



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 800**

51 Int. Cl.:
F04B 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06119285 .2**

96 Fecha de presentación : **22.08.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1757809**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.02.2007**

54 Título: **Bomba dosificadora magnética regulada en el movimiento y la velocidad.**

30 Prioridad: **22.08.2005 DE 10 2005 039 772**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.04.2010

73 Titular/es: **ProMinent Dosiertechnik GmbH**
Im Schuhmachergewann 5-11
69123 Heidelberg, DE

72 Inventor/es: **Freudenberger, Thomas y**
Höhler, Andreas

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 335 800 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).

ES 2 335 800 T3

DESCRIPCIÓN

Bomba dosificadora magnética regulada en el movimiento y la velocidad.

5 La invención concierne a una bomba dosificadora magnética según el preámbulo de la reivindicación 1.

Estas bombas dosificadoras magnéticas son en general conocidas y se adaptan a los requisitos de cada caso por medio de dispositivos adicionales. Trabajan según el principio volumétrico, en el que el proceso de dosificación consiste en el transporte de un volumen de cámara cerrado. El volumen de dosificación por carrera corresponde aquí a la diferencia de volumen del movimiento de la membrana.

Una bomba dosificadora magnética de esta clase según el preámbulo de la reivindicación 1 es conocida por el documento WO 00/22298.

15 En una bomba dosificadora magnética de esta clase se apoya en una envolvente magnética estacionaria una pieza de presión móvil de modo que sea introducida en la envolvente magnética al producirse una activación eléctrica de la bobina magnética y acorte entonces su entrehierro, y sea empujada nuevamente hacia atrás hasta su posición de partida por un muelle de recuperación después de la desconexión de la activación eléctrica. Fijamente unida a la pieza de presión va una biela que transmite el movimiento y la fuerza a la membrana de dosificación.

20 En un caso sencillo, se conecta el imán elevador para realizar una carrera de dosificación durante un tiempo determinado. Otras realizaciones imprimen a la bobina magnética una evolución regulada de la corriente eléctrica según un perfil temporal prefijado, con lo que la fuerza magnética y, por tanto, la capacidad de dosificación se pueden reproducir mejor y con independencia de parámetros eléctricos, tal como, por ejemplo, la magnitud actual de la tensión de la red.

La frecuencia de carrera viene prefijada por la frecuencia secuencial de los impulsos de activación eléctricos. La longitud de carrera puede ser variada, por ejemplo, por medio de un husillo mecánicamente regulable que prefija el punto de arranque del movimiento de carrera; la posición final se alcanza cuando está completamente atraído el imán. Una realización posible consiste en atornillar un perno de regulación de carrera con botón giratorio y escala accesibles desde el lado de manejo del aparato en una rosca de una tapa elevadora que a su vez está fijada por el lado posterior a la envolvente magnética y cuya posición es invariable con respecto a la envolvente magnética.

35 El desarrollo del movimiento de la membrana es el resultado de la cooperación de las fuerzas operativas. Después de la conexión, aumentan primero la corriente magnética, frenada por la autoinducción, y, por tanto, aumenta la fuerza generada; si se vence la fuerza que actúa sobre la biela debido a la membrana y al muelle de recuperación, se pone en movimiento la pieza de presión. Se reduce el entrehierro al progresar el recorrido y se aumenta la fuerza magnética en medida correspondientemente mayor. Resulta un movimiento rápidamente acelerado con fuerte impacto de la pieza de presión en la envolvente, amortiguado tan sólo por un anillo de amortiguación usualmente existente (anillo tórico). El movimiento completo se desarrolla en unos pocos milisegundos, resultando de esto unas velocidades momentáneas muy altas del medio a dosificar y unas altas puntas de presión de hasta el doble de la presión de trabajo y más.

45 La membrana no es rígida, sino que se deforma elásticamente en la zona de bataneo en una cuantía determinada cuando actúa sobre ella la presión del medio a dosificar. La cuantía de esta deformación se pierde pierde el movimiento de carrera efectivamente realizado y conduce a que la cantidad a dosificar disminuya al aumentar la presión de trabajo. En aplicaciones normales esta característica descendente tiene con claridad un carácter netamente más acusado que lo que admitiría la precisión de dosificación requerida. Por tanto, las bombas dosificadoras magnéticas no pueden hacerse funcionar usualmente en un ajuste general a lo largo de un amplio intervalo de la presión de trabajo con la precisión deseada; por el contrario, los errores que se presentan son captados por una medición de calibración e incorporados en cálculos adicionales. Sin embargo, esta medición de calibración tiene que efectuarse en la aplicación concreta en condiciones de trabajo reales y constituye, especialmente en combinación con productos químicos agresivos, un paso de trabajo que trae consigo un coste considerable.

55 El accionamiento magnético actualmente usual en general tiene ciertamente suficiente con unas pocas piezas sencillas y, por consiguiente, es de fabricación favorable, pero sigue estando limitado a potencias relativamente bajas y adolece de inconvenientes con respecto a las propiedades hidráulicas del proceso de dosificación en comparación con una bomba dotada de un accionamiento motorizado. El accionamiento motorizado, por ejemplo por medio de engranajes o excéntricas, es más potente y tiene propiedades de dosificación más favorables para muchos procesos, pero es sensiblemente más costoso de producir.

65 El problema de la presente invención radica especialmente en eliminar los inconvenientes conocidos con respecto a las propiedades hidráulicas del proceso de dosificación y lograr así un campo de utilización variable y mayor de las bombas dosificadoras magnéticas, sin influir negativamente sobre sus ventajas, concretamente sobre la fabricación sencilla y barata. Además, el proceso de movimiento de la pieza de presión y de la biela unida con ésta deberá adaptarse a los datos nominales de modo que se pueda ajustar el propio proceso de dosificación y también se puedan tener en cuenta y eliminar por medio de la regulación los errores producidos por la técnica de fabricación o por la naturaleza de las membranas elásticas. El emisor de posición deberá estar configurado de modo que las inexactitudes de fabricación

ES 2 335 800 T3

y/o las que se presenten durante el uso con respecto a la medición de posición puedan compensarse por medio de la electrónica utilizada.

5 La solución del problema consiste en que esté unido con la unidad constituida por la pieza de presión y la biela un elemento de referencia cuya posición sea explorada por un sensor de posición, entregando el sensor de posición una señal real que está en una relación fija con la posición del elemento de referencia y que influye a través de un circuito de regulación, en el marco de su exactitud de regulación, sobre el movimiento de la unidad constituida por la pieza de presión y la biela de modo que este movimiento siga a un perfil de valores nominales prefijado.

10 Con ayuda del dispositivo de regulación y del sensor de posición se capta el movimiento de la pieza de presión con la biela y se guía este movimiento de manera correspondiente a un perfil de movimiento prefijado. El circuito de regulación obtiene para ello como valor de consigna, partiendo de las condiciones marco, el respectivo desarrollo de movimiento adecuado y regula el desarrollo de movimiento real, establecido sobre la base de los valores de medida del sensor de posición, con ayuda de una influenciación de la corriente de la bobina magnética de modo que esta corriente
15 siga lo mejor posible al valor de consigna, con lo que se eliminan las inexactitudes originadas de otra manera por, por ejemplo, las propiedades de la membrana.

Si el sensor de posición trabaja según un principio exento de contacto, se asegura un funcionamiento exento de desgaste del sensor, lo que es ventajoso y, en último término, necesario en vista del alto número de carreras durante la
20 vida útil de una bomba dosificadora.

Si el elemento de posicionamiento unido con la biela está dispuesto en el extremo alejado de la cabeza dosificadora y por fuera de ésta cabeza dosificadora, se consigue así una mayor flexibilidad respecto del espacio de montaje para el sensor de posición.

25 Si el elemento de posición influye sobre el trayecto de los rayos de una fuente de luz y el sensor de posición cooperante con él, que está dispuesto en la envolvente magnética, trabaja según un principio de receptor fotosensible, se asegura, por un lado, un funcionamiento exento de desgaste, tal como el que es imprescindible en vista del alto número de carreras durante la vida útil de una bomba dosificadora, y se exploran sin contacto las piezas movidas. Otra
30 ventaja de esta disposición reside en que esta configuración de un sensor de posición es en principio insensible frente a campos de dispersión magnética que no pueden evitarse durante el funcionamiento del sensor cerca del imán.

Si el elemento de referencia es un cuerpo de sombra o un contorno generador de sombra y el sensor de posición cooperante con él, que está dispuesto en la envolvente magnética, consiste en una serie de células receptoras fotosensibles y acopladas por carga, una disposición de esta clase de base óptica tiene importantes propiedades que debe
35 satisfacer el sensor de posición. Por un lado, la disposición, debido al principio de funcionamiento óptico, trabaja sin desgaste y es insensible frente a campos de dispersión magnética, y, por otro lado, un sensor configurado de esta manera prácticamente no presenta errores de linealidad.

40 Asimismo, si el sensor de posición está dispuesto sobre un portasensor propio que está fijamente unido con la envolvente magnética, una disposición de esta clase puede premontarse y probarse como una unidad normalizada y facilita así el montaje. Si se construye el portasensor como una pieza de plástico no conductor, se simplifica con ello adicionalmente el aislamiento eléctrico de los componentes del sensor frente a la envolvente magnética.

45 Si el elemento de posición, el cuerpo de sombra o el contorno generador de sombra y el sensor de posición representan una disposición semejante a una barrera óptica y los valores de medida son alimentados continua o intermitentemente al circuito de regulación, una disposición de esta clase proporciona los datos de posición al circuito de regulación con una velocidad adecuada a los requisitos.

50 Si el sensor de posición consiste en una pluralidad de receptores linealmente dispuesto (píxeles), preferiblemente 128 píxeles, una disposición de esta clase puede obtener de manera sencilla la posición por recuento del límite de sombra entre células iluminadas y no iluminadas y consigue ya con este sencillo método una resolución correspondiente a la distancia de las células del módulo receptor empleado.

55 Si la fuente de luz es un diodo luminiscente (LED) que está dispuesto con respecto al sensor de posición de modo que su haz de rayos luminosos no sea estorbado por la biela en el recorrido directo hacia el receptor, esto tiene la ventaja de que el barato LED posee una mancha luminiscente aproximadamente puntiforme, que es imprescindible para una alta resolución óptica, y prácticamente presenta una vida útil casi infinita. La disposición con respecto al sensor de posición por delante de la biela da como resultado una distancia grande entre la fuente de luz y el receptor,
60 la cual hace que el ángulo de proyección del rayo de luz relevante sea relativamente independiente de la posición de montaje de los elementos.

Si se forma el valor de partida del sensor de posición (36) por interpolación de los valores de luminosidad de varios píxeles situados en la zona de transición de sombra, se consigue para la señal de salida del sensor de posición
65 una resolución más fina que la que es prefijada por la trama mecánica de las células del receptor CCD.

Si se utilizan medidas de filtrado durante el procesamiento de las señales del sensor de posición, se mejora la inmunidad del sensor de posición frente a perturbaciones.

ES 2 335 800 T3

La sensibilidad del sensor de posición frente a desviaciones de montaje y desplazamientos mecánicos durante el funcionamiento, por ejemplo por calentamiento o desgaste de cojinetes, se reduce cuando se eliminan errores de posición cero del sensor de posición por medio de una memoria de referencia o bien errores de escalación del sensor de posición por llegada a una o varias posiciones de referencia.

5

Si se compensan fluctuaciones de iluminación del sensor de posición por medio de un control o regulación de la fuente de luz sobre la base de los valores de luminosidad obtenidos de los píxeles, esto reduce la sensibilidad del sensor de posición frente a fluctuaciones de parámetros de los componentes.

10 Si se compensan fluctuaciones de luminosidad entre distintos píxeles por incorporación de una memoria de referencia para la sensibilidad de cada píxel, esto reduce las repercusiones de ensuciamientos del receptor óptico.

15 Si se procesa adicionalmente en un dispositivo de regulación la señal leída en el sensor de posición y se compara esta señal con una consigna de valor nominal, influyendo el dispositivo de regulación sobre el flujo de corriente hacia la bobina magnética y provocando así una corrección del desarrollo del movimiento, esta capacidad de influenciación deliberada del movimiento de la membrana puede ser aprovechada para conseguir o mejorar propiedades hidráulicas ventajosas de la dosificación, por ejemplo en el caso de la dosificación lenta, la compensación de presión y/o la exactitud de dosificación en la zona de una carrera parcial.

20 Si el dispositivo de regulación influye alternativamente sobre la posición, la velocidad o la aceleración de la pieza de presión a través de un dispositivo de regulación y por variación de la corriente de la bobina, las ventajas del respectivo método de regulación más adecuado pueden aprovecharse deliberadamente de una manera ajustada a los requisitos de una tarea de dosificación concreta. Una regulación de la velocidad de la membrana permite un control directo de la velocidad de flujo real del medio a dosificar que es necesaria, por ejemplo, para la aspiración decelerada a fin de evitar cavitación. Por el contrario, una regulación de la posición de la membrana permite controlar situaciones cerca del estado de paro, en las cuales las informaciones de velocidad que se forman por diferenciación de la señal de recorrido pueden llegar a ser muy pequeñas y ya no pueden ser procesadas pertinentemente por el dispositivo de regulación. La regulación de la posición de la membrana obvia esta dificultad y puede aplicarse ventajosamente, por ejemplo, para la limitación electrónica de la longitud de la carrera o para la dosificación lenta. La regulación de la aceleración de la membrana es ventajosa para lograr una capacidad de gobierno fácil de la regulación, ya que la aceleración de las masas movidas representa una imagen directa de la fuerza magnética y, por tanto, indirectamente de la corriente magnética.

25 Si el dispositivo de regulación reduce deliberadamente la velocidad de la pieza de presión en la fase de aspiración y/o en la fase de impulsión, se contrarrestan así pérdidas de presión originadas por resistencias al flujo o bien la producción de cavitación. En la dosificación de medios altamente viscosos, por ejemplo lecitina, se originan en estrechamientos, tal como, por ejemplo, en las válvulas, altas pérdidas de presión a una velocidad de flujo demasiado alta. Estas pérdidas de presión tienen que ser aplicadas por el accionamiento en forma de una fuerza adicional y pueden mantenerse bajas utilizando la regulación de la velocidad de la membrana. Además, se reducen eficazmente ruidos de flujo a velocidades de circulación reducidas. En la dosificación de medios fácilmente desgasificables, por ejemplo lejía clórica de blanqueo, se presenta especialmente durante la aspiración a una velocidad de flujo demasiado alta, a consecuencia de no alcanzarse la presión de vapor del medio dosificador, una cavitación que tiene como consecuencia un desgaste mecánico incrementado. Esto se evita ventajosamente con una regulación de la velocidad de la membrana en la fase de aspiración y/o en la fase de impulsión.

30 Si se le comunica la longitud de carrera deseada al dispositivo de regulación por medio de una consigna de usuario y se limita electrónicamente por parte del dispositivo de regulación, por activación correspondiente de la bobina magnética, el movimiento de la pieza de trabajo a la longitud de carrera que se debe realizar, se puede prescindir en principio de los elementos de ajuste mecánicos correspondientes. Si se limita electrónicamente el movimiento de la pieza de presión incluso con una longitud de carrera máxima, sin que se alcance el tope mecánico, se puede prescindir en principio también del anillo tórico de amortiguación.

35 Si, por medición durante la dosificación, se adquiere directamente a través del sensor de posición el conocimiento del valor al cual está ajustada la regulación de carrera, se puede prescindir del sensor adicionalmente necesario en otros casos para la posición mecánica de los elementos de ajuste correspondientes.

55

Si el dispositivo de regulación limita la velocidad de la pieza de presión al principio y/o al final de la fase de impulsión, es decir, por ejemplo, en el primero y/o en el último tercio del recorrido de carrera, mediante una activación de la bobina magnética, de modo que se eviten puntas de presión que se originarían debido a variaciones rápidas de velocidad de la corriente del medio a dosificar y/o debido a un choque duro con el tope mecánico, se puede prescindir de medios de funcionamiento adicionales necesarios en otros casos, como, por ejemplo, amortiguadores de pulsación.

60

Si el dispositivo de regulación limita la velocidad de la pieza de presión al final de la fase de impulsión mediante la activación de la bobina magnética, de modo que se evite el efecto de un transporte excesivo, se mejora considerablemente la exactitud de dosificación, especialmente a pequeña contrapresión.

65

Si el dispositivo de regulación distribuye el movimiento de avance de la pieza de presión durante la fase de impulsión por activación de la bobina magnética entre el tiempo prefijado por la frecuencia secuencial de las carreras de dosificación de modo que la descarga del medio a dosificar sea lo más uniforme posible hasta carreras de dosifi-

ES 2 335 800 T3

cación realizadas muy lentamente de, por ejemplo, algunos minutos, se pueden evitar ampliamente fluctuaciones de concentración del medio a dosificar.

5 Si, durante el funcionamiento con dosificación casi continua, es decir, sin una pausa de reposo importante entre aspiración y carrera de dosificación siguiente, el dispositivo de regulación convierte el movimiento de carrera en un funcionamiento con longitud de carrera reducida y frecuencia de carreras incrementada, conservando a la vez aproximadamente la velocidad de la membrana en la carrera de dosificación, de modo que en promedio temporal resulte la capacidad de dosificación deseada, y dicho dispositivo termina la aspiración por activación de la bobina magnética antes de que la pieza de presión haya sido enteramente empujada por el muelle de recuperación hasta el
10 tope (de reposo) mecánico delantero, de modo que tenga lugar el movimiento de la pieza de presión solamente en la zona del recorrido de carrera en la que son pequeños el entrehierro y, por tanto, la demanda de corriente magnética, se consigue en promedio temporal una reducción de la potencia de accionamiento eléctrica necesaria y del calor perdido producido.

