

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 763**

51 Int. Cl.:

F02D 21/08 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

F02D 41/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2009 E 09180646 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2339152**

54 Título: **Método y dispositivo para controlar un sistema RGE en un motor de combustión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2013

73 Titular/es:

**FPT MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)
Schlossgasse 2
9320 Arbon, CH**

72 Inventor/es:

AUCKENTHALER, THEOPHIL

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 427 763 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para controlar un sistema RGE en un motor de combustión

5 **Campo técnico**

[0001] La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para controlar un sistema RGE en un motor de combustión.

10 **Descripción de la técnica anterior**

[0002] Uno de los objetivos más importantes de la RGE es reducir las emisiones de NOx.

15 [0003] En la actualidad, la mayoría de los motores están equipados con un sistema de post-tratamiento de NOx tal como un catalizador RCS (Reducción Catalítica Selectiva) o una trampa de NOx pobre. El control del rendimiento de conversión de NOx de estos sistemas se basa en valores estimados o medidos de la concentración de NOx aguas arriba. Por lo tanto, un sensor de NOx se monta, a menudo, en la entrada del sistema de post-tratamiento, que corresponde a la salida del motor.

20 [0004] Las emisiones de NOx de un motor de combustión se pueden reducir significativamente mediante el uso de recirculación de gases de escape (RGE). De este modo, las emisiones de NOx reaccionan de manera muy sensible a las variaciones de la tasa de RGE, en la que la tasa de RGE es la relación de masa entre el gas de escape recirculado y el total de gas inyectado en los cilindros del motor de combustión. Dependiendo del objetivo de emisiones, se especifican tasas de RGE entre el 20% y el 60%, lo que conduce a un factor de reducción de NOx, de
25 3 a 10.

[0005] Dado que el objetivo principal de la aplicación de RGE es reducir el NOx, un concepto de medición en base a un dispositivo de medición de NOx es simple.

30 [0006] Por lo tanto, un sensor de NOx se utiliza como una señal de realimentación para el control de RGE.

[0007] Sin embargo, los sensores de NOx actualmente disponibles presentan tiempos de respuesta más grandes, normalmente retrasos de tiempo de 500 a 1.000 ms y constantes de tiempo de aproximadamente 500 a 1500 ms. Adicionalmente, la precisión durante las operaciones de transitorios está a menudo limitada debido al principio de
35 medición del sensor. Por lo tanto, el uso directo de la señal del sensor en un bucle de realimentación de RGE o como una cantidad de entrada para un sistema de post-tratamiento no proporciona, a menudo, resultados satisfactorios.

40 [0008] Para el control de RGE, el pobre rendimiento del sensor hace que el control eficiente, confiable y suficientemente rápido sea una tarea muy difícil, si no imposible. Incluso si el sensor se utiliza solamente para la determinación de la concentración de NOx aguas arriba de un sistema de post-tratamiento, la lenta dinámica del dispositivo puede presentar graves problemas para mantener una eficiencia de conversión de NOx fiable y robusta.

45 [0009] El documento WO2005001266 divulga un método para controlar un motor de combustión interna, por el que tanto las emisiones de NOx como la emisión de partículas se reducen mediante la inyección posterior. El método comprende dos procesos de control separados en base a lambda y NOx.

[0010] El documento US2009158706 divulga un método para operar un motor de combustión interna para un control
50 de NOx de salida variable tomando en cuenta la generación de la RCS. El método se basa en una gestión de punto de consigna en base a lógica difusa.

[0011] El documento US2005056265 divulga un sistema de control del vehículo que regula los niveles de óxidos de nitrógeno en las emisiones de vehículos. La recirculación de gases de escape se controla con una válvula de regulación de gases de escape y/o un sincronizador de levas. Un controlador determina si los niveles de los óxidos de nitrógeno están dentro de un umbral predeterminado de acuerdo con una tabla de búsqueda. El controlador
55 ajusta la válvula y/o el sincronizador de levas si los niveles de óxidos de nitrógeno no están dentro del umbral. Si el error de NOx está fuera del intervalo especificado, el controlador 10 ajusta un actuador 84 de válvula o del sincronizador de levas de RGE para compensar el error de NOx.

