

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 084**

51 Int. Cl.:

H02P 9/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2015 E 15177844 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2993779**

54 Título: **Sistema y procedimiento para una característica de anticipación de carga y su procedimiento de ajuste para un grupo generador**

30 Prioridad:

24.07.2014 US 201462028653 P

05.08.2014 US 201462033482 P

21.05.2015 US 201514718504

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

31.05.2019

73 Titular/es:

BASLER ELECTRIC COMPANY (100.0%)

12570 State Route 143

Highland, IL 62249-1074, US

72 Inventor/es:

KIM, KIYONG y

BURNWORTH, JEFFREY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 715 084 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para una característica de anticipación de carga y su procedimiento de ajuste para un grupo generador

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a generadores de potencia de corriente alterna y, más específicamente, a un sistema y un procedimiento para el comportamiento en aplicación de carga de un grupo generador diesel.

Antecedentes

10 Los grupos generadores ("gensets", generating sets) se utilizan para proporcionar electricidad eléctrica para sistemas distribuidos de generación de potencia, que incluyen potencia principal, generación en espera y soporte de red. La desregulación de las compañías eléctricas ha tenido como resultado que muchos clientes utilizan sus grupos generadores diesel en espera, para mejorar la calidad de la potencia o para evitar picos de tarifas de electricidad.

15 Los grupos generadores consisten a menudo en un motor diesel, una máquina síncrona y dos controladores (un regulador de velocidad y un regulador automático de tensión ("AVR")). Algunos de los AVR basados en microprocesadores modernos están implementados con el control proporcional, integral y derivativo (PID, Integral and Derivative) para estabilización y con varios sistemas de control complementarios que incluyen muchos limitadores, un controlador VAR/PF, funcionalidad de ajuste, características de protección y monitorización.

20 La frecuencia de salida del grupo generador es directamente proporcional a la velocidad del motor diesel. El regulador de velocidad busca mantener el motor diesel a velocidad constante. El regulador de velocidad está diseñado para responder a cambios en la velocidad del motor, actuando como un controlador de retroalimentación que controla la tasa de combustible para minimizar la variación de la velocidad debida a un cambio súbito en la carga de potencia real del grupo generador. A diferencia de los generadores de gran tamaño, en muchos grupos generadores se puede esperar que cambien de funcionamiento, de sin carga a plena carga, en una aplicación de carga en una sola etapa, lo que provoca grandes cambios en la velocidad del motor o puede provocar que el motor se cale.

25 El estándar internacional ISO8528-5;2013 da a conocer un medio para evaluar el rendimiento de un grupo generador diesel, que clasifica un grupo generador en base una serie de indicadores clave del rendimiento. Para los grupos generadores modernos con clasificación G2, la desviación de tensión máxima desde el punto de ajuste nominal para una recepción súbita de carga no deberá superar el 20 %, y la desviación máxima de la frecuencia eléctrica no deberá superar el 10 %. El tiempo de recuperación de la tensión tiene que ser menor de 6 segundos y el tiempo de recuperación de la frecuencia menor de 5 segundos. Aunque algunos controladores de grupo generador diesel pueden cumplir los requisitos de ISO8528-5;2013, tales controladores son de fabricación costosa.

35 Una manera común de reducir la caída de velocidad en el motor es proporcionar una bajada de tensión adicional durante las caídas de velocidad. Por lo tanto, se consigue una recuperación más rápida de la velocidad del motor reduciendo la carga de potencia real. En los AVR modernos se utilizan diversos ajustes del punto de ajuste de tensión (esquemas bajo frecuencia). Se ha propuesto un esquema de ajuste de carga que reduce temporalmente la tensión durante un transitorio, y por lo tanto ayuda a la recuperación de la velocidad del motor. Sin embargo, la reacción del regulador de velocidad a un cambio en la velocidad del motor es mucho menor que el cambio de la potencia real. De este modo, el presente inventor ha identificado la necesidad de un sistema y un procedimiento que puedan reducir la desviación de velocidad del motor de un grupo generador cuando cambia la carga de potencia real.

40 El documento US 2012/0050053 describe un sistema y un procedimiento para detectar fallos incipientes en un sistema de generación de potencia. El sistema de generación de potencia descrito en este documento comprende un motor diesel, un generador y un regulador automático de tensión.

Compendio de la invención

45 La presente invención da a conocer un procedimiento, un sistema y un software informático para proporcionar una característica de anticipación de carga para un grupo generador diesel que incluye un motor diesel, un generador, un regulador de velocidad y un regulador automático de tensión, que incluye las funciones de establecer un sistema de control de velocidad lineal equivalente, correspondiéndose aproximadamente la respuesta del sistema de control de velocidad lineal con la respuesta de velocidad no lineal del grupo generador diesel, y establecer por lo menos un parámetro programable de una característica de anticipación de carga en base a una carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel y una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal.

50 El sistema y el procedimiento pueden incluir asimismo las funciones de medir una carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel mediante un sensor acoplado eléctricamente al grupo generador diesel, proporcionar dicho por lo menos un parámetro programable de la característica de anticipación de carga a un aparato procesador de datos informáticos que tiene memoria informática, conteniendo la memoria informática instrucciones ejecutables por ordenador para implementar el sistema de control de velocidad lineal equivalente y la característica de anticipación de carga, incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador para implementar la característica de anticipación

de carga instrucciones para generar una salida de control en base a la carga de potencia real medida y a dicho por lo menos un parámetro programable de la característica de anticipación de carga. El sistema y el procedimiento pueden incluir además proporcionar la salida de control al regulador de velocidad, ajustando el regulador de velocidad la velocidad del motor diesel en base a la salida de control.

5 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de bloques de un grupo generador diesel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

La figura 2 es un diagrama de bloques funcional que muestra la interacción entre control de tensión y control de velocidad del grupo generador diesel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

10 La figura 3 es un diagrama de bloques funcional de un modelo de una realización a modo de ejemplo de un sistema de control de velocidad lineal equivalente.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un procedimiento que se puede utilizar para identificar los parámetros programables del sistema de control de velocidad lineal equivalente, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

15 La figura 5 es un diagrama de flujo de un sistema y un procedimiento utilizados para determinar un sistema de control lineal equivalente para el grupo generador diesel utilizando optimización por enjambre de partículas, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

20 La figura 6 es un diagrama de bloques funcional de un modificador de característica de aplicación de carga (LAF, load application feature) para un sistema de control de velocidad lineal equivalente, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

La figura 7 es un diagrama de bloques para ilustrar un procedimiento para la estimación de los parámetros programables LAF, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

25 La figura 8 es un diagrama de flujo de un sistema y un procedimiento utilizados para estimar parámetros programables para LAF utilizando optimización por enjambre de partículas, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

Las figuras 9A y 9B son diagramas de bloques funcionales de una representación del excitador de alternador-rectificador y el motor, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

La figura 10 muestra una respuesta de velocidad real, registrada, a un potencia real particular aplicado.

30 La figura 11 muestra la respuesta temporal de un sistema de control de velocidad lineal equivalente comparada con la respuesta predicha por un modelo simulado del grupo generador diesel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

La figura 12 muestra la salida de la LAF, y las respuestas de velocidad deseada, medida y simulada del grupo generador diesel 10, a una entrada de potencia real en escalón, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

35 La figura 13 muestra la salida de la LAF con los parámetros LAF ajustados por el procedimiento PSO que se ha descrito anteriormente, una respuesta de velocidad deseada y la respuesta de velocidad con y sin la LAF, para una entrada de potencia real en escalón, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

La figura 14 es un diagrama de bloques de un sistema informático adecuado para su utilización con los sistemas y procedimientos LAF, de acuerdo con varias realizaciones.

Descripción detallada de la realización preferida

40 La siguiente descripción es tan sólo de naturaleza ejemplar y no está destinada a limitar la presente invención ni la aplicación o los usos de la invención.

45 Los presentes sistema y procedimientos son aplicables a un grupo generador diesel 10, del que se muestra un diagrama de bloques en la figura 1. El grupo generador diesel 10 puede incluir un motor diesel 12, una máquina síncrona, o generador 14, un excitador 16, un regulador de velocidad 18 y un regulador automático de tensión ("AVR") 20. El grupo generador diesel 10 puede estar conectado a una carga de potencia real 22.