15 Se mejora la exactitud de dosificación cuando, durante la fase inicial del movimiento de avance regulado de la pieza de presión, el propio dispositivo de regulación u otra unidad de control observa la corriente magnética, deduce de ella la evolución de la fuerza y reconoce así la apertura de la válvula de salida, y con ayuda de esta observación mide la zona muerta que se produce a consecuencia de la deformación elástica de la membrana e influye sobre el recorrido de carrera realmente realizado por finalización deliberada del movimiento de carrera en función de la deformación obtenida de la membrana de modo que se elimine la contribución de error ocasionada por la deformación de la membrana (referido al recorrido de carrera o al volumen dosificado) y se evite sensiblemente así la dependencia de la cantidad de dosificación respecto de la contrapresión. Esta mejora se consigue eliminando el error originado por la deformación elástica de la membrana bajo la acción de la presión de trabajo debido a que la cuantía de esta deformación no contribuye a la dosificación. Gracias a la dependencia reducida de la cantidad de dosificación respecto de la presión de trabajo
20 se pueden suprimir calibraciones posteriores que, en otras circunstancias, son necesarias en caso de una variación significativa de parámetros de funcionamiento tales como, por ejemplo, la presión de trabajo. La deducción de la deformación de la membrana a partir de una observación de la corriente magnética es ventajoso debido a que ésta, especialmente en bombas dosificadoras magnéticas, representa una buena imagen de la demanda de fuerza real y puede ser derivada directamente de señales del dispositivo de regulación existentes de todos modos y, por tanto, no requiere un coste metrotécnico adicional.
30

Si, en el caso de una longitud de carrera reducida, se influye por parte del dispositivo de regulación sobre el recorrido de carrera realmente realizado durante el movimiento de avance de la pieza de presión en función de la zona muerta medida a través de la deformación elástica de la membrana y mediante una finalización deliberada del movimiento de carrera, de modo que se elimine la aportación de error ocasionada por la deformación de la membrana y se mejore así sustancialmente la dependencia lineal de la cantidad de dosificación respecto del valor porcentual de la longitud de carrera ajustada, esto incrementa también en este caso la exactitud de dosificación. Esta mejora se consigue eliminando el error originado por la deformación elástica de la membrana bajo la acción de la presión de trabajo debido a que la cuantía de esta deformación no contribuye a la dosificación y por ello la longitud de carrera efectiva no es estrictamente proporcional a la mecánicamente ajustada. Por lo demás, se aplica lo que se ha dicho en el párrafo precedente.
35

Se pueden reconocer y limitar ventajosamente estados de sobrepresión durante el proceso de dosificación cuando el dispositivo de regulación mide, durante el movimiento de avance de la pieza de presión, la zona muerta originada por la deformación elástica de la membrana, y sobre la base de esta zona muerta medida puede realizar una estimación de la presión de trabajo y, al sobrepasarse un valor máximo prefijado de la presión, ajusta la dosificación a fin de evitar un aumento adicional de la presión. Los medios de funcionamiento adicionales necesarios en otros casos, tal como, por ejemplo, un limitador de sobrepresión, pueden ser ahorrados de este modo, siempre que la bomba dosificadora sea el único aparato elevador de presión que intervenga en el proceso.
40

Se evacua eficientemente el calor perdido producido en el interior de los aparatos de la bomba dosificadora magnética cuando se refrigera el recinto interior de la carcasa, incluyendo el imán y la electrónica. Se posibilitan así clases de funcionamiento fuertemente afectadas de pérdidas, como, por ejemplo, la dosificación continua bajo un movimiento decelerado de la membrana.
50

Si se dispone en el recinto interior, para refrigerar los componentes montados en dicho recinto interior, un ventilador cuya corriente de aire barra con guiado forzoso la pared del imán y/o los devanados de la bobina, así como la pared interior de la carcasa de la bomba dosificadora magnética y otros componentes, el calor perdido del imán o de los componentes citados es retransmitido por vía térmicamente directa al aire interior y, como consecuencia, a la carcasa. La corriente de aire forzosamente guiada mejora las resistencias a la transmisión del calor de los respectivos componentes afectados de pérdidas y reduce así la elevación de su temperatura con respecto a la temperatura del aire en el interior de la carcasa. Debido a la distribución más uniforme del calor por toda la superficie de la carcasa contribuye a la evacuación de calor una proporción mayor de la superficie que en el caso de que no haya refrigeración forzosa. La temperatura punta de la superficie de la carcasa y de los componentes situados en el interior de la bomba cae así en conjunto a un valor más bajo que si no hubiera refrigeración.
55
60
65

Si, para refrigerar el sensor de posición, se conduce una parte de la corriente de aire a través de dicho sensor de posición, se mantiene la temperatura de éste sustancialmente al nivel de la temperatura del aire en el interior de la

ES 2 335 800 T3

carcasa. Dado que es conveniente que el sensor de posición esté montado en una posición relativamente muy próxima al imán para evitar errores de medida, dicho sensor, sin estas medidas, casi anotaría la temperatura del imán, la cual, sin refrigeración por medio de un ventilador, sería muchísimo más alta que la temperatura general del aire en el interior de la carcasa, ya que el imán representa con mucho la mayor fuente de calor perdido en el aparato.

5

Si están unidos con la tapa elevadora unas superficies de guía y/o unos canales que conducen una parte de la corriente de aire hacia el sensor de posición, esto facilita la conducción deliberada de la corriente de aire hacia el sensor de posición.

10

Si se conduce una parte adicional de la corriente de aire hacia la electrónica incorporada en la tapa de la carcasa, la temperatura de esta electrónica puede mantenerse sustancialmente al nivel de la temperatura del aire en el interior de la carcasa. Dado que la electrónica incorporada en la tapa de la carcasa está montada también en una posición relativamente muy próxima al imán, dicha electrónica, sin esta medida, sería calentada por el imán, cuya temperatura, sin refrigeración por medio de un ventilador, sería muchísimo más alta que la temperatura general del aire en el interior de la carcasa.

15

Si se dispone la envolvente magnética en el recinto interior de la carcasa en forma autoportante de modo que dicha envolvente puede ser bañada en su contorno por una corriente de aire para fines de refrigeración, esto facilita la refrigeración del imán por medio de un ventilador.

20

Si el devanado de la bobina presenta un número reducido de espiras junto con una elevada sección transversal del alambre, esto posibilita variaciones rápidas de la corriente de la bobina, tales como las que son necesarias para una regulación del desarrollo del movimiento de la pieza de presión del imán.

25

A continuación, se describe con más detalle un ejemplo de realización de la invención en sus diferentes posibilidades de aplicación. Muestran:

La figura 1, una sección longitudinal a través de una bomba dosificadora magnética con imán regulado,

30

La figura 2, una representación de despiece del sensor de posición (ampliación del detalle X de la figura 1),

La figura 3, componentes del circuito de regulación de posición,

La figura 4, componentes del circuito de regulación de velocidad,

35

La figura 5, una vista en planta del sensor de posición en dirección axial,

La figura 6, un alzado lateral del sensor de posición transversalmente al eje,

40

La figura 7, una representación de la zona de sombra del sensor de posición,

La figura 8, una representación de los valores de luminosidad de los pixeles, tal como éstos corresponden a la evolución real de la sombra,

45

La figura 9, una representación de la escala de formación de imagen del sensor de posición sobre la base de una disposición geométrica,

La figura 10, una interpolación de la resolución de posición,

50

La figura 11, una representación del fundamento de cálculo para la interpolación de la resolución de posición,

La figura 12, una representación de la capacidad de dosificación en función de la longitud de carrera mecánica y de la presión de trabajo,

55

La figura 13, una representación del concepto de la refrigeración,

La figura 14, un oscilograma de un proceso de dosificación con protección contra cavitación durante la aspiración,

La figura 15, un oscilograma de un proceso de dosificación sin protección contra la cavitación,

60

La figura 16, un oscilograma de un proceso de dosificación con longitud de carrera limitada electrónicamente a 0,9 mm,

La figura 17, un oscilograma de un proceso de dosificación con choque frenado contra el tope extremo,

65

La figura 18, un oscilograma de un proceso de dosificación con dosificación lenta y

ES 2 335 800 T3

La figura 19, una representación del movimiento de dosificación y de la demanda correspondiente de corriente magnética bajo dosificación lenta con protección contra la cavitación durante la aspiración.

La figura 1 muestra una sección longitudinal a través de una bomba dosificadora magnética (denominada abreviadamente MD). Una carcasa 1, que está provista de nervios 3 en la zona del imán (lado exterior superior) como protección contra contacto con la superficie caliente, hace transición en el lado inferior hacia una placa de fondo 4 con taladros de fijación. Como es en general conocido, en la zona superior de la carcasa 1 está dispuesta la envolvente magnética 17 del imán de accionamiento. Un lado frontal de la carcasa está rodeado por una tapa 5 de dicha carcasa que está asentada sobre la carcasa 1 y unida con ésta. En el centro de la tapa 5 de la carcasa y coaxialmente al eje longitudinal 18 del imán dotado en general de simetría de revolución está integrado en la tapa de la carcasa un órgano de desplazamiento manualmente accionable 7 para desplazar el perno de regulación de carrera 8, cuyo órgano limita el movimiento axial de la pieza de presión 20 y, por tanto, la carrera de la bomba de membrana. El órgano de desplazamiento 7 y otros elementos de mando están protegidos por una caperuza de cubierta 9. Por debajo de la caperuza de cubierta 9 están previstos unos terminales para las líneas de control 10 y para el suministro de corriente 11. En el lado opuesto a la caperuza de cubierta está ubicada una cabeza dosificadora en la que está firmemente sujeta por su periferia una membrana 13 fabricada, por ejemplo, de plástico. La cabeza dosificadora 12 lleva también una válvula de entrada 14 y una válvula de salida 15 para hacer que el medio a dosificar aspirado entre la membrana 13 y la cabeza dosificadora 12 en el recinto de dosificación 16 a través de la válvula de entrada 14 sea introducido a presión en la tubería de dosificación a través de la válvula de salida 15. La bomba dosificadora magnética trabaja según el principio volumétrico, es decir que en cada carrera se deberá, por un lado, aspirar un volumen prefijado y, por otro lado, se deberá expulsar éste a través de la válvula de salida 15. La membrana 13 es puesta para ello en movimiento oscilante a través del accionamiento. Como accionamiento para la membrana 13 sirve, tal como manifiesta la designación de "bomba dosificadora magnética", un electroimán formado por una envolvente magnética rotacionalmente simétrica 17 en la que está integrada una bobina magnética rotacionalmente simétrica 2. La bobina magnética 2 está formada por un portabobina 51 también rotacionalmente simétrico, hecho de plástico, que está bobinado con un devanado de bobina 29 constituido por un gran número de espiras de alambre de cobre barnizado. Así, la bobina magnética comprende, por ejemplo, 800 espiras con un diámetro del alambre de aproximadamente 1 mm. El portabobina y el devanado están diseñados de conformidad con los requisitos de la tensión de trabajo y, además, pueden estar aislados por medios de aislamiento adicionales, tales como, por ejemplo, láminas. La envolvente magnética 17, un cuerpo macizo rotacionalmente simétrico, rodea - juntamente con el disco magnético 25 que cierra el circuito magnético desde la envolvente magnética 17 hacia la pieza de presión 20 - a la pieza de presión 20 con la biela 19 dispuesta en el centro de dicha pieza de presión, cuya biela es desplazable en dirección axial juntamente con la pieza de presión. Hacia el lado del perno de regulación de carrera 8, la biela 19 coopera con el órgano de desplazamiento 7 que opera como dispositivo de regulación de carrera desplazable a mano. La biela 19 coopera mediante el extremo opuesto con la membrana elástica 13. En la parte de la biela 19 que mira hacia el perno de regulación de carrera 8, la pieza de presión 20 está sólidamente unida con la biela. En la parte de la biela 19 que mira hacia la cabeza dosificadora 12, el núcleo 30 de la membrana 13 está sólidamente unido con la biela. La biela 19 con la pieza de presión 20 está montada de forma axialmente desplazable en un manguito 26 dispuesto en el centro de la envolvente magnética 17. En la superficie frontal interior 24 de la envolvente magnética que mira hacia la pieza de presión 20 está dispuesto un anillo tórico 21 que, en caso necesario, amortigua el choque de la superficie frontal interior 22 de la pieza de presión contra la superficie frontal interior opuesta 24 de la envolvente magnética. Dentro de la superficie frontal interior 24 de la envolvente magnética está dispuesto también en un taladro que mira hacia la superficie frontal interior 22 de la pieza de presión un muelle de compresión 23, por ejemplo un muelle helicoidal, que, no estando activado el imán, mantiene la pieza de presión a cierta distancia de la superficie frontal interior 24 de la envolvente magnética, de modo que se origina un entrehierro entre las dos superficies frontales. En el lado vuelto hacia el perno de regulación de carrera 8 la envolvente magnética lleva un disco magnético 25 que está sólidamente unido con la envolvente magnética por medio de, por ejemplo, tornillos o encaje a presión y que cierra el circuito magnético desde la envolvente magnética hacia la pieza de presión. La superficie exterior de la pieza de presión rotacionalmente simétrica está montada de forma axialmente desplazable en otro manguito 27 dispuesto en el disco magnético 25. En la envolvente magnética está fijada por el lado del dispositivo de desplazamiento, para soportar el perno de regulación de carrera 8, una tapa elevadora 28 que está conformada de modo que, por un lado, mantiene una distancia suficiente respecto de la envolvente magnética y la pieza de presión para no estorbar el movimiento de dicha pieza de presión y, por otro lado, conduce deliberadamente el flujo de aire originado por el ventilador 43 hacia el sensor de posición 36. El dispositivo de desplazamiento, el perno de regulación de carrera y la biela están dispuestos coaxialmente con el eje longitudinal 18. Si se solicita ahora la bobina magnética 2 con corriente, la pieza de presión 20 se mueve hacia el muelle de compresión, estrechándose el entrehierro, y al mismo tiempo se presiona la membrana hacia dentro del recinto de dosificación, lo que tiene la consecuencia de que se produce una sobrepresión en el recinto de dosificación, se abre la válvula de salida 15, por ejemplo una válvula de bola cargada por muelle, y se impulsa el medio a dosificar hacia la tubería de dosificación. Si se desactiva el imán, la pieza de presión es movida en la dirección contraria hacia el perno de regulación de carrera 8 por el muelle de compresión comprimido 23, que puede estar configurado, por ejemplo, como un muelle helicoidal, lo que tiene la consecuencia de que la biela 19 unida con la membrana 13 arrastra a la membrana en su movimiento, con lo que se produce en el recinto de dosificación 16 una depresión que abre la válvula de entrada 14, de modo que se puede aspirar otra vez medio a dosificar hacia dentro del recinto de dosificación. Debido al movimiento oscilante alternante de la membrana por medio del accionamiento magnético se origina el caudal de transporte del medio a dosificar en la tubería de dosificación.

La posición de la unidad formada por la biela 19, la pieza de presión 20 y la membrana 13 es explorada por el sensor de posición 36 cuya señal de medida está en una relación definida con esta posición; como posible realización, esta

ES 2 335 800 T3

relación puede ser, por ejemplo, estrictamente proporcional. La señal de medida del sensor de posición 36 se refiere siempre a la posición de la parte de la unidad móvil en la que ataca este sensor. Este punto de ataque está formado por el elemento de referencia, que, en este contexto, ha de entenderse en sentido abstracto. Según los requisitos del sensor de posición, dicho elemento puede estar construido como un componente concreto que se ha de montar adicionalmente, pero puede consistir también exclusivamente en una configuración característica, por ejemplo un canto o una superficie en uno de los componentes de todos modos necesarios, por ejemplo en la pieza de presión 20.

En el ejemplo de realización está fijado a la envolvente magnética 17 un portasensor 31 (véase también la representación esquemática de la figura 6) que lleva por un lado de la extensión longitudinal unas células CCD fotosensibles 32 (CCD = charge coupled device; módulo receptor óptico acoplado por carga) y, en posición enfrentada, una fuente de luz 33, por ejemplo un diodo luminiscente (LED).

El portasensor 31 unido con la envolvente magnética tiene una abertura central 34 que es atravesada por la biela 19. En la parte de la biela que atraviesa el portasensor 31 está dispuesto en posición estacionaria como elemento de referencia un cuerpo de sombra 35. Por tanto, durante el movimiento oscilante de la biela 19 se arrastra el cuerpo de sombra 35 y éste pasa sin contacto sobre las células fotosensibles 32. Como muestra especialmente la figura 5, que representa una vista en dirección axial, la fuente de luz tiene que estar dispuesta de modo que el rayo de luz no sea cubierto por la biela 19 en su recorrido hasta las células fotosensibles; es decir que, por ejemplo, la fuente de luz 33 esté dispuesta por encima o por debajo de la biela 19 y la línea de las células fotosensibles esté situada enfrente a la altura del eje de la biela. Como se representa especialmente en la figura 7, se arroja por parte de la fuente de luz sobre las células fotosensibles 32, por medio del cuerpo de sombra 35, una sombra que subdivide en principio las células en células iluminadas (h) y células no iluminadas (d). Dado que la fila de células fotosensibles dispuestas paralelamente al eje longitudinal 18, por ejemplo 128 píxeles que cubren un trayecto de aproximadamente 8 mm en total, es iluminada o sombreada tan sólo parcialmente en la zona límite, se produce la situación de transición de la curva de evolución de sombra SV que se representa en la figura 8. La altura de las superficies rectangulares representadas en la figura 8 representa la intensidad de iluminación de los respectivos píxeles. Mediante un procedimiento especial, que se describe con detalle más adelante y que se representa en la figura 10, se utiliza esta situación límite para determinar exactamente la respectiva posición del cuerpo de sombra y, por tanto, la posición de la biela y así la de la membrana. El dispositivo de medida, constituido por el cuerpo de sombra del lado de la biela y las células CCD fotosensibles del lado del portasensor con fuente de luz opuesta, sirve para medir la posición real o la velocidad de la biela oscilante y utilizar esta información para la regulación del movimiento.

La biela, que pone en movimiento oscilante a la membrana, recorre en cada carrera un trayecto que corresponde a la longitud de carrera mecánica. Para tener en cuenta tolerancias mecánicas, la extensión longitudinal de las células CCD fotosensibles tiene que ser algo mayor. Esto se aplica en principio también para cualquier otro sensor de posición imaginable que se utilice.

Como se representa especialmente en la figura 3 y en la figura 4, para el circuito de regulación formado por el sensor y el dispositivo de regulación son necesarios los componentes mecánicos y electrónicos que se citan seguidamente. Las designaciones abreviadas contenidas en los dos diagramas significan:

x_S :	Valor nominal de la posición de la pieza de presión
x_I :	Valor real de la posición de la pieza de presión
x_{SI} :	Desviación de regulación de la posición de la pieza de presión
v_S :	Valor nominal de la velocidad de la pieza de presión
v_I :	Valor real de la velocidad de la pieza de presión
v_{SI} :	Desviación de regulación de la velocidad de la pieza de presión
SG:	Magnitud de ajuste
KSG:	Magnitud de ajuste corregida
I_M :	Corriente magnética

La parte estacionaria del accionamiento magnético está constituida por la envolvente magnética 17 con bobina magnética 2 y el disco magnético 25, con respectivos manguitos de cojinete liso insertos 26 y 27 para la unidad integrada por la pieza de presión 20 y la biela 19. La parte móvil del accionamiento magnético, cuyo movimiento debe ser regulado, está constituida por la biela 19, con la que están sólidamente unidas la pieza de presión 20 como elemento de accionamiento y el núcleo 30 de la membrana. El muelle de recuperación 23 recupera la pieza de presión después de efectuada la carrera de trabajo y provoca así la aspiración. El anillo exterior de la membrana 13 está fijamente montado en la cabeza dosificadora 12 y el núcleo metálico 30 inyectado en la membrana mueve la superficie central de la membrana como elemento de desalojamiento en la cabeza dosificadora. La válvula de entrada 14 cierra la cabeza dosificadora en el lado de aspiración y la válvula de salida 15 cierra dicha cabeza en el lado de impulsión, ofreciendo

ES 2 335 800 T3

esto cada vez una posibilidad de conexión para el entubado exterior. Con la biela 19 está unido, por ejemplo en el extremo alejado de la cabeza dosificadora, un elemento de referencia cuya posición es explorada por un sensor de posición 36 que trabaja sin contacto en el presente caso. En el ejemplo de realización el elemento de referencia es un cuerpo de sombra 35 en forma de un disco y el sensor de posición es una disposición semejante a una barrera óptica constituida por la fuente de luz 33 anteriormente descrita en cooperación con la fila de células fotosensibles 32, que capta la posición del disco por vía óptica y, por tanto, sin contacto mediante la formación de la sombra del mismo.

