



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 466**

51 Int. Cl.:
B60T 8/36 (2006.01)
B60T 8/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04766348 .9**
86 Fecha de presentación : **28.07.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1651487**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **03.05.2006**

54 Título: **Procedimiento para determinar la corriente de activación de un aparato de ajuste.**

30 Prioridad: **31.07.2003 DE 103 35 586**
26.11.2003 DE 103 55 836
13.05.2004 DE 10 2004 024 058

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

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

73 Titular/es: **Continental Teves AG. & Co. oHG**
Guerickestrasse 7
60488 Frankfurt, DE

72 Inventor/es: **Engelmann, Mario;**
Fey, Wolfgang;
Heinz, Micha;
Jöckel, Wolfgang y
Schmitz, Axel

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 297 466 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 2 297 466 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar la corriente de activación de un aparato de ajuste.

5 La invención concierne, entre otras cosas, a un procedimiento para calcular una corriente de activación de al menos un aparato de ajuste eléctricamente activable, por ejemplo una válvula magnética, para regular el caudal $G(\Delta P, I, KG)$ dependiente de la presión diferencial de un fluido según el preámbulo de la reivindicación 1. Asimismo, la invención concierne a un aparato para la calibración o el reglaje mecánico de un aparato de ajuste.

10 Es conocido el recurso de que en aparatos de control ABS para sistemas de freno de vehículos automóviles, pero también en los llamados reguladores de la dinámica de marcha con funciones adicionales como ESP, etc., se instalen válvulas analogizadas electromagnéticamente activables para lograr una regulación mejorada o para aminorar el ruido.

15 En las nuevas generaciones de dispositivos de regulación hidráulicos se utilizan las llamadas válvulas de mando analogizadas. Una válvula de mando analogizada es una válvula magnética activada por corriente eléctrica que está en sí diseñada para abrirse o cerrarse completamente, pero que es hecha funcionar por medio de un ajuste deliberado de la corriente de modo que esta válvula posea propiedades de regulación analógicas.

20 En el documento DE 100 53 606 A1 se revela un procedimiento para regular una válvula magnética, en el que se determina el tiempo de activación de la válvula a partir del tiempo prefijado de apertura de la válvula y de la presión prefijada sobre la válvula.

25 El documento DE 100 53 607 A1 revela un procedimiento para determinar la temperatura de válvulas en el circuito de frenado de un vehículo.

Se desprende del documento EP 0 813 481 B1 (P 7565) un procedimiento para reconocer el punto de conmutación de una válvula de mando analógicamente utilizable, en particular para determinar las condiciones de presión a partir de la evolución de la corriente de activación de la válvula.

30 Por consiguiente, se puede ajustar en principio el gradiente de presión o el caudal G de una válvula de mando analogizada correspondiente en función de la presión diferencial por variación de la corriente a través de la bobina magnética de la válvula. No obstante, el caudal volumétrico Q es difícil de ajustar en el intervalo de regulación y depende, entre otras cosas, de la presión diferencial Δp y de la corriente I a través de la bobina magnética de la válvula. De todos modos, esta dependencia no se puede archivar sin mayores dificultades dentro de un campo característico inicialmente establecido, puesto que ya unas pequeñas tolerancias de los componentes de la válvula originadas por la fabricación tienen una gran influencia sobre la correlación funcional entre el caudal y la corriente de activación. Por tanto, es necesario determinar individualmente un campo característico para cada válvula durante la fabricación de las válvulas y archivar éste en una memoria del sistema electrónico del aparato de control. Sin embargo, para establecer los campos característicos individuales es necesario un procedimiento de medida complicado con solicitaciones de presión definidas de los aparatos de control en el proveedor o al final de la cadena de montaje del fabricante de vehículos automóviles. Como se ha descrito, por ejemplo, en el documento WO 01/98124 A1 (P 9896), los campos característicos obtenidos por medio del complicado procedimiento de medida pueden ser aprovechados entonces para ajustar el gradiente de presión deseado.

45 El documento DE 103 21 783.5 (P 10697) no publicado todavía describe un procedimiento de aprendizaje para curvas características de válvulas analógicas o válvulas de mando analogizadas. Según este procedimiento, se realiza una calibración de las válvulas hidráulicas durante el funcionamiento del dispositivo de frenado ABS, en el que se obtienen una curva característica de activación o magnitudes de corrección correspondientes para corregir una curva característica de activación existente por medio de un procedimiento de aprendizaje. Para este procedimiento de aprendizaje es característico el hecho de que éste se extiende sobre varios ciclos del sistema de regulación para protección antibloqueo. En cada ciclo adecuado se acumulan los tiempos necesarios de establecimiento de presión, y con ayuda de los parámetros obtenidos a partir del ciclo actual se produce, según una fórmula recursiva, un aumento de la curva característica. Este procedimiento sirve para mejorar una curva característica de activación existente y, por tanto, presupone una curva característica ya existente.

50 Por consiguiente, los procedimientos anteriormente descritos para obtener los campos característicos o curvas características no son suficientemente exactos o bien éstos solamente pueden obtenerse por medio de un complicado procedimiento de medida que tiene que realizarse en el proveedor o al final de la cadena de montaje. Únicamente de esta manera se pueden determinar las magnitudes características individuales KG_{ind} de una válvula que influyen sobre la evolución de la presión, dependen de la fabricación y se pueden obtener, por ejemplo, a partir de los campos característicos o curvas características medidos.

65 El objetivo de la invención consiste, pues, en indicar un procedimiento para obtener magnitudes características, curvas características de válvula o campos característicos de válvula, que conduzca a una activación más exacta de las válvulas magnéticas descritas más arriba, sin que se tenga que realizar una complicada calibración individual de la válvula durante la fabricación o al final de la cadena de montaje.

ES 2 297 466 T3

Este problema se resuelve según la invención por medio del procedimiento conforme a la reivindicación 1.

Bajo el término de aparatos de ajuste se entienden válvulas y distribuidores para ajustar un caudal de fluido. El aparato de ajuste utilizado consiste preferiblemente en una válvula. Aparte de aire, entra también en consideración como fluido preferido un líquido hidráulico adecuado que, en caso de que se utilice un freno, es especialmente un líquido de freno usual en el mercado.

El aparato de ajuste posee preferiblemente una posición completamente abierta y una posición completamente cerrada. Según la naturaleza del aparato de ajuste, abierto sin corriente (SO-V) o cerrado sin corriente (SG-V), la válvula ocupa una de estas posiciones provocadas por un elemento de reposición. Un elemento de reposición adecuado puede ser preferiblemente un muelle que presente una curva característica fuerza/recorrido definida que se pueda aproximar especialmente mediante una ecuación lineal.

El procedimiento según la invención se utiliza preferiblemente en un dispositivo electrohidráulico para regular el freno de vehículos automóviles.

El procedimiento según la invención se refiere preferiblemente también a un procedimiento para ajustar o regular un gradiente de presión de un aparato de ajuste.

Según el procedimiento de la invención, se obtienen las curvas características o parámetros o magnitudes características de calibrado necesarios sin el empleo de solicitaciones de presión del aparato de ajuste. Por tanto, se puede prescindir de una solicitación de presión separada durante la obtención de las curvas características o parámetros por medio de una disposición de medida neumática o hidráulica para obtener las curvas características. Por tanto, la invención concierne especialmente a un procedimiento para obtener curvas características o parámetros especialmente exactos de un aparato de ajuste durante el funcionamiento de un vehículo automóvil que está equipado con una instalación de freno que presenta especialmente válvulas de regulación para regular la presión de frenado.

El procedimiento según la invención conduce, entre otras cosas, a la ventaja de que un aparato de ajuste fabricado o una unidad hidráulica completa no tiene que ser calibrado individualmente en un banco de pruebas empleando presiones definidas, tal como esto era necesario hasta ahora. Según el procedimiento de la invención, es suficiente que un sistema de control electrónico, que está conectado al aparato de ajuste o a la unidad hidráulica, calibre las propiedades electromagnéticas y magnéticas del aparato de ajuste. Estas propiedades son en particular, de manera sustancialmente exacta, las magnitudes características magnéticas y mecánicas individuales KG_{ind} del aparato de ajuste, las cuales son sustancialmente responsables de la dispersión en la curva característica originada por la fabricación. Las magnitudes características del aparato de ajuste que presentan menos dispersión condicionada por la fabricación se pueden establecer de una vez para la serie de construcción por medio de otras magnitudes características generales KG_{gen} y se pueden archivar de forma duradera en el aparato de control electrónico. A partir de las magnitudes características se pueden calcular después la curva característica del aparato de ajuste y, por tanto, la corriente de activación necesaria para el aparato de ajuste en función de la presión diferencial.

El procedimiento según la invención ofrece, además, la ventaja de que el mismo, lo que se hace también preferiblemente según la invención, se puede realizar automáticamente con tanta frecuencia como se desee, especialmente a intervalos regulares, incluso después de su incorporación en un vehículo. Es así posible que se calibre nuevamente el sistema a intervalos regulares. Por tanto, de esta manera, es posible también por primera vez tener en cuenta eventuales variaciones de la disposición debido a influencias exteriores, como, por ejemplo, el desgaste, que se presenten solamente bastante tiempo después de la fabricación del aparato de ajuste. Por tanto, las curvas características se pueden determinar automáticamente sin un equipo de medida por medio del regulador, incluso en el momento siguiente a su incorporación en un vehículo. Se puede suprimir así ventajosamente un paso adicional de transmisión de datos al aparato de control desde una disposición de medida necesaria en otros casos para obtener las curvas características.

Tal como ocurre en general, para ajustar un caudal determinado G con las curvas características obtenidas ha de ser conocida adicionalmente para el regulador electrónico la diferencia de presión ΔP en la válvula. Ésta se calcula aproximadamente según el procedimiento, preferiblemente de una manera en sí conocida basada en modelos, o bien se mide con ayuda de un sensor. Cuando, por ejemplo, está presente únicamente un sensor de presión en la zona del cilindro principal en tándem, se determina la presión diferencial especialmente a partir de la evolución con el tiempo de las magnitudes que influyen en la presión, como los tiempos de establecimiento de la presión, etc. Particularmente en este procedimiento integrador para determinar el gradiente de presión es de gran importancia la exactitud del flujo.

