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado cuando el periodo de tiempo medido es mayor que un periodo de tiempo medido medio.
- 55
6. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 4, en el que el parámetro de ciclo (57, 58) muestra la varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo medio cuando el periodo de tiempo medido es menor que un periodo de tiempo medido medio.
7. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 4, en el que el parámetro de ciclo

(57, 58) muestra la varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado cuando el periodo de tiempo medido es mayor que o menor que una desviación estándar.

8. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 4, en el que las posiciones primera y segunda se ubican sustancialmente en las posiciones desactivada y activada del elemento de válvula (26), respectivamente.

9. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 4, en el que la primera posición está distanciada de una posición desactivada del elemento de válvula (26) y en el que la segunda posición se encuentra entre la primera posición y una posición activada del elemento de válvula (26).

10. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 9, en el que la primera posición se ubica sustancialmente en el 20% aproximadamente de la distancia desde la posición desactivada hasta la posición activada, y en el que la segunda posición se ubica sustancialmente en el 80% aproximadamente de la distancia desde la posición desactivada hasta la posición activada.

11. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, en el que el sensor de la válvula (42, 46B, 67) comprende un sensor de presión (46B) conectado con el orificio de salida (31) para generar una señal de presión de salida en respuesta a una presión de salida en el orificio de salida (31), y en el que el parámetro de ciclo (57, 58) corresponde a un periodo de tiempo medido en el que la presión de salida se mueve entre una primera presión predeterminada y una segunda presión predeterminada.

12. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de sensores generales que generan un conjunto de señales que representan condiciones generales externas del sistema de válvula, en el que el conjunto de señales se conecta con la unidad lógica (65), y en el que la unidad lógica (65) determina si el parámetro de ciclo (57, 58) muestra la varianza predeterminada con respecto al parámetro de ciclo esperado debido a una discrepancia en el conjunto de señales.

13. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 12, en el que la discrepancia se determina en respuesta a una condición general que está fuera de un intervalo predeterminado.

14. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 12, en el que el conjunto de señales se acumula durante el modo de referencia para obtener una condición general media, y en el que la discrepancia se determina en el modo de monitorización en respuesta a una comparación de una señal del sensor con la condición general media.

15. El sistema de válvula de control de fluido (10) de la reivindicación 1, en el que un parámetro detectado por el sensor de la válvula (42, 46B, 67) comprende una presión instantánea en el orificio de salida (31), y en el que al menos uno de los sucesos predeterminados (55, 56) comprende la detección de una presión predeterminada entre una presión activada y una presión desactivada.