El sensor de posición 36 emite una señal real x_1 que es proporcional a la posición del elemento de referencia 35. En el caso del regulador de velocidad se deriva esta señal en el ejemplo de realización según el tiempo (dx_1/dt) por medio de un diferenciador 37 y se forma así adicionalmente una señal real v_1 proporcional a la velocidad. Por supuesto, para la regulación son adecuados también otros métodos que faciliten una señal proporcional a la velocidad de la membrana. Según el tipo de regulación y las necesidades de dosificación, se fija un perfil temporal para el valor nominal 38 de la posición x_s o de la velocidad v_s . Mediante una comparación nominal-real 39 se obtiene la desviación de regulación como desviación de posición $x_{SI} = (x_s - x_1)$ o como desviación de velocidad $v_{SI} = (v_s - v_1)$ y se entrega el resultado a un regulador PID 40 (regulador PID = regulador con partes proporcional, integral y diferencial). La salida de este regulador, esto es, la magnitud de ajuste SG, corresponde a un valor de requisito para la corriente magnética. Antes del procesamiento ulterior, se tiene en cuenta por medio de una corrección de posición 41 el hecho de que, al progresar la posición, el imán necesita cada vez menos corriente para una fuerza requerida y mejora así la estabilidad del regulador. La corrección de posición 41 consiste en la resta de una porción proporcional a la posición respecto de la señal de salida del regulador PID 40 y da como resultado una magnitud de ajuste corregida KSG. Un amplificador 42 incluye las etapas de conmutación de potencia y activa la bobina magnética 2 con la corriente deseada. La cuantía de la corrección de corriente en función de la posición, la conversión del valor nominal de corriente en una corriente magnética concreta y eventualmente la constante de derivada para la formación de la señal de velocidad v_1 son fijadas por los tres factores de proporcionalidad k_1 , k_2 , k_3 . El factor para la corrección de corriente k_1 en función de la posición ha de elegirse de modo que el grado de reducción de la corriente se aproxime lo mejor posible a la evolución de la curva característica magnética, y los dos factores k_2 para el amplificador de potencia y k_3 para la derivada de la señal de velocidad pueden elegirse con ayuda de criterios prácticos, tales como, por ejemplo, el trabajo con intervalos de valores de las magnitudes correspondientes que se puedan manejar del mejor modo posible.

En la figura 3 se representa esquemáticamente el circuito de regulación para un regulador de posición y en la figura 4 se representa esquemáticamente el circuito de regulación en su uso como regulador de velocidad. El circuito de regulación descrito convierte el perfil temporal prefijado para el valor nominal de la posición x_s o de la velocidad v_s dentro, naturalmente, del marco de su exactitud de regulación posible.

La fijación del perfil concreto para la posición la velocidad o la aceleración y la conmutación entre estas clases de funcionamiento se realizan con ayuda de los requisitos que resultan de las funciones descritas seguidamente a título de ejemplo, teniendo en cuenta los límites de funcionamiento del regulador, tales como velocidad de regulación, exactitud obtenible, etc.

Con esta regulación es posible fijar en una bomba dosificadora magnética una velocidad deseada de la membrana 13 y controlar así la velocidad de flujo efectiva del medio a dosificar.

Asimismo, se puede regular directamente la posición de la membrana. Esta función hace posible alcanzar deliberadamente posiciones determinadas en fases seleccionadas del proceso de dosificación y, cuando sea necesario, mantenerlas también en la situación de paro.

Gracias a la regulación del desarrollo del movimiento por medio de un emisor de posición se tiene que, a diferencia de un funcionamiento no regulado, se puede reaccionar a variaciones de magnitudes de funcionamiento que se presenten a lo largo del tiempo o que sean originadas por condiciones medioambientales o dispersiones ejemplares, es decir, desviaciones estadísticas dentro de la serie de producción, y se puede minimizar su influencia nociva. Como ejemplos pueden citarse la rigidez de la membrana o la viscosidad del medio a dosificar. Ambas requieren una proporción de fuerza magnética que ha de aplicarse adicionalmente a la fuerza que se origina por la acción de la presión de trabajo sobre la superficie de la membrana. Estas influencias perturbadoras pueden compensarse captando su repercusión y regulando adicionalmente la corriente magnética. En una bomba dosificadora no regulada con corriente magnética prefijada, aun cuando esta misma se mantenga estable por medio de una regulación, se dejan sin tener en cuenta tales influencias perturbadoras.

Además, mediante la regulación del desarrollo del movimiento por medio de un emisor de posición es posible que, en contraste con el proceso de dosificación que se desarrolla espontáneamente durante un funcionamiento no regulado, se reaccione a magnitudes de influencia interiores y exteriores, que se describen en lo que sigue, y se aseguren condiciones de funcionamiento con cuya ayuda se pueden producir o evitar deliberadamente propiedades hidráulicas seleccionadas de la dosificación. Como ejemplo de esto cabe remitirse a la función de protección contra cavitación durante la aspiración que se describe más abajo.

A continuación, se explicarán a título de ejemplo algunas posibilidades de utilización de una bomba dosificadora magnética de la clase anteriormente descrita que presenta un sensor de posición y que influye sobre el desarrollo del movimiento de la membrana por medio de una regulación y una variación de la corriente de la bobina magnética.

ES 2 335 800 T3

En la descripción de estas posibilidades de utilización, las figuras 14 a 19 muestran a título de ejemplo oscilogramas del respectivo proceso de dosificación. En los diagramas representa cada vez la curva superior Pos el movimiento de la membrana con una escalación de 0,5 mm/div.; el punto de tope final EPos está situado en el borde superior del diagrama. La parte ascendente de la curva Pos corresponde a la carrera de dosificación y la parte descendente
5 corresponde a la aspiración. La curva inferior I_M muestra la corriente magnética correspondiente con una escalación de 1 A/div.; la línea cero I_{Mo} está situada en el borde inferior del diagrama. Las designaciones “Pos”, “EPos”, “ I_M ” e “ I_{Mo} ” se han indicado a título de ejemplo en la figura 14 y se aplican de manera análogamente idéntica a los diagramas siguientes de la figura 15 a la figura 19, sin que deban mencionarse allí expresamente una vez más.

10 *Evitación de pérdidas de flujo en medios de alta viscosidad*

La función de regular la velocidad de la membrana 13 puede aprovecharse especialmente en medios de alta viscosidad (por ejemplo, lecitina) para limitar pérdidas de flujo en válvulas y otros estrechamientos. Las altas velocidades de flujo tienen en tales medios una influencia negativa sobre la exactitud de dosificación debido a pérdidas de presión
15 adicionales ocasionadas por resistencias al flujo. Además, es aquí ventajoso que, mediante la velocidad limitada, se proporcione más tiempo para la apertura y cierre definidos de las válvulas. Ambos efectos mejoran en conjunto la exactitud de dosificación en medios de alta viscosidad.

Para conseguir esto se mantiene limitada la velocidad de la membrana a un valor máximo seleccionable durante todo el proceso de dosificación. Esta velocidad máxima depende, entre otras cosas, de la viscosidad del medio concreto a dosificar y tiene que ser seleccionada o prefijada directamente por el operador, por ejemplo en forma de varios valores predefinidos ajustados a casos de aplicación corrientes.

25 *Protección contra cavitación*

En medios fácilmente desgasificables (como, por ejemplo, lejía clórica de blanqueo) se puede presentar cavitación especialmente en la aspiración, pero también en la carrera de dosificación a una velocidad de flujo demasiado alta en estrechamientos debido a que se cae localmente por debajo de la presión de vapor, la cual depende, entre otras cosas, de la composición química del medio a dosificar y de su temperatura, y dicha cavitación tiene como consecuencia un
30 desgaste incrementado. Se puede evitar la cavitación limitando también la velocidad durante la aspiración, es decir, durante el retroceso de la membrana 13, por medio de una regulación de la misma a valores netamente por debajo de la velocidad de flujo crítica. A este fin, mediante la regulación durante el retroceso se opone a la fuerza del muelle de recuperación 23 una fuerza de frenado del imán y se limita a, por ejemplo, 1 mm/50 ms la velocidad de la membrana que se corresponde con la velocidad del medio.

La figura 14 muestra a título de ejemplo el oscilograma de un proceso de dosificación para una duración de la carrera de 400 ms, una longitud de la carrera de 2 mm y una presión de trabajo nominal de 10 bares con protección
35 activada contra la cavitación durante la aspiración.

La figura 15 muestra con ajustes por lo demás idénticos el oscilograma de un proceso de dosificación durante una aspiración dejada libremente a sí misma.

Durante la aspiración se limita en la figura 14 la velocidad, mediante una activación correspondiente de la bobina magnética 2, a un valor de aproximadamente 1 mm/50 ms, es decir que el dispositivo de regulación impide que la
45 membrana, impulsada por el muelle de recuperación 23, pueda retroceder con mayor rapidez que con la velocidad citada; el diagrama muestra el flujo de la corriente magnética durante la fase de aspiración que asegura esto. En la figura 15 se suprime la activación del imán durante la fase de activación y aquí no tiene lugar mientras tanto un flujo de corriente magnética. Resulta en las fases una velocidad netamente mayor que ya puede tener la consecuencia de que se produzca cavitación.

50 *Regulación electrónica de la longitud de carrera*

La invención hace posible ahorrarse el equipo mecánico de ajuste de la longitud de carrera (órgano de desplazamiento 7 y perno 8 de regulación de carrera). A este fin, se le comunica al dispositivo de regulación la longitud
55 de carrera deseada por medio de una vía electrónica, por ejemplo por el ingreso de una orden del usuario. Si se ha ejecutado la longitud de carrera deseada, se mantiene electrónicamente la posición alcanzada de la membrana 13 y ésta es hecha retroceder seguidamente para la operación de aspiración. La membrana puede permanecer todavía por breve tiempo en la posición correspondiente a la longitud de carrera nominal para dar tiempo suficiente a la válvula de salida 16 para que se cierre, o bien dicha membrana puede retroceder inmediatamente después de la ejecución de
60 la longitud de carrera nominal.

La figura 16 muestra a título de ejemplo el oscilograma de un proceso de dosificación para una duración de la carrera de 400 ms y una presión de trabajo nominal de 10 bares con una longitud de carrera electrónicamente limitada de 0,9 mm. Como puede deducirse del diagrama, la membrana no se extiende completamente hasta el tope final
65 en el borde superior del diagrama, sino que se detiene después de un movimiento realizado de 0,9 mm y realiza seguidamente el proceso de aspiración.

ES 2 335 800 T3

Captación de la posición del regulador de ajuste para la longitud de carrera

Las bombas dosificadoras según el estado de la técnica ofrecen frecuentemente una clase de funcionamiento en la que las carreras de dosificación realizadas se convierten directamente por medio del volumen ajustado de la cámara de desalojamiento (longitud de carrera) en un volumen total dosificado y éste se indica, por ejemplo, como caudal volumétrico en la unidad l/h. Para estas funciones es necesario el conocimiento de la longitud de carrera ajustada por el usuario, ya que de ella depende el volumen dosificado por cada carrera. A este fin, en bombas dosificadoras de la clase de construcción actual, la posición del dispositivo de regulación de carrera tiene que ser convertida en una señal eléctrica por un sensor separado y ésta tiene que ser ingresada en el sistema de control. Un ejemplo de una realización práctica sería un emisor de giro dispuesto en el órgano de regulación de carrera.

Una bomba dosificadora regulada en su movimiento no necesita un sensor adicional, ya que ésta, con ayuda del sensor de posición integrado, puede captar el recorrido realmente realizado por la membrana durante la carrera. Mediante una formación de diferencia de los dos valores de posición en las posiciones finales, cada uno de los cuales puede medirse después de alcanzar el tope mecánico tan pronto como se ha extinguido el movimiento, se puede calcular directamente la longitud de carrera y ésta queda a disposición para el procesamiento ulterior.

Evitación de puntas de presión

En una bomba dosificadora magnética de una versión actual se abre relativamente de golpe el medio a dosificar al abrirse la válvula de salida, lo que tiene como consecuencia una alta aceleración del medio a dosificar y una punta de presión correspondiente. Además, en una bomba dosificadora magnética de una versión actual, la membrana y, por tanto, también el medio a dosificar se mueven con mucha rapidez a través del entrehierro que se va haciendo más pequeño, especialmente en la última parte del movimiento de carrera, lo que va ligado a un choque duro de la pieza de presión y a altas velocidades de flujo o puntas de presión momentáneas.

Una bomba dosificadora magnética regulada en su movimiento, como la que se ha descrito, puede evitar estos efectos negativos haciendo que disminuya deliberadamente la velocidad hasta la apertura de la válvula de salida y hasta poco antes de alcanzar el tope final y frenando la pieza de presión de manera dosificada en el último tramo del recorrido poco antes del tope. Como variante, existe también la posibilidad de no llegar en absoluto al tope, sino finalizar deliberadamente el movimiento de la membrana poco antes de alcanzar el tope. Se puede suprimir así, por ejemplo, el anillo tórico 21 o éste puede dimensionarse con un tamaño ostensiblemente más pequeño. Además, esto aminora considerablemente el ruido de funcionamiento.

La figura 17 muestra a título de ejemplo el oscilograma de un proceso de dosificación para una duración de carrera de 400 ms, una longitud de carrera de 2 mm y una presión de trabajo nominal de 10 bares con llegada frenada al tope final. Como muestra el diagrama, la velocidad de la membrana es reducida a un valor de aproximadamente 0,6 mm/50 ms antes de alcanzar el tope final en el borde superior del diagrama.

Evitación de un transporte excesivo

En una bomba dosificadora magnética de una versión actual se presenta, a una contrapresión muy pequeña, el llamado transporte excesivo. Éste se produce debido a que al final de la carrera de dosificación no se cierra inmediatamente la válvula de salida, sino que el medio dosificador sigue circulando por la cabeza dosificadora en una especie de efecto de sifón a consecuencia de su alta velocidad en combinación con su inercia másica, en razón de que dicho medio abre prematuramente la válvula de entrada, con lo que llega una cantidad excesiva de medio a dosificar a la tubería de salida. Debido al transporte excesivo, las bombas no reguladas pueden utilizarse de manera pertinente tan sólo a partir de una presión mínima de trabajo de, por ejemplo, 2-3 bares; para asegurar ésta se intercala usualmente una llamada válvula de mantenimiento de presión en la tubería dosificadora de salida.

En una bomba dosificadora magnética regulada en su movimiento se tiene que, debido a la limitación electrónica de la velocidad de la membrana poco antes de alcanzar el tope final o bien durante toda la carrera de dosificación, se puede evitar prácticamente de forma completa el efecto de sifón responsable del transporte excesivo. Se amplía así considerablemente el rango de trabajo de la bomba dosificadora hacia pequeñas presiones de trabajo de modo que se pueda suprimir una válvula de mantenimiento de presión en muchas situaciones de dosificación que se presenten en la práctica.

El desarrollo del movimiento corresponde al mostrado anteriormente en la figura 17, con la diferencia de que dicho desarrollo se refiere a una situación con una presión de trabajo especialmente baja.

Dosificación lenta para evitar fluctuaciones de concentración

Para determinados casos de aplicación en los que importa un buen mezclado con una corriente del medio del proceso, es necesaria una introducción del medio a dosificar en el proceso de una manera lo más uniforme que sea posible.

ES 2 335 800 T3

En una bomba dosificadora magnética regulada en su movimiento se puede dividir el tiempo disponible que resulta de la frecuencia de repetición de las carreras de dosificación de modo que la porción que queda después de restar la duración de la fase de aspiración se aproveche al máximo, salvo una corta fase de reposo, para el movimiento de avance. La velocidad que se debe regular se calcula aquí a partir del recorrido que se debe realizar (longitud de carrera ajustada) y del tiempo disponible para ello. El grado de aprovechamiento del tiempo disponible se ajusta, por un lado, a los requisitos de la aplicación de dosificación y, por otro, a las posibilidades del concepto de refrigeración, que tiene que evacuar la elevada potencia de pérdida térmica a consecuencia de la activación casi ininterrumpida del imán.

La figura 18 muestra a título de ejemplo un oscilograma de un proceso de dosificación para una duración de carrera de 500 ms, una longitud de carrera de 2 mm y una presión de trabajo nominal de 10 bares en la clase de funcionamiento de dosificación lenta, aquí combinada con aspiración decelerada para fines de protección contra cavitación. Como muestra el diagrama, la longitud total de la carrera de 500 ms se distribuye entre una carrera de impulsión de más de 250 ms y una carrera de aspiración de más de 180 ms, las cuales, tomadas juntas, representan una proporción de 430 ms o de un 86% de la duración total de la carrera; los 70 ms restantes se aprovechan para una delimitación definida de las fases de movimiento.

Determinadas aplicaciones requieren la posibilidad de que se dosifiquen cantidades parciales muy pequeñas de una manera lo más uniforme posible y con distribución en un tiempo muy largo, con lo que se pretende conseguir una dosificación casi continua. En estos casos, se utilizan, según el estado de la técnica, unas motobombas que trabajan, por ejemplo, con un motor de pasos y un engranaje dotado de autorretención. En estas bombas dosificadoras se realiza una carrera total con número de revoluciones reducido o se divide ésta en varios pasos parciales con pausas de reposo intercaladas, al final del recorrido de carrera total se realiza una fase de aspiración completa (rápida) y seguidamente se prosigue el proceso de dosificación de la manera descrita.

La invención hace posible que se satisfagan estos requisitos con una constitución más sencilla y, por tanto, más barata de la bomba dosificadora magnética. La membrana 13 tiene que ser conducida para ello durante el funcionamiento regulado con una velocidad muy baja a lo largo del recorrido de carrera, realizándose también al final de la carrera una fase de aspiración completa con velocidad normal, de modo que la duración completa de la carrera casi puede aprovecharse completamente para la carrera de impulsión. La velocidad puede estar comprendida dentro de un intervalo muy amplio de, por ejemplo, 1 mm/min a 1 mm/s y más allá de éste.