60 [0012] El documento WO2008131789 divulga un sistema para controlar las emisiones de NOx en base al cálculo de un error dado por la diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de un sensor de NOx y un segundo estimado a partir de una estimación de NOx. Dicho sensor se puede utilizar en un bucle de adaptación, en el que el sistema de control de RGE de bucle abierto o de bucle cerrado se adapta de tal manera que las emisiones de NOx esperadas (a partir del controlador de RGE) coinciden con las medidas por el sensor de NOx bajo condiciones de
65 estado estable.

Sumario de la invención

[0013] Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar un método y un dispositivo para controlar un sistema de RGE en motores de combustión que superen los problemas/inconvenientes anteriores.

5 [0014] De acuerdo con la invención, el método proporciona la corrección de un modelo de emisiones de NOx rápido pero potencialmente inexacto por medio de una diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de un sensor de NOx y un segundo valor estimado obtenido a partir de una estimación de NOx.

10 [0015] Preferentemente, una estimación de este tipo se corrige por medio de un filtro de adaptación tal como un integrador, una curva o mapa de adaptación, o cualquier elemento o procedimiento similar.

[0016] Un error de este tipo puede, ventajosamente, utilizarse para ajustar ya sea la tasa de RGE en el caso de un motor que hace uso de RGE, o para ajustar la estimación de NOx en el caso de un motor sin RGE.

15 [0017] Un dispositivo que implementa un método de este tipo comprende un sensor de NOx utilizado en un bucle de adaptación, en el que un sistema de control de RGE de bucle abierto o de bucle cerrado se adapta de tal manera que las emisiones de NOx esperadas (a partir del controlador de RGE) coinciden con las medidas por el sensor de NOx bajo condiciones de estado estable. Por lo que, se pueden considerar dos realizaciones: en primer lugar, si cualquier sensor para la determinación de la tasa de RGE está presente, esta tasa de RGE medida se puede corregir; en segundo lugar, si el concepto se utiliza en un controlador de RGE de bucle abierto, la tasa de RGE ordenada o incluso la posición del actuador de RGE se puede ajustar.

20 [0018] Para los motores sin RGE, un dispositivo que implementa un método de este tipo, corrige un modelo de estimación de NOx que, por ejemplo, se base en un modelo de combustión, de tal manera que la concentración de NOx en estado estable estimada por el modelo coincide con la obtenida por el sensor.

25 [0019] Estos y otros objetos se consiguen por medio de un aparato y un método como los descritos en las reivindicaciones adjuntas, que forman una parte integral de la presente descripción.

30 **Breve descripción de los dibujos**

[0020] La invención será plenamente evidente a partir de la siguiente descripción detallada, proporcionada solamente a modo de ilustración y como ejemplo no limitativo, para ser leída con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 muestra un esquema de control de acuerdo con la invención para control de RGE de bucle cerrado configurado con un dispositivo de medición de RGE;
- La Figura 2 muestra un esquema de control que utiliza un sensor de NOx en caso de un control de RGE de bucle abierto configurado sin ningún dispositivo de medición de RGE;
- La Figura 3 muestra un esquema de control para motores sin RGE.

40 [0021] Los mismos números y letras de referencia en las figuras designan la misma o partes funcionalmente equivalentes.

45 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

[0022] Un modelo útil para la estimación de las emisiones de NOx toma en cuenta varias cantidades, que tienen un impacto en la formación de NOx. Estas cantidades pueden ser combustible inyectado, velocidad del motor, presión de sobrealimentación, temperatura del aire de sobrealimentación, presión del carril, inicio de ángulo de inyección, tasa de RGE, u otras, que tengan una influencia en la temperatura de la llama y en la combustión.

50 [0023] De acuerdo con las figuras adjuntas, los bloques 5, 5' y 5" son bloques de entrada en los respectivos esquemas que contabilizan dichas cantidades/parámetros, tales como el combustible inyectado, la velocidad del motor, etc.

55 [0024] Si un dispositivo de medición de RGE o cualquier concepto de sensor para calcular la RGE, en términos de tasa o flujo másico, está presente, el valor obtenido se contabiliza en la estimación de NOx. En caso de medición sin RGE, el punto de consigna de RGE o cualquier tasa de RGE calculada se considera en la estimación de NOx.