50 La interacción entre control de tensión y control de velocidad del grupo generador diesel 10 se muestra en el diagrama de bloques funcional de la figura 2. Cada bloque en la figura 2 representa una función de transferencia en forma de operador de Laplace. En la descripción siguiente para las figuras 2 a 3 y 6, se hace referencia al bloque o bloques de función de transferencia que se describen, mediante la parte, o una función o un resultado del sistema físico, o mediante la función de software, que dichos bloques representan.

La entrada al diagrama de bloques funcional V_{ref} 17 es una constante que representa la tensión deseada del generador. El regulador de velocidad 18 se puede acoplar operativamente a una bomba de combustible 24. La salida del bloque de la bomba de combustible 24 representa el par de fuerzas mecánico, denominado T_m . El par de fuerzas eléctrico, T_e , se puede determinar en base a la tensión del generador 15, indicada como V_t y a la carga resistiva, R 19. El par de fuerzas de fricción se puede denominar T_f . El regulador de velocidad 18 puede incluir una interfaz de comunicaciones para recibir una salida de control. El regulador de velocidad 18 puede ajustar la velocidad del motor diesel 12 basándose, totalmente o en parte, en la salida de control recibida.

El momento total de inercia 36 se puede determinar, en parte, en base a la construcción del motor diesel 12 y del generador 14, incluyendo las partes giratorias de cada uno, y se representa como una función de la energía total del motor (H) 54. El AVR 20 se puede acoplar operativamente al excitador 16 por medio de un aplicador de potencia 25. La respuesta de velocidad deseada del grupo generador 10 se representa como ω_{ref} 30. La respuesta de velocidad deseada real se representa como ω 31. Una señal de retroalimentación, $f(\omega)$ 21, se puede generar como una función de T_m , T_f , T_e y H 54.

Un aumento súbito en la carga de potencia real 22 del grupo generador 10 provoca un mayor par de fuerzas de carga en el motor diesel 12. Dado que el par de fuerzas de carga supera el par de fuerzas del motor diesel 12 y el regulador de velocidad 18 no puede responder instantáneamente, la velocidad del motor disminuye. Después de detectar esta desaceleración, el regulador de velocidad 18 puede instruir a la bomba de combustible 24 para aumentar el combustible suministrado a los cilindros del motor diesel 12. Dado que la tensión generada es proporcional a la velocidad del motor diesel 12, la tensión del generador 14 se reduce debido a la reacción del inducido y a las caídas de tensión internas del generador 14. El AVR 20 compensa la reducción en la tensión del generador 14 aumentando la corriente de campo del generador 14 suministrada por el excitador 16.

Dado que la potencia real es proporcional al cuadrado de la tensión, un AVR de actuación rápida 20 impedirá significativamente la recuperación de velocidad del motor diesel 12, al recuperar rápidamente la tensión y poner por lo tanto más carga sobre el motor diesel 12. Por lo tanto, la reacción de un regulador de velocidad 18 a un cambio de velocidad debido a una aplicación de carga de potencia real 22 es más lenta que la del cambio de la potencia real. En un AVR moderno, está disponible una medición de la carga de potencia real 22. Por lo tanto, para reducir la desviación de velocidad cuando se aplica una gran carga de potencia real 22, una característica de anticipación de carga ("LAF"), que añade al punto de suma de error del regulador de velocidad 18 durante las condiciones transitorias una señal de realimentación proporcional al cambio en la carga de potencia real 22, es más efectiva que los enfoques convencionales que cambian el punto de ajuste del AVR 20 en base a una curva bajo frecuencia específica.

Estimación por enjambre de partículas

La técnica de optimización por enjambre de partículas ("PSO") se puede aplicar para estimar parámetros programables requeridos para implementar la LAF. PSO es una técnica de computación evolutiva inspirada por el comportamiento social de las bandadas de aves o los bancos de peces. En PSO, las partículas potenciales (soluciones) vuelan a través del espacio del problema siguiendo a las partículas óptimas actuales. Cada partícula mantiene un seguimiento de sus coordenadas en el espacio del problema y comunica la mejor solución encontrada a las demás partículas. Esta comunicación entre partículas permite una decisión inteligente en cada iteración para encontrar la mejor solución posible para un determinado conjunto de parámetros programables.

Determinación de un sistema de control de velocidad lineal equivalente

Para implementar la LAF, es necesario determinar parámetros programables de un sistema de control de velocidad lineal equivalente. En la figura 3, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo, se muestra un diagrama de bloques funcional del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. Cada bloque en la figura 3 representa una función de transferencia en forma de operador de Laplace. El sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 puede incluir cantidades que representan un regulador, un dispositivo de accionamiento 34, una función de combustión del motor y un momento de inercia 36. El comportamiento del motor está afectado de forma no lineal por los cambios en la velocidad de funcionamiento, la carga de potencia real y la respuesta AVR. Por lo tanto, para implementar una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad del generador, incluyendo la LAF, se puede obtener un sistema de control de velocidad lineal equivalente, cuya respuesta se corresponde aproximadamente con la respuesta de velocidad no lineal del propio grupo generador diesel 10.

La salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 y la respuesta de velocidad deseada ω_{ref} 30 se introducen en el sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. El sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 puede incluir un tipo de controlador proporcional, integral y derivativo (PID) 32 de un regulador de velocidad 18, un dispositivo de accionamiento 34, un momento de inercia 36 y una caída de velocidad 38, tal como se muestra en la figura 3. El controlador (PID) 32 puede incluir uno o varios parámetros programables. En la realización a modo de ejemplo de la figura 3, los parámetros programables del controlador (PID) 32 pueden incluir K_P 40, K_I 42, K_D 44 y T_D 45. T_D 45 representa a una constante de tiempo derivativa que es una constante de diseño para el PID. El término "s" 48 representa el operador de Laplace. El dispositivo de accionamiento 34 puede incluir una constante de tiempo (T_A) 50 del dispositivo de accionamiento. El par de fuerzas mecánico (T_m) 52 se puede determinar como una función de la salida del dispositivo de accionamiento 34 y la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14. El momento de

inercia 36 del motor diesel 12 se puede representar como una función de la energía total del motor (H) 54. La salida del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 puede ser ω 56, que representa la respuesta de velocidad deseada de la velocidad del motor diesel 12.

5 En la figura 4 se muestra un diagrama de bloques de un procedimiento, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo, que se puede utilizar para identificar los parámetros programables del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. Una carga resistiva máxima 58 se aplica al grupo generador diesel 10, y la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 y la respuesta ($\Delta\omega$) 62 del sistema de control de velocidad real 60 se registran cada cuarto de ciclo durante un tiempo predeterminado.

10 La salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 se puede utilizar asimismo como una entrada para el sistema de control de velocidad lineal equivalente 26, que produce una respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64. La respuesta del sistema de control de velocidad real ($\Delta\omega$) 62 y la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se pueden utilizar para producir una entrada 66 a una regla de ajuste de parámetros programables mediante PSO 68, que puede ajustar los parámetros programables del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 utilizando la técnica PSO. Tal como se describe en mayor detalle a
15 continuación, los parámetros programables ajustados 70 se pueden proporcionar al sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. La respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se puede determinar utilizando los parámetros programables ajustados 70. Los procesos anteriores se pueden repetir hasta que la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se corresponde suficientemente con la respuesta del sistema de control de velocidad real ($\Delta\omega$) 62.

20 La regla de ajuste de parámetros programables mediante PSO 68 se puede inicializar con un grupo de cinco partículas (soluciones) en base a la configuración particular (es decir, tamaño del equipo, calificaciones del equipo) del grupo generador diesel 10, y a continuación la regla de ajuste de parámetros programables mediante PSO 68 puede buscar las mejores a través del espacio del problema, siguiendo las mejores partículas hasta el momento. Cada partícula puede incluir uno o varios parámetros programables, que coinciden con los parámetros programables del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. En una realización a modo de ejemplo, los
25 parámetros programables pueden incluir H 54, T_A 50, K_p 40, K_i 42, K_D 44 y la caída de velocidad 38.