Una realización posible puede incluir entre movimientos parciales unas pequeñas pausas de reposo en las que se mantenga la membrana 13 en una posición constante. Esto le facilita a la válvula de salida 15 unos estados claramente definidos que ya no existen durante un movimiento extremadamente lento que se aproxima al estado de paro, de lo que resultan altos requisitos impuestos a la válvula de salida 15. La carga térmica prácticamente no se diferencia en esta variante de realización frente a la versión linealmente movida, ya que en ambos casos se tiene que oponer una fuerza magnética casi estática a la presión de trabajo.

Otra realización posible puede reducir la carga térmica dividiendo el movimiento de carrera en pequeños movimientos parciales como en el caso anteriormente descrito y haciendo que retroceda adicionalmente la membrana 13 en las fases de paro intercaladas, cada vez en la medida de un pequeño recorrido de alivio de carga, para conseguir un alivio de presión mediante un cierre inequívoco de la válvula de salida 15 y, concomitantemente con esto, una reducida demanda de fuerza magnética durante las fases de paro. Las carreras parciales pueden complementarse entonces en cada caso con este recorrido de alivio de carga de modo que se realice en conjunto un recorrido de carrera inalterado. El recorrido de alivio de carga tiene que ser más pequeño que el recorrido de deformación (dependiente de la presión) de la membrana a fin de evitar que, durante el retroceso entre las carreras parciales, tenga lugar una aspiración parcial y se empeore así la exactitud. Esta variante de realización trabaja ventajosamente en combinación con la compensación de presión que se describe seguidamente, ya que en ésta se mide la deformación de la membrana durante el funcionamiento y se puede adaptar así mejor el recorrido de alivio de carga a las condiciones reales.

Compensación de presión

Durante el movimiento regulado, el regulador ajusta en cualquier momento, en el estado de equilibrio (es decir, en el estado estabilizado), una corriente magnética que cubre justamente las fuerzas exteriores (temporalmente variables).

Esta demanda de corriente magnética resulta, por un lado, de la fuerza que se debe aplicar momentáneamente y, por otro, del respectivo entrehierro residual, resultante al progresar el recorrido de la membrana, entre la superficie frontal interior de la pieza de presión 22 y la superficie frontal interior de la envolvente magnética 24. Resulta una curva característica I_M de evolución de la corriente durante la carrera de dosificación, tal como ésta se representa especialmente en la figura 19. El oscilograma allí ilustrado muestra a título de ejemplo la evolución de la corriente para una carrera distribuida sobre aproximadamente 2,0 s a lo largo de una longitud de carrera de 2 mm y para una presión de trabajo nominal de 10 bares. Al final de la carrera tiene lugar una aspiración decelerada para fines de protección contra cavitación, pero esto no es de importancia para la consideración siguiente. La escala de tiempo de la ilustración del diagrama se ha adaptado a la carrera más lenta.

La curva inferior I_M muestra al principio un aumento de corriente relativamente pronunciado hasta que la membrana 13 se pone en movimiento. Después de una corta sobreoscilación, la corriente sigue aumentando de momento al proseguir el movimiento hasta alcanzar un máximo de corriente. A partir de este momento, la corriente disminuye de

ES 2 335 800 T3

forma aproximadamente lineal durante el recorrido restante hasta alcanzar el tope final EPos. En la fase de aspiración un flujo de corriente adicional impide un retroceso demasiado rápido de la membrana como protección contra la cavitación. Pueden extraerse las conclusiones siguientes de este comportamiento característico:

- 5 - El primer aumento rápido de corriente (en el diagrama del ejemplo el intervalo de tiempo 0 a 80 ms) es ocasionado por el comportamiento inductivo de la bobina magnética 2, el cual no admite ninguna variación de corriente en tiempo cero, así como por la velocidad del dispositivo de regulación, la cual tiene que ajustarse de momento al movimiento requerido. La corriente ascendente puede aumentar la fuerza magnética hasta que se venzan las fuerzas exteriores y se ponga en movimiento la pieza de presión 20 junto con la
10 membrana 13. En esta fase se establece, en primer lugar, el campo magnético.
- El aumento de corriente casi lineal después del primer proceso de regulación y estabilización hasta el máximo de corriente propiamente dicho (en el diagrama del ejemplo el intervalo de tiempo 80 ms a 400 ms) permite deducir una demanda de fuerza creciente, ya que la corriente magnética tendría que disminuir
15 igualmente bajo una fuerza constante y un entrehierro decreciente. En esta fase, estando todavía cerrada la válvula de salida 15, se incrementa continuamente la presión interior en el recinto de dosificación 16, ya que la membrana 13 ejerce una fuerza creciente y se deforma así elásticamente. Durante este proceso se mueve el núcleo 30 de la membrana hacia dentro del recinto de dosificación 16, se establece presión y la zona elástica de bataneo de la membrana, cediendo ante la presión, retrocede en la misma medida en
20 sentido contrario al movimiento del núcleo de la membrana. La membrana 13 se deforma en sí misma, pero, en suma, no tiene lugar prácticamente ninguna variación de volumen, lo que puede atribuirse al hecho de que el medio a dosificar prácticamente no es compresible y a que en este momento ambas válvulas están cerradas. Al final de esta fase, la presión de la cámara corresponde a la presión de trabajo exterior. El recorrido realizado hasta entonces corresponde a la cuantía de la deformación de la membrana, es decir, a la zona muerta al comienzo de la dosificación, y prácticamente no contribuye a la dosificación. Se archiva la posición actual y se la tiene en cuenta como deformación medida en el curso ulterior del proceso de
25 dosificación (en el diagrama del ejemplo la zona muerta es de 0,3 mm).
- En el punto del equilibrio de presión se abre la válvula de salida 15 del lado del impulsión. La presión que actúa sobre la membrana 13 es ahora prácticamente idéntica a la presión de trabajo exterior y no continúa aumentando; como consecuencia, la corriente magnética reproduce una fuerza de acción constante con entrehierro residual decreciente y disminuye continuamente al seguir progresando el movimiento (en el diagrama del ejemplo el rango de tiempo a partir de 400 ms). Dado que la velocidad de flujo del medio a dosificar se mantiene despreciablemente pequeña por efecto de la aplicación de los procedimientos descritos, no se producen fluctuaciones de presión apreciables, de modo que la fuerza magnética puede deducirse
30 también de la evolución de la corriente (véase la figura 19).
- La evolución de la corriente magnética después de alcanzar el equilibrio de presión y de abrir la válvula de salida 15 no sigue siendo relevante para la medición aquí descrita de la deformación de la membrana. Por tanto, para la realización práctica de la medición de la deformación de la membrana se puede regular de momento, por ejemplo, un movimiento de avance lineal con un valor nominal de velocidad que esté optimizado para el calibrado del máximo de la corriente, e inmediatamente después de la captación y archivado de la deformación de la membrana se puede conmutar dicho movimiento de avance a un desarrollo de movimiento diferente que esté configurado según las necesidades de una de las restantes funciones descritas. Por ejemplo, se puede medir así al comienzo de la carrera dentro de un espacio de tiempo relativamente corto la deformación de la membrana y seguidamente se puede ejecutar la carrera de dosificación propiamente dicha como dosificación lenta a lo largo del tiempo restante disponible.
40
45

La deformación de la membrana medida por observación de la evolución de la corriente magnética puede emplearse
50 ahora como fundamento de una corrección de la longitud de carrera mecánica HL e incorporarse también en el cálculo del recorrido de la membrana que se debe realizar. A este fin, se fija el punto del máximo de la corriente como punto de arranque propiamente dicho de la dosificación, a partir del cual se ejecuta la longitud de carrera deseada y se finaliza después la carrera, todavía antes de que se alcance el tope mecánico final por choque de la pieza de presión 20 con la superficie frontal interior de la envolvente magnética 24. A presiones de trabajo por debajo de la presión nominal, la deformación de la membrana resulta ser más pequeña y la última parte del recorrido mecánico posible de la pieza de presión queda sin ser aprovechada, es decir que no se cierra completamente el entrehierro.
55

La deformación de la membrana depende, entre otras cosas, de las propiedades del material y, por tanto, puede variar por envejecimiento o estar sometida a dispersiones ejemplares. Se tienen en cuenta estos dos aspectos no empleando para la corrección de la deformación de la membrana un valor predefinido derivado de parámetros de los componentes, sino que en cada carrera se captan nuevamente por vía metrotécnica las condiciones concretas.
60

La corriente magnética puede captarse por vía metrotécnica, pero esto no es absolutamente necesario. Dado que el amplificador 42 convierte la magnitud de ajuste corregida KSG como consigna de corriente magnética correspondiente al factor k_2 en una corriente I_M de la bobina magnética, la magnitud de ajuste corregida KSG puede emplearse directamente como imagen de la corriente magnética, con lo que, para su procesamiento ulterior, esta corriente puede derivarse, sin coste metrotécnico adicional, de señales existentes de todos modos en el dispositivo de regulación.
65

ES 2 335 800 T3

Mejora de la exactitud de dosificación durante el funcionamiento con carreras parciales

El procedimiento descrito en lo que antecede para determinar la deformación de la membrana sobre la base de su elasticidad por observación de la evolución de la corriente magnética hace posible también una mejora de la exactitud durante el funcionamiento con carreras parciales.

En una bomba dosificadora magnética según el estado de la técnica sin compensación de la deformación de la membrana la capacidad de dosificación no sólo depende de la presión, sino que, además, durante el funcionamiento con carreras parciales no es estrictamente proporcional a la longitud de carrera mecánica ajustada. Por el contrario, la dosificación efectiva durante la carrera comienza únicamente después de una zona muerta inicial a partir del punto de la deformación completa de la membrana. Si se registra una curva característica que muestra la capacidad de dosificación en función de la longitud de carrera mecánica ajustada, resulta una curva linealmente ascendente que presenta una capacidad de dosificación real únicamente a partir de una longitud de carrera mínima correspondiente a la zona muerta de x_{T1} , x_{T2} , x_{T3} ... x_{Tn} (véase la figura 12). Dado que esta longitud de carrera mínima corresponde a la deformación de la membrana, dicha longitud depende, además, de la presión de trabajo p_1 , p_2 , p_3 ... p_n .

Este desplazamiento x_{T1} , x_{T2} , x_{T3} ... x_{Tn} de la curva característica requiere en la técnica actual una recalibración en condiciones de trabajo reales tan pronto como se modifique sensiblemente la longitud de carrera ajustada hasta entonces, ya que la nueva capacidad de dosificación no puede obtenerse con suficiente exactitud mediante un cálculo de conversión proporcional a partir de la longitud de carrera anterior y la longitud de carrera nuevamente ajustada.

Si se compensa la deformación de la membrana como se ha descrito anteriormente, se elimina también el error de proporcionalidad en el funcionamiento con carreras parciales, de modo que la bomba dosificadora puede hacerse funcionar prácticamente a lo largo de todo el intervalo de ajuste utilizable de la longitud de carrera de, por ejemplo, 20% a 100%, sin que se tengan que realizar las recalibraciones necesarias hasta ahora, las cuales son necesarias en una bomba dosificadora no regulada con una regulación de la longitud de carrera de más de, por ejemplo, un 10% para asegurar la exactitud de dosificación especificada.

Estimación de la presión de trabajo basándose en magnitudes eléctricas medidas; limitación de presión electrónica; reconocimiento de sobrepresión

La medición anteriormente descrita de la deformación de la membrana permite que, basándose en valores experimentales de las propiedades del material de la membrana, se saquen conclusiones suficientemente exactas sobre la presión de trabajo para materializar así funciones adicionales que se describen seguidamente.

Las bombas dosificadoras magnéticas no reguladas según el estado de la técnica tienen la propiedad fundamental de que la fuerza que desarrolle el imán de accionamiento aumenta fuertemente en el transcurso del movimiento de carrera por efecto del entrehierro que se va haciendo más pequeño. La corriente magnética está dimensionada de modo que la fuerza en el punto de arranque, es decir, con el mayor entrehierro, sea suficiente para la presión de trabajo nominal. Al final de la carrera se aplica un múltiplo de esta fuerza. Esto tiene la consecuencia de que, en caso de un entubado defectuoso, por ejemplo en caso de órganos de bloqueo cerrados por inadvertencia, la bomba puede desarrollar una presión que se eleve fuertemente por encima de la presión máxima de funcionamiento, sobre todo cuando se hace funcionar la bomba en una carrera parcial, es decir, con longitud de carrera reducida.

Por el contrario, en bombas magnéticas que controlan el movimiento de la membrana con ayuda de un sensor de posición y un sistema de regulación, se pueden fijar en cualquier momento la posición de la pieza de presión y, por tanto, la longitud del entrehierro residual. Junto con la curva característica corriente-fuerza-recorrido conocida del imán de accionamiento es posible que, en el curso de la carrera de dosificación, la corriente máxima con la que el dispositivo de regulación puede activar el imán se adapte dinámicamente a la posición actual de la membrana de modo que la fuerza máxima desarrollada se mantenga limitada a valores aproximadamente constantes a lo largo de todo el recorrido. La presión máxima desarrollada puede ser limitada así de manera sensiblemente más exacta y con independencia de la longitud de carrera parcial ajustada, de modo que en muchos casos se puede prescindir de la utilización de medios de funcionamiento limitadores de presión adicionales.

Además, la aplicación de la invención hace posible que el sistema de control de la bomba dosificadora pueda adquirir conocimiento del estado de sobrepresión con ayuda de mediciones autónomas, de modo que, sin la cooperación de medios de funcionamiento externos, sea posible una reacción a este estado, tal como, por ejemplo, la generación de una alarma de aviso y/o la parada de la bomba dosificadora.

La exactitud obtenible de estas funciones depende de la capacidad de reproducción de las propiedades básicas del material de, sobre todo, la membrana. Esta exactitud puede incrementarse mediante una única calibración en la fase de producción o en la aplicación concreta haciendo para ello que la bomba dosificadora funcione a presión conocida y tomando después como base para el cálculo ulterior la relación entre esta presión conocida y la deformación entonces detectada de la membrana.

Las posibilidades de utilización anteriormente descritas del emisor de posición junto con el sistema de regulación muestran que, mediante la utilización de un sensor de posición, por ejemplo dispuesto en la biela o en la pieza de presión, se puede detectar y supervisar la posición exacta de la membrana durante todo el proceso de carrera y de aspi-

ES 2 335 800 T3

ración. La detección de posición y la supervisión conducen a que se observen exactamente por medio de la medición de valores reales consignas de control referidas a la situación que conduzcan a las ventajas descritas.

Refrigeración del imán y otros componentes

5

Frente a bombas dosificadoras magnéticas de la clase de construcción actual se tiene que en determinadas clases de funcionamiento, como, por ejemplo, la dosificación lenta, la bobina magnética 2 es solicitada con corriente durante sustancialmente más tiempo hasta alcanzar el funcionamiento continuo, lo que tiene como consecuencia un calor perdido netamente incrementado. Particularmente en el caso de la incorporación en una carcasa de plástico, se plantea el problema de la evacuación del calor. Las bombas dosificadoras magnéticas se incorporan frecuentemente en una carcasa de plástico construida en una versión protegida contra agua de salpicaduras para conseguir en la aplicación típica una mejora de la insensibilidad frente a productos químicos agresivos. En estos casos, en las bombas dosificadoras magnéticas reguladas se plantea el problema de asegurar la refrigeración solamente por conducción del calor a través de la pared de la carcasa y sin intercambio de aire.

15

En bombas dosificadoras de la clase de construcción actual el imán está incorporado casi siempre en la carcasa 1 de modo que la envolvente magnética 17 tiene un contacto termoconductor con la carcasa 1 en una zona lo más grande posible de su superficie; este contacto puede mejorarse, por ejemplo, rodeando el imán de material inyectado durante la fabricación de la carcasa. La evacuación de calor se efectúa en una parte a través de esta superficie límite desde la envolvente magnética 17 hasta la pared interior de la carcasa 1. La otra parte del calor perdido del imán se entrega, juntamente con el calor perdido de otros componentes dispuestos en el interior de la carcasa, al aire interior de la carcasa, el cual se calienta en medida correspondiente. Este calor es retransmitido también por convección a la pared interior de la carcasa, desde donde es conducido a través de la pared de la carcasa 1 juntamente con la porción directamente acoplada del calor perdido del imán y, en último término, es entregado por convección al aire circundante desde la pared exterior de la carcasa 1. Debido a la múltiple transmisión de superficies límite exclusivamente por convección y al contacto térmico no muy bueno en la mayoría de los casos entre la envolvente magnética 17 y la carcasa 1, por ejemplo debido a exactitud de ajuste, chaflán de desmoldeo de la carcasa de plástico y similares, el imán resulta ya estar muy caliente durante el funcionamiento no regulado según la versión actual; la temperatura puede estar así, por ejemplo, por encima de 100°C. La pared exterior de la carcasa resulta estar también muy caliente, especialmente en la zona situada por encima del imán, lo que, en la mayoría de los casos, es absorbido por la configuración por medio de nervios 3 de la carcasa que actúan, entre otras cosas, como protección contra contacto táctil, ya que solamente se puede tocar todavía una proporción pequeña de la superficie total, concretamente la parte superior de la cresta de los nervios. Dado que los nervios 3 de la carcasa entregan a la piel al ser tocados una cantidad de calor netamente más pequeña en comparación con una superficie lisa, la temperatura de la carcasa se percibe así como menos alta. No obstante, los nervios dificultan la convección debido a la formación de canales de aire relativamente estrechos y, por tanto, empeoran la entrega de calor de la carcasa, lo que aumenta aún más tanto la temperatura superficial como la temperatura interior.

35

En una bomba dosificadora magnética según la invención no es suficiente la configuración convencional de la evacuación de calor debido a la problemática expuesta, precisamente en el caso de carreras ejecutadas con lentitud. Es necesaria una evacuación de calor sensiblemente más efectiva que se efectúe por circulación forzosa del aire interior con ayuda de un ventilador. En la figura 13 se representa con más detalle el concepto de la refrigeración. En la parte superior de la carcasa está incorporado el imán en posición centrada por medio de varios listones de retención 50 (tres listones en el ejemplo de realización descrito con más detalle) de modo que la envolvente magnética 17, en una zona lo más grande posible de su periferia y de sus superficies frontales, tenga una distancia libre de, por ejemplo, al menos 5 a 10 mm con respecto a la carcasa 1. En la parte inferior de la carcasa están dispuestos la electrónica de activación 44 y un ventilador 43 de modo que este ventilador genere una corriente de aire circulante 47 que bañe a la envolvente magnética 17 y a los componentes de potencia electrónicos 45 que se deben refrigerar también. Al igual que en el ejemplo de realización descrito con más detalle, el ventilador 43 puede ser parte integrante de la electrónica de activación 44 o puede ser un componente montado de forma autónoma en la carcasa 1. Naturalmente, el ventilador puede estar dispuesto también en otro sitio; es importante que la circulación del aire asegure que se evacue la cantidad de calor producida haciendo que el calor llegue de la manera más uniforme posible a todas las zonas de la pared interior de la carcasa y aprovechando así estas zonas para la evacuación del calor. Es imaginable también que el ventilador se encuentre fuera de la carcasa y esté unido herméticamente con ésta.