60 [0025] La Figura 1 muestra un esquema del concepto de adaptación si un concepto de control de RGE de bucle cerrado con una medición de RGE está presente.

65 [0026] El bloque 3 representa un punto de consigna de RGE utilizado tanto como la entrada de un primer nodo de suma y como una trayectoria de alimentación hacia adelante para el bloque 4, que representa un control de RGE. En dicho primer nodo de suma se resta la salida de un bloque 2 que representa un bloque de corrección de medición de

RGE, de una medición de RGE procedente del bloque 1. La salida de dicho primer nodo de suma es otra entrada para dicho bloque de control de RGE 4.

5 [0027] Dicho bloque 2 actúa sobre la salida de un bloque de adaptación 8, tal como un integrador, una curva o mapa de adaptación o cualquier elemento o procedimiento similar.

10 [0028] La entrada de un bloque de adaptación 8 de este tipo es la diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de un sensor de NOx 7 y un segundo valor estimado obtenido a partir de un bloque de estimación de NOx 6, que tiene como entrada dichas cantidades/parámetros del motor representados por medio del bloque 5 y de la salida de dicho bloque de corrección de medición de RGE 2.

15 [0029] El estimador 6 se puede implementar de una manera conocida, por ejemplo, de acuerdo con la divulgación de Alexander Schilling: "Detección y Aislamiento en Base a Modelos de fallos en las Trayectorias de Aire y Combustible de Motores Diesel DI de Carril Común Equipados con un Sensor Lambda y uno de Óxidos de Nitrógeno", Tesis doctoral, Diss. ETH N° 17764, ETH Zürich, Suiza, 2008.

20 [0030] En caso de un concepto de control de RGE de bucle cerrado, un enfoque es corregir la tasa o flujo másico de RGE medido con un método de adaptación, que hace uso de la diferencia entre la concentración de NOx medida y la estimada. La medición de RGE se corrige de tal manera que esta diferencia, es decir, error, converge a cero. El método de adaptación puede comprender una integración, una curva o mapa de adaptación o cualquier elemento o procedimiento similar. La corrección de la RGE puede ser aditiva (desfase) o multiplicativa (factor de corrección), o utilizar cualquier otra operación algebraica, curva de corrección, o mapa.

25 [0031] Dado que el controlador hace que la tasa o flujo másico de RGE medido y corregido sea el punto de consigna, finalmente un valor idéntico al punto de consigna se alimenta a la estimación de NOx. Por lo tanto, después de la convergencia del controlador, la estimación de NOx calcula siempre el mismo valor si todas las demás cantidades del motor son idénticas, por lo tanto, dicho error es cero. Dado que el método de adaptación hace que el valor estimado de NOx sea igual al medido, el NOx estimado representa a los medidos después de la convergencia. Por lo tanto, el controlador de RGE puede ser visto como un controlador de NOx. La concentración de NOx se mantiene tras una perturbación de la línea de RGE (ensuciamiento del enfriador de RGE, dispersión de la producción, ensuciamiento de la válvula de RGE, etc.) o el principio de medición de RGE (desviación del sensor, etc.).

35 [0032] La Figura 2 muestra el concepto de adaptación con un controlador de alimentación hacia delante de RGE y sin medición de RGE presente.

40 [0033] De acuerdo con la Figura 2, el bloque 3' representa un punto de consigna de RGE utilizado como una entrada del bloque de control de alimentación hacia delante de RGE 4'. Una otra entrada de dicho bloque de control de alimentación hacia delante de RGE 4' es la salida de un bloque de adaptación 8', tal como una integración, etc. La entrada de un bloque de adaptación 8' de este tipo, al igual que en la Figura 1, es la diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de un sensor de NOx 7' y un segundo valor estimado obtenido a partir de un bloque de estimación de NOx 6', que tiene como una primera entrada dichas cantidades/parámetros del motor representadas por medio del bloque 5' y la salida de dicho bloque de consigna de RGE 3' como una segunda entrada.

45 [0034] El estimador 6' se puede implementar en una forma similar para el estimador 6.