La respuesta de etapa ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26, $\Delta\omega_m(k)$, se puede calcular para $k = 1, \dots, N$ donde N es el número total de muestras basándose en cada partícula y en las muestras de salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14, descritas anteriormente. La respuesta de etapa ($\Delta\omega_m$)
30 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 se puede comparar con la respuesta del sistema de control de velocidad real ($\Delta\omega$) 62. Un valor muestreado de la respuesta real del sistema ($\Delta\omega$) en la etapa k se puede denominar $\Delta\omega(k)$. La función de aptitud para elegir la mejor partícula es la suma del cuadrado de las diferencias entre $\Delta\omega(k)$ y $\Delta\omega_m(k)$, $k=1, \dots, N$, como sigue:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega(k) - \Delta\omega_m(k))^2 \quad (1)$$

35 La función de aptitud se evalúa para la $\Delta\omega_m(k)$ 64 que resulta de cada partícula. Cada vez que se evalúa la función de aptitud, se puede determinar un valor x_n^{self} para cada partícula. Los valores x_n^{self} resultantes se pueden utilizar para determinar un valor x^{global} , que representa la mejor partícula entre todas las partículas.

Después de encontrar los mejores valores de uno o varios de los parámetros programables H 54, T_A 50, K_p 40, K_i 42, K_D 44 y la caída de velocidad 38, cada partícula actualiza su velocidad y posiciones con las ecuaciones
40 siguientes:

$$v_{n+1} = \alpha v_n + \beta_1 rand_1 (x_n^{self} - x_n) + \beta_2 rand_2 (x^{global} - x_n) \quad (2)$$

$$x_{n+1} = x_n + v_n \quad (3)$$

En las ecuaciones anteriores, v_n es la velocidad de la partícula, x_n es la partícula actual (solución), x_n^{self} y x^{global} se definen como el mejor valor para una partícula y el mejor valor entre todas las partículas, respectivamente. α es una ponderación de inercia que puede representar la tendencia a seguir la dirección en la que se ha movido cada
45 partícula durante las iteraciones anteriores, $rand_1$ y $rand_2$ son números aleatorios entre 0 y 1. β_1 y β_2 son factores de aprendizaje que, junto con la ponderación de inercia, representan la tendencia de cada partícula a seguir una nueva dirección en base a los valores x_n^{self} y x^{global} .

Por razones prácticas, los límites de la superficie de búsqueda se pueden limitar restringiendo los valores de uno o
50 varios parámetros programables del sistema de control lineal equivalente 26 con los valores enumerados en la siguiente tabla 1. Si el valor de cualquiera de dichos uno o varios parámetros programables cae por debajo del correspondiente valor mínimo mostrado en la tabla 1, el valor de dicho parámetro programable se ajusta al

correspondiente valor mínimo. Análogamente, si el valor de cualesquiera de dichos uno o varios parámetros programables supera el correspondiente valor máximo mostrado en la tabla 1, el valor de dicho parámetro programable se ajusta al correspondiente valor máximo.

Tabla 1 Espacio de búsqueda de partículas

Parámetro programable del sistema de control	Valor mínimo	Valor máximo
H	0,01	2
T_A	0,001	1
K_P	0	10
K_I	0	10
K_D	0	10
<i>Caída</i>	0	0,1

5

De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, en la figura 5 se muestra un procedimiento de cálculo 70 para implementar la regla de ajuste de parámetros programables mediante PSO 68. Las etapas del procedimiento de cálculo 70 se describen a continuación de manera más completa.

Etapa 0 <72>: ajustar a cero el contador de iteraciones.

10

Etapa 1 <74>: determinar la respuesta del sistema de control de velocidad real ($\Delta\omega$) 62 mediante aplicar la carga de potencia real nominal del generador 14 como la carga de potencia real 22 y muestrear la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 y la respuesta ($\Delta\omega$) 62 del sistema de control de velocidad real 60 cada cuarto de ciclo durante un intervalo de muestreo predeterminado, tal como de cinco segundos. Un experto en la materia reconocerá que se puede utilizar un intervalo de muestreo más corto o más largo, sin apartarse del alcance de la presente invención. Las muestras resultantes de la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 y la respuesta ($\Delta\omega$) 62 del sistema de control de velocidad real 60 se pueden denominar respectivamente $P_E(k)$ y $\Delta\omega(k)$, para $k=1, \dots, N$, donde N representa el número total de muestras medidas.

15

Etapa 2 <76>: inicializar cada posición de partícula en base a las especificaciones del equipo (es decir, tamaño del equipo, calificaciones del equipo) en el grupo generador diesel 10, y su velocidad a cero.

20

Etapa 3 <78>: ajustar a cero el contador de partículas.

Etapa 4 <80>: calcular la respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente en base a la salida de potencia real ($P_E(k)$) 28 del generador 14, para la posición de partícula seleccionada x_n . La respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente se puede denominar $\Delta\omega_m(k)$, para $k=1, \dots, N$, donde N representa el número total de muestras medidas. Cada muestra $P_E(k)$ produce una correspondiente $\Delta\omega_m(k)$.

25

Etapa 5 <90>: calcular la función de aptitud, utilizando la anterior ecuación (1), para elegir el mejor valor x_n^{self} en base a la respuesta del sistema de control de velocidad real ($\Delta\omega(k)$) 62 obtenida en la etapa 1 <74> y a la respuesta ($\Delta\omega_m(k)$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente obtenida en la etapa 4 <80>.

30

Etapa 6 <82>: encontrar el mejor valor x_n^{self} de la partícula, actualizar el valor x^{global} , actualizar la velocidad y la posición de partícula con las ecuaciones (2) y (3) anteriores, y tal como se ha descrito anteriormente.

Etapa 7 <84>: incrementar el contador de partículas.

Etapa 8 <86>: si el contador de partículas es igual al número de partículas, ir a la etapa 9 <92>. En caso contrario, ir a la etapa 4 <80>.

Etapa 9 <92>: incrementar el contador de iteraciones.

35

Etapa 10 <94>: si el contador de iteraciones supera el número máximo de iteraciones, terminar el procedimiento de cálculo 70. Si no, ir a la etapa 3 <78>

Al término del procedimiento de cálculo 70, se han determinado dichos uno o varios parámetros programables del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26.

Determinación de los parámetros programables LAF

La figura 6 muestra un diagrama de bloques funcional de una realización a modo de ejemplo de un sistema de control de velocidad del grupo generador diesel 10, modificado por una LAF 96. Cada bloque en la figura 6 representa una función de transferencia en forma de operador de Laplace. La LAF 96 es un modificador del controlador para el regulador, que se activa cuando la tasa de cambio en la carga de potencia real 22 es mayor que una cantidad programable. La cantidad programable se puede determinar en base a la respuesta de velocidad del grupo generador diesel 10 a las variaciones de la carga de potencia real 22 con la LAF desactivada. Habitualmente, la cantidad programable puede ser del 80 % de la potencia nominal real del generador 14, aunque se pueden utilizar otros valores mayores o menores sin apartarse del alcance de la presente invención. Se pueden utilizar valores menores del umbral programable si se desea que la LAF 96 esté activa para porcentajes menores de la potencia nominal real del generador 14.

La LAF 96 añade una señal de retroalimentación 106 proporcional al cambio de la carga de potencia real 22, al punto de suma de error del regulador de velocidad 18, durante condiciones transitorias. La tasa de cambio en la carga de potencia real 22 se puede obtener con un filtro de suavizado ("washout") 108. La latencia de fase debida al regulador de velocidad 18 y al dispositivo de accionamiento 34 se puede compensar con un filtro de avance de fase 110. Un bloque de zona muerta 112, que puede tener una entrada desde el filtro de suavizado 108 o el filtro de avance de fase 110, se puede utilizar para hacer que la LAF 96 esté activa solamente si la tasa de cambio en la carga de potencia real 22 supera un umbral programable superior. Preferentemente, el bloque de zona muerta 112 desactiva la LAF 96 cuando el valor absoluto de su entrada cae por debajo de un umbral programable. El umbral programable del bloque de zona muerta 112 puede ser habitualmente el 10 % de la potencia nominal real 14 del generador por segundo. Un experto en la materia reconocerá que se pueden utilizar otros valores, que pueden o no depender de la potencia nominal real del generador 14, sin apartarse del alcance de la presente invención. La LAF 96 puede incluir un bloque de activación 114, que se puede utilizar para desactivar la LAF 96 en base a la entrada de activación 118 (EN). La LAF 96 puede incluir asimismo un amplificador de señal 120, que tiene una ganancia de salida 100 (K_{LA}).