55

La disposición de los listones de retención 50 y el espacio libre entre la envolvente magnética 17 y la carcasa 1 forman uno o varios canales de flujo que desvían la corriente de aire 17 con la mayor efectividad y superficie posibles alrededor de la superficie total del imán y conducen el aire a lo largo de todas las partes de la pared interior de la carcasa 1. El calor perdido del imán es entregado al aire interior en este ejemplo de realización con muchísima mayor efectividad que en el caso de una convección pura y, debido al intenso arremolinamiento, es retransmitido igual de bien hacia la pared de la carcasa 1. Es esencial a este respecto también que, en contraste con el modo de construcción actual, no sólo se calienta principalmente la zona de la carcasa que está en contacto con el imán, sino que, al aplicar la invención, se calienta de manera uniforme prácticamente toda la superficie de la carcasa y, por tanto, ésta contribuye a la entrega de calor al aire ambiente. Se evitan así las zonas especialmente calientes de la superficie de la carcasa producidas en la versión anterior, especialmente por encima del imán, de modo que, por ejemplo, se pueden suprimir también los nervios 3 de la carcasa para minimizar la superficie de contacto susceptible de ser tocada. Esto mejora aún más la entrega de calor de la carcasa, ya que se suprime también el estorbo para la convección inherente a los nervios 3 de la carcasa.

65

ES 2 335 800 T3

En el ejemplo de realización descrito con más detalle la tapa elevadora 28 está construida de modo que conduce deliberadamente una parte de la corriente de aire 47 a lo largo del sensor de posición 36 y alimenta de nuevo esta parte de la corriente de aire a la corriente de aire principal a través de una o varias aberturas de salida 46. Debido al montaje - condicionado por su principio de construcción - del sensor de posición 36 muy cerca del imán (caliente), el sensor de posición está expuesto a temperaturas especialmente altas. En el caso de una refrigeración pasiva según el estado de la técnica, el imán se calentaría muy fuertemente a consecuencia de la peor evacuación de calor, y el sensor de posición 36 adoptaría a su vez aproximadamente la temperatura de la superficie del imán. Aplicando la refrigeración según la invención por circulación de aire, la temperatura del sensor de posición 36 se mantiene aproximadamente dentro del rango de la temperatura del aire interior, siempre que al construir el portasensor 31 se cuida especialmente de que éste asegure una delimitación térmica suficiente de los elementos sensores (receptores CCD 32 y fuente de luz 33) con respecto a las partes metálicas del imán. Lo que se ha dicho se aplica análogamente también para una electrónica 6 eventualmente incorporada en la tapa 5 de la carcasa. Esta electrónica es refrigerada también por una corriente de aire parcial 49 conducida deliberadamente hasta más allá de ella.

15 *Sensor de posición*

Como ya se ha explicado, en el ejemplo de realización descrito se instala como sensor de posición en la biela prolongada 19 el cuerpo de sombra 35 para la exploración de la posición, cuya sombra se reproduce sobre la línea de células CCD 32 (CCD - charge coupled device; módulo receptor óptico acoplado por carga). Los elementos sensores activos descritos con más detalle en este ejemplo, que captan la posición, están dispuestos en el lado de la pieza de presión que queda alejado de la cabeza dosificadora. Como fuente de luz 33 sirve un LED y el receptor óptico es un módulo electrónico con una línea CCD 32, estando ambos montados aquí conjuntamente sobre una pieza intermedia, el portasensor 31. El montaje sobre el portasensor 31 hace posible que el sensor de posición 36 sea tratado durante el proceso de producción como un grupo normalizado autónomo y, por ejemplo, sea premontado por separado y sea comprobado en su funcionamiento fuera del lugar de montaje definitivo. Además, la disposición descrita semejante a una barrera óptica representa un sensor que trabaja sin contacto y, por tanto, sin desgaste.

Para el funcionamiento básico carece de importancia el lugar de instalación del sensor y la decisión a este respecto puede tomarse más bien según criterios de construcción, tales como condiciones de espacio, secuencia de montaje, etc. Por lo demás, las piezas aquí descritas como fijamente montadas (fuente de luz 33, receptor 32) y las que se mueven juntamente con la membrana (cuerpo de sombra 35) pueden permutar también su función.

El módulo CCD 32 es activado en el ejemplo de realización por una unidad de evaluación que contiene un microprocesador y genera las señales de control necesarias. En lugar de un microprocesador se puede materializar también la unidad de evaluación por medio de un DSP (procesador de señales digitales) o bien en técnica discreta.

Como fuente de luz 33 es adecuado en principio cualquier componente que presente una mancha luminiscente que esté estrechamente limitada en grado suficiente. Junto con la geometría de formación de imagen representada con más detalle en la figura 7, esta mancha representa la anchura de la zona de sombra SV; véase también la figura 8.

Como fuente de luz 33 pueden emplearse también varios elementos o un radiador lineal con cuya ayuda se pueda formar deliberadamente la curva de evolución de sombra SV según criterios especiales. Como ejemplo cabe citar aquí la consecución de una mayor luminosidad sin que se perjudique la nitidez de formación de imagen en la dirección de movimiento.

La línea CCD 32 es una disposición lineal de M receptores ópticos (llamados seguidamente píxeles) que están dispuestos en una trama regular R de algunos μm . En el ejemplo se trata de 128 píxeles en una trama de aproximadamente $64 \mu\text{m}$ sobre una longitud total de aproximadamente 8 mm, es decir, $M = 128$ y $R = 64 \mu\text{m}$.

Las señales de control generadas por la unidad de evaluación fijan el tiempo de exposición durante el cual los distintos píxeles de la línea CCD 32 integran la cantidad de luz incidente en un respectivo amplificador de medida propio dentro del módulo CCD y la almacenan transitoriamente para su posterior evaluación. Esta integración no se efectúa tan sólo en función de la duración de la exposición, sino también en función de la superficie fotosensible de cada pixel. Después de la exposición, los valores de luminosidad pertenecientes a los píxeles son leídos sucesivamente en el módulo CCD como valores analógicos por otras señales de control y captados por la unidad de evaluación.

La exposición y la lectura de los valores de luminosidad tienen lugar alternativamente en un caso sencillo. Según la clase de construcción, algunos módulos de líneas CCD usuales en el mercado ofrecen también posibilidades para un desarrollo simultáneo de ambos procesos, a cuyo fin éstos almacenan transitoriamente los valores de medida integrados después de la exposición y liberan de nuevo inmediatamente los integradores para una medición subsiguiente. Gracias a la lectura simultánea de los resultados de una pasada de medición durante la fase de exposición para la pasada subsiguiente se puede incrementar así la velocidad de medida.

En el diagrama representado en la figura 8 los valores de luminosidad integrados H están representados en el ejemplo de realización concreto de manera correspondiente a la evolución real de la sombra en la zona del pixel activado. La zona de sombra SV se extiende en este ejemplo a través de los píxeles #60 a #63.

ES 2 335 800 T3

Como procedimiento de evaluación sencillo se fija arbitrariamente un umbral de decisión H_V (representado en la figura 8 como una línea de trazos) en, por ejemplo, la mitad de la luminosidad máxima y se busca el pixel cuyo valor de luminosidad H en la zona de transición de sombra es el primero en caer por debajo del umbral H_V ; en el ejemplo éste sería el pixel #62.

5 En otras realizaciones la evolución de la luminosidad puede ser en sentido contrario de células CCD no iluminadas a células iluminadas al aumentar el número de píxeles; esto depende, por un lado, de la disposición de los elementos fuente de luz 33, módulo CCD 32 y cuerpo de sombra 35 y, por otro lado, de la organización interna del módulo CCD 32 empleado. En este caso, se busca el pixel cuyo valor de luminosidad en la zona de transición de sombra es el primero en sobrepasar el umbral.

15 Después del desarrollo de las tres fases de exposición, lectura y procesamiento se presenta el valor de posición. La demanda de tiempo total de las tres fases determina la frecuencia secuencial con la que se obtienen valores de posición. La resolución de medida es igual a la trama de píxeles R de la línea CCD, corregida con la relación de formación de imagen A , la cual resulta de la distancia de montaje con los distintos componentes.

Para la relación de formación de imagen A se cumple (véase la figura 9):

$$20 \quad A = s'/s = x_3/x_2$$

Aquí significan:

- 25 s = movimiento real del canto de sombra
 s' = movimiento proyectado del canto de sombra en el plano del CCD
 x_2 = distancia entre el canto de sombra ópticamente eficaz y la fuente de luz
30 x_3 = distancia entre el plano CCD y la fuente de luz

35 Este procedimiento obtiene la posición por recuento de píxeles, es decir que puede ser considerado como un procedimiento digital. Las desviaciones y desplazamientos de parámetros lineales, tales, como por ejemplo, las sensibilidades de los componentes, prácticamente no repercuten sobre el resultado en comparación con procedimientos analógicos. Si se obtiene la relación de formación de imagen A para valores prácticos, las tolerancias de montaje tienen también solamente una influencia reducida. En un ejemplo de realización práctico con $x_3 = 21$ mm y $x_2 = 20$ mm resulta un valor nominal para la relación de formación de imagen A de 1,05; es decir que un movimiento del cuerpo de sombra 35 a lo largo de un trayecto determinado da como resultado un desplazamiento 1,05 veces mayor de la zona de sombra SV en el plano de las células CCD 32. Se supone ahora una tolerancia de montaje de $\pm 0,3$ mm para x_3 , es decir, una posible variación de la distancia de las células CCD 32 a la fuente de luz 33, y un caso de montaje concreto en el extremo superior de éste rango de tolerancia con $x_3 = 21,3$ mm y $x_2 = 20$ mm. En este caso se calcula la relación de formación de imagen A como igual a 1,065. La relación de formación de imagen varía en este ejemplo en la medida de la relación $1,065/1,05 = 1,014$, o sea en +1,4%. Esta desviación puede eliminarse fácilmente mediante una única calibración, por ejemplo durante la producción. La linealidad viene determinada casi exclusivamente por la exactitud de la trama de píxeles dentro de la geometría del chip y, por tanto, las desviaciones son despreciablemente pequeñas.

50 Aun cuando el método anteriormente descrito para determinar la posición del cuerpo de sombra 35 y, por tanto, para ajustar la membrana 13 da ya como resultado valores de posición muy exactos y lineales, se puede lograr por interpolación una resolución de posición aún más exacta. En esta realización ampliada se logra por evaluación de las luminosidades de pixel H una resolución de posición, por ejemplo entre los píxeles 61 y 62 (véase la figura 10), que es más fina que la trama de píxeles R , ya que se interpolan los valores de luminosidad de los píxeles en la zona del umbral de decisión. El objetivo es determinar el sitio en el que la curva de evolución de la luminosidad se corta con el umbral de decisión H_V , y asignar a este punto de intersección un valor en una escala de posición virtual cuyos valores x en el respectivo centro de los píxeles corresponden exactamente al número del pixel.

60 A este fin, se buscan los dos píxeles a la izquierda y a la derecha del umbral de decisión H_V y se valoran las distancias ΔH de los valores de luminosidad correspondientes a este umbral. Como se representa en la figura 10 y en la figura 11, se cumple:

$$65 \quad \Delta H_l = H_l - H_V$$

$$\Delta H_r = H_r - H_V$$

ES 2 335 800 T3

Las distancias Δx , calculadas desde el respectivo eje central de cada uno de los dos pixeles contiguos, en este ejemplo los pixeles #61 y #62, en múltiplos de la anchura de pixel con respecto al punto de intersección, forman con las distancias de luminosidad ΔH la siguiente relación, referido al pixel #61 colocado a la izquierda del punto de intersección buscado (pixel vecino del lado izquierdo):

$$\Delta x_l / (\Delta x_l + \Delta x_r) = \Delta H_l / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

Con $(\Delta x_l + \Delta x_r) = 1$ (1 anchura de pixel) se obtiene:

$$\Delta x_l = \Delta H_l / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

Referido al pixel #62 colocado a la derecha del punto de intersección buscado (pixel vecino del lado derecho), se cumple la relación:

$$\Delta x_r / (\Delta x_l + \Delta x_r) = \Delta H_r / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

Con $(\Delta x_l + \Delta x_r) = 1$ (1 anchura de pixel) se obtiene:

$$\Delta x_r = \Delta H_r / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

En este ejemplo el punto de intersección está en el valor 61,7. Si la evolución de la luminosidad en la zona de interpolación sigue una recta ideal, ambos modos de cálculo conducen al mismo resultado, es decir que en principio es suficiente realizar uno de los dos cálculos. Sin embargo, con ayuda de esta propiedad se pueden minimizar contribuciones erróneas a consecuencia de una evolución de la luminosidad no exactamente recta en la zona de transición considerada o debido a inexactitudes de medición siempre esperables, para lo cual, por ejemplo, se realizan ambos cálculos y se promedian sus resultados.

En otras realizaciones y según la evolución de la luminosidad, las relaciones a ambos lados del punto de intersección respecto de células CCD iluminadas y no iluminadas pueden estar permutadas; en este caso, los datos de dirección a la izquierda y a la derecha cambian eventualmente su función y se tienen que adaptar las ecuaciones de interpolación de una manera correspondiente.

Además, son posibles también otras realizaciones en las que se aprovechan para el cálculo los valores de luminosidad de más de dos pixeles. La posición puede formarse entonces mediante un cálculo múltiple redundante y, por ejemplo, una promediación de varios resultados. Como posibilidad adicional puede aplicarse una interpolación lineal distinta de la aquí mostrada o una interpolación con los datos de otros pixeles que no sean los pixeles vecinos directos.

Las desviaciones y desplazamientos de parámetros lineales, como, por ejemplo, las sensibilidades de los componentes, repercuten sobre el resultado tan sólo dentro del campo de interpolación. La pendiente de la curva de evolución de la luminosidad en la zona de transición de sombra, resultante de la nitidez de la formación de imagen del canto de sombra sobre el plano CCD, es de importancia secundaria, ya que no se perjudica por ella la interpolación dentro de amplios límites; únicamente la linealidad de la curva de evolución de la luminosidad es decisiva para la exactitud de la interpolación.

Independientemente del método de interpolación anteriormente descrito, se pueden utilizar, basándose en el principio básico descrito, otros procedimientos para mejorar las propiedades de los sensores. Estos procedimientos se describen seguidamente:

- Mejora de la inmunidad frente a parásitos por filtración

La inmunidad frente a parásitos del sensor puede mejorarse con medidas de filtrado. Un filtrado puede aplicarse tanto al plano de los valores de luminosidad de los pixeles como al propio resultado de la determinación de posición. En el primer caso, el procedimiento trabaja con valores de luminosidad que se han promediado en varios pixeles o en varias pasadas, y en el segundo caso se combinan varios resultados de posición primeramente obtenidos para obtener un valor de posición derivado con el cual se realiza después el tratamiento ulterior.

- Compensación de desviaciones de montaje

En una fase definida, por ejemplo en la fase de reposo antes del desarrollo de la carrera de dosificación propiamente dicha, se puede obtener el valor de posición para esta fase y se le puede archivar en una memoria de referencia. Durante la fase de movimiento activa se procesan entonces los valores de posición con relación al valor de referencia previamente obtenido. Gracias a este procedimiento es posible compensar automáticamente desviaciones de montaje respecto de la posición de reposo condicionadas por la fabricación y desplazamientos durante el funcionamiento, por ejemplo por dilatación térmica, y mejorar así la exactitud.

ES 2 335 800 T3

- *Compensación de errores de escalación*

En una alternativa ampliada se puede calibrar la escalación del sensor de posición mediante la llegada a dos o más posiciones conocidas, aquí posiciones de referencia. Esto puede efectuarse una sola vez en el curso del procedimiento de comprobación o de prueba o bien puede realizarse de manera recurrente durante el funcionamiento.

En el primer caso, se pueden fijar las posiciones de referencia por medio de dispositivos externos, por ejemplo ajustes de enclavamiento o dispositivos de medida externos. A partir de los valores de posición medidos en estas posiciones de referencia y juntamente con el conocimiento sobre la situación real de las posiciones de referencia, se puede derivar un valor de corrección para la escalación del sensor de posición y se puede archivar este valor para el ulterior procesamiento.

En el segundo caso del calibrado recurrente de la escalación, son necesarias posiciones conocidas para lograr la captación de posición, por ejemplo topes mecánicos o señales de referencia de otros dispositivos existentes. Si la membrana se encuentra en tal posición conocida durante el funcionamiento, se puede derivar también del valor de posición medido en este sitio un valor de corrección para la escalación del sensor de posición y se puede archivar este valor para el ulterior procesamiento.

- *Compensación de los parámetros de sensibilidad óptica*

En otra realización se pueden aprovechar los valores de luminosidad de los pixeles completamente iluminados para obtener un valor representativo de la intensidad de iluminación. A este fin, se puede formar, por ejemplo, a partir de un grupo adecuado de pixeles el valor medio de la luminosidad. Sobre la base de la intensidad de iluminación obtenida, se puede controlar la exposición de modo que se aprovechen óptimamente los intervalos de valores disponibles; por ejemplo, se puede controlar la fuente de luz en su luminosidad o en su duración de conexión de modo que la intensidad de iluminación de los pixeles completamente iluminados esté un poco por debajo del límite de sobreexposición del módulo CCD. Una pulsación cíclica con relación de conexión/desconexión variable puede equipararse a un control de la duración de conexión de la fuente de luz. En cada pasada de medición se corrige la intensidad de iluminación con ayuda de las relaciones de la pasada precedente de modo que resulte una adaptación flotante de los parámetros de exposición a eventuales variaciones de propiedades de los componentes, por ejemplo a consecuencia del envejecimiento.

- *Compensación de ensuciamientos y desviaciones de pixeles*

En una versión ampliada se puede configurar la estructura mecánica del sensor de modo que en una fase definida, por ejemplo en la fase de reposo antes del desarrollo de la carrera de dosificación propiamente dicha, se pueda exponer la zona de pixel completa aprovechada para el modo de trabajo o una zona parcial interesante. Una posible realización consiste, por ejemplo, en aprovechar para la evaluación el canto del cuerpo de sombra que queda vuelto hacia el imán, con lo que el cuerpo de sombra barre el sensor en el curso del movimiento de carrera y oscurece una zona de las células CCD que estaba iluminada en el estado de reposo anterior. En esta fase se pueden obtener los valores de luminosidad de todos los pixeles relevantes y se pueden archivar éstos individualmente en una memoria de referencia. Las desviaciones de los valores de medida de pixeles individuales respecto del valor individual pueden archivar, por ejemplo, en forma de valores de corrección. Durante la fase de movimiento activa se corrigen entonces primeramente en cada medición los valores de luminosidad de cada pixel con ayuda de los valores de referencia previamente obtenidos y únicamente después se someten dichos valores de luminosidad a un procesamiento adicional. Gracias a este procedimiento es posible compensar dentro de un cierto marco las desviaciones de sensibilidad de pixeles individuales condicionadas por la fabricación y también los ensuciamientos y, por tanto, se puede mejorar la exactitud o aumentar la seguridad de funcionamiento.