50 [0035] En caso de un concepto de control de RGE de bucle abierto tal como se representa en la Figura 2, uno de los enfoques es corregir la posición del actuador de RGE directamente con un método de adaptación, que hace uso de la diferencia entre la concentración de NOx medida y la estimada. La posición del actuador de RGE se corrige de tal manera que esta diferencia, es decir, este error, converge a cero. El método de adaptación se puede realizar por medio de un integrador, una curva o mapa de adaptación o cualquier elemento o procedimiento similar. La corrección de la posición del actuador de RGE puede ser aditiva (desfase) o multiplicativa (factor de corrección), o utilizar cualquier otra operación algebraica, curva de corrección, o mapa.

55 [0036] El punto de consigna de RGE se alimenta a la estimación de NOx. Por tanto, la estimación de NOx calcula siempre el mismo valor, si todos los demás parámetros del motor son idénticos. Dado que el método de adaptación hace que el valor de NOx estimado sea el medido, el NOx estimado representa los medidos después de la convergencia. Por tanto, el controlador de RGE puede ser visto como un controlador de NOx. La concentración de NOx se mantiene tras una perturbación efectos de desviación de la línea de RGE (ensuciamiento del enfriador de RGE, dispersión de la producción, ensuciamiento de la válvula de RGE, etc.)

65 [0037] La Figura 3 muestra un esquema de un método de adaptación para motores, en el que ninguna RGE está presente. Por tanto, simplemente el NOx estimado se adapta de tal manera que coincide los medidos bajo condiciones de estado estable. Esto asegura la exactitud en estado estable del dispositivo de medición y una rápida respuesta transitoria de la estimación de NOx. La adaptación se puede implementar utilizando un integrador simple (ralentizar regulador I), una curva o mapa de adaptación, o cualquier concepto de adaptación similar.

5 **[0038]** De acuerdo con la Figura 3, un estimador de NOx representado por el bloque 6" recibe como entrada tanto dichos parámetros/cantidades del motor representados por el bloque 5" como la salida de una adaptación de NOx 8", que es un integrador, etc. Y la entrada de dicha adaptación de NOx 8" es, al igual que en las Figuras 1 y 2, la diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de un sensor de NOx 7" y un segundo valor estimado obtenido a partir de dicho bloque de estimación de NOx 6".

[0039] El estimador 6" se puede implementar de una manera similar a la del estimador 6.

10 **[0040]** Ventajosamente, la medición de RGE se refiere a la medición de la tasa de RGE o flujo másico de RGE, pero el mismo método se puede aplicar para cualquier configuración influenciada por NOx, tal como la medición y el control del aire mediante el uso de un controlador de RGE o, por ejemplo, inyección de combustible, tal como la presión del carril, el inicio de ángulo de inyección, la inyección piloto, etc. Por otra parte, en lugar de la medición de RGE, se puede corregir también el punto de consigna de RGE.

15 **[0041]** Esta invención se puede implementar de manera ventajosa en un programa informático que comprende medios de código de programa para realizar una o más etapas de tal método, cuando tal programa se ejecuta en un ordenador. Por esta razón, la patente cubrirá también tal programa informático y el medio legible por ordenador que comprende un mensaje grabado, comprendiendo tal medio legible por ordenador el medio del código de programa para realizar una o más etapas de tal método, cuando tal programa se ejecuta en un ordenador.