Como ya se ha explicado de un modo más general, se ha visto que las causas de las dispersiones remanentes de las curvas características o especialmente de sus gradientes provienen predominantemente de las tolerancias del sistema mecánico, por ejemplo de la fuerza de muelle fluctuante F_{muelle} , y del círculo de líneas de campo magnéticas (por ejemplo, resistencias magnéticas de los entrehierros, etc.) del aparato de ajuste.

Según una forma de realización preferida del procedimiento, se mide la resistencia magnética total del círculo magnético. En general, se cumple que en lugar de la resistencia magnética, la inductividad L del circuito magnético correspondiente, referido al número de espiras N de la bobina, se puede utilizar también de manera correspondiente como magnitud física equivalente para realizar el procedimiento según la invención.

ES 2 297 466 T3

A este fin, la válvula puede estar provista de uno o varios elementos de medida adicionales, especialmente bobinas de medida.

5 La bobina de medida puede ser eléctricamente independiente de la bobina de activación. Sin embargo, es posible también conectar eléctricamente la bobina de medida en serie con la bobina de activación. Resulta así la ventaja de que únicamente se tienen que sacar al exterior tres líneas de activación.

10 En principio, aparte de la diferencia de presión y las propiedades geométricas de flujo, el caudal G del aparato de ajuste o válvula viene determinado por la fuerza que actúa sobre el vástago del aparato de ajuste correspondiente (fuerza del vástago). Por tanto, la invención concierne preferiblemente también a un procedimiento para ajustar o regular la fuerza del vástago de un aparato de ajuste.

15 Con ayuda de un elemento de medida dispuesto según otra forma de realización de la invención en la zona del aparato de ajuste es posible obtener parámetros físicos internos del aparato de ajuste y tenerlos en cuenta para el cálculo de las curvas características. Se puede ajustar o regular así de una manera muy especialmente precisa por medio de la regulación anteriormente descrita la posición del vástago, la fuerza del vástago o el caudal del aparato de ajuste.

20 Preferiblemente, además de la bobina se pueden utilizar en principio como elemento de medida todos los sensores dependientes del campo magnético (por ejemplo, sensores de Hall, sensores MR) cuando éstos sean adecuados para captar el flujo magnético eficaz. Sin embargo, la utilización de una bobina parece especialmente conveniente debido a la posibilidad de una fabricación barata.

25 Según el procedimiento de la invención, se obtienen preferiblemente en una rutina de calibración la fuerza de muelle y, cuando sea necesario, la carrera máxima del vástago. Estas magnitudes intervienen después también en el cálculo de la fuerza.

30 Una particularidad del procedimiento según la invención consiste, entre otras cosas, en que se realiza preferiblemente una medición del flujo magnético y se hace también especialmente una regulación según éste. Esto es conveniente debido a que la fuerza magnética depende directamente del flujo magnético. Aquí reside una diferencia esencial frente a los procedimientos conocidos hasta ahora, en los que la corriente a través de la bobina es la magnitud determinante.

35 Mediante el procedimiento descrito se calibran preferiblemente la carrera máxima del vástago dentro del aparato de ajuste y especialmente la fuerza de muelle. Teniendo en cuenta adicionalmente el gradiente de presión conocido se puede definir entonces con mucha exactitud la curva característica fuerza-recorrido del aparato de ajuste, de modo que se puede regular o controlar el caudal de la válvula con una exactitud especialmente alta.

40 Aparte de lo anterior, la invención concierne también al uso del procedimiento según la invención para controlar o mejorar la calidad de fabricación de un aparato de ajuste, especialmente una válvula, en el que se miden la carrera del vástago y/o la fuerza del muelle durante la fabricación del aparato de ajuste o la válvula o durante la fabricación del bloque de válvulas hidráulico o inmediatamente después de dicha fabricación.

45 En otra forma de realización preferida del procedimiento descrito en el párrafo anterior se realiza, aparte del calibrado eléctrico descrito más arriba, un reglaje mecánico adicional del aparato de ajuste durante la fabricación.

50 En este caso, especialmente al ensamblar el aparato de ajuste se ajustan el entrehierro residual y la carrera del vástago solamente por la consideración de una magnitud característica eléctrica del aparato de ajuste. Esto se efectúa de manera muy especialmente preferida midiendo la resistencia magnética con el aparato de ajuste cerrado y la resistencia magnética con el aparato de ajuste abierto.

55 A este procedimiento de reglaje puede unirse de preferencia adicionalmente, en un instante posterior, el procedimiento de calibrado eléctrico sin presión que se ha descrito más arriba. En la realización del procedimiento de calibrado sin presión con aparato de ajuste previamente reglado se tiene que compensar por medio del procedimiento sustancialmente tan sólo una tolerancia en la característica del muelle de reposición.

60 Se obtiene preferiblemente otra mejora del procedimiento según la invención realizando adicionalmente después del calibrado según la invención el procedimiento de aprendizaje mencionado más arriba, tal como éste es conocido por el documento DE 103 21 783.5.

65 Según otra forma de realización del procedimiento de la invención, la medición de la integral en la toma de la bobina o en la toma de la bobina de medida se realiza por medio de un llamado circuito formador rectangular electrónico de constitución especialmente sencilla. Se trata aquí de un procedimiento para obtener el flujo magnético en al menos un aparato de ajuste, o muy generalmente un componente actor, inductivo y eléctricamente activable a través de una etapa excitadora, por evaluación o ajuste de la tensión U_{ind} inducida en el aparato de ajuste o componente actor por medio de un dispositivo de medida electrónico, manteniéndose activamente en un valor sustancialmente constante la tensión aplicada al aparato de ajuste o componente actor inductivo a través del dispositivo de medida o el sistema de activación electrónico del aparato de ajuste o componente actor inductivo y determinándose el tiempo t_1 en

ES 2 297 466 T3

el que la corriente que circula por el componente inductivo y el dispositivo de medida induce una tensión durante su conexión o desconexión.

5 En este procedimiento se determina preferiblemente el tiempo de desconexión t_c , que indica el tiempo entre la conexión t_0 y el tiempo t_1 , o bien se determina el tiempo de conexión del componente actor.

10 En relación con el procedimiento anteriormente descrito, la invención concierne a una disposición de circuito electrónico para obtener el flujo magnético o la inductividad de un aparato de ajuste o componente actor inductivo, que comprende un dispositivo de medida con entrada de señal y salida de señal, estando unida eléctricamente la entrada de señal con el componente inductivo y proporcionando la salida una señal eléctrica que contiene una información sobre el tiempo que se ha necesitado para evacuar completamente, a tensión constante, la energía almacenada en el aparato de ajuste o componente actor inductivo o bien para llevar completamente la corriente en el aparato de ajuste o componente actor inductivo al valor de la corriente máxima deseada.

15 Preferiblemente, en la disposición de circuito anteriormente descrita se alimenta la salida de señal del dispositivo de medida como valor real a un circuito de regulación cuya magnitud de regulación es la corriente a través del componente inductivo.

20 El procedimiento de medida y la disposición de circuito anteriormente descritos se utilizan conveniente, en lugar del dispositivo de medida, para medir la señal de tensión integrada en la toma de corriente de la bobina del aparato de ajuste durante el procedimiento de calibrado descrito al principio.

25 Otras formas de realización preferidas se desprenden de las reivindicaciones subordinadas y de la descripción siguiente de ejemplos de realización con ayuda de los dibujos.

Muestran:

30 La figura 1, una representación esquemática de un circuito de regulación para regular el flujo magnético sin bobina de medida adicional,

La figura 2, un ejemplo de realización de una regulación de flujo magnético con bobina de medida,

La figura 3, una válvula analógica/digital abierta sin corriente (válvula SO-AD), en sección transversal,

35 La figura 4, una realización con bobina de medida semejante a la figura 2, con la diferencia de que como magnitud de regulación se emplea la resistencia magnética,

La figura 5, un ejemplo para determinar la resistencia magnética con la válvula cerrada,

40 La figura 6, un ejemplo de un procedimiento para determinar la resistencia magnética en un aparato de control EBS,

La figura 7, un ejemplo de un procedimiento para determinar la fuerza del muelle de una válvula magnética,

45 La figura 8, una representación esquemática de un procedimiento para determinar una curva característica de la corriente de apertura de la válvula y

50 La figura 9, una disposición de un circuito de regulación para el calibrado de la válvula con un formador de ondas rectangulares.

Los ejemplos que se describen seguidamente se aplican a un dispositivo de regulación electrohidráulico para frenos de automóviles de turismo. Usualmente, los dispositivos de regulación correspondientes (aparato de control EBS) comprenden una carcasa de regulador (ECU) con un sistema microcontrolador 18, tal como se representa esquemáticamente en las figuras 1, 2 y 4, y un bloque de válvulas (HCU) unido con el regulador y equipado con las válvulas 1 de funcionamiento electromagnético utilizadas para controlar el flujo hidráulico. El regulador comprende, además, un circuito de activación (fuente de corriente 3) con el que se puede ajustar y también medir individualmente la corriente I para cada válvula en forma modulada en anchura de impulsos. En el aparato de control de vehículo automóvil, no representado aquí con más detalle, están previstos para cada válvula unos excitadores de válvula correspondientes que están materializados por medio de tapas excitadoras PWM (PWM = modulación de anchura de impulsos) individualmente activables. En los bornes de la bobina está previsto un dispositivo de medida 4 con el cual se puede medir la tensión de inducción U_{ind} . En la salida del dispositivo de medida 4 está disponible una señal ϕ_{real} que es proporcional a la integral en función de $U_{ind}(t)$.

65 Para la explicación adicional de la invención parece conveniente indicar las siguientes correlaciones matemáticas:

ES 2 297 466 T3

La fuerza magnética resulta de

$$F_{magn} = \frac{1}{2 * \mu_0 * A_{armadura}} * \Phi^2$$

en donde μ_0 es la constante de permeabilidad (aire), $A_{armadura}$ es la superficie de la armadura y ϕ es el flujo magnético.

El flujo magnético se calcula según la fórmula

$$\Phi = \frac{\Theta}{RM_{total}} \quad \text{con} \quad \Theta = I * N$$

en donde I es la corriente de la bobina, N es el número de espiras de la bobina de la válvula y RM_{total} es la resistencia magnética total del circuito magnético de la válvula.