Naturalmente, para la línea de receptores CCD son posibles también disposiciones en dos o más filas para conseguir por redundancia una seguridad incrementada frente a fallos, por ejemplo originados por ensuciamiento, o para incrementar la exactitud de medida por promediación. Para longitudes de carrera especialmente grandes pueden combinarse dos o más líneas CCD a fin de ampliar el campo de medida hasta más allá de los límites de funcionamiento de una línea individual.

- *Adaptación del diseño del imán y del diseño térmico*

Para poder aprovechar correctamente las ventajas detalladamente descritas de una bomba dosificadora magnética regulada en su movimiento, especialmente con movimiento decelerado hasta la parada, se requieren adaptaciones de construcción, especialmente en el diseño del imán y en una refrigeración activa por medio de ventiladores interiores dispuestos en el recinto interior de aparatos, que ya se ha descrito anteriormente con más detalle (véase el capítulo "Refrigeración del imán y otros componentes").

El diseño del imán según los criterios que entran en acción normalmente en bombas dosificadoras magnéticas es sólo muy restringidamente adecuado sin modificaciones para un funcionamiento regulado en su movimiento. Para hacer enteramente posible una capacidad de regulación dentro de amplios intervalos es imprescindible que, incluso en el caso más desfavorable, se pueda reaccionar a los desarrollos de movimiento naturales de los componentes mecánicos con variaciones de la corriente magnética al menos igual de rápidas.

ES 2 335 800 T3

A esto se opone en el diseño usual hasta ahora la inductividad demasiado alta de la bobina magnética 2, debido a la cual la corriente magnética I_M alcanza su valor nominal únicamente después de un tiempo de, normalmente, alrededor de 20-50 ms. Este diseño usual se elige de modo que, por la cooperación de la tensión aplicada y la impedancia del devanado 29 (resistencia óhmica, inductividad), se ajuste aproximadamente la corriente deseada. En un caso sencillo, esta corriente se obtiene con la tensión de abastecimiento prevista para el aparato, eventualmente con descuento de un margen de tolerancia; en versiones reguladas en corrientes se elige el dimensionamiento de modo que esté aún garantizado el flujo de corriente con la mínima tensión de abastecimiento que cabe esperar y este flujo sea limitado por un circuito de regulación al valor prefijado en el caso de tensiones más altas.

Si el imán debe ser adecuado para una regulación del desarrollo del movimiento, se tiene que elegir un número de espiras sensiblemente más pequeño para que se pueda influir sobre la corriente magnética en un tiempo más corto. Con un aprovechamiento igual del espacio de bobinado disponible, el factor de reducción del número de espiras (N) repercute de forma aproximadamente cuadrática sobre la resistencia y la inductividad, con lo que la velocidad de aumento de la corriente, a tensión inalterada, se incrementa en la proporción N^2 . No obstante, la demanda de corriente para una fuerza magnética prefijada aumenta también en la proporción N , de modo que en total se logra una reducción efectiva del tiempo hasta alcanzar la corriente de trabajo en una medida igual al factor N .

Se explicará esto con más detalle en el ejemplo siguiente. A este fin, en aras de una mayor sencillez, se parte de un aumento de corriente aproximadamente lineal, es decir, un comportamiento puramente inductivo de la bobina magnética 2. Una bobina magnética según el diseño actual puede aumentar la corriente magnética en 0,1 A/ms a consecuencia de su impedancia. Por tanto, una corriente de trabajo necesaria de 2 A es alcanzada dentro de los 20 ms siguientes a la aplicación de la tensión. Si se debe alcanzar la corriente de trabajo en la mitad de tiempo (10 ms), se tiene que reducir a la mitad el número actual de espiras y se tiene que duplicar la sección transversal del alambre de manera correspondiente, es decir que el diámetro del alambre ha de agrandarse en el factor de raíz cuadrada de 2; la inductividad y la resistencia del devanado disminuyen en el factor 4 y la velocidad de aumento de la corriente, a tensión inalterada, aumenta hasta 0,4 A/ms. Se duplica la corriente de trabajo a 4 A y se alcanza ésta en la mitad del tiempo original (10 ms).

La capacidad de regulación puede aprovecharse especialmente para decelerar el desarrollo de movimiento natural. Esto tiene como consecuencia un alargamiento temporal del flujo de corriente magnética I_M hasta aproximadamente el funcionamiento permanente e incrementa así la pérdida de energía existente por cada carrera. Según cuales de las funciones descritas se pongan en práctica, esto puede provocar un considerable aumento del calor perdido que hay que evacuar. En función de la magnitud de este aumento resulta necesario un diseño térmico según criterios ampliados con variaciones en la construcción mecánica que hagan posible una evacuación de calor acrecentada. La corriente de trabajo I_M del imán, la cual ha sido incrementada y circula durante más tiempo, debe ser tenida en cuenta también por componentes 45 de mayores dimensiones en la electrónica de activación 44.

La utilización de un sensor de posición en combinación con una regulación del movimiento de la membrana para mejorar las propiedades hidráulicas y ampliar el campo de utilización de la bomba dosificadora magnética no deberá conducir, por motivos económicos, a que tengan que configurarse de nuevo todos los componentes individuales de la bomba dosificadora magnética. Así, hay que cuidar de que se puedan volver a empleando ampliamente los componentes conocidos y corrientes. Esto se aplica también a las dimensiones de montaje, por lo que se ha de cuidar durante el diseño de construcción de que, a ser posible, piezas ya utilizadas en bombas dosificadoras magnéticas no reguladas puedan emplearse también en bombas dosificadoras magnéticas reguladas.

Lista de símbolos de referencia

1	Carcasa
2	Bobina magnética
3	Nervios de la carcasa
4	Placa de fondo
5	Tapa de la carcasa
6	Electrónica en la tapa de la carcasa
7	Órgano de regulación
8	Perno de regulación de carrera
9	Caperuza de cubierta
10	Líneas de control

ES 2 335 800 T3

	11	Abastecimiento de corriente
	12	Cabeza dosificadora
5	13	Membrana
	14	Válvula de entrada
	15	Válvula de salida
10	16	Recinto de dosificación
	17	Envolvente magnética
15	18	Eje longitudinal
	19	Biela
	20	Pieza de presión
20	21	Anillo tórico
	22	Superficie extrema interior de la pieza de trabajo
25	23	Muelle de compresión (muelle de recuperación)
	24	Superficie extrema interior de la envolvente magnética
	25	Disco magnético
30	26	Manguito del lado de la cabeza de presión
	27	Manguito del lado de la pieza de presión
35	28	Tapa elevadora
	29	Devanado de bobina
	30	Núcleo de membrana
40	31	Portasensor
	32	Receptor, módulo CCD
45	33	Fuente de luz
	34	Abertura
	35	Elemento de referencia, por ejemplo cuerpo de sombra
50	36	Sensor de posición
	37	Diferenciador
55	38	Consigna de valor nominal
	39	Comparación nominal-real
	40	Regulador PID
60	41	Corrección de posición
	42	Amplificador
65	43	Ventilador
	44	Electrónica de activación

ES 2 335 800 T3

45	Componentes de potencia electrónicos
46	Abertura de salida de corriente
5	47 Corriente de aire del ventilador
	48 Corriente de aire parcial para sensor de posición
	49 Corriente de aire parcial para electrónica de la tapa de la carcasa
10	50 Listones de retención
	51 Portabobina
15	SV Evolución de la sombra
	h Zona clara
	d Zona oscura
20	#58...
	#65 Células (píxeles) del CCD
25	H Valores de luminosidad de los píxeles
	H_V Valor de luminosidad del umbral de comparación (VS)
	H_l Valor de claridad del píxel a la izquierda del punto de intersección con el VS (píxel vecino del lado izquierdo)
30	ΔH_l Distancia de luminosidad del píxel vecino del lado izquierdo al valor de luminosidad del umbral de comparación
35	H_r Valor de luminosidad del píxel a la derecha del punto de intersección con el VS (píxel vecino del lado derecho)
	ΔH_r Distancia de luminosidad del píxel vecino del lado derecho al valor de luminosidad del umbral de comparación
40	Δx_l Distancia de posición de la línea central del píxel vecino del lado izquierdo al punto de intersección con el VS
	Δx_r Distancia de posición de la línea central del píxel vecino del lado derecho al punto de intersección con el VS
45	x_1 Distancia entre canto de sombra y plano CCD
	x_2 Distancia entre canto de sombra y fuente de luz
50	x_3 Distancia entre plano CCD y fuente de luz
	p_1 Presión de trabajo p_1
	p_2 Presión de trabajo p_2
55	p_3 Presión de trabajo p_3
	p_4 Presión de trabajo p_4
60	x_{T1} Zona muerta a presión de trabajo p_1
	x_{T2} Zona muerta a presión de trabajo p_2
	x_{T3} Zona muerta a presión de trabajo p_3
65	x_{T4} Zona muerta a presión de trabajo p_4
	s Movimiento real del canto de sombra

ES 2 335 800 T3

	s'	Movimiento proyectado del canto de sombra
	D	Capacidad de dosificación
5	HL	Longitud de carrera mecánica
	SG	Magnitud de ajuste
	KSG	Magnitud de ajuste corregida
10	k1	Factor para la corrección de corriente dependiente de la posición
	k2	Factor para el amplificador de potencia
15	k3	Factor para la derivación de la señal de velocidad
	x _S	Valor real de la posición de la pieza de presión
	x _I	Valor real de la posición de la pieza de presión
20	x _{SI}	Desviación de regulación de la posición de la pieza de presión
	v _S	Valor nominal de la velocidad de la pieza de presión
25	v _I	Valor real de la velocidad de la pieza de presión
	v _{SI}	Desviación de regulación de la velocidad de la pieza de presión
	Pos	Señal de posición en diagramas
30	EPos	Tope final de la señal de posición en diagramas
	I _M	Corriente magnética
35	I _{M0}	Posición cero de la señal de corriente magnética en diagramas
40		
45		
50		
55		
60		
65		

REIVINDICACIONES

- 5 1. Bomba dosificadora magnética en la que una pieza de presión móvil está montada de forma axialmente móvil en el eje longitudinal con una biela fijamente unida con ella en una envolvente magnética fijamente anclada en la carcasa de la bomba, de modo que, con la excitación (activación) eléctrica de la bobina magnética, la pieza de presión con la biela es introducida en la envolvente magnética en contra de la acción de un muelle de compresión con reducción del entrehierro existente dentro de un taladro de la envolvente magnética y la pieza de presión, después de la desactivación del imán, retorna a la posición de partida por efecto del muelle de compresión, con lo que la pieza de presión y un
10 órgano de desalojamiento elástico accionado por ésta realizan bajo una activación y desactivación continuadas de la bobina magnética un movimiento oscilante que conduce en la cabeza dosificadora dispuesta en el eje longitudinal, en cooperación con una válvula de entrada y una válvula de salida, a una carrera de bombeo (carrera de impulsión) y una carrera de aspiración, estando unido con la unidad constituida por la pieza de presión (20) y la biela (19) un elemento de referencia (35) cuya posición es explorada por un sensor de posición (36), entregando el sensor de posición una
15 señal real (x_i) que está en una relación fija con la posición del elemento de referencia, **caracterizada** porque la señal real (x_i) influye a través de un circuito de regulación, en el marco de su exactitud de regulación, sobre el movimiento de la unidad constituida por la pieza de presión y la biela de modo que esta unidad siga a un perfil de valores nominales prefijado (38).
- 20 2. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el sensor de posición (33) explora la posición del elemento de referencia (35) según un principio exento de contacto.
3. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el elemento de referencia (35) unido con la biela (19) y el sensor de posición (36) están dispuestos en el extremo alejado de la cabeza dosificadora
25 (12) y por fuera de esta cabeza dosificadora.
4. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el elemento de referencia (35) influye sobre el trayecto de los rayos de una fuente de luz (33) y el sensor de posición (36) cooperante con dicho elemento, que está dispuesto en la envolvente magnética (17), trabaja según un principio de receptor fotosensible.
30
5. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el elemento de referencia (35) es un cuerpo de sombra o un contorno generador de sombra y el sensor de posición (36) cooperante con él, que está dispuesto en la envolvente magnética (17), consiste en un receptor óptico (32) en forma de
35 una serie de células receptoras fotosensibles acopladas por carga (charge coupled device, denominado abreviadamente CCD).
6. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el sensor de posición (36) está dispuesto sobre un portasensor propio que está fijamente unido con la envolvente magnética
40 (17).
7. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 4, **caracterizada** porque la fuente de luz (33), el cuerpo de sombra o el contorno (35) generador de sombra y el receptor (32) constituyen una disposición semejante a una barrera óptica y los valores de medida se alimentan continua o cíclicamente al circuito de regulación.
45
8. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el receptor óptico (32) del sensor de posición (36) consiste en una pluralidad de receptores linealmente dispuestos (píxeles), preferiblemente 128 píxeles.
- 50 9. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la fuente de luz (33) es un diodo luminiscente (LED) que está dispuesto enfrente del receptor óptico (32) del sensor de posición (36) de modo que su haz de rayos luminosos no sea estorbado por la biela (19) en el camino directo del mismo hacia el receptor.
- 55 10. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el valor de partida del sensor de posición (36) se forma por interpolación de los valores de luminosidad de varios píxeles situados en la zona de transición de sombra.
- 60 11. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se utilizan medidas de filtrado para el procesamiento de las señales del sensor de posición (36).
12. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se eliminan errores de posición cero del sensor de posición (36) por medio de una memoria de referencia.
- 65 13. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se eliminan errores de escalación del sensor de posición (36) por aproximación a una o más posiciones de referencia.

ES 2 335 800 T3

14. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se compensa las fluctuaciones de exposición del sensor de posición (36) por medio de un control o regulación de la fuente de luz (30) con ayuda de los valores de luminosidad obtenidos de los pixeles.
- 5 15. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se compensan fluctuaciones de luminosidad entre pixeles individuales del receptor óptico (32) por incorporación de una memoria de referencia para la sensibilidad de cada pixel.
- 10 16. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la señal (x_i) leída en el sensor de posición (36) se procesa adicionalmente en un dispositivo de regulación y se la compara con una consigna de valor nominal (38), influyendo el dispositivo de regulación sobre el flujo de corriente (I_M) hacia la bobina magnética (2) y provocando así una corrección del desarrollo del movimiento.
- 15 17. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación influye alternativamente sobre la posición (en lo que sigue llamada x_i), la velocidad (en lo que sigue llamada v_i) o la aceleración de la pieza de presión (20) o de la membrana (13) por medio de un dispositivo de regulación y por variación de la corriente de la bobina (en lo que sigue llamada I_M).
- 20 18. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación puede reducir deliberadamente la v_i de la pieza de presión (20) en la fase de aspiración y/o en la fase de impulsión para contrarrestar pérdidas de presión originadas por resistencias al flujo o para contrarrestar la producción de cavitación.
- 25 19. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque se comunica la longitud de carrera deseada al dispositivo de regulación por medio de una consigna del usuario y, mediante una activación correspondiente de la bobina magnética (2), se limita electrónicamente el movimiento de la pieza de presión (20) por parte del dispositivo de regulación a la longitud de carrera que se debe realizar.
- 30 20. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el reconocimiento de a qué valor está ajustado el órgano de regulación de carrera (7) se efectúa directamente a través del sensor de posición (36) por medición durante la dosificación.
- 35 21. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación limita la v_i de la pieza de presión (20) al principio y/o al final de la fase de impulsión, es decir, por ejemplo en el primero y el último tercio del recorrido de la carrera, por activación de la bobina magnética (2) de modo que se eviten puntas de presión que serían originadas por variaciones rápidas de la velocidad de la corriente del medio a dosificar o por un choque duro con el tope mecánico.
- 40 22. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación limita la v_i de la pieza de presión (20) al final de la fase de impulsión por activación de la bobina magnética (2) de modo que se evite el efecto del transporte excesivo a pequeña contrapresión.
- 45 23. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación distribuye el movimiento de avance de la pieza de presión (20) durante la fase de impulsión por activación de la bobina magnética (2) a lo largo del tiempo prefijado por la frecuencia secuencial de las carreras de dosificación de modo que la descarga del medio a dosificar se efectúe con la mayor uniformidad posible hasta carreras de dosificación de, por ejemplo, algunos minutos realizadas con mucha lentitud.
- 50 24. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 23, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación convierte durante el funcionamiento, con dosificación casi continua, es decir, sin una pausa de reposo importante entre aspiración y carrera de dosificación siguiente, el movimiento de carrera en un funcionamiento con longitud de carrera reducida y elevada frecuencia de carreras, conservando al mismo tiempo aproximadamente la velocidad de la membrana en la carrera de dosificación que da por resultado, en promedio temporal, la capacidad de dosificación deseada, y que finaliza la aspiración por activación de la bobina magnética (2) antes de que la pieza de presión (20) haya sido empujada completamente por el muelle de recuperación (23) contra el tope (de reposo) mecánico delantero o contra el perno de regulación de carrera (8), con lo que el movimiento de la pieza de presión tiene lugar solamente en la zona del recorrido de la carrera en la que son pequeños el entrehierro y, por tanto, la demanda de corriente magnética (I_M).
- 55 25. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque durante la fase inicial del movimiento de avance regulado de la pieza de presión (20) el propio dispositivo de regulación o una unidad de control adicional observa la corriente magnética (I_M), deduce de ella la evolución de la fuerza y reconoce así la apertura de la válvula de salida (15), y con ayuda de esta observación mide la zona muerta que se origina a consecuencia de la deformación elástica de la membrana (13) e influye sobre el recorrido realmente realizado finalizando deliberadamente el movimiento de carrera en función de la deformación obtenida de la membrana de modo que se elimine la contribución de error ocasionada por la deformación de la membrana (referido al trayecto de carrera o al volumen dosificado) y se aminore así sensiblemente la dependencia de la cantidad a dosificar respecto de la contrapresión.
- 60 65

ES 2 335 800 T3

26. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 16, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación influye durante el funcionamiento, con una longitud de carrera reducida, sobre el recorrido de carrera realmente realizado durante el movimiento de avance de la pieza de presión (20) en función de la zona muerta medida por la deformación elástica de la membrana (13) mediante una finalización deliberada del movimiento de carrera de modo que se elimine la contribución de error ocasionada por la deformación de la membrana y se mejore así la dependencia lineal de la cantidad a dosificar respecto del valor porcentual de la longitud de carrera ajustada.

27. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el dispositivo de regulación mide durante el movimiento de avance de la pieza de presión (20) la zona muerta originada por la deformación elástica de la membrana (13) y con ayuda de esta zona muerta medida puede realizar una estimación de la presión de trabajo y, al sobrepasarse un valor máximo prefijado de la presión, ajusta la dosificación a fin de evitar un aumento adicional de la presión.

28. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque se refrigera el recinto interior de la carcasa de la bomba dosificadora magnética, incluyendo el imán y la electrónica (6, 44).

29. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 28, **caracterizada** porque, para refrigerar el recinto interior y los componentes ubicados en dicho recinto interior, está dispuesto en este recinto interior un ventilador cuya corriente de aire, guiada forzosamente, baña la pared de la envolvente magnética (17) y/o el devanado (29) de la bobina, así como la pared interior de la carcasa (1) de la bomba dosificadora magnética y otros componentes.

30. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 28, **caracterizada** porque, para refrigerar el sensor de posición (36), se conduce a través de éste una parte de la corriente de aire (48).

31. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 30, **caracterizada** porque con la tapa elevadora (28) están unidas unas superficies de guía y/o unos canales que conducen una parte de la corriente de aire (48) hacia el sensor de posición (36).

32. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 29, **caracterizada** porque una parte adicional de la corriente de aire (49) es conducida a la electrónica (6) incorporada en la tapa (5) de la carcasa.

33. Bomba dosificadora magnética según la reivindicación 28, **caracterizada** porque en el recinto interior de la carcasa (1) está dispuesta en forma autoportante la envolvente magnética (17) de modo que ésta pueda ser bañada por una corriente de aire para refrigerarla en su periferia.

34. Bomba dosificadora magnética según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el devanado (29) de la bobina presenta un número reducido de espiras junto con una elevada sección transversal del alambre.

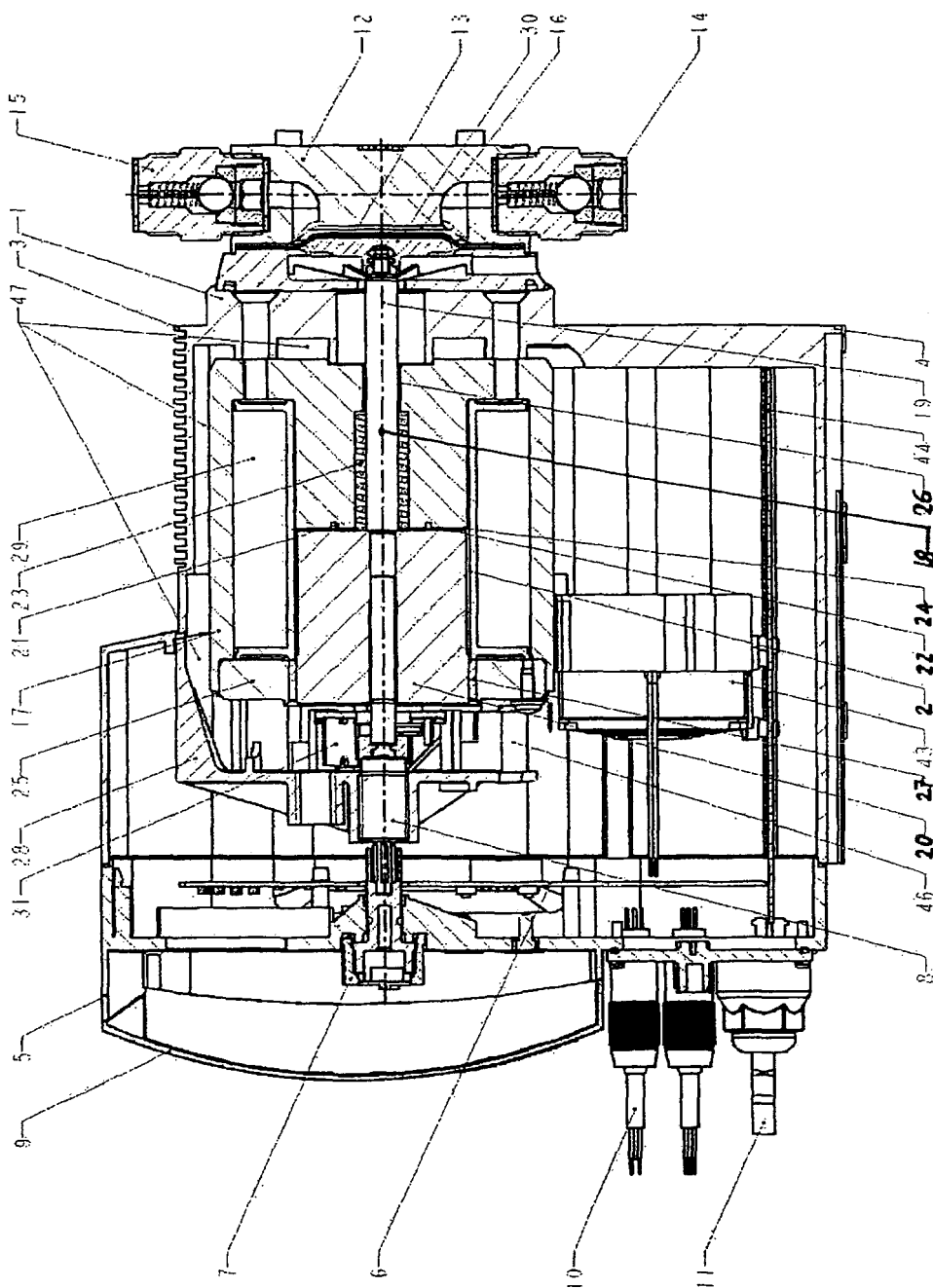


Fig. 1

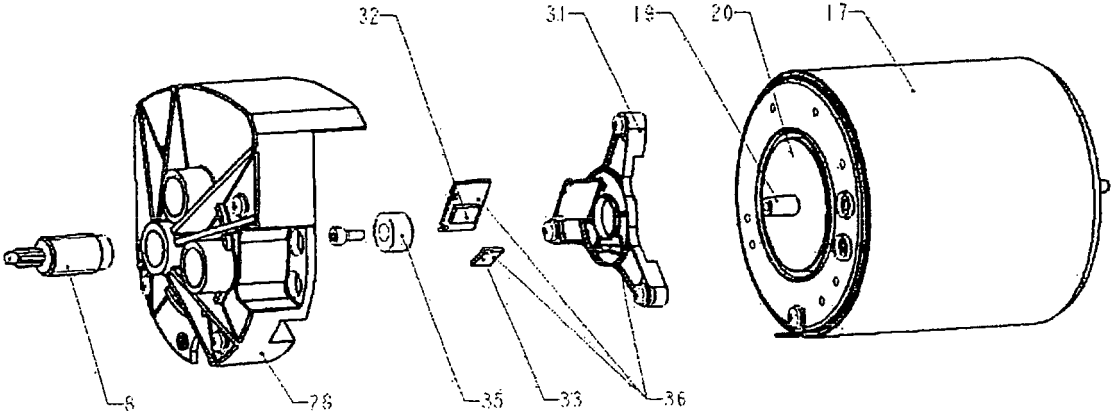


Fig. 2

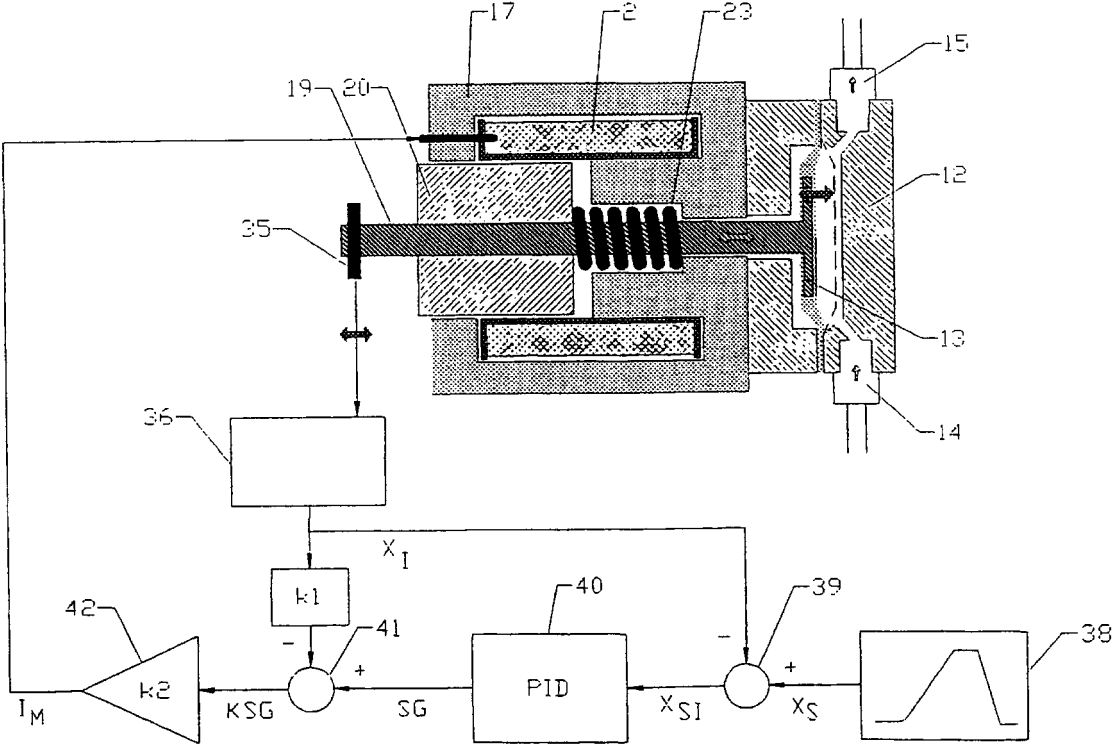


Fig. 3

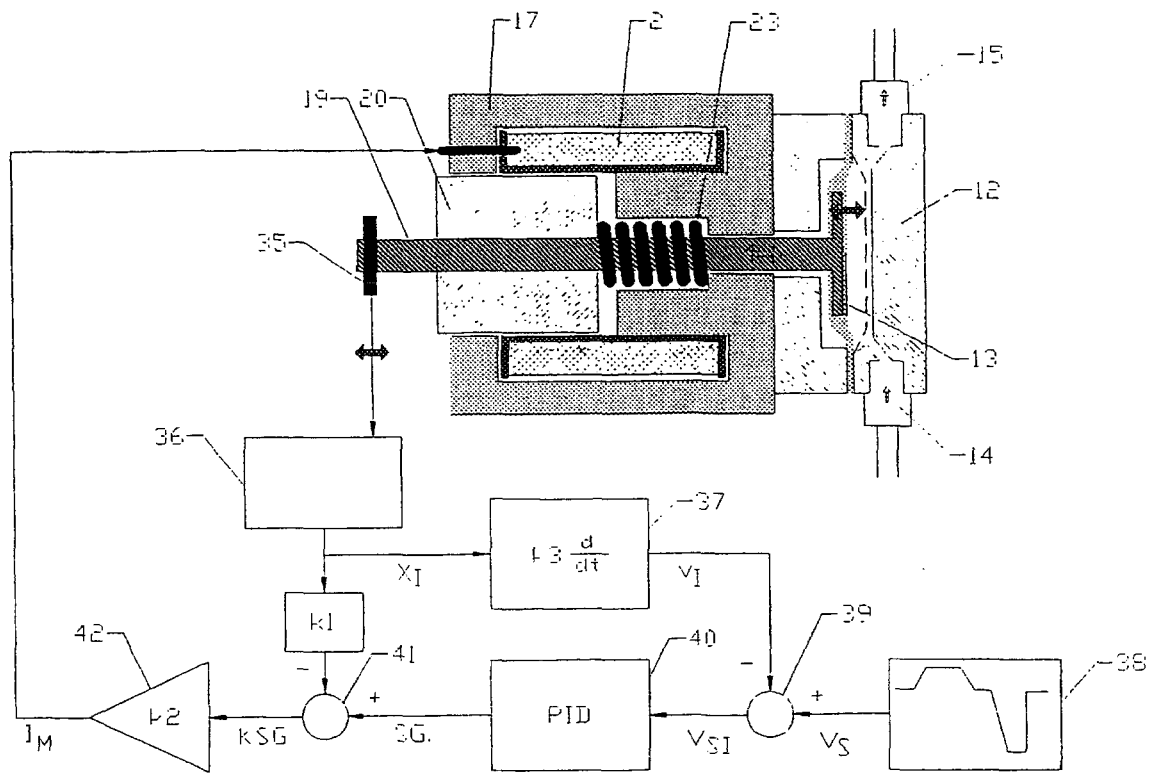


Fig. 4

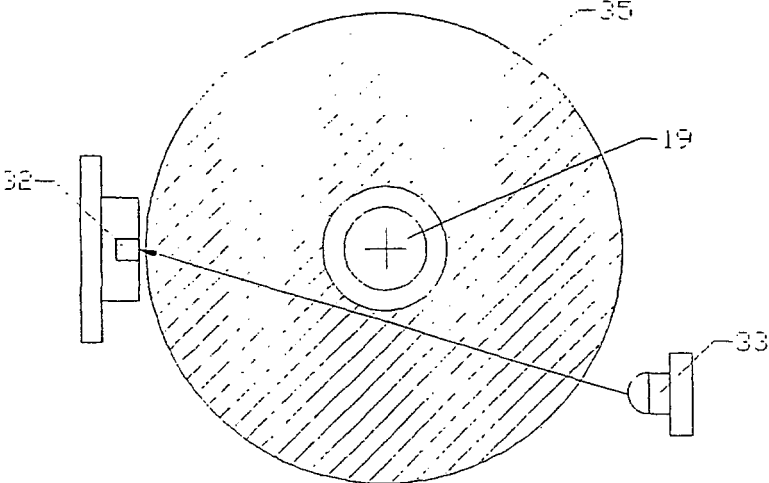


Fig. 5

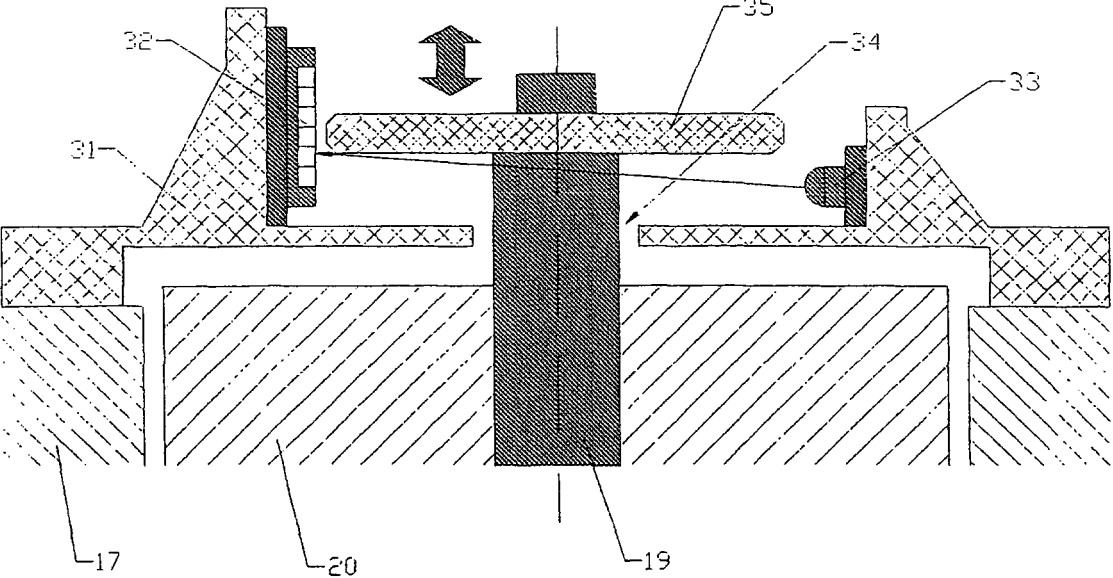
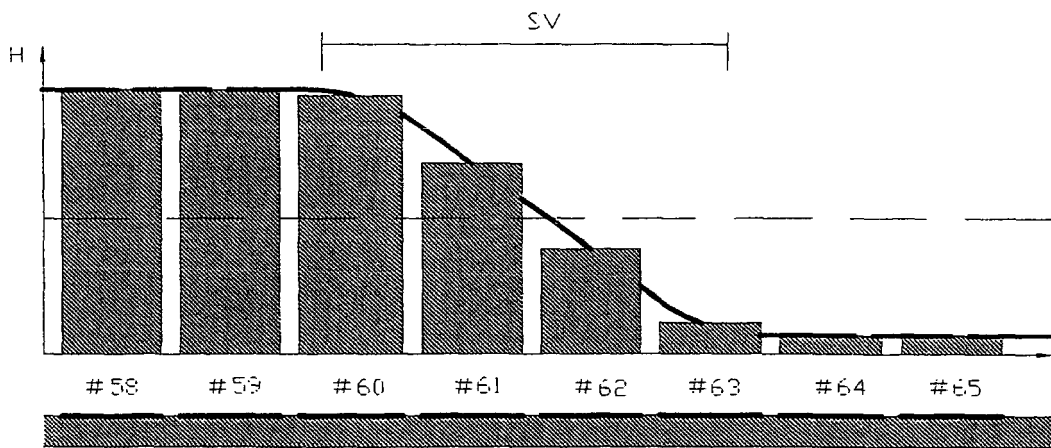
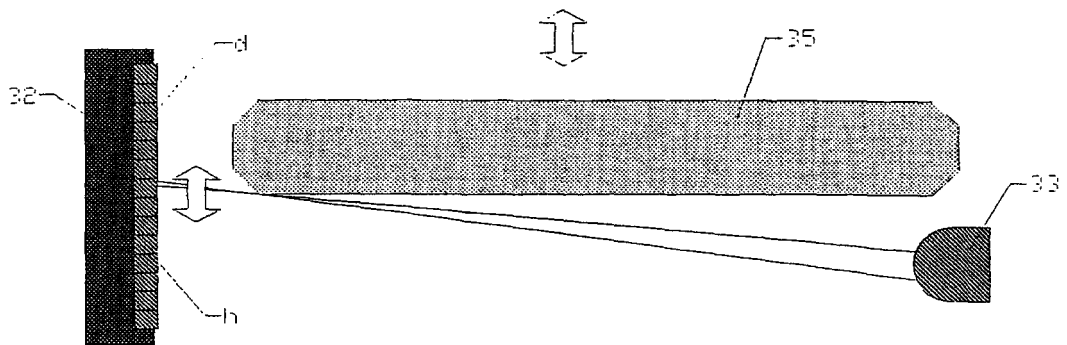