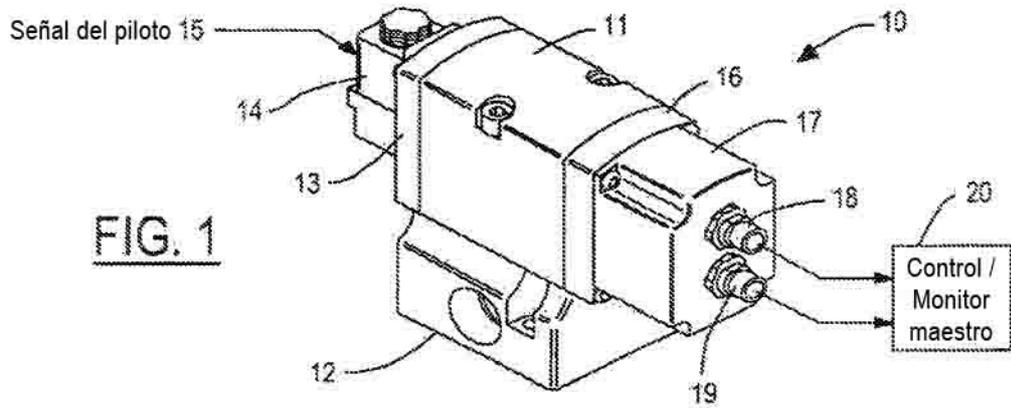


FIG. 1

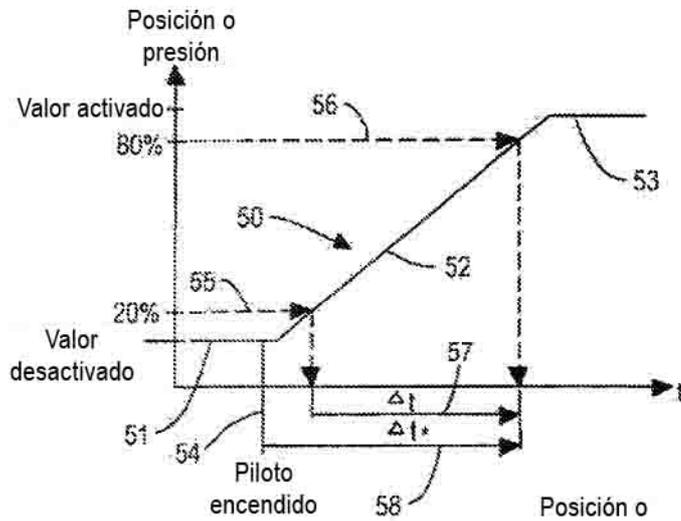
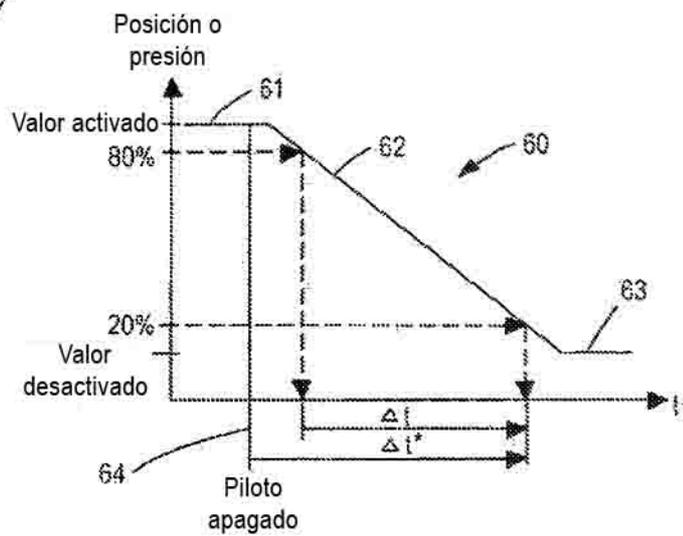