Asimismo, se cumple que:

$$U_{ind} = -N * \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{así como} \quad \Phi = -\frac{1}{N} \int_0^t U_{ind} dt$$

Al desconectar la corriente I de la válvula en la figura 1 se obtiene una variación del flujo magnético ϕ en la válvula 1 que puede ser medida por el dispositivo de medida 4, unido con la válvula 1, en función de la tensión de inducción U_{ind} . El dispositivo de medida 4 forma la integral de tiempo en función de la evolución de la tensión inducida U_{ind} y alimenta la señal integrada al microcontrolador 18. Esta señal es proporcional al flujo magnético ϕ provocado por la bobina de la válvula. Un dispositivo de medida alternativo para determinar esta integral se describe más abajo en relación con la figura 9.

Como consecuencia, debido al retorno de la señal del dispositivo de medida al microcontrolador se puede materializar un control del flujo o una regulación del flujo. La corriente de la válvula que circula por la bobina 1 de la válvula forma en ella la magnitud de ajuste propiamente dicha de la regulación.

Mediante el control o la regulación del flujo magnético se compensan las tolerancias de fabricación individuales existentes (constante de muelle y entrehierros en el circuito magnético) de la válvula. El gradiente de presión G a ajustar es prefijado por la regulación ABS/ESP dentro de la unidad de cálculo μC (aparato de control EBS). La presión diferencial es conocida para la unidad de cálculo. Según el equipamiento del dispositivo de regulación de frenado, esta diferencia se determina de manera en sí conocida completamente por medio de un sensor o bien parcialmente a través de un modelo de presión. La fuerza del muelle, la carrera máxima del vástago y la dependencia del flujo magnético respecto de la corriente de la válvula se obtienen de una vez o en instantes diferentes (recalibración) de conformidad con la rutina de medida que se describe más abajo. Por tanto, son conocidas todas las fuerzas actuantes y la función calculada fuerza/recorrido del vástago de la válvula; se puede calcular la corriente de válvula necesaria para el gradiente de presión requerido.

La figura 2 representa otra posibilidad para materializar la invención con un circuito de regulación adicional de la bobina. El gradiente de presión requerido G está presente también en la unidad de cálculo (μC). La presión diferencial es conocida para la unidad de cálculo. La fuerza del muelle y la carrera máxima del vástago se obtienen por medio de la rutina de medida que se describe más abajo. El flujo magnético es captado con una bobina de medida 2. La bobina de medida está dispuesta de modo que capta el flujo magnético eficaz a través de la culata y la armadura. Al conectar y desconectar la bobina de la válvula se induce en la bobina de medida una tensión U_{ind} cuya integral es proporcional al flujo magnético existente. La señal ϕ_{real} , que se deriva del valor de la integral generado por la etapa 4, se reúne en la etapa diferenciadora 5 con la señal $\phi_{nominal}$ y forma la magnitud nominal para el excitador 3 de la válvula.

Como ya se ha mencionado, la rutina de medida para obtener las magnitudes características específicas de la válvula se puede repetir (recalibración) en cualquier momento, incluso durante el funcionamiento del vehículo, por ejemplo para compensar variaciones o desgaste condicionados por el funcionamiento en los componentes mecánicos o bien en los componentes eléctricos. La activación electrónica aumenta la corriente de la bobina a través del excitador 3 hasta que el flujo magnético en el circuito magnético corresponde al flujo calculado. Por tanto, el ejemplo representado en la figura 2 consiste en una regulación de la fuerza del vástago en la que la posición del vástago depende de las condiciones de presión reinantes en la válvula.

La figura 3 muestra la constitución de una válvula magnética utilizable según la invención en un bloque de válvulas ABS/ESP. La válvula según los ejemplos de la invención es una válvula abierta sin corriente que se hace funcionar de manera en sí conocida en forma regulada por medio de una corriente regulada en PWM. Las válvulas correspondientes

ES 2 297 466 T3

se conocen bajo la designación “válvula AD” empleada para válvulas digitales analogizadas. A continuación, se describe con más detalle la constitución de una válvula SO-AD de esta clase, especialmente los componentes del circuito magnético que conducen las líneas de campo. La bobina 6 de la válvula alimentada con corriente sirve para mover la armadura 7 guiada axialmente en la carcasa 13 de la válvula, cuya armadura encaja en el asiento de válvula 9 con acción de sellado sobre el vástago 8. A través de la entrada 10 de la válvula pasa líquido hidráulico al asiento 9 de la válvula y este líquido escapa a través de la salida 12. Un muelle 11 presiona el vástago y la armadura hacia la posición abierta, siempre que no circule corriente por la bobina 6. Estando la bobina 6 alimentada con corriente, las líneas del campo magnético atraviesan la culata 14 y penetran en la carcasa 13. El sitio de transición entre la culata 14 y la carcasa 13 forma la resistencia magnética RM^{LR2} . En el transcurso de tiempo ulterior, las líneas de campo atraviesan el entrehierro 15 entre la armadura 7 y la carcasa 13, designándose con RM^A la resistencia magnética existente en este lugar. Entre la armadura 7 y la culata 14 resulta un entrehierro adicional al que está asociada la resistencia magnética RM^{LR1} .

Por tanto, la resistencia magnética del circuito magnético viene determinada sustancialmente por la suma $RM_{tot} = RM^{LR2} + RM^A + RM^{LR1}$. Se ve aquí ya que la resistencia magnética depende sustancialmente del tamaño de los entrehierros dependientes de la fabricación y de la posición del vástago. Por tanto, es posible presentar la resistencia magnética como la suma de la resistencia magnética medida en el estado cerrado $RM_{válvula}$ y la resistencia magnética del entrehierro RM_{aire} :

$$RM_{total} = RM_{válvula} + RM_{aire}$$

La magnitud $RM_{válvula}$ puede medirse en el estado cerrado y la magnitud RM_{aire} resulta de la fórmula

$$RM_{aire} = \frac{l}{\mu_0 * A_{armadura}}$$

en la que $A_{armadura}$ es la superficie magnéticamente eficaz de la armadura 7, específica para la serie de construcción de la válvula (magnitud característica KG_{gen} específica de la serie de construcción), y l es la carrera del vástago. El procedimiento de medida propiamente dicho obtiene el valor de RM_{aire} no directamente, sino a través de una medición de la resistencia magnética con la válvula completamente abierta y una resta de la resistencia magnética de la válvula cerrada. De esta manera, se puede determinar también la carrera l del vástago.

En la figura 3 se representa, además, la bobina de medida 2 que es necesaria para la puesta en práctica del procedimiento de realización descrito en relación con la figura 2 y que está posicionado en la zona de la culata 14.

La figura 4 representa esquemáticamente otro ejemplo de un circuito de regulación en el que se regula directamente la posición l del vástago. Como ya se ha dicho, la resistencia magnética RM_{total} se compone de la resistencia magnética de la válvula cerrada y de la resistencia magnética del entrehierro. La resistencia magnética de la válvula cerrada se puede determinar por medio de una única rutina de medida. RM_{total} es el cociente de $\Theta (= I * N)$ y el flujo magnético ϕ . La magnitud RM_{aire} resulta de la carrera del vástago dividida por $\mu_0 * A$ ($\mu_0 =$ constante de permeabilidad, $A =$ superficie de la sección transversal). Se cumple también:

$$RM_{real} = \frac{\Theta_{real}}{\Phi_{real}}$$

Esta magnitud es calculada por el divisor 17. La salida del divisor 17 está unida con el miembro diferenciador 5. La magnitud ϕ_{real} se determina por medio de la evolución de la tensión obtenida en la bobina de medida e integrada en el tiempo por medio de la etapa de integración 14. Esta magnitud es proporcional a la presión diferencial. Dado que RM_{total} es proporcional a la carrera total del vástago, la regulación representada de RM_{total} conduce a una regulación directa de la carrera l del vástago. La unidad de cálculo μC convierte entonces el gradiente de presión requerido en una sección transversal de flujo o una carrera de vástago determinadas y, por tanto, en una resistencia magnética nominal $RM_{nominal}$. La base para el cálculo son valores característicos hidrodinámicos KG_{gen} en sí conocidos, que son válidos para la serie de construcción completa de la válvula y, por tal motivo, se pueden archivar fijamente en la unidad de cálculo μC , así como magnitudes características KG_{ind} específicas de la válvula, que se obtienen individualmente por medio del procedimiento que aquí se describe también. Estas magnitudes características específicas de la válvula son, por ejemplo, la resistencia magnética total de la válvula cerrada y la fuerza del muelle (véase el bloque 16). Como ya se ha descrito más arriba, para la regulación se necesita, además, la presión diferencial actual. Al mismo tiempo, se determina la corriente actual de la válvula y se multiplica ésta por el número de espiras de la bobina excitadora. El producto es la intensidad total circulante Θ (tensión magnética). La tensión magnética actual se divide por el flujo magnético actual. El resultado es la resistencia magnética actual. Para la regulación se realiza una comparación de valor nominal/valor real y se genera a partir de ella la magnitud de ajuste I (corriente de la bobina).

El procedimiento según el ejemplo de la figura 4 ofrece, además, la posibilidad de determinar, sin sensores de presión adicionales en los distintos sensores de presión, la presión en las tuberías de fluido conectadas a la válvula.

ES 2 297 466 T3

Con una posición constante del vástago, que ha de ser mantenida constante por medio de un regulador, se puede calcular, análogamente al procedimiento anteriormente descrito, la presión a partir de la fuerza del vástago medida actualmente en esta posición del vástago, en unión de las magnitudes características generales KG_{gen} conocidas de la válvula.

5 En un sistema de freno de vehículo automóvil se determina la presión de entrada, por ejemplo, por medio del accionamiento del pedal del freno. Como es sabido, se tiene que, por ejemplo durante un proceso de regulación ABS, la presión de entrada se desvía de la presión en las distintas tuberías hidráulicas que conducen a los cilindros de freno. Dado que en principio se puede determinar según el procedimiento anterior únicamente la presión diferencial que reina en la válvula, puede ser necesario determinar la presión previa por medio de un sensor (por ejemplo, sensor de presión en el cilindro principal en tándem). Sin embargo, la presión previa puede determinarse también analíticamente a través de consideraciones de modelos. Asimismo, es posible determinar también la presión sin un conocimiento exacto de la presión previa mediante una consideración de estados de funcionamiento determinados del sistema de freno. De esta manera, se puede materializar una determinación de presión completamente exenta de sensores de presión. Se ahorran así considerables costes para sensores de presión adicionales en un aparato de control de frenado ABS/ESP.