La realización a modo de ejemplo de la figura 6 se puede utilizar para la estimación de uno o varios parámetros programables LAF 96. Dichos uno o varios parámetros programables LAF 96 pueden incluir la constante de tiempo de lavado 98 (T_{LA}), la ganancia de salida 100 (K_{LA}), la constante de avance de fase 102 (T_{LD}) y la constante de tiempo de latencia 104 (T_{LG}). La capacidad de la LAF 96 para conseguir la respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 depende de los valores de estos parámetros programables. PSO se puede utilizar para encontrar un conjunto adecuado de parámetros programables LAF 96. El sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 identificado anteriormente se utiliza para encontrar un conjunto de parámetros programables LAF optimizados 96.

En la figura 7 se muestra un diagrama de bloques funcional de un procedimiento, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo, que se puede utilizar para identificar los parámetros programables de la LAF 96. Se aplica una carga resistiva máxima 122 al grupo generador diesel 10, y la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 se registra cada cuarto de ciclo durante una cantidad predeterminada de tiempo. La salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 se puede utilizar como una entrada a la LAF y al modelo del sistema de control lineal equivalente 26. La respuesta de velocidad deseada 124 se puede determinar en base a la medición de velocidad real ($\Delta\omega$) y al factor de escala ($K_{desired}$) utilizando la ecuación siguiente:

$$\Delta\omega_d(t) = K_{desired} \Delta\omega(t) \quad (4)$$

La respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del sistema de control de velocidad lineal equivalente se puede determinar basándose en la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14. La respuesta de velocidad deseada ($\Delta\omega_d$) 124 y la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se pueden utilizar para producir una entrada 126 a la regla de ajuste de parámetros programables LAF mediante PSO 128, que puede ajustar los parámetros programables de la LAF 96 utilizando la técnica PSO. Tal como se describe en mayor detalle a continuación, los parámetros programables ajustados 130 se pueden proporcionar al sistema de control de velocidad lineal equivalente 26. La respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se puede determinar utilizando los parámetros programables ajustados 130. El proceso anterior se puede repetir hasta que la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente ($\Delta\omega_m$) 64 se corresponde lo suficiente con la respuesta de velocidad deseada ($\Delta\omega_d$) 124. La salida de la LAF 96, V_{LAF} 132, se puede determinar en base a la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14 y a los parámetros programables ajustados 130.

La regla de ajuste de parámetros programables LAF mediante PSO 128 se pueden inicializar con un grupo de cinco partículas (soluciones) con valores de partículas seleccionados aleatoriamente dentro del espacio de búsqueda. La regla de ajuste de parámetros programables LAF mediante PSO 128 busca a continuación las mejores a través del espacio de búsqueda mediante seguir las mejores partículas encontradas hasta el momento. La respuesta a ($\Delta\omega_m$) 64 del sistema de control de velocidad lineal equivalente se puede calcular basándose en el sistema de control de velocidad lineal equivalente 26, en cada partícula y en las muestras de la salida de potencia real (P_E) 28 del generador 14. Los valores calculados resultantes de la respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del sistema de control de velocidad lineal equivalente se pueden denominar $\Delta\omega_m(k)$. Un valor deseado de la respuesta de velocidad deseada ($\Delta\omega_d$) 124 en la

etapa k se puede denominar $\Delta\omega_d(k)$. Los valores calculados resultantes se pueden comparar con la respuesta de velocidad deseada $\Delta\omega_d(k)$. La función de aptitud para elegir la mejor partícula es la suma del cuadrado de las diferencias entre $\Delta\omega_d(k)$ y $\Delta\omega_m(k)$, $k=1, \dots, N$, como sigue:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega_d(k) - \Delta\omega_m(k))^2 \quad (5)$$

5 Después de encontrar los mejores valores de dichos uno o varios parámetros programables de la LAF 96, T_{LA} 98, K_{LA} 100, T_{LD} 102, T_{LG} 104, cada partícula actualiza su velocidad y posiciones con las ecuaciones siguientes:

$$v_{n+1} = \alpha v_n + \beta_1 rand_1 (x_n^{self} - x_n) + \beta_2 rand_2 (x^{global} - x_n) \quad (6)$$

$$x_{n+1} = x_n + v_n \quad (7)$$

10 En las ecuaciones anteriores, v_n es la velocidad de la partícula, x_n es la partícula actual (solución), x_n^{self} y x^{global} se definen como el mejor valor para una partícula y el mejor valor entre todas las partículas, respectivamente. α es una ponderación de inercia que puede representar la tendencia a seguir la dirección en la que se ha movido cada partícula durante las iteraciones anteriores, $rand_1$ y $rand_2$ son números aleatorios entre 0 y 1. β_1 y β_2 son factores de aprendizaje que, junto con la ponderación de inercia representan la tendencia de cada partícula a seguir una nueva dirección en base a los valores x_n^{self} y x^{global} . Se debe observar que los valores α , β_1 y β_2 utilizados en la determinación de dichos uno o varios parámetros programables de la LAF 96 se diferencian de los utilizados para determinar los parámetros programables del sistema de control de velocidad lineal equivalente 26 descrito anteriormente.

15 Por razones prácticas, los límites de cada superficie se pueden limitar restringiendo los valores de dichos uno o varios parámetros programables 96 de la LAF, con los valores enumerados en la siguiente tabla 2. Si el valor de cualquiera de dichos uno o varios parámetros programables cae por debajo del correspondiente valor mínimo mostrado en la tabla 2, el valor de dicho parámetro programable se ajusta al correspondiente valor mínimo. Análogamente, si el valor de cualesquiera de dichos uno o varios parámetros programables supera el correspondiente valor máximo mostrado en la tabla 2, el valor de dicho parámetro programable se ajusta al correspondiente valor máximo.

Tabla 2 Espacio de búsqueda de partículas

Parámetro programable LAF	Valor mínimo	Valor máximo
T_{LA}	0,01	1
K_{LA}	0,01	1
T_{LD}	0	1
T_{LG}	0	1

25 De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, en la figura 8 se muestra un procedimiento de cálculo 134 para implementar la regla de ajuste de parámetros programables LAF mediante PSO 128. Las etapas del procedimiento de cálculo 134 se describen en mayor detalle a continuación.

Etapa 0 <136>: ajustar a cero el contador de iteraciones.

30 Etapa 1 <138>: registrar cada uno de los valores calculados, cada cuarto de ciclo durante un intervalo de muestreo predeterminado, tal como de cinco segundos, utilizando la anterior ecuación (4) y calcular la respuesta de velocidad deseada ($\Delta\omega_d$) 124. Un experto en la materia reconocerá que se puede utilizar un intervalo de muestreo más corto o más largo, sin apartarse del alcance de la presente invención. Las muestras resultantes de la respuesta de velocidad deseada $\Delta\omega_d$ se pueden denominar $\Delta\omega_d(k)$, para $k=1, \dots, N$, donde N representa el número total de muestras registradas.

Etapa 2 <140>: inicializar cada posición de partícula y su velocidad a cero.

Etapa 3 <142>: ajustar el contador de partículas a cero.

40 Etapa 4 <144>: calcular la respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente en base a la salida de potencia real ($P_E(k)$) 28 del generador 14, para la posición de partícula seleccionada x_n . La respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente se puede denominar $\Delta\omega_m(k)$, para $k=1, \dots, N$, donde N representa el número total de muestras medidas. Cada muestra $P_E(k)$ produce una correspondiente $\Delta\omega_m(k)$.

Etapa 5 <146>: calcular la función de aptitud, ecuación (5), para elegir el mejor valor x_n^{sej} en base a la respuesta de velocidad deseada ($\Delta\omega_d$) 124 obtenida en la etapa 1 <138> y la respuesta ($\Delta\omega_m$) 64 del modelo de sistema de control de velocidad lineal equivalente obtenida en la etapa 3 <142>.

5 Etapa 6 <152>: actualizar la posición de partícula y la velocidad con las ecuaciones (6) y (7) anteriores, y actualizar el valor x^{global} , tal como se ha descrito anteriormente.

Etapa 7 <148>: incrementar el contador de partículas.

Etapa 8 <150>: si el contador de partículas es igual al número de partículas, ir a la etapa 9 <154>. En caso contrario, ir a la etapa 4 <144>.

Etapa 9 <154>: incrementar el contador de iteraciones.