FIG. 4

FIG. 5



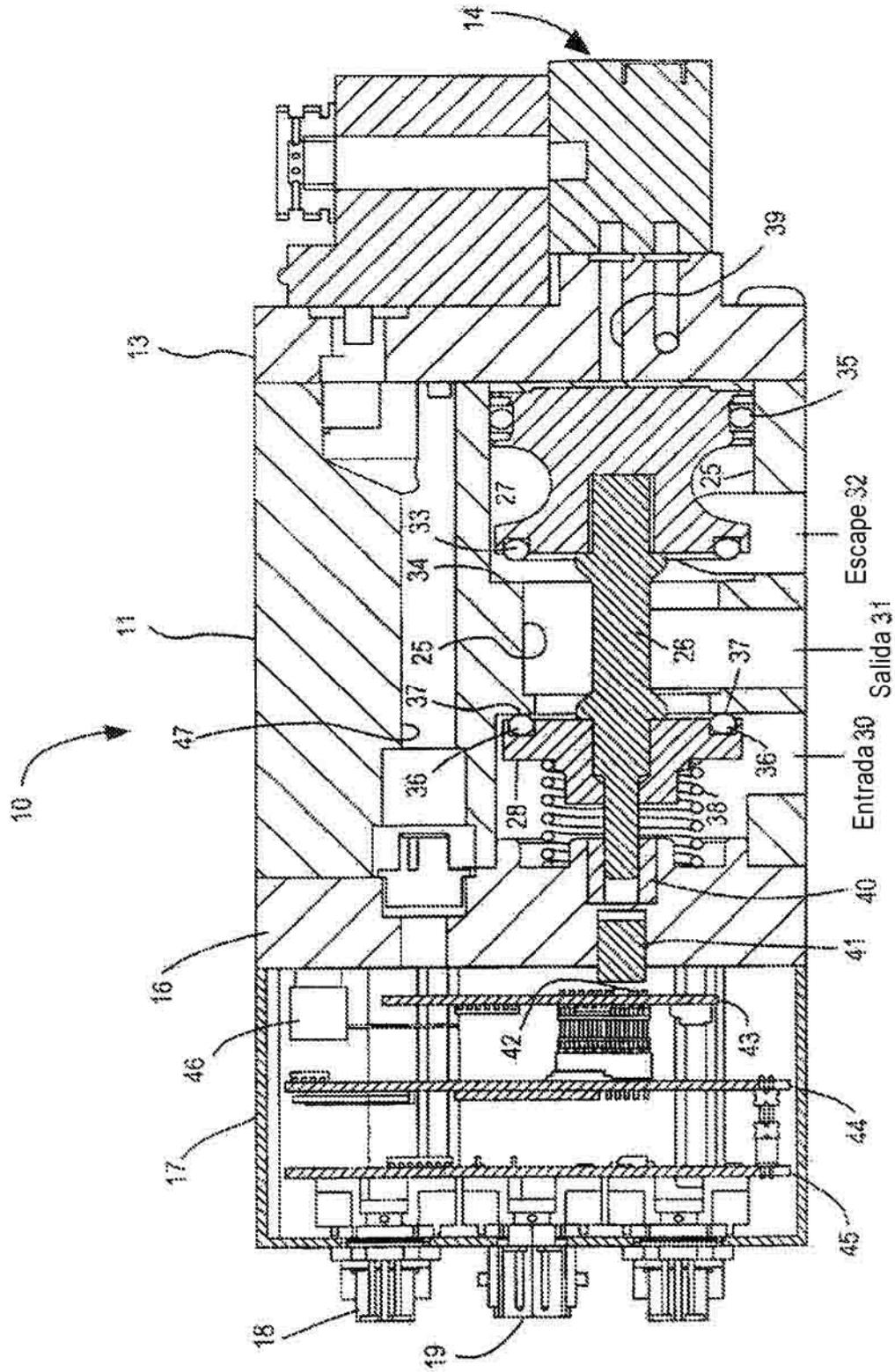