20 El diagrama de la figura 5 muestra la evolución de la corriente en una bobina de válvula después de la desconexión de la corriente en una válvula cerrada. A partir de la integral de debajo de la curva de corriente se puede obtener la resistencia magnética RM_{tot} para un número conocido N de espiras de la bobina. La correlación física resulta de las fórmulas indicadas en la casilla de la figura 5, siendo W_L la energía magnética del circuito magnético y R , la resistencia óhmica del circuito eléctrico de la bobina.

25 En la figura 6 se ha esbozado un ejemplo de realización de un procedimiento de medida para determinar la resistencia magnética de conformidad con el principio de la figura 5. En un primer paso se ajusta (regula) un valor de corriente I_0 por medio del aparato de control EBS, en el que está cerrada con seguridad la válvula. Seguidamente, se ajusta el ciclo de servicio de la regulación PWM de modo que no se alimente ya corriente al excitador de la válvula. La corriente almacenada por la inductividad se atenúa por efecto de la posibilidad de recirculación de la etapa final. A continuación, se efectúa una medición de la evolución de la corriente en instantes prefijados a la misma distancia (I_1, I_2, I_3, \dots) en el espacio de tiempo de t_1 a t_2 . Los valores de corriente medidos se almacenan por medio del software realizado en el aparato de control. La fórmula indicada en la casilla de la figura 6 muestra una posibilidad para formar la integral W_L por medio de una suma.

35 Según el procedimiento esbozado en la figura 7, se incrementa primero la corriente sucesivamente paso a paso, comenzando con una corriente adecuadamente pequeña de, por ejemplo, $I = 0$. En la imagen parcial a) se mantiene la corriente primeramente en un valor I_1 en el que está justamente abierta todavía la válvula, es decir que la válvula se cerraría a una intensidad de corriente mayor. En el instante t_1 se desconecta la corriente y se mide el tiempo τ_1 hasta que el valor actual de la corriente haya caído por debajo de un valor umbral S (instante t_2). Debido a la posición abierta de la válvula se obtienen una baja inductividad y, por tanto, una corta constante de tiempo τ_1 para el comportamiento exponencial de atenuación de la corriente.

40 En la imagen parcial b) se muestra la evolución de la corriente cuando se activa la válvula correspondiente con una corriente I_2 que provoca un cierre de la válvula. El proceso de cierre se puede apreciar en un resalto 71 de corta duración de la corriente en el intervalo de corriente constante. En el instante t_1 se desconecta la corriente como más arriba y se atenúa otra vez la corriente hasta quedar por debajo del umbral S . Sin embargo, en contraste con la válvula abierta, la constante de tiempo τ_2 de la válvula inicialmente cerrada es en la imagen parcial b) más alta que la constante de tiempo correspondiente en la imagen parcial a) debido a la menor resistencia magnética (mayor inductividad). Además, la apertura de la válvula, que puede reconocerse también en un resalto 72 en la evolución de la corriente, provoca igualmente una prolongación de la constante de tiempo.

50 En la figura 8 se representa esquemáticamente un ejemplo de un algoritmo 82 para calcular la curva característica de la corriente de apertura de la válvula por medio de las magnitudes características individuales KG_{ind} (procedimiento de medida 81) específicas de la válvula, obtenidas según los ejemplos de las figuras 5 a 7, en un dispositivo de control electrohidráulico 82. Las magnitudes características individuales KG_{ind} específicas de la válvula pueden ser en general curvas características o parámetros de la válvula. En un aparato de control de frenado electrónico con función ABS y eventualmente otras funciones, como ASR, ESP, etc., se necesita para una regulación de la válvula con alta exactitud una curva que indique la corriente necesaria para abrir la válvula a una presión diferencial prefijada ΔP (curva característica de la corriente de apertura de la válvula dependiente de la presión diferencial $f(\Delta P)$). Para el algoritmo 82 se prefijan por el lado de entrada unas magnitudes características KG_{gen} generalmente válidas, archivadas en el regulador, que son típicas de la serie de construcción de la válvula. Éstas pueden identificarse con mayor precisión por medio de la superficie de armadura $A_{armadura}$ específica de la serie de construcción y la superficie de sellado $A_{sellado}$ de la válvula. Además, la presión diferencial actual ΔP para la válvula correspondiente se prefija en la entrada como una magnitud variable (Var) que se determina por medio de sensor o que es calculada aproximadamente por el sistema EBS a partir de otras magnitudes.

65 Según el algoritmo 82, se calcula primero, de conformidad con la sección transversal de sellado $A_{sellado}$ establecida en el regulador (magnitud característica KG_{gen} generalmente válida de la válvula), la fuerza hidráulica $F_{hidráulica}$ por medio de la fórmula $F_{hidráulica} = \Delta P * A_{sellado}$. Con la superficie de armadura prefijada $A_{armadura}$ y la resistencia magnética RM se puede calcular la fuerza magnética dependiente de la corriente $F_{magn}(I)$. En el estado de equilibrio está justa-

ES 2 297 466 T3

mente cerrada todavía la válvula. La fuerza magnética F_{magn} que es necesaria para esto da como resultado la corriente de retención:

$$F_{\text{muelle}} + F_{\text{hidráulica}} = F_{\text{magn}}$$

En consecuencia, teniendo en cuenta la superficie de sellado de la válvula y la sección transversal de sellado, se puede calcular con relativa exactitud mediante esta fórmula la corriente de retención dependiente de la presión diferencial para presiones diferenciales discretas (sin caudal volumétrico en la válvula).

Además, para aplicación en un sistema EBS es conveniente realizar adicionalmente, para lograr un incremento suplementario de la exactitud de las corrientes de retención obtenidas, las medidas de corrección A) a C) que se describen a continuación:

A) Corrección de corriente de apertura/corriente de retención

Las llamadas corrientes de retención obtenidas a una diferencia de presión determinada sobre la base de la ecuación de equilibrio $F_{\text{muelle}} + F_{\text{hidráulica}} = F_{\text{magn}}$ no corresponden todavía a las corrientes de apertura realmente necesarias para abrir la válvula, ya que éstas, debido a efectos de flujo, son siempre algo más bajas que las corrientes de retención calculadas. Se ha visto que se puede obtener la curva característica más exacta de la corriente de apertura $I_{\text{apertura}}(\Delta P)$ añadiendo preferiblemente un desplazamiento de corriente negativo constante $I_{\text{corr}}^{\text{const}}$ en el intervalo de diferencia de presión necesario de la curva característica de la corriente de retención $I_{\text{retención}}(\Delta P)$. El desplazamiento de corriente se puede calcular sin mayores dificultades por medio de ensayos adecuados:

$$I_{\text{apertura}}(\Delta P) = I_{\text{retención}}(\Delta P) - I_{\text{corr}}^{\text{const}}$$

B) Corrección magnética

El cálculo de la curva característica de la corriente de retención que se ha descrito más arriba parte del supuesto simplificado de que la resistencia magnética con la válvula cerrada no depende de la corriente. Sin embargo, debido a la influencia de los materiales ferromagnéticos presentes en el circuito magnético de la válvula es conveniente aún, para lograr un incremento adicional de la exactitud, un término de corrección con el cual se pueda corregir esta influencia del "circuito del hierro". Para corregir esta influencia se supone especialmente en primera aproximación una ecuación lineal para la evolución de la resistencia magnética $RM(I) = m \cdot I + b$ para la válvula cerrada. Esta curva se puede determinar por medición de RM a intensidades de corriente diferentes I_1, I_2, I_n , siendo todas las I_n mayores que la corriente de cierre de la respectiva válvula. En el presente caso se obtiene una pendiente de m en el rango de 10^6 Vs/I. Insertando el término de corrección descrito en la fórmula para el cálculo de F_{magn} se puede obtener entonces una curva característica corregida de la corriente de retención que está depurada en muy amplio grado de la influencia de los materiales ferromagnéticos.

C) Corrección térmica

Como se desprende de las fórmulas indicadas en la casilla de la figura 5, la resistencia magnética RM_{tot} es proporcional a $1/R_L$, donde R_L es la resistencia de la bobina, cuando, para simplificar, se parte de la consideración de que la resistencia del circuito eléctrico está determinada exclusivamente por la resistencia de la bobina. En el procedimiento descrito más arriba se ha partido hasta ahora siempre de la consideración de que R_L es una magnitud característica específica de la serie de construcción que no necesita tenerse en cuenta. Sin embargo, las variaciones de la temperatura actúan también de manera poco deseable, a través de la resistencia de la bobina, sobre la resistencia magnética medida. Por este motivo, un término de corrección que elimine esta influencia conduce a un procedimiento de cálculo aún más mejorado. Se puede efectuar preferiblemente una corrección térmica de esta clase de la resistencia magnética medida determinando la resistencia de la bobina a través del ciclo de trabajo del sistema de activación de la válvula modulado en anchura de impulsos. Un procedimiento adecuado para determinar la resistencia de la bobina se encuentra descrito en el documento WO 03/074338 A1.

Las explicaciones anteriores se refieren a una válvula que está abierta sin corriente. El procedimiento descrito se puede utilizar también de manera análoga para válvulas que estén cerradas sin corriente.

El ejemplo de realización representado en la figura 9a se refiere a una disposición de circuito como la descrita en relación con la figura 1, con la diferencia de que, para lograr una medición simplificada de la tensión de inducción, se ha previsto un formador rectangular 19 representado en la figura 11. El formador rectangular 19 se puede utilizar también ventajosamente en lugar del dispositivo de medida 4 de la figura 2. Como ya se ha descrito más arriba, el regulador EBS comprende un circuito excitador 3 (fuente de corriente) con el cual se puede ajustar y también medir individualmente la corriente I para cada válvula en una forma modulada en anchura de impulsos. En combinación con el formador rectangular 19 se puede medir de manera sencilla la tensión de inducción U_{ind} por medio de una medición del tiempo, tal como se ha esbozado en la imagen parcial b). El flujo magnético en la bobina 1 del aparato de ajuste induce una tensión U_L (tensión en bornes) al desconectar la corriente en el instante t_0 , de modo que la corriente disminuye durante la desconexión en un tiempo t_c hasta aproximadamente el valor 0. La evolución de la tensión U_L se

ES 2 297 466 T3

representa con más detalle en la figura 10a). La evolución de la corriente producida mientras tanto por el sistema de activación de la válvula modulado en anchura de impulsos se desprende de la figura 10b).