10 Etapa 10 <156>: si el contador de iteraciones supera el número máximo de iteraciones, terminar el procedimiento de cálculo 134. Si no, ir a la etapa 3 <142>

15 Cuando se describen elementos o características y/o realizaciones de los mismos, se entiende que los artículos "un", "una", "el", "la" y "dicho", "dicha" significan que existen uno o varios de los elementos o características. Se entiende que los términos "que comprende", "que incluye" y "que tiene" son inclusivos y significan que pueden existir elementos o características adicionales además de los descritos específicamente.

Los expertos en la materia reconocerán que se pueden realizar varios cambios a las realizaciones e implementaciones a modo de ejemplo descritas anteriormente, sin apartarse del alcance de la invención. Por consiguiente, toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en los dibujos adjuntos se deberá interpretar como ilustrativa y no en sentido limitativo.

20 Se debe entender además que no debe considerarse que los procesos o etapas descritos en la presente memoria requieren necesariamente su realización en el orden particular descrito o mostrado. Se debe entender asimismo que se pueden utilizar procesos o etapas adicionales o alternativos.

Implementación de los sistemas y procedimientos LAF

25 Para mostrar su eficacia y aplicabilidad en el entorno industrial, el sistema y el procedimiento se implementaron en un AVR comercial variable desarrollado para un grupo generador de pequeño tamaño (menor que 10 MVA). En general, este tipo de regulador se ha diseñado para ser eficiente en costes, y el tamaño de la memoria y la potencia de cálculo son limitados.

30 El AVR consiste en un microprocesador y circuitos de acondicionamiento de señal para la tensión del generador, la corriente y la salida del regulador controlada PWM. La tensión y la corriente del generador se muestrean con una resolución de 12 bits después de filtros antisolapamiento. El cálculo de rms de la tensión del generador se realiza cada cuarto de ciclo (4,16 ms para un sistema de 60 Hz).

Para proporcionar al AVR una interfaz de usuario simple con característica de auto-ajuste, se desarrolló una aplicación de software. Las características siguientes están implementadas en la aplicación de software:

1. Funciones de diagnóstico básicas (validación del cableado y calibración de la medición).
- 35 2. Capacidad de registrar la potencia real del generador y respuestas de velocidad durante un periodo de tiempo fijo cuando se aplica la carga de potencia real.
3. Capacidad de identificar un sistema de control de velocidad equivalente utilizando la técnica PSO.
4. Capacidad de generar la respuesta de velocidad deseada $\Delta\omega_d$.
- 40 5. Capacidad de estimar los parámetros LAF para emparejar la velocidad del sistema equivalente con LAF a la respuesta de velocidad deseada obtenida en la etapa 4.
6. Capacidad de ajustar los parámetros LAF y verificar que la respuesta de velocidad es aproximadamente igual a la respuesta deseada.

Un ingeniero de campo puede activar el modo de auto-ajuste de la aplicación de software, y los parámetros LAF se pueden calcular para un valor deseado de $K_{desired}$.

45 Se utilizó un simulador digital en tiempo real (RTDS, Real Time Digital Simulator) para verificar el comportamiento del sistema y el procedimiento dados a conocer anteriormente. Un modelo de generación totalmente detallado de la librería RTDS se puede utilizar como parte de la verificación del comportamiento. Una representación del excitador del alternador-rectificador y el motor se muestra como diagramas de bloques en las figuras 9A y 9B. Un AVR en el que se implementaron el sistema y el procedimiento descritos anteriormente se conectó asimismo a RTDS.

El RTDS, incluyendo una realización de los sistemas y procedimientos LAF descritos anteriormente, se puede implementar utilizando software MATLAB® para simular los sistemas y procedimientos LAF, y se puede utilizar software BESTCOMPLUS® para comunicar con un dispositivo de prueba con el fin de obtener los resultados de prueba necesarios. Un experto en la materia comprenderá que se pueden utilizar otros medios adecuados para implementar el RTDS incluyendo, de forma no limitativa, software desarrollado a medida que se ejecuta en hardware y sistemas operativos disponibles comercialmente, y otro software de comunicación adecuado.

La figura 10 muestra una respuesta de velocidad real, registrada, a una entrada de potencia real aplicada particular. La potencia real del generador y la respuesta de velocidad se muestran por valores unitarios. Basándose en estas respuestas, se identificó un sistema de control de velocidad lineal equivalente, como se ha descrito anteriormente. Los valores de parámetros programables LAF estimados del sistema de control de velocidad lineal equivalente identificado se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Estimación de los parámetros LAF

	H	T _A	K _P	K _I	K _D	Caída
Modelo	0,1	0,01	2	4	1	0
Estimado	0,21	0,21	1,85	3,65	0,96	0

Los valores de los parámetros programables LAF estimados son algo diferentes a los valores de los parámetros del modelo. La diferencia puede ser el resultado de funciones no lineales presentes en los modelos RTDS del motor y el excitador del alternador-rectificador. La figura 11 muestra la respuesta de velocidad real, registrada, de la figura 10, y la respuesta de velocidad del sistema de control lineal equivalente utilizando los parámetros estimados mostrados en la figura 3. A pesar de las diferencias entre los valores de parámetros programables LAF estimados y del modelo, la respuesta temporal del sistema de control de velocidad lineal equivalente está muy cerca de la respuesta de velocidad real, registrada, tal como se muestra en la figura 11.

Tabla 4 Estimación de los parámetros LAF

Constante de tiempo de lavado, T _{LA}	0,4
Ganancia de salida, K _{LA}	0,7
Constante de tiempo de avance de fase, T _{LD}	0,5
Constante de tiempo de latencia de fase, T _{LG}	0,01

La figura 12 ilustra la salida de la LAF, y se muestran las respuestas de velocidad deseada, medida y simulada del grupo generador diesel 10, para una entrada de potencia real en escalón. La respuesta de velocidad medida, f medida, mostrada es la respuesta de velocidad registrada, real, mostrada en las figuras 10 a 11. La respuesta de velocidad deseada, f deseada, se puede obtener multiplicando la respuesta de velocidad medida, f medida, por K_{deseada}=0,5, u otro valor adecuado para producir una desviación de velocidad que cumpla o supere los requisitos de ISO8528-5. El RTDS con la LAF activada se puede utilizar para determinar la respuesta de velocidad del sistema simulada, f simulación. La salida de la LAF se muestra asimismo en magenta. A efectos de simulación, la salida de la LAF se puede calcular con la potencia real registrada que se ha obtenido con la LAF inactiva. En este caso, la respuesta real con LAF activa será ligeramente diferente dado que la respuesta de velocidad está afectada por la LAF. Tal como se puede ver por la figura 12, la respuesta de velocidad con la LAF activada, f simulación, se aproxima estrechamente a la respuesta de velocidad deseada, f deseada.

La figura 13 muestra el efecto de ajustar los parámetros programables de la LAF, utilizando el procedimiento PSO que se ha descrito anteriormente. Se muestran la salida de la LAF, la respuesta de velocidad deseada, f deseada, y la respuesta de velocidad con y sin la LAF, para una entrada de potencia real en escalón. Tal como se puede ver por las figuras 12 a 13, la respuesta de velocidad con los parámetros ajustados de la LAF, f con LAF, mostrada en la figura 13 se aproxima incluso más estrechamente a la respuesta de velocidad deseada, f deseada, que la respuesta de velocidad con una LAF utilizando parámetros antes del ajuste, f simulación, de la figura 12.

En una realización ilustrativa, la LAF y el procedimiento de ajuste del PSO se implementaron utilizando un típico grupo generador diesel, que incluye un generador asíncrono 125 kVA, 208 Vac, 1800 RPM, 3φ. La excitación sin carga para este generador se proporcionó mediante un excitador auto-excitado 0,3 Amp, 7 Vdc, ac.

Se aplicó una carga de potencia real de 100 kW al grupo generador diesel. Para encontrar un conjunto adecuado de parámetros LAF, se registró la desviación de velocidad del motor diesel en respuesta a la carga aplicada. Se identificó, tal como se ha descrito anteriormente, un sistema de velocidad equivalente. Los valores de parámetros programables

estimados resultantes de los parámetros del sistema de velocidad lineal equivalente se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: estimación del sistema de control de velocidad lineal equivalente

	H	T _A	K _P	K _I	K _D	Caída
Estimado	0,404	0,01	2,65	8,31	0,575	0,001

5 Basándose en los parámetros del sistema de velocidad equivalente identificados, se calculan los parámetros LAF y se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Estimación de los parámetros programables LAF

Constante de tiempo de lavado, T _{LA}	0,203
Ganancia de salida, K _{LA}	0,340
Constante de tiempo de avance de fase, T _{LD}	0,001
Constante de tiempo de latencia de fase, T _{LG}	0,201

10 Se obtuvieron resultados similares a los obtenidos con el RTDS, utilizando el grupo generador diesel. La desviación de velocidad del grupo generador diesel sin la LAF supera el requisito de velocidad ISO85285-2 de una caída de velocidad del 10 %. Con la LAF activada, se consigue fácilmente su desviación de velocidad deseada con K_{desired} = 0,5, teniendo como resultado una desviación de velocidad perfectamente dentro de los requisitos ISO85285-2.