FIG. 2

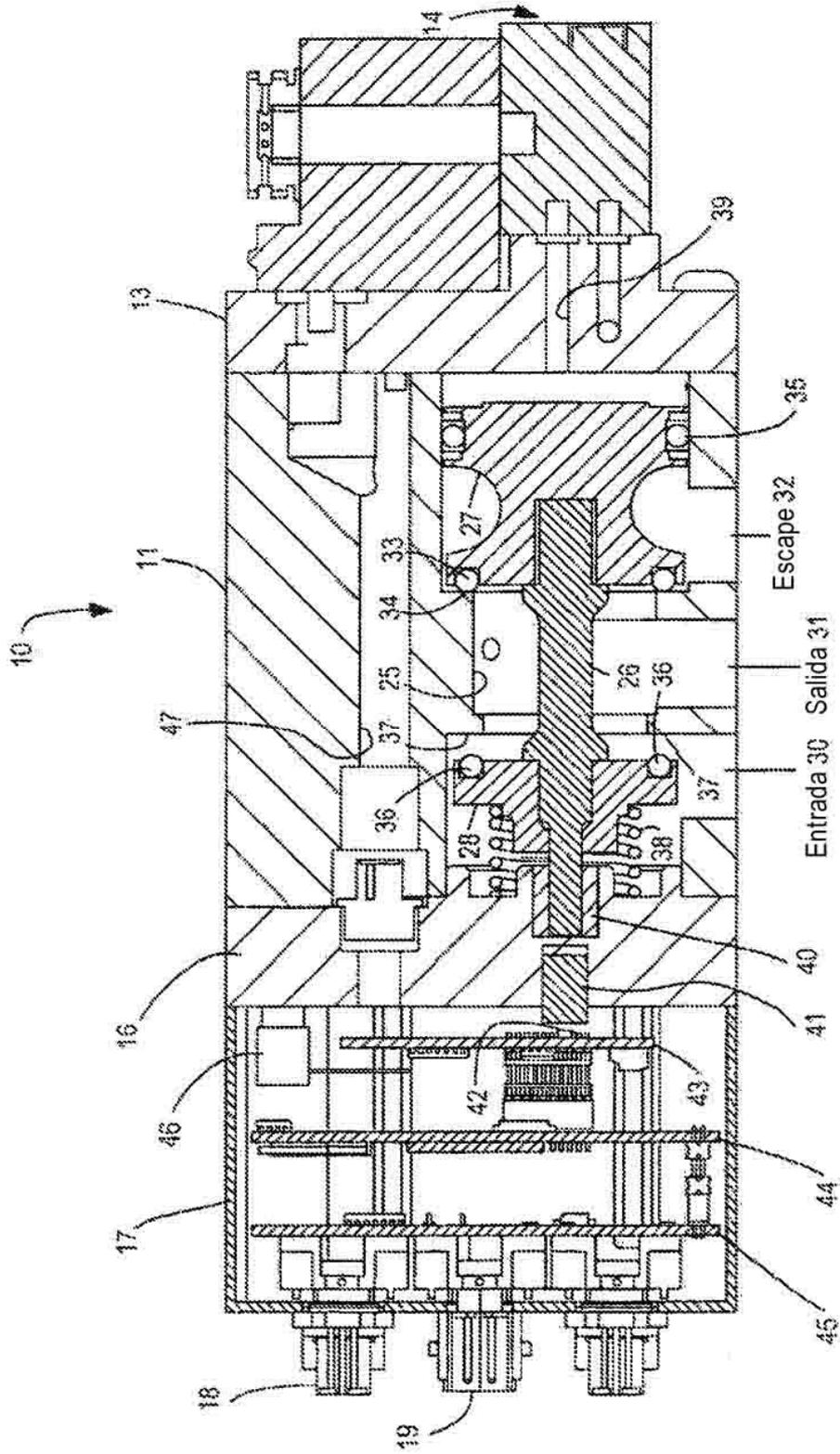


FIG. 3