5 Las magnitudes R_L (resistencia de la bobina), U_L (tensión de conmutación regulada) e I_0 (corriente de la válvula) son conocidas para la unidad de cálculo 18. El tiempo t_c , que es proporcional a la inductividad L , se capta por medio del formador rectangular 19. En la salida del formador rectangular 19 se presenta una señal eléctrica que es proporcional a t_c . Esta señal se alimenta por la línea 20 a la unidad de cálculo 18 como magnitud real para la regulación que se ha de realizar.

10 El funcionamiento del formador rectangular 19 se desprende de la disposición de circuito electrónico de la figura 11. La fuente de corriente 3 se compone de un excitador de corriente 21 y un circuito de recirculación 22 que regula la corriente de recirculación después de la desconexión de la corriente en el instante t_0 con una resistencia controlable, siendo activado el circuito de recirculación 22 por la unidad de cálculo 18. Un circuito de mando correspondiente para activar válvulas hidráulicas es ya conocido por la solicitud de patente DE 102004017239.0. Con el borne U_0 está unido
15 un primer divisor de tensión 51 que se compone de resistencias R_1 y $9R_1$ y que reduce los altos valores de tensión U_0 en la entrada de señal S+ del comparador 53 en aproximadamente el factor 10. Un segundo divisor de tensión 52 genera en la entrada S- del comparador 53 una tensión de referencia que es igual a la mitad de la tensión de alimentación del sistema lógico. Por tanto, el comparador 53 valora la diferencia de las señales S+ y S-, con lo que se genera una señal rectangular adecuada.

20 Por medio del circuito de recirculación 22 se puede conmutar la corriente después de la desconexión dentro de un tiempo relativamente corto (menos de 1 ms) tal como se representa en la figura 10b. La tensión en bornes U_L puede ajustarse entonces a un valor constante U_{const} (figura 10a). Durante una regulación modulada en anchura de impulsos (PWM), en sí conocida, de la corriente de la válvula aumenta la tensión U_0 hasta un máximo de aproximadamente 18
25 V, de modo que la entrada S+ no resulta nunca mayor de 2,5 V. La salida del comparador permanece así en "0 lógico". Sin embargo, al comienzo de una conmutación aumenta la tensión U_0 hasta, por ejemplo, 35 V, con lo que S+ con, entonces, 3,5 V está situada a un nivel netamente más alto que S-. La consecuencia de ello es una conmutación del comparador a "1 lógico" hasta que la tensión U_0 correspondiente al final de la conmutación caiga nuevamente a 0. Seguidamente, el comparador conmuta nuevamente también a "0 lógico". Por tanto, la duración del "1 lógico" en la
30 salida del comparador corresponde exactamente a la duración t_c de la conmutación.

La inductividad de la bobina se calcula a partir de la evolución de la corriente durante la conmutación entre el instante t_0 y el instante t_1 según la fórmula:

35

$$u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

40 Debido a la activación especial, en la que U_L se mantiene constante entre los instantes t_0 y t_1 , resulta especialmente sencilla la integral de tiempo en función de la corriente que se ha de calcular para determinar la inductividad de la bobina. La inductividad de la bobina de la válvula puede obtenerse entonces de manera especialmente sencilla por medio de la fórmula

45

$$L = \frac{-t_c \cdot R_L}{\ln\left(\frac{u_L}{I_0 \cdot R_L + u_L}\right)}$$

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de calibración o de reglaje o cálculo mecánico de una corriente de activación, especialmente de la corriente de apertura, por medio de un aparato de ajuste electromagnéticamente activable para regular el caudal dependiente de la presión diferencia $G(\Delta P, I, KG)$ de un fluido, en el que se puede determinar de antemano también el grado de influenciación de la presión provocada por el aparato de ajuste a través de la intensidad de la activación eléctrica de dicho aparato de ajuste sin el empleo de sensores de presión, para lo cual se aprovechan por el aparato de ajuste una o varias curvas características, campos característicos o magnitudes características KG_{ind} específicos de dicho aparato de ajuste, de modo que por intermedio de estas magnitudes características se puede ajustar deliberadamente un caudal nominal G en función de la intensidad de corriente I , **caracterizado** porque se obtienen automáticamente las magnitudes características específicas del aparato de ajuste sin el empleo de sollicitaciones de presión (presión diferencial $\Delta P = 0$) del aparato de ajuste.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para el cálculo de las magnitudes características específicas del aparato de ajuste, se determinan el recorrido de apertura l y/o la fuerza de muelle F_{muelle} del aparato de ajuste.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque, aparte de las magnitudes características KG_{ind} específicas del aparato de ajuste, se aprovechan también magnitudes características generales KG_{gen} específicas de la serie de construcción para calcular la corriente de activación.
4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se aproxima la correlación funcional del caudal G en función de la corriente de activación I según la fórmula $G = G_0 + m * I$, determinándose el gradiente de presión G_0 a una corriente de $I = 0$ por medición de al menos una magnitud característica magnética individual con la válvula abierta y/o cerrada, y determinándose especialmente la al menos una magnitud característica por medición de la resistencia magnética con la válvula abierta y cerrada y/o por medición de la fuerza del muelle.
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las magnitudes características generales KG_{gen} del aparato de ajuste, específicas de la serie de construcción, se archivan permanentemente en una memoria, transmitiéndose estas magnitudes características a la memoria, en particular como más tarde al final de la cadena de montaje.
6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque como magnitudes características específicas del aparato de ajuste se determinan la fuerza del vástago o la resistencia magnética RM , especialmente en la posición completamente abierta y/o completamente cerrada del aparato de ajuste.
7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se determina la posición del vástago a partir de la fuerza de dicho vástago o de la resistencia magnética.
8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se mide y especialmente se integra la tensión inducida en la bobina de activación como consecuencia de una variación de la corriente.
9. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se regula el flujo ϕ o la resistencia magnética RM por medio de un bucle de regulación.
10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se obtienen la corriente de retención y/o la corriente de apertura del aparato de ajuste a partir de las magnitudes características específicas de dicho aparato de ajuste.
11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se corrige la corriente de apertura de la válvula por medio de un término de corrección que tiene en cuenta también la influencia del circuito de imán ferromagnético producida en función de la corriente.
12. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque se calcula primero la corriente de retención de la válvula y a partir de ella se obtiene la corriente de apertura de la válvula por medio de otro término de corrección o de un desplazamiento.
13. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque se activa el aparato de ajuste por medio de una corriente modulada en anchura de impulsos (PWM), determinándose la resistencia de la bobina a través del ciclo de trabajo del sistema de activación por modulación de anchura de impulsos, y porque se tiene en cuenta también la resistencia de la bobina para el cálculo de los parámetros KG_{ind} individuales del aparato de ajuste.