Entorno operativo informático

15 Haciendo referencia a la figura 14, un entorno operativo para una realización mostrada de un sistema y/o procedimiento para un AVR o un regulador de velocidad incluyendo los sistemas y procedimientos LAF que se describen en la presente memoria, es un sistema informático 1000 con un ordenador 1002 que comprende por lo menos una unidad central de procesamiento (CPU, central processing unit) 1004 de alta velocidad, junto con un sistema de memoria 1006 interconectado, por lo menos, con una arquitectura de bus 1008, un dispositivo de entrada 1010 y un dispositivo de salida 1012. Estos elementos están interconectados mediante por lo menos una estructura de bus 1008. En una realización alternativa, los sistemas y procedimientos LAF se pueden implementar en un dispositivo independiente, o incorporarse en otro componente en el sistema que proporcione el entorno operativo que se acaba de describir.

25 El ordenador 1002 puede incluir una interfaz de datos de entrada para recibir una medición de la carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel, y una interfaz de comunicaciones que puede estar acoplada operativamente con la interfaz de comunicaciones del regulador de velocidad 18. La interfaz de comunicaciones del ordenador 1002 puede transmitir una salida de control a la interfaz de comunicaciones del regulador de velocidad 18.

30 Tal como se ha tratado anteriormente, los dispositivos de entrada y de salida pueden incluir una interfaz de comunicaciones que incluye una interfaz gráfica de usuario. Cualesquiera o la totalidad de los componentes informáticos de la interfaz de red y los sistemas y procedimientos de comunicaciones pueden ser cualquier dispositivo informático incluyendo, de forma no limitativa, un portátil, una PDA, un teléfono celular/móvil, así como potencialmente un dispositivo dedicado. El software se puede implementar mediante cualquier "miniaplicación" en el mismo, y permanece dentro del alcance de esta invención.

35 La CPU mostrada 1004 es de diseño familiar e incluye una unidad lógica aritmética (ALU, arithmetic logic unit) 1014 para realizar cálculos, una colección de registros 1016 para almacenamiento temporal de datos e instrucciones y una unidad de control 1018 para controlar el funcionamiento del sistema informático 1000. Cualquiera de los diversos microprocesadores son igualmente preferidos, de forma no limitativa, para la CPU 1004. La realización mostrada funciona sobre un sistema operativo diseñado para ser transportable a cualquiera de estas plataformas de procesamiento.

40 El sistema de memoria 1006 incluye generalmente memoria principal de alta velocidad 1020 en forma de un medio, tal como dispositivos semiconductores de memoria de acceso aleatorio (RAM, random access memory) y de memoria de sólo lectura (ROM, read only memory) que son habituales en un medio de almacenamiento informático no transitorio. La presente invención no se limita a esto, y puede incluir además almacenamiento secundario 1022 en forma de medios de almacenamiento de larga duración, tales como discos flexibles, discos duros, cinta, CD-ROM, memoria flash, etc., y otros dispositivos que almacenan datos utilizando medios eléctricos, magnéticos y ópticos u otros medios de grabación. La memoria principal 1020 puede incluir asimismo, en algunas realizaciones, una memoria de visualización de video para visualizar imágenes a través de un dispositivo de visualización (no

mostrado). Los expertos en la materia reconocerán que el sistema de memoria 1006 puede comprender diversos componentes alternativos que tienen diversas capacidades de almacenamiento.

5 Cuando aplique, un dispositivo de entrada 1010 y un dispositivo de salida 1012 pueden asimismo estar dispuestos en el sistema que se describe en la presente memoria, o en realizaciones del mismo. El dispositivo de entrada 1010 puede comprender cualquier teclado, ratón, transductor físico (por ejemplo, un micrófono) y puede estar interconectado al ordenador 1002 por medio de una interfaz de entrada 1024, tal como una interfaz gráfica de usuario, en asociación con, o independiente respecto de la interfaz de comunicaciones descrita anteriormente, incluyendo la interfaz de antena para comunicaciones inalámbricas. El dispositivo de salida 1012 puede incluir una pantalla, una impresora, un transductor (por ejemplo, un altavoz), etc., y puede estar interconectado con el ordenador 1002 por medio de una interfaz de salida 1026 que puede incluir la interfaz de comunicaciones descrita anteriormente, incluyendo la interfaz de antena. Algunos dispositivos, tales como un adaptador de red o un módem, pueden ser utilizados como dispositivos de entrada y/o de salida.

10 Tal como es familiar para los expertos en la materia, el sistema informático 1000 incluye además un sistema operativo y por lo menos un programa de aplicación. El sistema operativo es el conjunto de software que controla el funcionamiento del sistema informático y la asignación de recursos. El programa de aplicación es el conjunto de software que realiza una tarea deseada por el sistema y procedimiento de la LAF y/o por cualquiera de los procesos y etapas de proceso descritas anteriormente, utilizando recursos informáticos puestos a disposición por medio del sistema operativo.

15 De acuerdo con las prácticas de los expertos en la materia de la programación informática, la presente invención se describe a continuación haciendo referencia a representaciones simbólicas de operaciones que son realizadas por el sistema informático 1000. En ocasiones se hace referencia a dichas operaciones como ejecutadas por ordenador. Se apreciará que las operaciones que se representan simbólicamente incluyen la manipulación por la CPU 1004 de señales eléctricas que representan bits de datos y el mantenimiento de bits de datos en posiciones de memoria en el sistema de memoria 1006, así como otro procesamiento de señales. Las posiciones de memoria en las que se mantienen bits de datos son posiciones físicas que tienen propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas particulares correspondientes a los bits de datos. Una o varias realizaciones pueden implementarse en forma tangible en uno o varios programas definidos por instrucciones ejecutables por ordenador que pueden ser almacenadas en un medio legible por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser cualquiera de los dispositivos, o una combinación de los dispositivos, descritos anteriormente en relación con el sistema de memoria 1006.

20
25
30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para disponer una característica de anticipación de carga (96) para un grupo generador diesel (10) que incluye un motor diesel (12), un generador (14), un regulador de velocidad (18) y un regulador automático de tensión (20), caracterizado por que el procedimiento comprende las etapas de:

5 establecer un sistema de control de velocidad lineal equivalente (26), correspondiéndose aproximadamente la respuesta del sistema de control de velocidad lineal (26) a la respuesta de velocidad no lineal del grupo generador diesel (10); y

10 establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) en base a la carga de potencia real (22) aplicada al grupo generador diesel (10) y una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal (26).

15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de establecer un sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) comprende además la etapa de determinar un conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal (26) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando el conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) determinado por un número de partículas predeterminado, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45); y para cada partícula:

a. inicializar (76) cada posición de partícula,

b. determinar un valor real de la respuesta de velocidad del grupo generador diesel (10) en base a una carga de potencia real del generador;

20 c. calcular una respuesta del sistema de control de velocidad lineal (26) con una posición de partícula seleccionada, utilizando la carga de potencia real y la desviación de velocidad;

d. determinar (80, 82) una evaluación de aptitud de la partícula para encontrar un mejor valor propio y un mejor valor global mediante comparar la respuesta calculada con el valor real de la respuesta de velocidad; y

25 e. actualizar (82) una posición y una velocidad para cada partícula en base al mejor valor propio y el mejor valor global determinados.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de establecer un sistema de control de velocidad lineal (26) comprende además las etapas de:

30 determinar un conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando el conjunto de parámetros programables determinado por un número de partículas fijo, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45); y

para cada conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45):

Etapa 0: inicializar (72) contador de iteraciones = 0;

35 Etapa 1: determinar (74) un sistema de control de velocidad real, $\Delta\omega(k)$, para el motor diesel utilizando la salida de potencia real, $P_E(k)$, del generador como un número predeterminado de muestras, $k= 1, \dots, N$, durante un periodo de tiempo predeterminado.