20 **[0042]** No se describirán más detalles de la implementación, puesto que el experto en la materia es capaz de implementar la invención a partir de la enseñanza de la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Método para controlar un sistema de RGE en un motor de combustión de un vehículo, que comprende medios de detección de NOx (7) y medios de detección de RGE (1), comprendiendo el método
- calcular un valor erróneo de NOx proporcionado por una diferencia entre un primer valor medido obtenido a partir de dicho medio detección de NOx (7) y un segundo valor de NOx estimado (6),
 - medir la tasa o flujo másico de RGE (1),
 - corregir (2) dicha medición de la tasa o flujo másico de RGE (1),
 - 10 – controlar dicha tasa o flujo másico de RGE (4) mediante un procedimiento de bucle cerrado en base a dicha medición de RGE corregida (2) y un valor de referencia (3),
 - estimar el valor de NOx (6) en base a las cantidades/parámetros del motor (5) y en base a dicha medición de RGE corregida (2),
- 15 estando el método **caracterizado por** el hecho de que dicha etapa de corrección corrige la tasa o flujo másico de RGE medido con un método de adaptación, utilizando dicho método de adaptación dicha diferencia entre dicho primer valor medido (7) y dicho segundo valor estimado (6) de la concentración de NOx como una entrada, a fin de hacer que el valor de NOx estimado sea el segundo valor medido.
- 20 **2.** Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho método de adaptación puede comprender una curva de integración o de adaptación o un mapa de adaptación.
- 3.** Dispositivo para controlar un sistema de RGE en un motor de combustión, que comprende
- 25 – medios de detección de NOx (7),
 - medios de detección de RGE (1) para medir la tasa o flujo másico de RGE,
 - medios para corregir dicha medición de RGE (2),
 - medios para estimar el valor de NOx (6) en base a las cantidades/parámetros del motor (5) y en base a dicha medición de RGE corregida (2),
 - 30 – medios para calcular una diferencia (Σ) entre un primer valor medido obtenido a partir de dichos medios de detección de NOx (7) y un segundo valor de NOx estimado (6),
- caracterizado por** el hecho de que dicho medio de corrección (2) hace uso de la salida de un filtro de adaptación (8) para hacer que el segundo valor de NOx estimado sea el primer valor medido, en el que una entrada de dicho filtro de adaptación (8) es dicha diferencia entre dicho primer valor medido y dicho segundo valor de NOx estimado (6).
- 35 **4.** Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho filtro de adaptación (8) puede comprender una curva de integración o de adaptación o un mapa de adaptación.
- 40 **5.** Programa informático que comprende medios de códigos del programa informático adaptados para realizar todas las etapas del método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
- 45 **6.** Un medio legible por ordenador que tiene un programa grabado en el mismo, comprendiendo dicho medio legible por ordenador medios de código del programa informático adaptados para realizar todas las etapas del método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador .

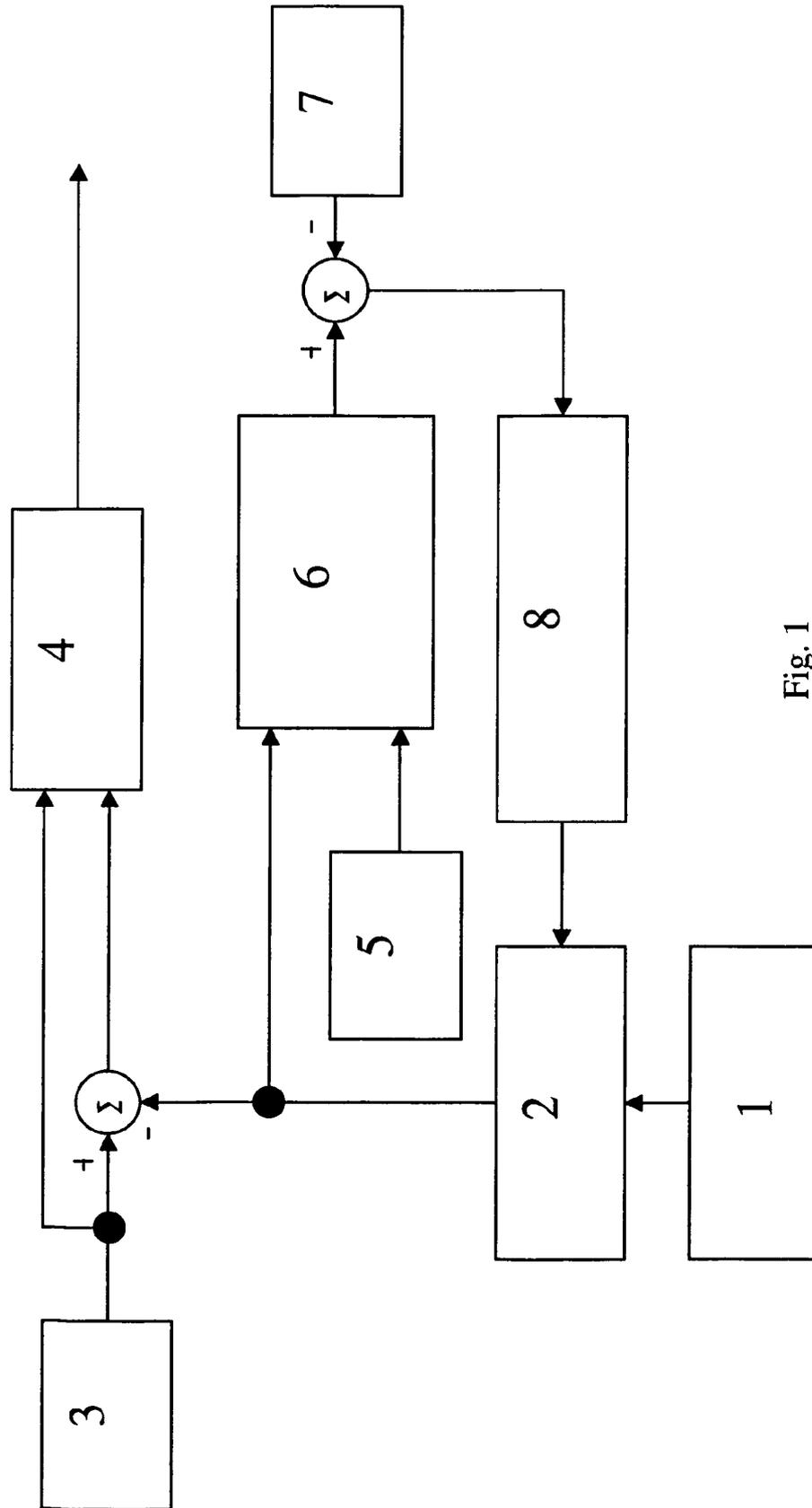


Fig. 1

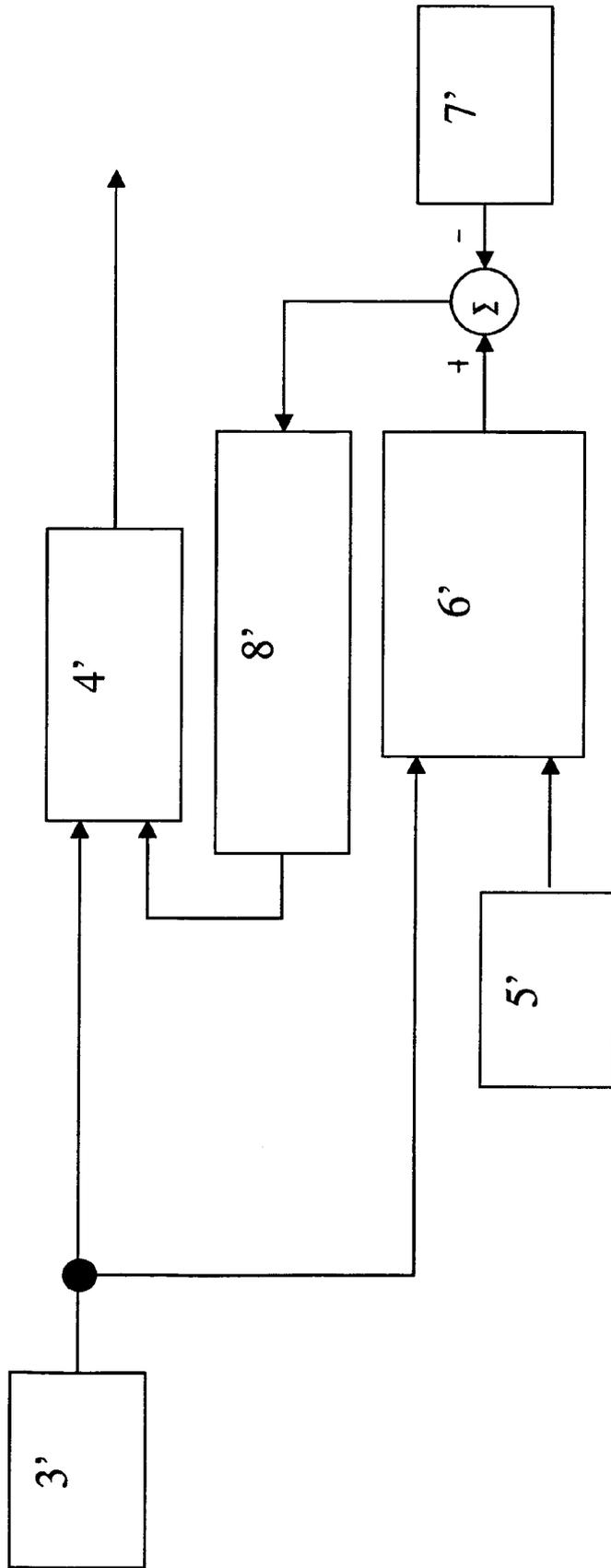