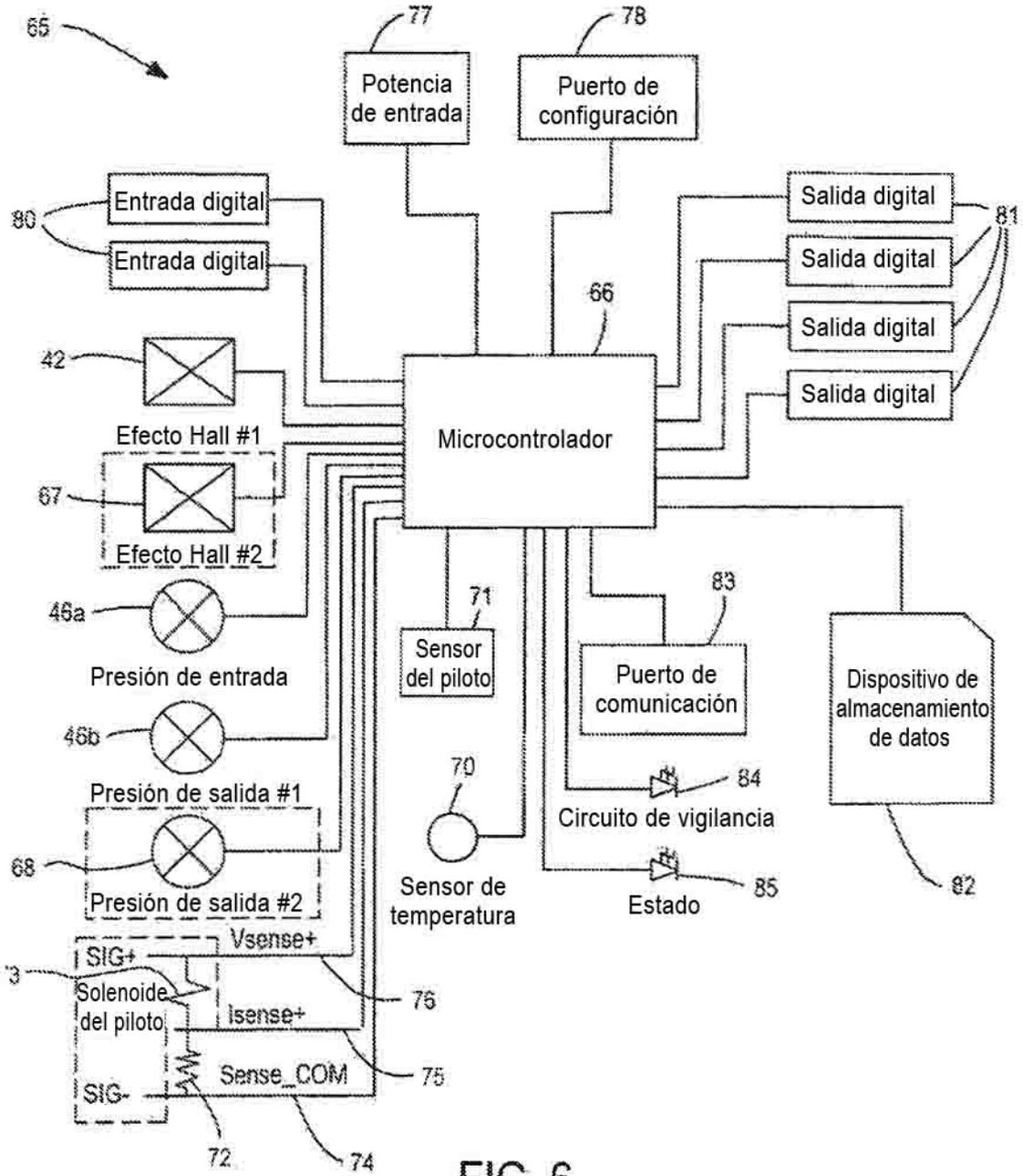


FIG. 6