Fig. 6



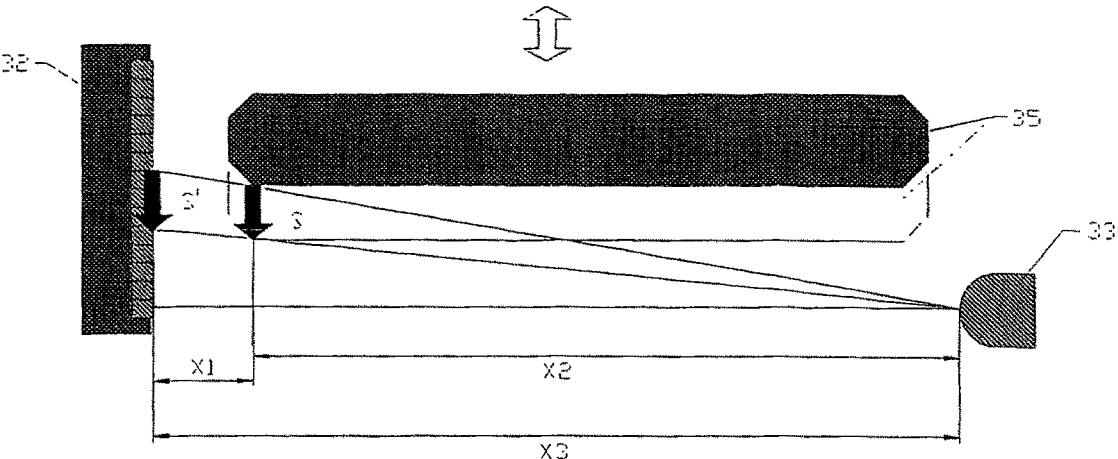


Fig. 9

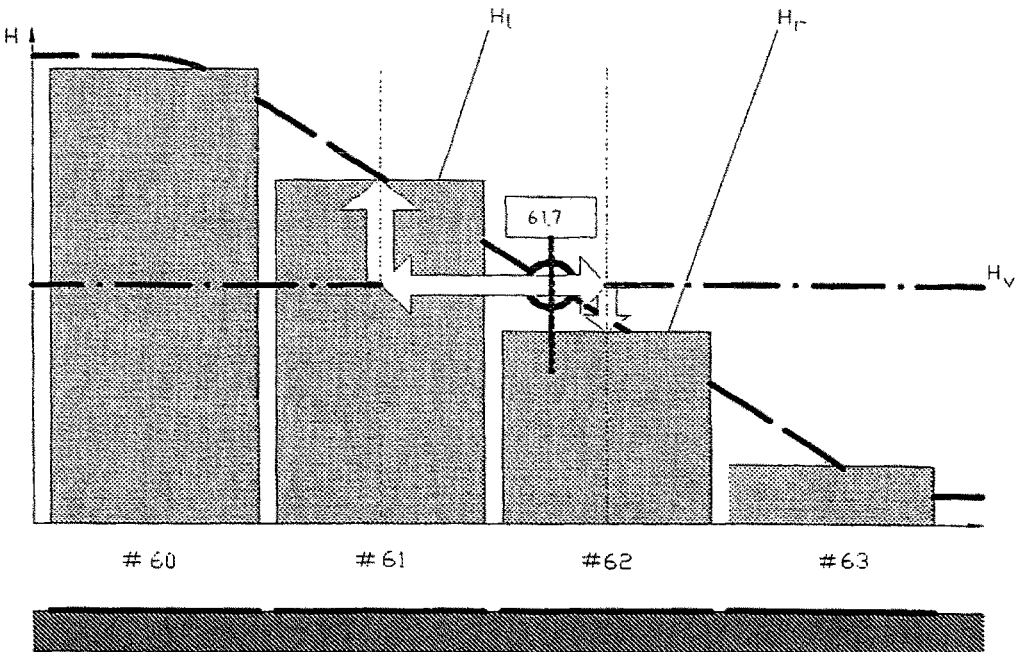


Fig. 10

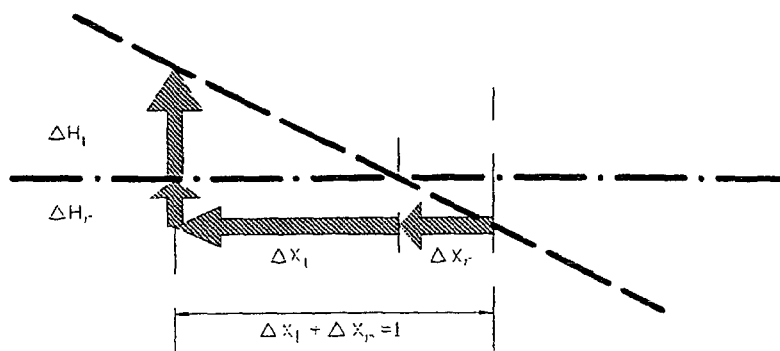


Fig. 11

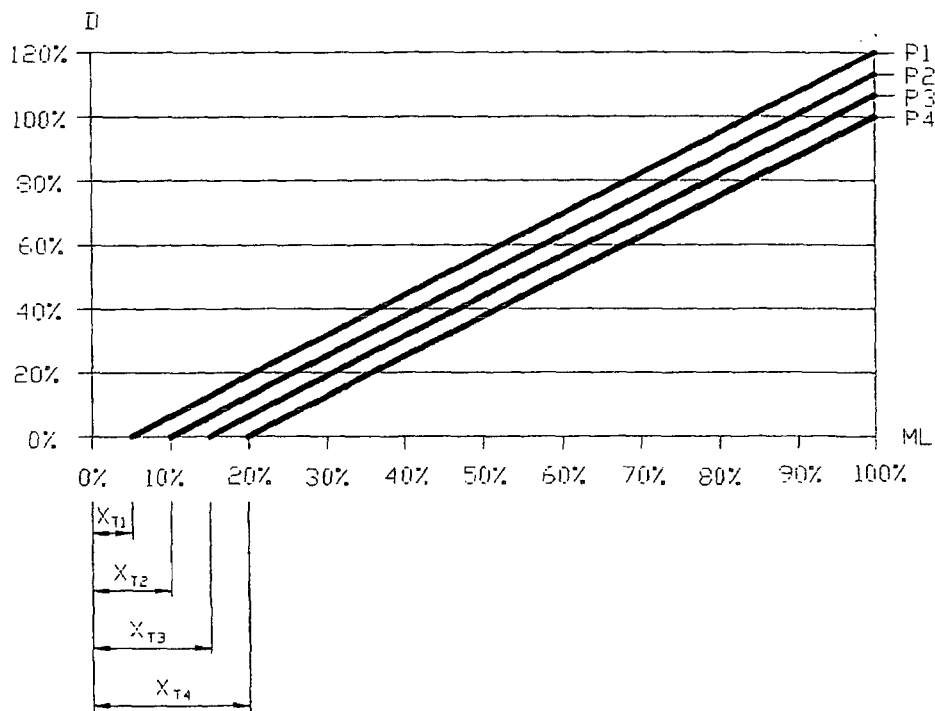


Fig. 12

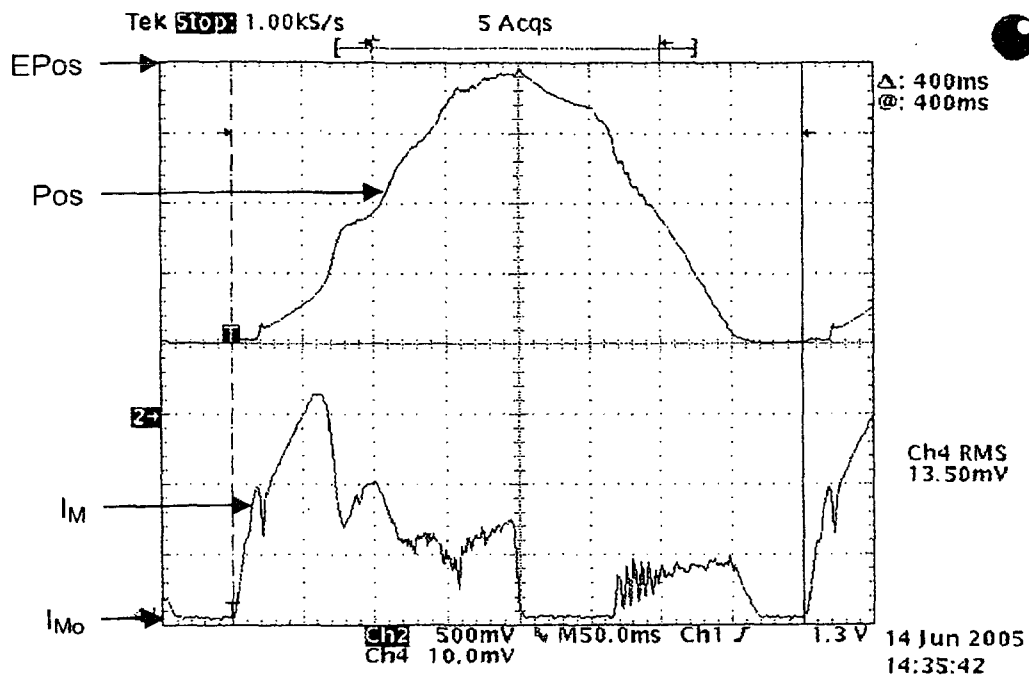


Fig. 14

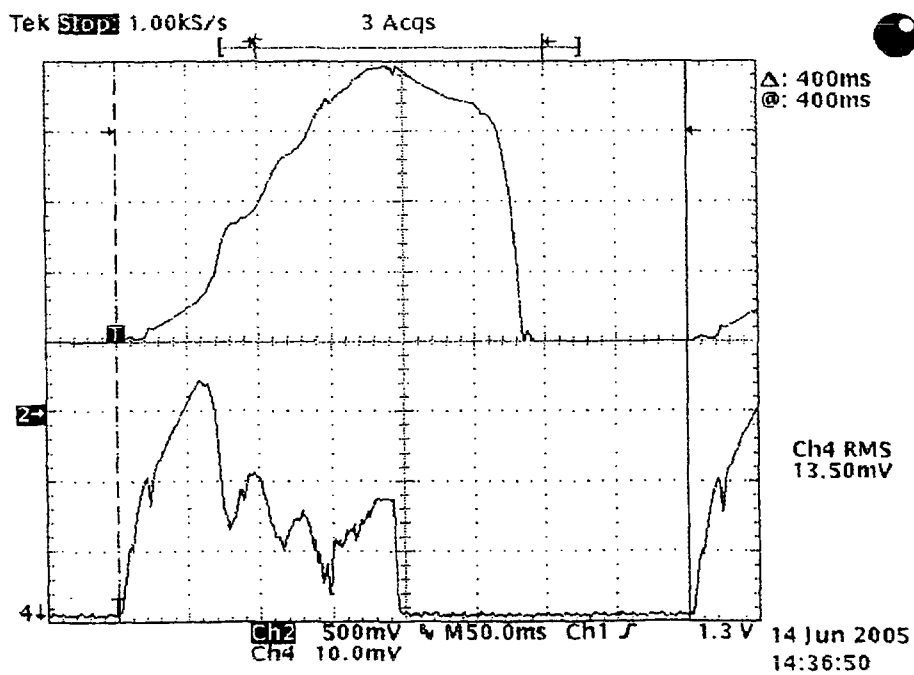


Fig. 15

ES 2 335 800 T3

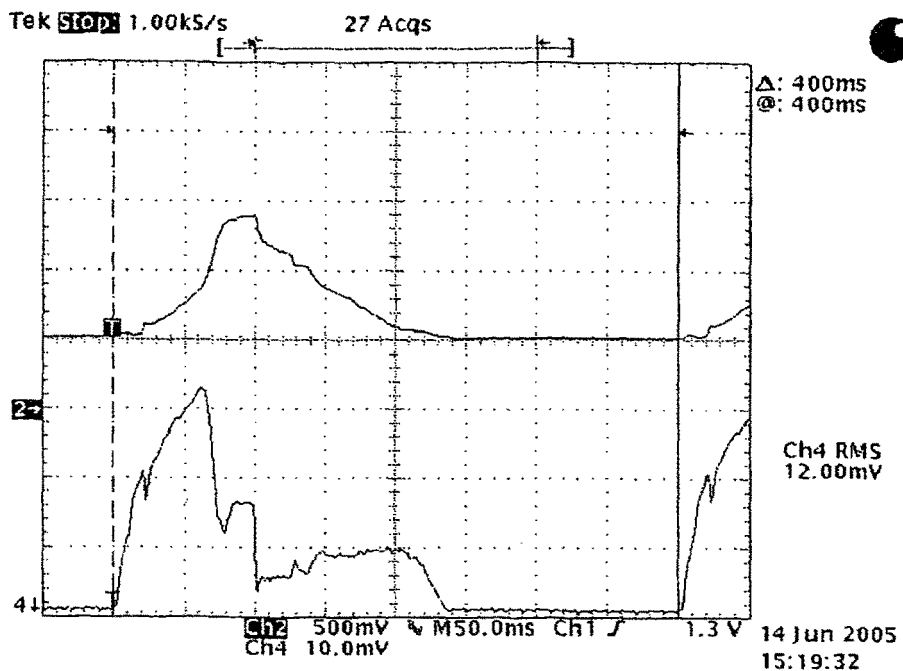


Fig. 16

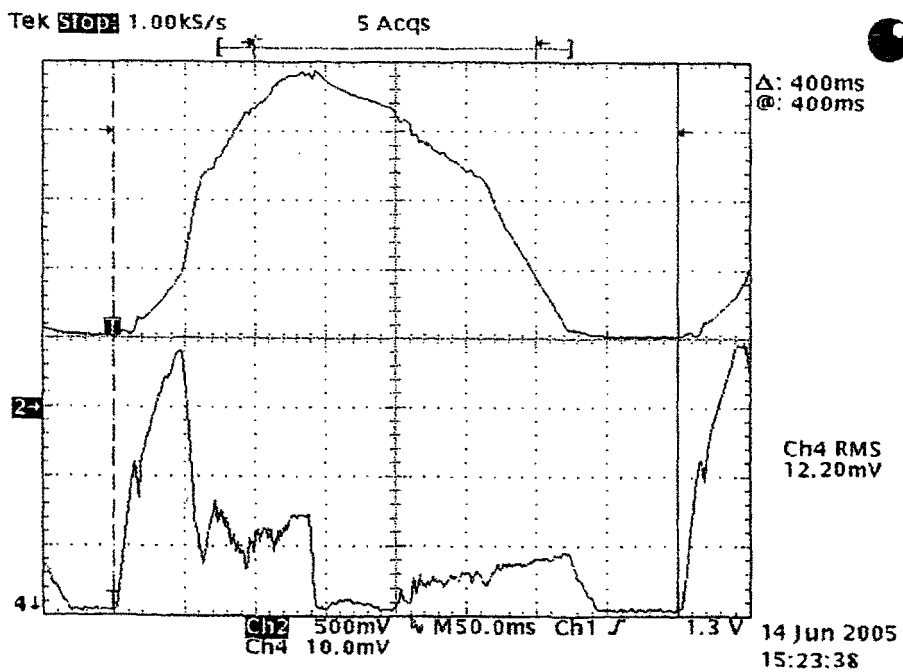


Fig. 17

ES 2 335 800 T3

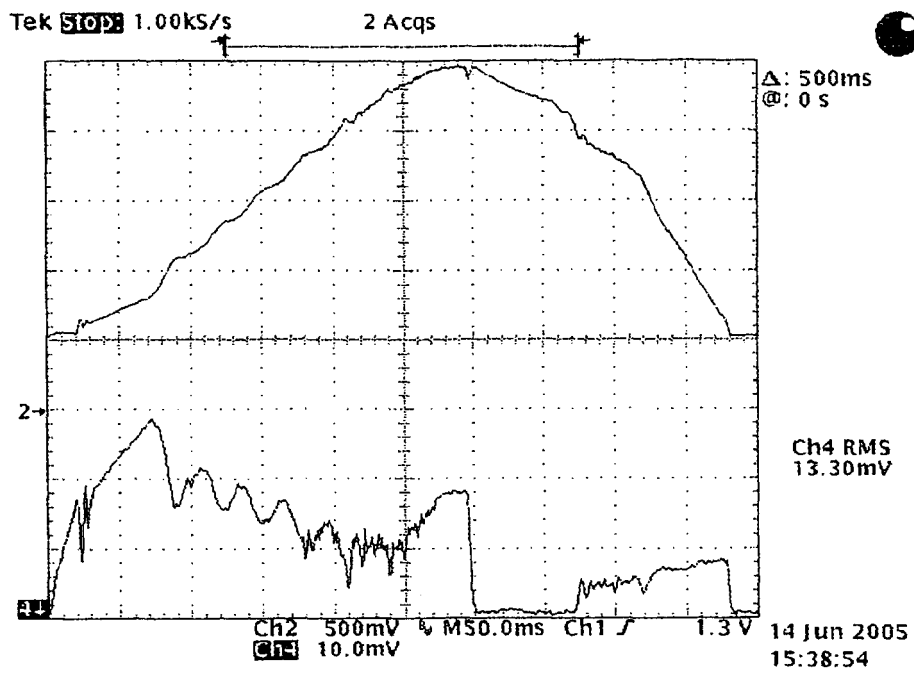


Fig. 18

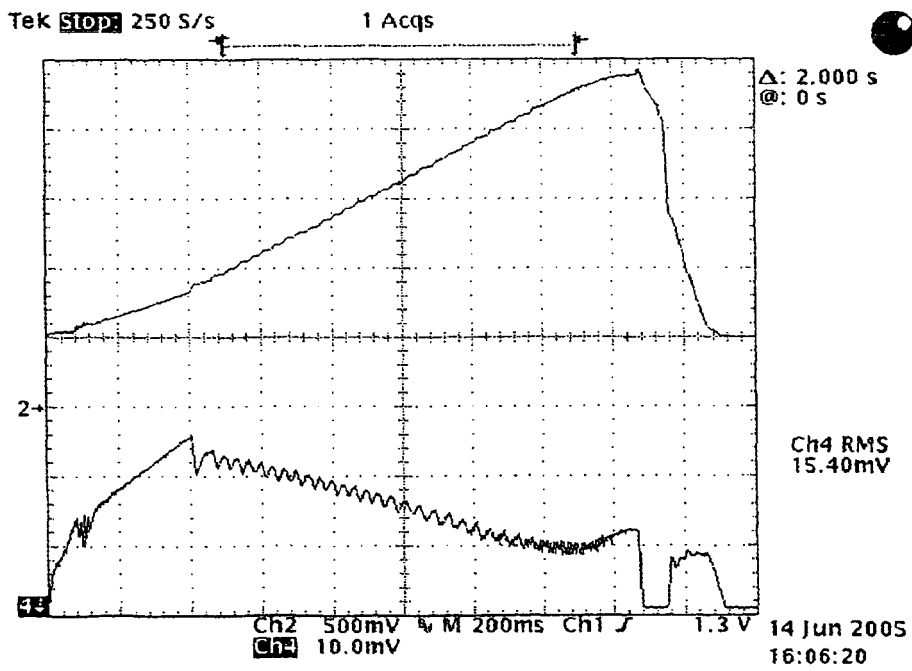


Fig. 19