Fig. 2

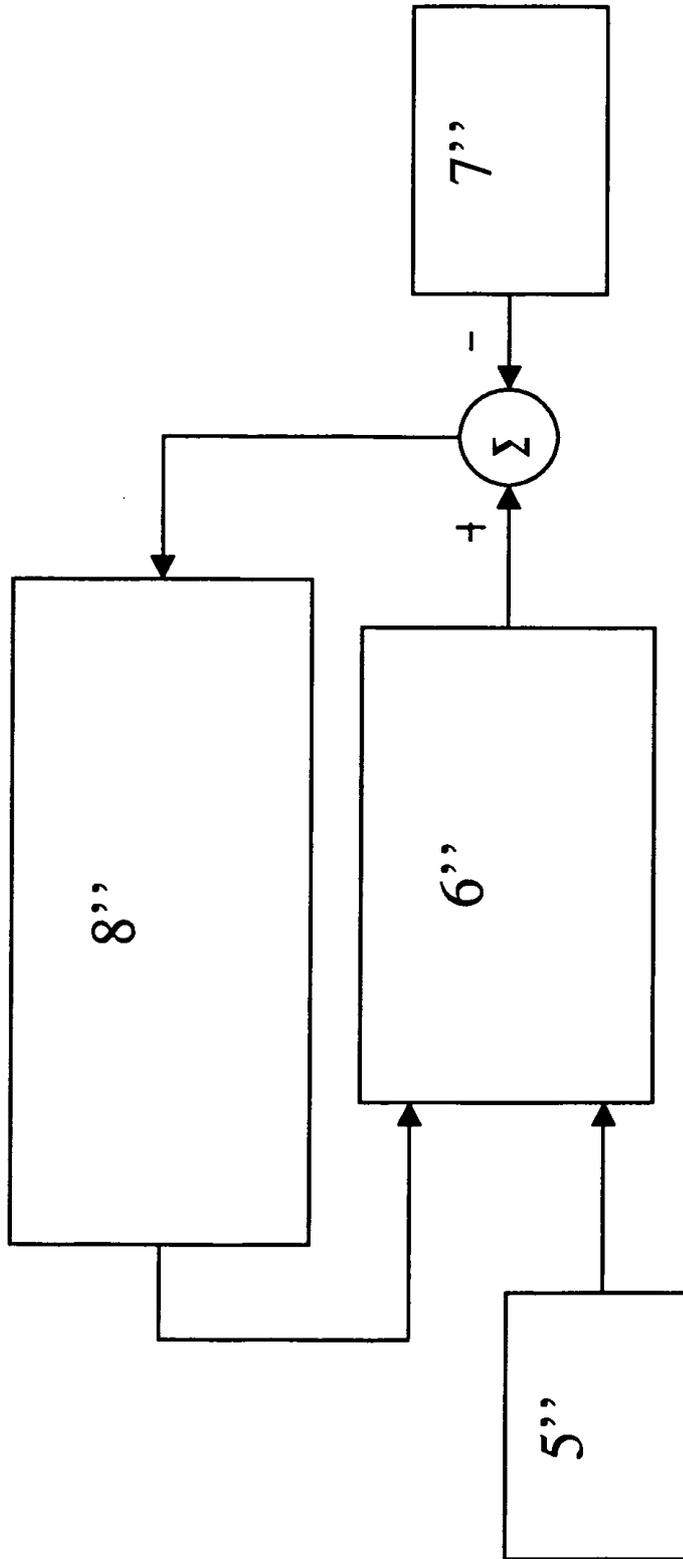


Fig. 3