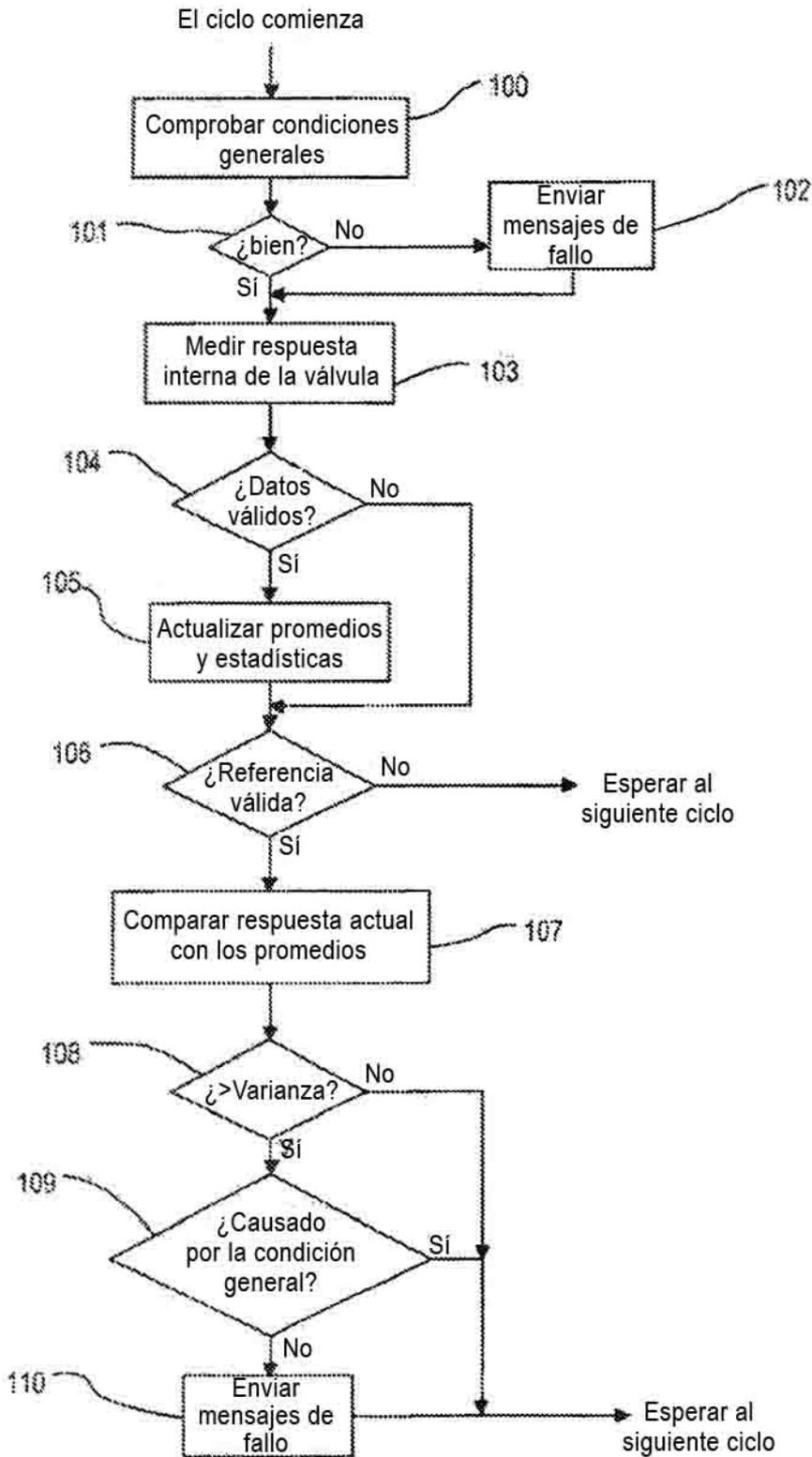


FIG. 7

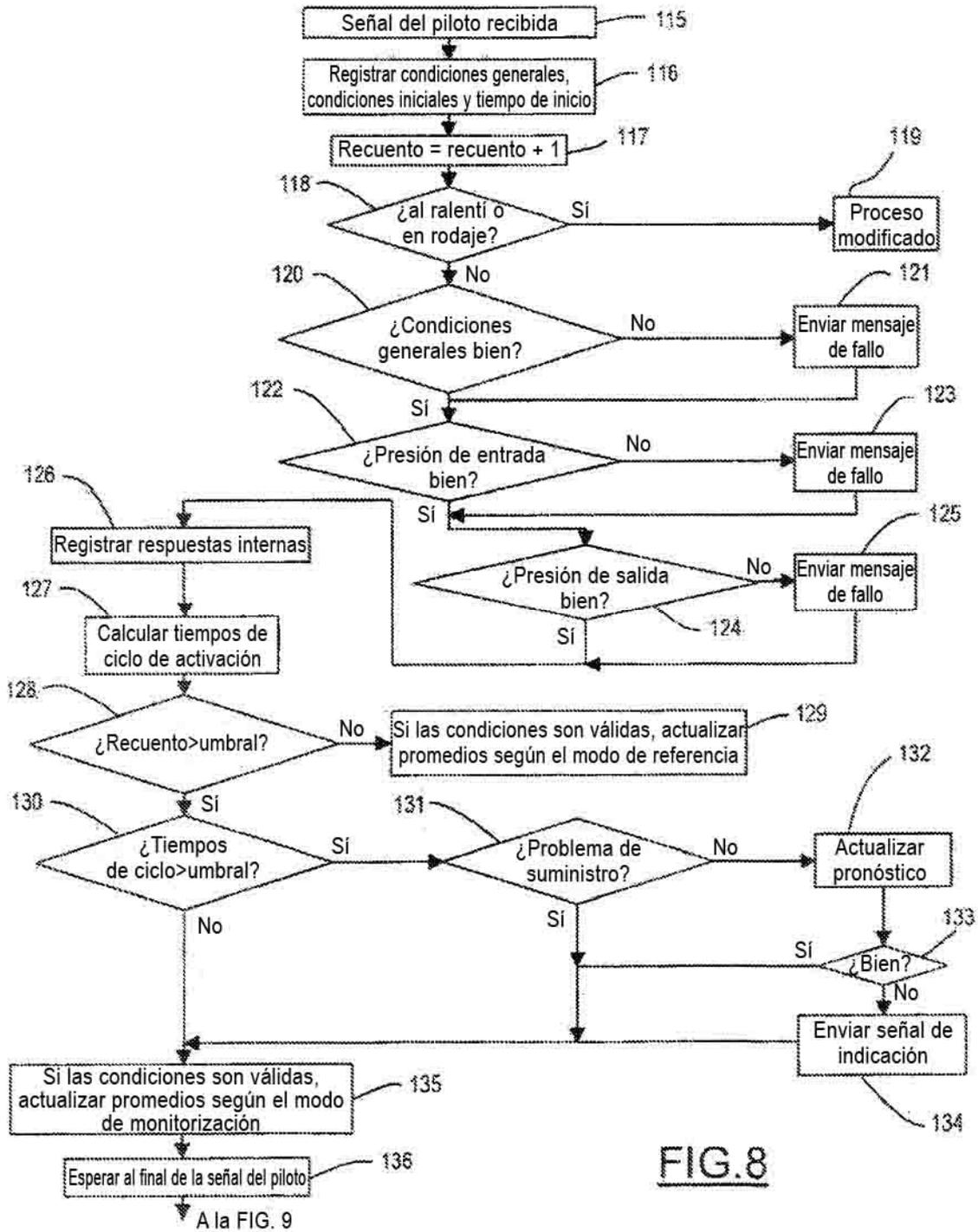