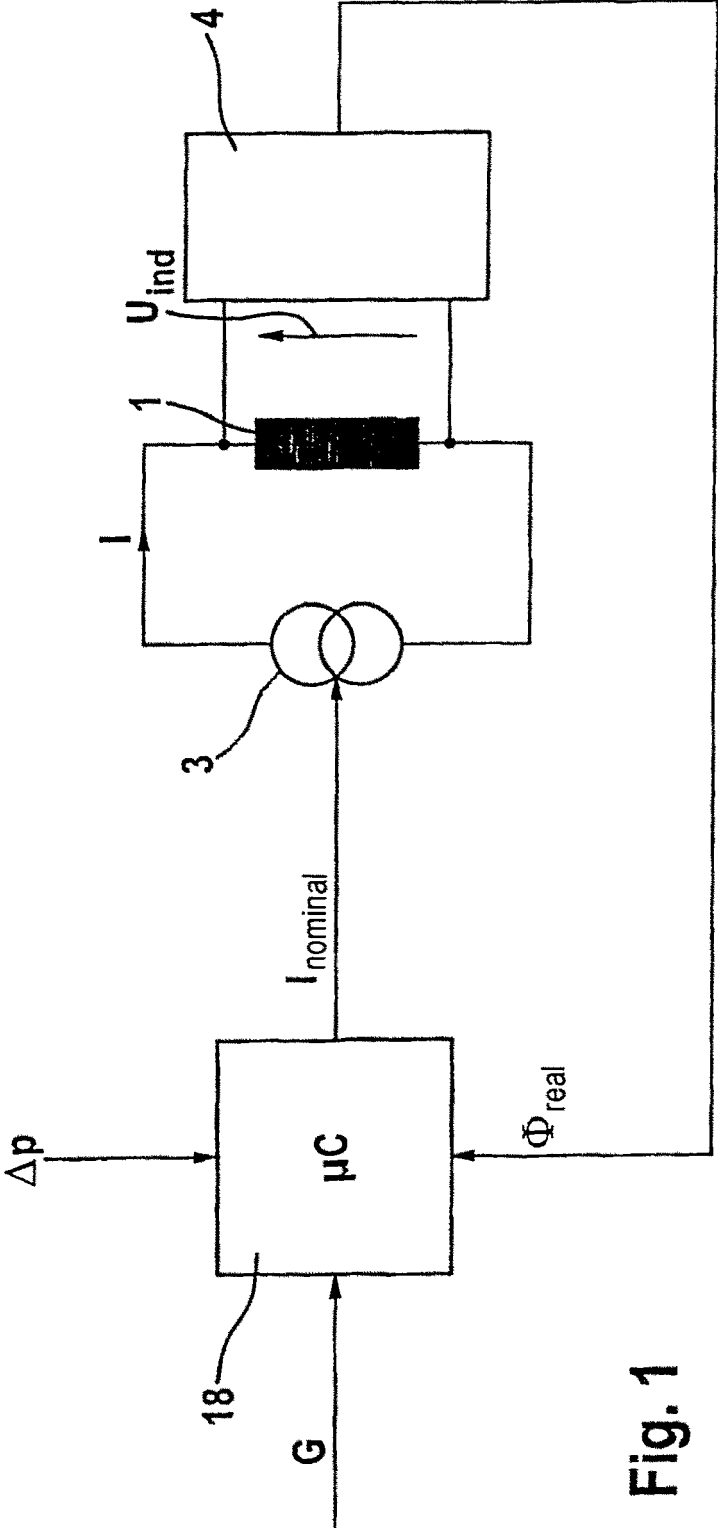


Fig. 1

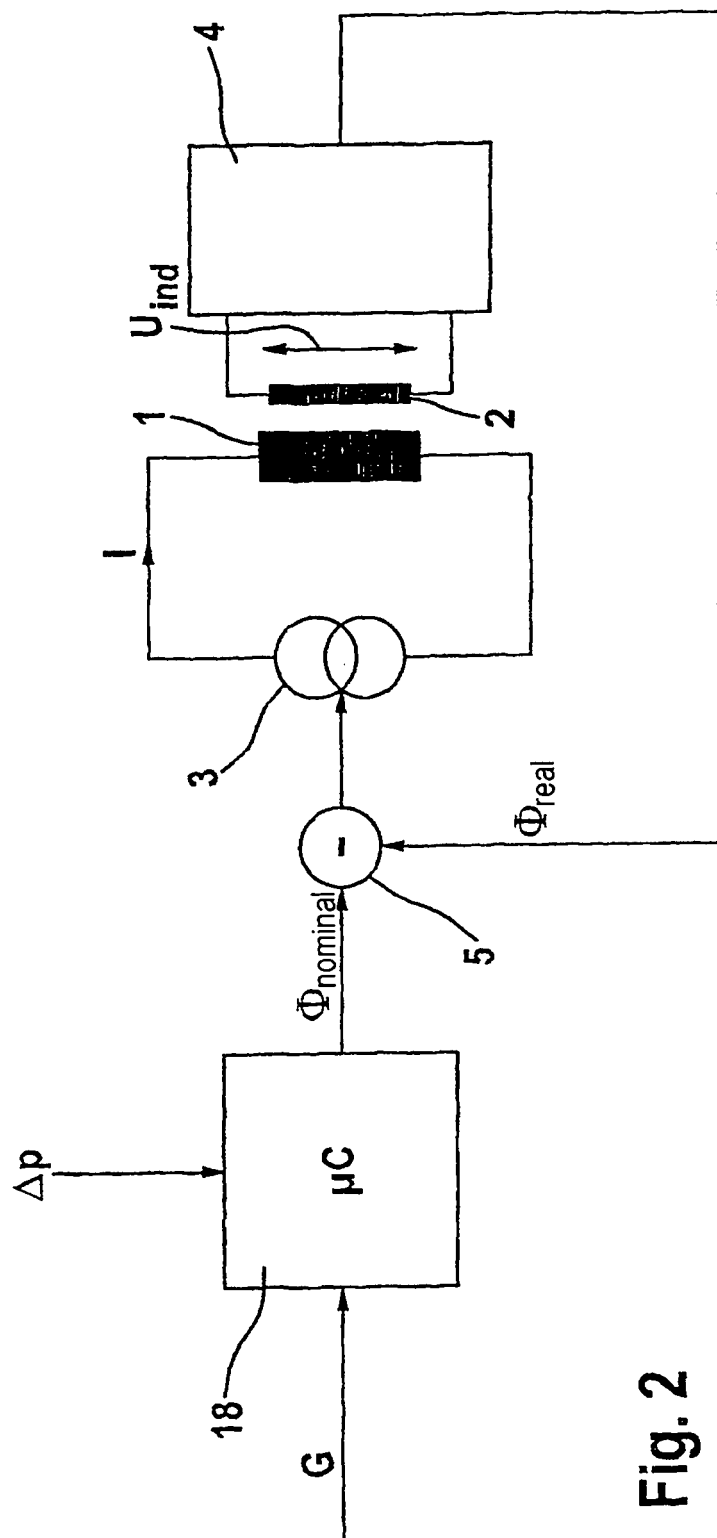


Fig. 2

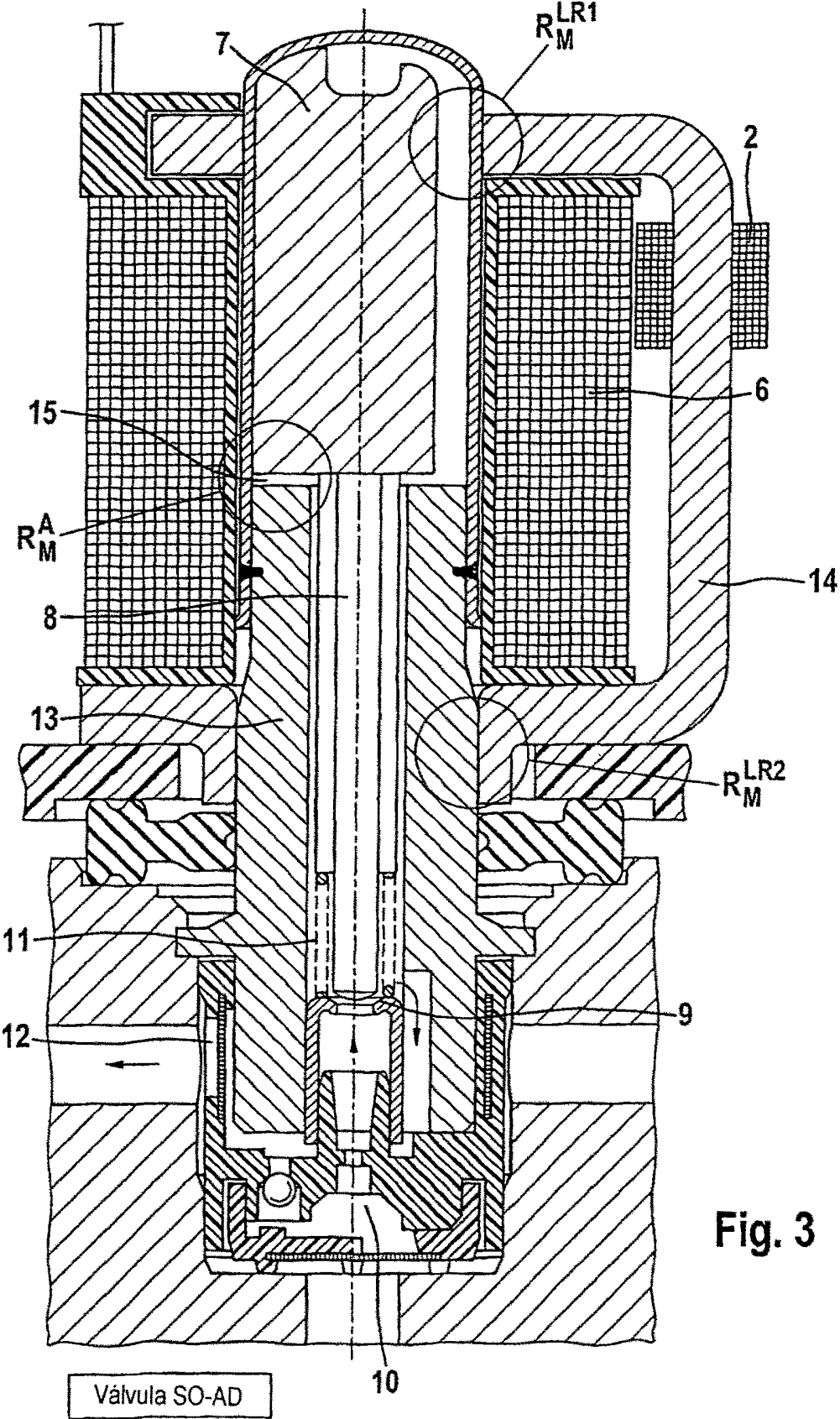


Fig. 3