FIG.8

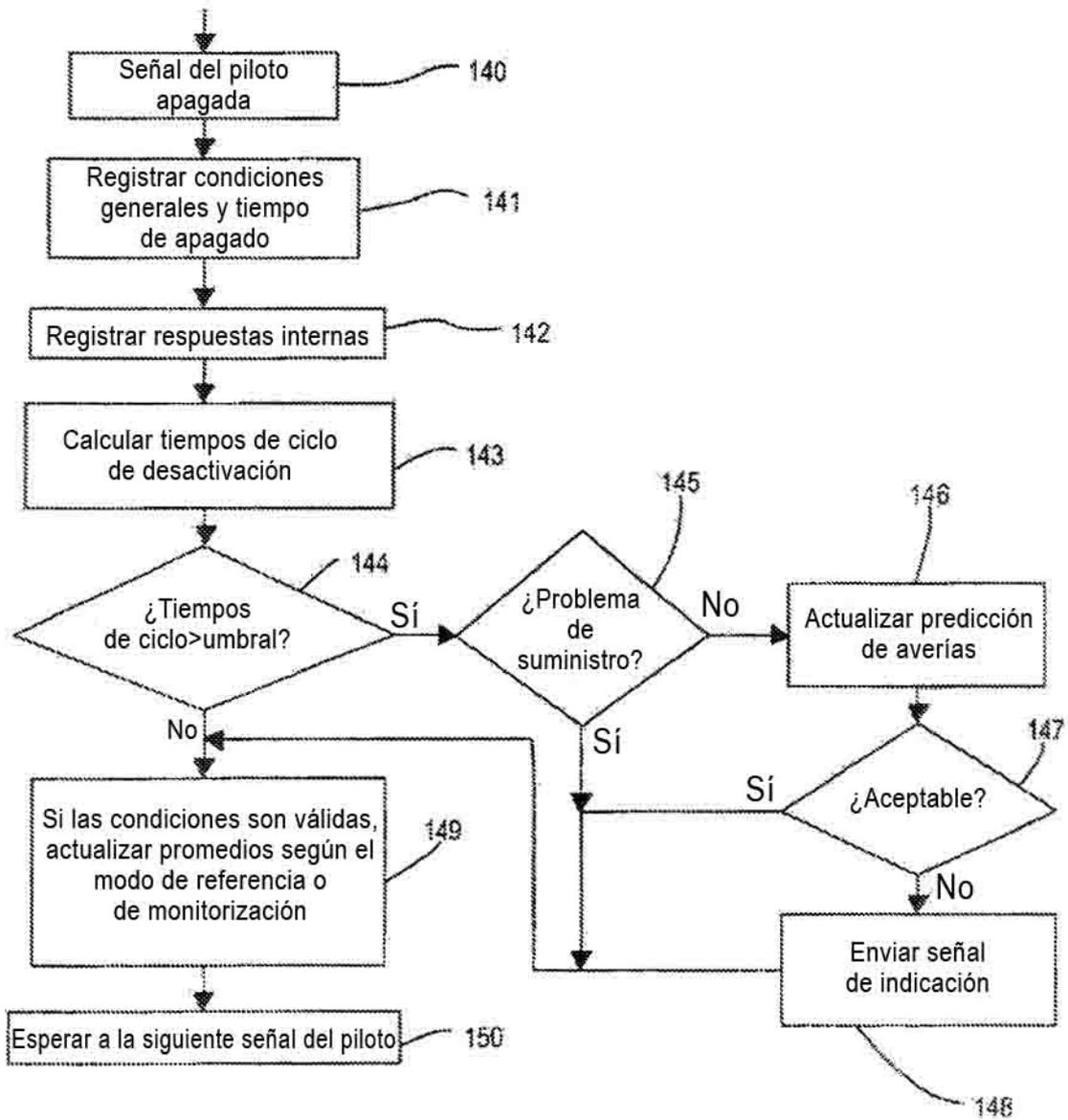