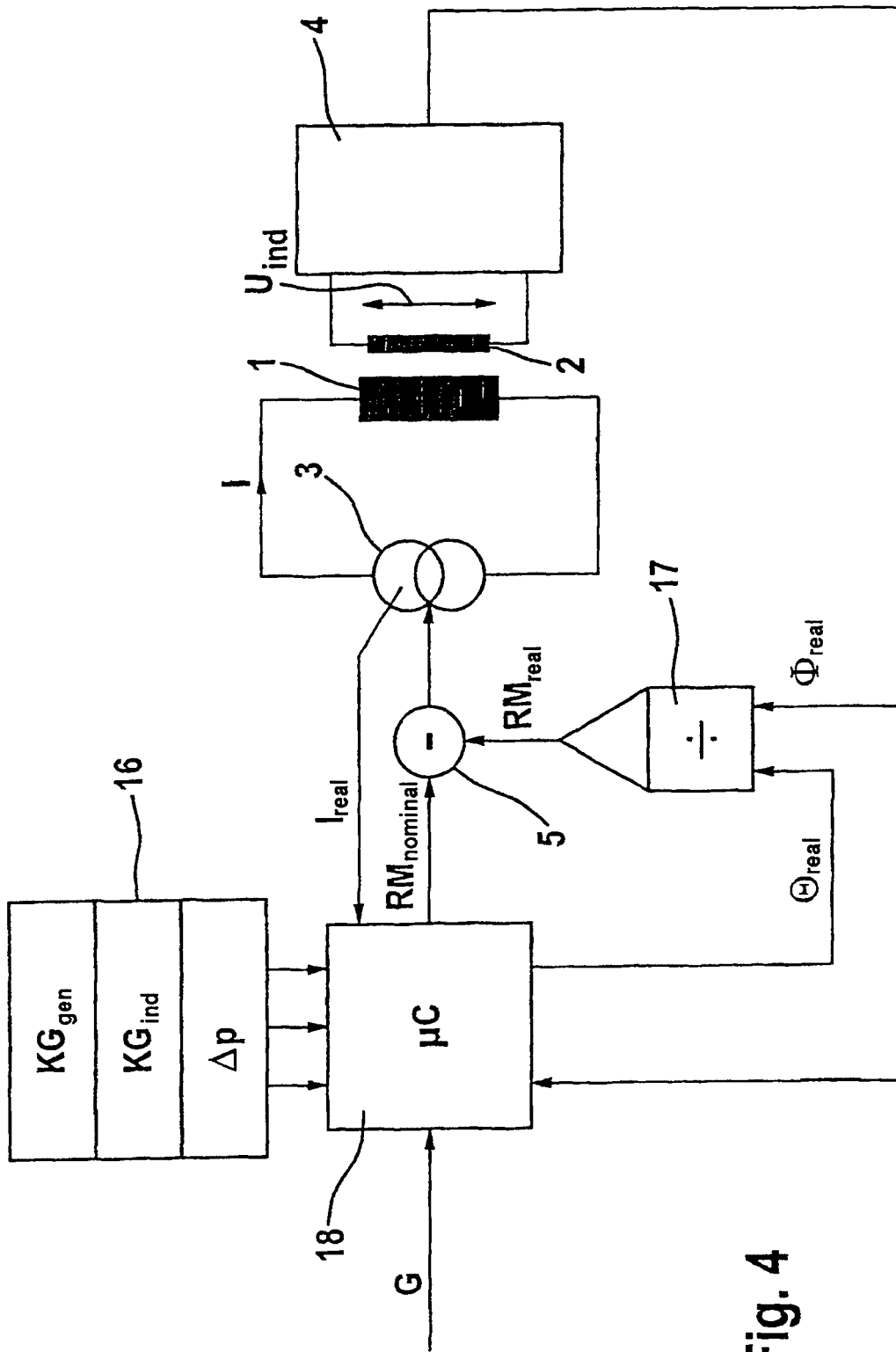


Fig. 4

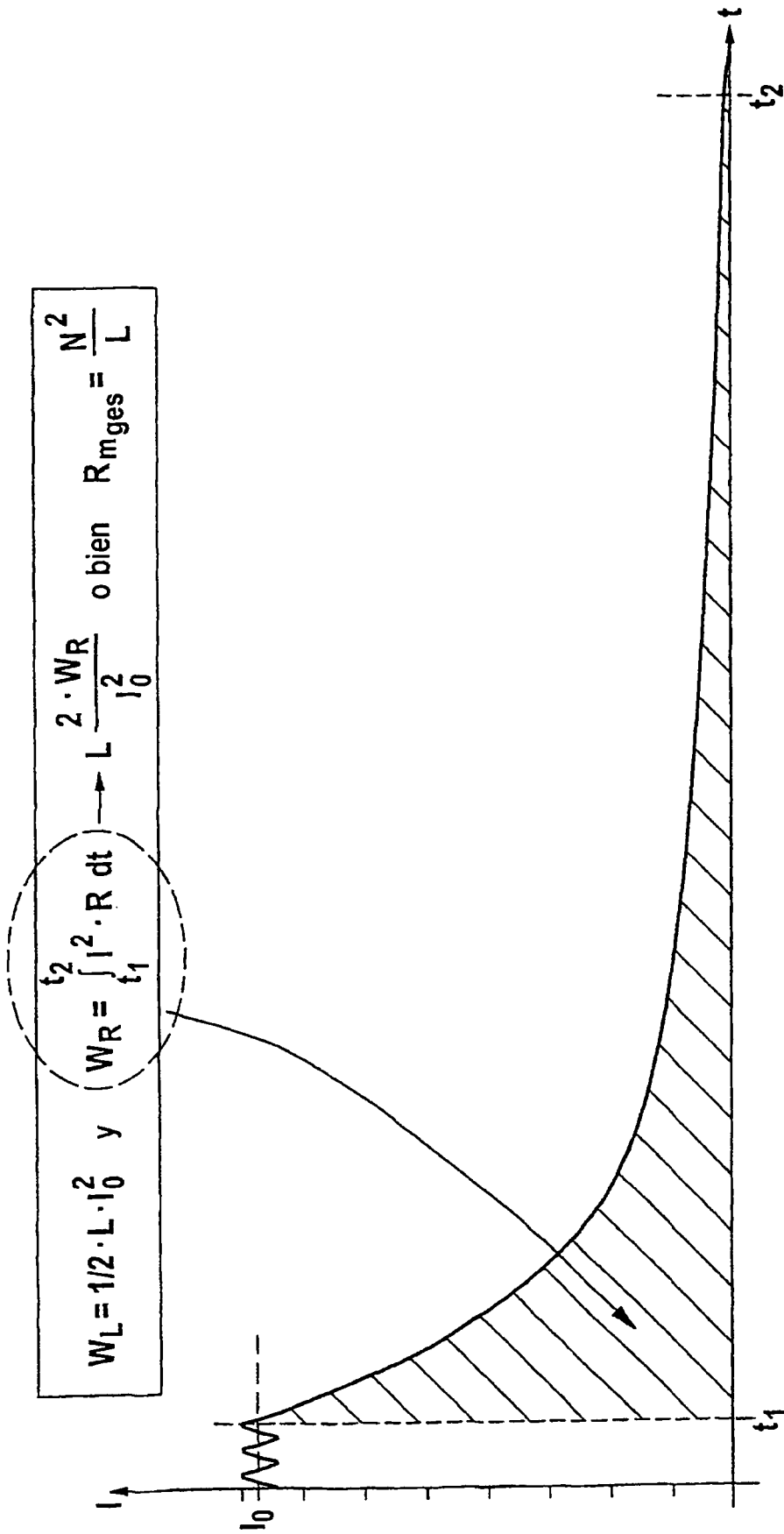


Fig. 5

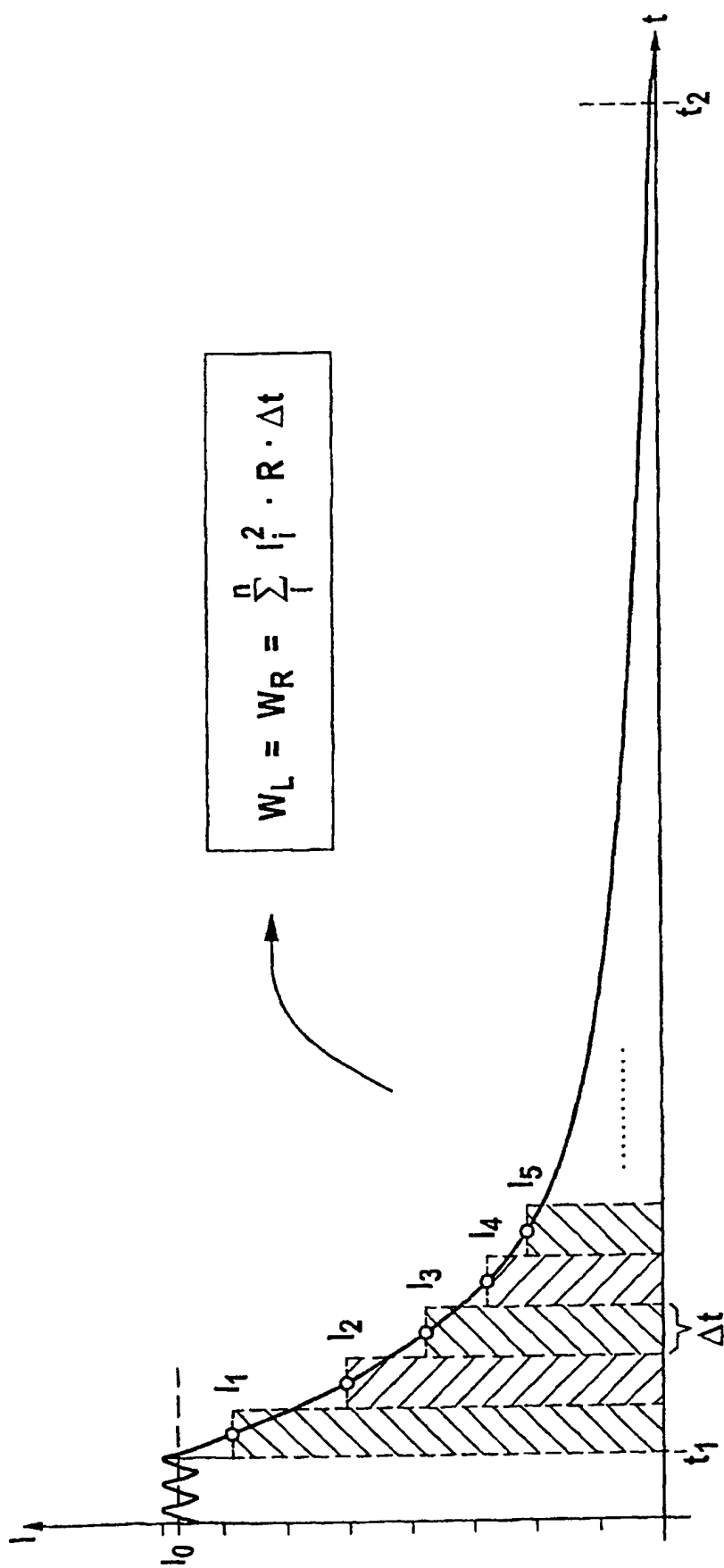


Fig. 6

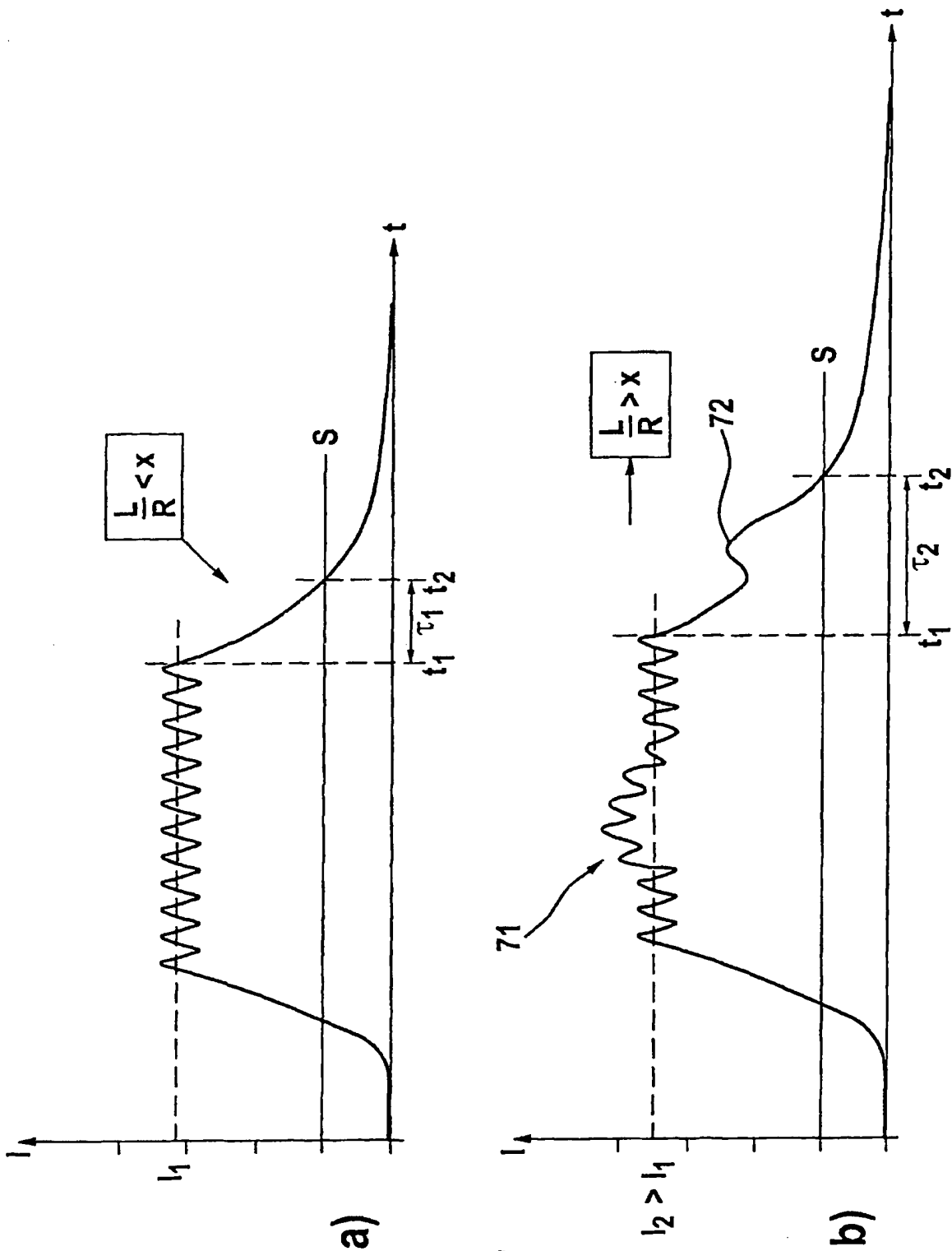


Fig. 7

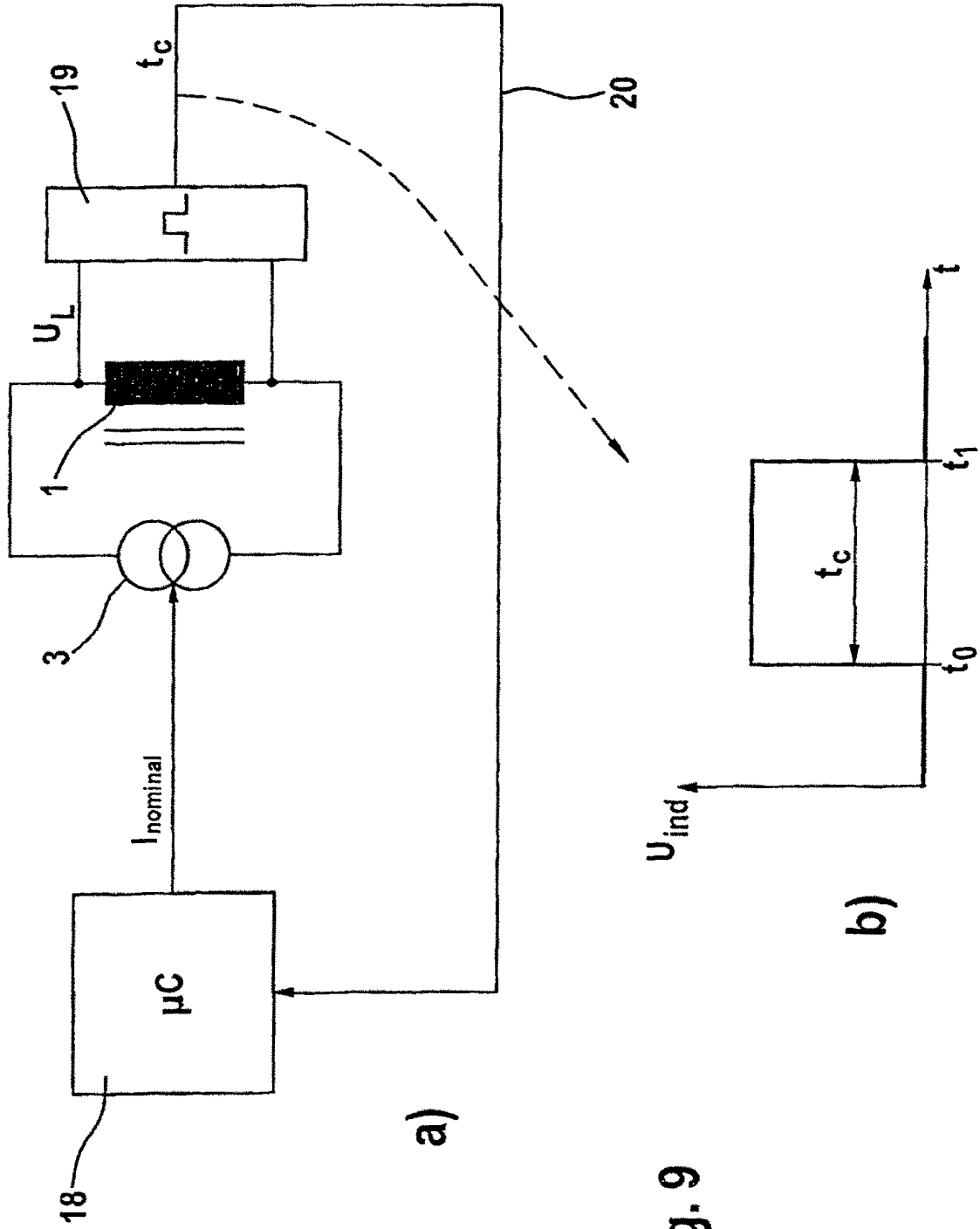


Fig. 9

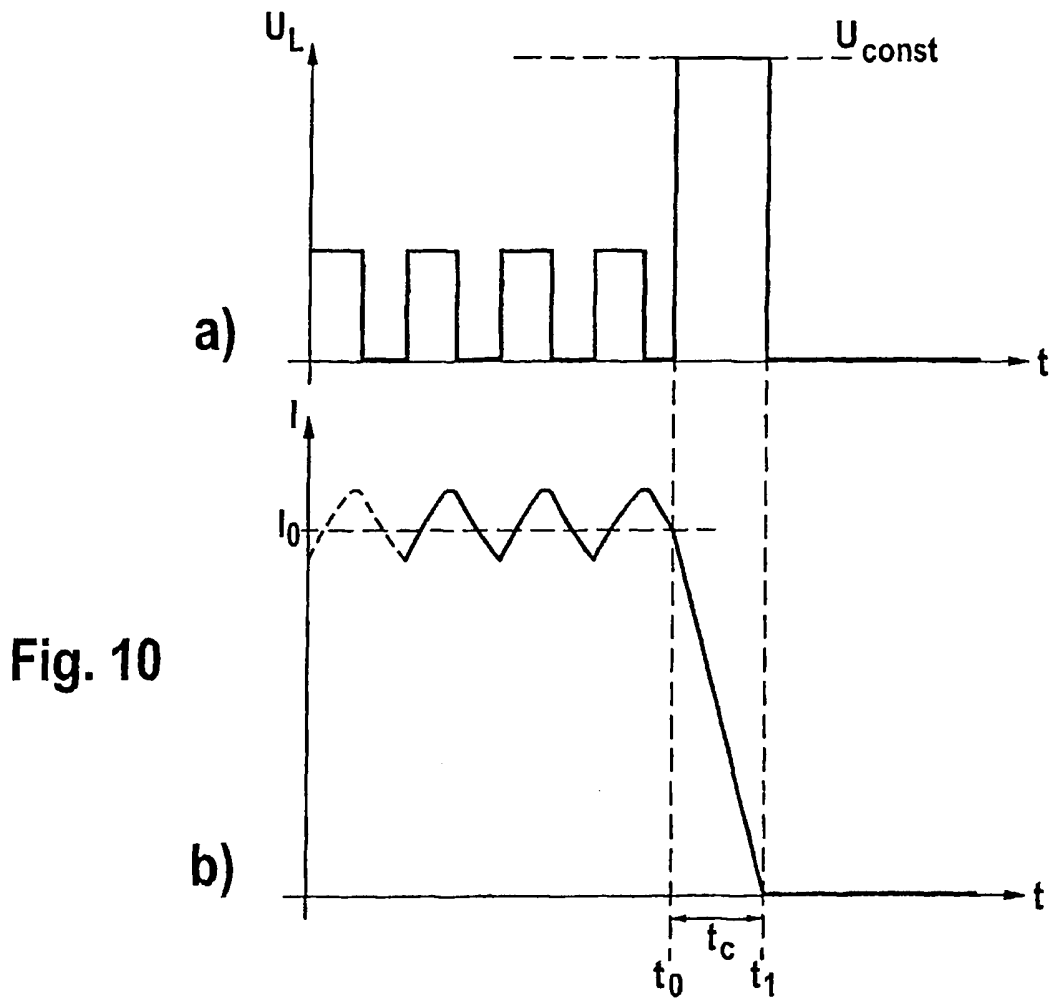


Fig. 10

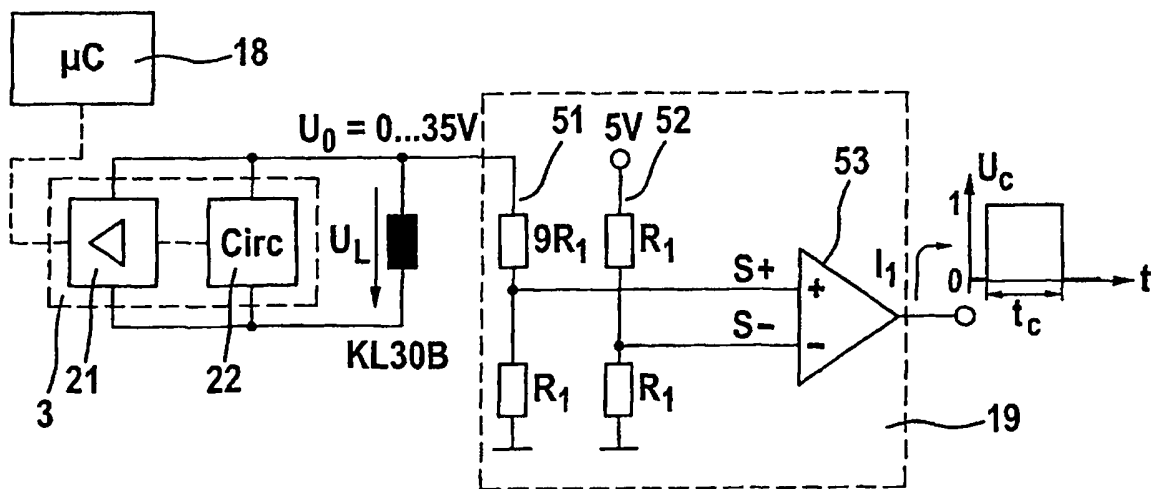


Fig. 11