FIG. 9

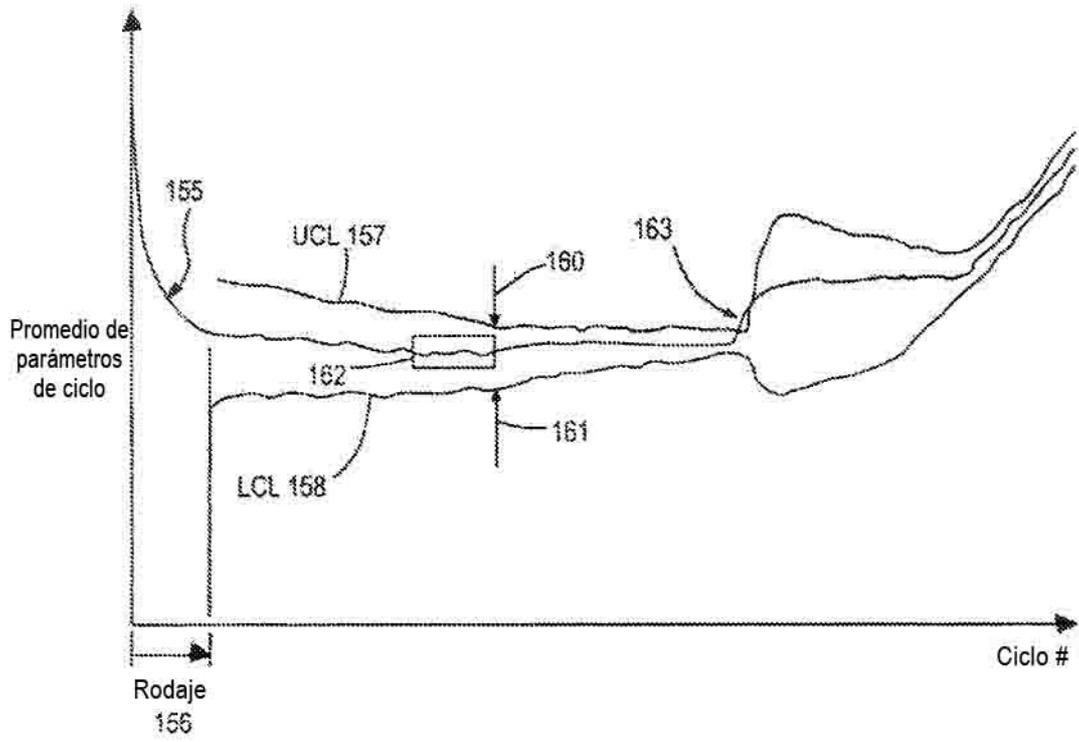


FIG. 10