Etapa 2: inicializar (76) cada posición de partícula a valores típicos en base a las especificaciones del equipo en el grupo generador diesel (10) y cada velocidad de partícula a cero;

Etapa 3: inicializar (78) contador de partículas = 0;

40 Etapa 4: calcular (80) la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente, $\Delta\omega_m(k)$, con una posición de partícula seleccionada, en base a la salida de potencia real $P_E(k)$, $k= 1, \dots, N$;

Etapa 5: calcular (82) una función de aptitud:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega(k) - \Delta\omega_m(k))^2$$

45 para elegir el mejor valor x_n^{seff} en base a la respuesta del sistema de control de velocidad real y la respuesta del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente;

Etapa 6: encontrar (90) el mejor valor x_n^{self} de la partícula, actualizando el valor x^{global} y actualizando unas nuevas posición y velocidad de la partícula, utilizando las ecuaciones:

$$v_{k+1} = \alpha v_k + \beta_1 rand_1 (x_k^{self} - x_k) + \beta_2 rand_2 (x^{global} - x_k)$$

$$x_{k+1} = x_k + v_k$$

5 Etapa 7: hasta que se calculan todas las partículas en base al contador de partículas y al número de partículas predeterminado, incrementar (84) el contador de partículas y repetir las etapas anteriores 4 a 6 para cada partícula;

Etapa 8: si (86) el contador de partículas es igual al número de partículas total en el conjunto de parámetros programables, ir a la etapa 9. Si no, ir a la etapa 4;

Etapa 9: incrementar (92) el contador de iteraciones; y

10 Etapa 10: si (94) el contador de iteraciones es menor o igual que un número máximo predeterminado de iteraciones, ir a la etapa 3.

15 4. El procedimiento según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que el conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) comprende por lo menos uno de: H = inercia total del motor, T_A = constante de tiempo del dispositivo de accionamiento, K_P , K_I , K_D = parámetros del controlador (PID) y caída de velocidad.

20 5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) comprende además la etapa de determinar un conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) determinado por un número de partículas predeterminado; y

para cada partícula:

a. inicializar (140) cada posición de partícula,

b. determinar (138) una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal equivalente en base a la carga de potencia real nominal del generador;

25 c. calcular (144) una respuesta de velocidad del sistema de control de velocidad lineal (26) y la característica de anticipación de carga (96) con una posición de partícula seleccionada, utilizando la carga de potencia real y la desviación de velocidad;

30 d. determinar (152) una evaluación de aptitud de la partícula para encontrar un mejor valor propio y un mejor valor global, comparando la respuesta de velocidad calculada con la respuesta de velocidad deseada; y

e. actualizar (152) una posición y una velocidad para cada partícula en base al mejor valor propio y el mejor valor global determinados.

35 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) comprende además la etapa de:

determinar un conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando determinado el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) mediante un número de partículas fijo, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104); y

40 para cada conjunto de parámetros programables:

Etapa 0: inicializar (136) el contador de iteraciones = 0.

Etapa 1: determinar (138) una respuesta de velocidad deseada, $\Delta\omega_d(k)$, del sistema de control de velocidad lineal utilizando la salida de potencia real, $P_E(k)$, como un número predeterminado de muestras $k= 1, \dots, N$, durante un periodo de tiempo predeterminado;

45 Etapa 2: inicializar (140) cada posición de partícula y cada velocidad de partícula a cero.

Etapa 3: inicializar (142) contador de partículas = 0;

Etapa 4: calcular (144) la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) y la característica de

anticipación de carga (96), $\Delta\omega_m(k)$, con una posición de partícula seleccionada, en base a la salida de potencia real, $P_E(k)$, $k= 1, \dots, N$;

Etapa 5: calcular (146) una función de aptitud:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega_d(k) - \Delta\omega_m(k))^2$$

5 para elegir el mejor valor x_n^{self} en base al sistema de control de velocidad lineal equivalente y a la respuesta de la característica de anticipación de carga y la respuesta de velocidad deseada;

Etapa 6: encontrar (152) el mejor valor x_n^{self} de la partícula, actualizando el valor x^{global} y actualizando unas nuevas posición y velocidad de la partícula, utilizando las ecuaciones:

$$v_{k+1} = \alpha v_k + \beta_1 rand_1(x_k^{self} - x_k) + \beta_2 rand_2(x^{global} - x_k)$$

10 $x_{k+1} = x_k + v_k$

Etapa 7: hasta que se calculan todas las partículas en base al contador de partículas y al número de partículas predeterminado, incrementar (148) el contador de partículas y repetir las etapas anteriores 4 a 6 para cada partícula;

Etapa 8: si (150) el contador de partículas es igual al número de partículas total en el conjunto de parámetros programables, ir a la etapa 9. Si no, ir a la etapa 4;

15 Etapa 9: incrementar (154) el contador de iteraciones; y

Etapa 10: si (156) el contador de iteraciones es menor o igual que un número máximo predeterminado de iteraciones, ir a la etapa 3.

20 7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la respuesta de velocidad deseada, $\Delta\omega_d(k)$, del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) se determina en base a $K_{desired}$ y a la respuesta de velocidad real del grupo generador diesel (10).

8. El procedimiento según la reivindicación 5 o la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) comprende por lo menos uno de: T_W = constante de tiempo de lavado, K_W = ganancia de salida, T_{LEAD} = constante de avance de fase y T_{LAG} = constante de tiempo de latencia.

25 9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:

medir una carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel (10) mediante un sensor acoplado eléctricamente al grupo generador diesel (10); y

30 proporcionar dicho por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) al aparato procesador de datos informáticos (1004) que tiene memoria informática (1006), conteniendo la memoria informática (1006) instrucciones ejecutables por ordenador para implementar el sistema de control de velocidad lineal (26) y la característica de anticipación de carga (96), incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador para implementar la característica de anticipación de carga (96) instrucciones ejecutables por ordenador para generar una salida de control en base a la carga de potencia real medida y a dicho por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96).

35 proporcionar la salida de control al regulador de velocidad (18), ajustando el regulador de velocidad (18) la velocidad del motor diesel en base a la salida de control.

10. El procedimiento según la reivindicación 9, en el que la etapa de proporcionar la salida de control al regulador de velocidad (18) comprende además:

40 una etapa de bloquear la salida de control al regulador de velocidad (18) salvo que la carga de potencia real medida supere un porcentaje predeterminado de la carga de potencia nominal del generador; o

una etapa de activar la salida de control del regulador de velocidad (18) cuando la tasa de cambio de la carga de potencia real supera una cantidad programable.

45 11. Un sistema para proporcionar una característica de anticipación de carga (96) para un grupo generador diesel (10) que incluye un motor diesel (10), un generador (14), un regulador de velocidad (18) y un regulador automático de tensión (20), que comprende:

un aparato procesador de datos informáticos (1002) que tiene una interfaz de comunicaciones (1026) y está acoplado operativamente a memoria informática (1006) que contiene instrucciones ejecutables por ordenador, estando el aparato procesador de datos informáticos (1002) configurado para ejecutar las instrucciones ejecutables por ordenador, caracterizado por que las instrucciones ejecutables por ordenador están estructuradas para:

- 5 establecer un sistema de control de velocidad lineal (26), correspondiéndose aproximadamente la respuesta del sistema de control de velocidad lineal (26) a la respuesta de velocidad no lineal del grupo generador diesel (10); y
- establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) en base a la carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel (10) y una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal (26);
- 10 implementar el sistema de control de velocidad lineal (26) y la característica de anticipación de carga (96).
12. El sistema según la reivindicación 11, que comprende además:
- un sensor para medir la carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel (10);
- una interfaz de datos de entrada (1024) para recibir una medición de la carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel (10),
- 15 las instrucciones ejecutables por ordenador estando además estructuradas para generar una salida de control en base a la carga de potencia real medida y a dicho por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96); e
- 20 incluyendo el regulador de velocidad (18) una interfaz de comunicaciones acoplada operativamente a la interfaz de comunicaciones (1026) del aparato procesador de datos informáticos (1002), recibiendo la interfaz de comunicaciones del regulador de velocidad (18) la salida de control transmitida desde la interfaz de comunicaciones (1026) del aparato procesador de datos informáticos, ajustando el regulador de velocidad (18) la velocidad del motor diesel en base a la salida de control.
13. El sistema según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que las instrucciones ejecutables por ordenador estructuradas para establecer un sistema de control de velocidad lineal (26) están estructuradas además para:
- 25 determinar un conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal (26) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando determinado el conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) por un número de partículas predeterminado, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45); y
- para cada partícula:
- 30 a. inicializar (76) cada posición de partícula,
- b. determinar un valor real de la respuesta de velocidad del grupo generador diesel (10) en base a una carga de potencia real del generador;
- c. calcular una respuesta del sistema de control de velocidad lineal con una posición de partícula seleccionada, utilizando la carga de potencia real y la desviación de velocidad,
- 35 d. determinar (80, 82) una evaluación de aptitud de la partícula para encontrar un mejor valor propio y un mejor valor global mediante comparar la respuesta calculada con el valor real de la respuesta de velocidad, y
- e. actualizar (82) una posición y una velocidad para cada partícula en base al mejor valor propio y el mejor valor global determinados.
- 40 14. El sistema según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que las instrucciones ejecutables por ordenador estructuradas para establecer un sistema de control de velocidad lineal (26) están estructuradas además para:
- determinar un conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal (26) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando determinado el conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) por un número de partículas fijo, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45); y
- 45 para cada conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45):
- Etapla 0: inicializar (72) contador de iteraciones = 0;
- Etapla 1: determinar (74) un sistema de control de velocidad real, $\Delta\omega(k)$, para el motor diesel utilizando la salida de potencia real, $P_E(k)$, del generador como un número predeterminado de muestras, $k= 1, \dots, N$, durante un periodo de tiempo predeterminado.

Etapa 2: inicializar (76) cada posición de partícula a valores típicos en base a las especificaciones del equipo en el grupo generador diesel y cada velocidad de partícula a cero;

Etapa 3: inicializar (78) contador de partículas = 0;

5 Etapa 4: calcular (80) la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente, $\Delta\omega_m(k)$, con una posición de partícula seleccionada, en base a la salida de potencia real $P_E(k)$, $k= 1, \dots, N$;

Etapa 5: calcular (82) una función de aptitud:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega(k) - \Delta\omega_m(k))^2$$

para elegir el mejor valor x_n^{self} en base a la respuesta del sistema de control de velocidad real y la respuesta del modelo del sistema de control de velocidad lineal equivalente;

10 Etapa 6: encontrar (90) el mejor valor x_n^{self} de la partícula, actualizando el valor x^{global} y actualizando unas nuevas posición y velocidad de la partícula, utilizando las ecuaciones:

$$v_{k+1} = \alpha v_k + \beta_1 rand_1(x_k^{self} - x_k) + \beta_2 rand_2(x_k^{global} - x_k)$$

$$x_{k+1} = x_k + v_k$$

15 Etapa 7: hasta que se calculan todas las partículas en base al contador de partículas y al número de partículas predeterminado, incrementar (84) el contador de partículas y repetir las etapas anteriores 4 a 6 para cada partícula;

Etapa 8: si (86) el contador de partículas es igual al número de partículas total en el conjunto de parámetros programables, ir a la etapa 9. Si no, ir a la etapa 4;

Etapa 9: incrementar (92) el contador de iteraciones; y

20 Etapa 10: si (94) el contador de iteraciones es menor o igual que un número máximo predeterminado de iteraciones, ir a la etapa 3.

15. El sistema según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en el que el conjunto de parámetros programables (40, 42, 44, 45) del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) comprende por lo menos uno de: H = inercia total del motor, T_A = constante de tiempo del dispositivo de accionamiento, K_P , K_I , K_D = parámetros del controlador (PID) y caída de velocidad.

25 16. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 11, 13, 14 o 15, en el que las instrucciones ejecutables por ordenador estructuradas para establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) están además estructuradas para:

30 determinar un conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) determinado por un número de partículas predeterminado; y

para cada partícula:

a. inicializar (140) cada posición de partícula,

b. determinar (138) una respuesta de velocidad deseada del sistema de control de velocidad lineal equivalente en base a la carga de potencia real nominal del generador;

35 c. calcular (144) una respuesta de velocidad del sistema de control de velocidad lineal (26) y la característica de anticipación de carga (96) con una posición de partícula seleccionada, utilizando la carga de potencia real y la desviación de velocidad;

d. determinar (152) una evaluación de aptitud de la partícula para encontrar un mejor valor propio y un mejor valor global, comparando la respuesta de velocidad calculada con la respuesta de velocidad deseada; y

40 e. actualizar (152) una posición y una velocidad para cada partícula en base al mejor valor propio y el mejor valor global determinados.

17. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 11, 13, 14 o 15, en el que las instrucciones ejecutables por ordenador estructuradas para establecer por lo menos un parámetro programable (98, 100, 102, 104) de la

característica de anticipación de carga (96) están además estructuradas para:

determinar un conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) utilizando optimización por enjambre de partículas, estando determinado el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) mediante un número de partículas fijo, en el que la posición de cada partícula representa un diferente conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104); y

para cada conjunto de parámetros programables:

Etapa 0: inicializar (136) el contador de iteraciones = 0.

Etapa 1: determinar (138) una respuesta de velocidad deseada, $\Delta\omega_d(k)$, del sistema de control de velocidad lineal utilizando la salida de potencia real, $P_E(k)$, como un número predeterminado de muestras $k= 1, \dots, N$, durante un periodo de tiempo predeterminado;

Etapa 2: inicializar (140) cada posición de partícula y cada velocidad de partícula a cero.

Etapa 3: inicializar (142) contador de partículas = 0;

Etapa 4: calcular (144) la respuesta del sistema de control de velocidad lineal equivalente y la característica de anticipación de carga, $\Delta\omega_m(k)$, con una posición de partícula seleccionada, en base a la salida de potencia real, $P_E(k)$, $k= 1, \dots, N$;

Etapa 5: calcular (146) una función de aptitud:

$$J = \sum_{k=1}^N (\Delta\omega_d(k) - \Delta\omega_m(k))^2$$

para elegir el mejor valor x_n^{self} en base al sistema de control de velocidad lineal equivalente y a la respuesta de la característica de anticipación de carga y la respuesta de velocidad deseada;

Etapa 6: encontrar (152) el mejor valor x_n^{self} de la partícula, actualizando el valor x^{global} y actualizando unas nuevas posición y velocidad de la partícula, utilizando las ecuaciones:

$$v_{k+1} = \alpha v_k + \beta_1 rand_1(x_k^{self} - x_k) + \beta_2 rand_2(x^{global} - x_k)$$

$$x_{k+1} = x_k + v_k$$

Etapa 7: hasta que se calculan todas las partículas en base al contador de partículas y al número de partículas predeterminado, incrementar (148) el contador de partículas y repetir las etapas anteriores 4 a 6 para cada partícula;

Etapa 8: si (150) el contador de partículas es igual al número de partículas total en el conjunto de parámetros programables, ir a la etapa 9. Si no, ir a la etapa 4;

Etapa 9: incrementar (154) el contador de iteraciones; y

Etapa 10: si (156) el contador de iteraciones es menor o igual que un número máximo predeterminado de iteraciones, ir a la etapa 3.

18. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 11, 13, 14 o 15, en el que la respuesta de velocidad deseada, $\Delta\omega_d(k)$, del sistema de control de velocidad lineal equivalente (26) se determina en base a $K_{desired}$ y a la respuesta de velocidad real del grupo generador diesel (10).

19. El sistema según la reivindicación 16 o la reivindicación 17 o la reivindicación 18, en el que el conjunto de parámetros programables (98, 100, 102, 104) de la característica de anticipación de carga (96) comprende por lo menos uno de: T_W = constante de tiempo de lavado, K_W = ganancia de salida, T_{LEAD} = constante de avance de fase y T_{LAG} = constante de tiempo de latencia.

20. El sistema según la reivindicación 13, en el que las instrucciones ejecutables por ordenador están estructuradas además de manera que:

la salida de control al regulador de velocidad (18) comprende además la etapa de bloquear la salida de control al regulador de velocidad (18) salvo que la carga de potencia real medida supere un porcentaje predeterminado de la carga de potencia nominal del generador; o

la transmisión de la salida de control al regulador de velocidad (18) se activa cuando la tasa de cambio de la carga de potencia real aplicada al grupo generador diesel supera una cantidad programable.

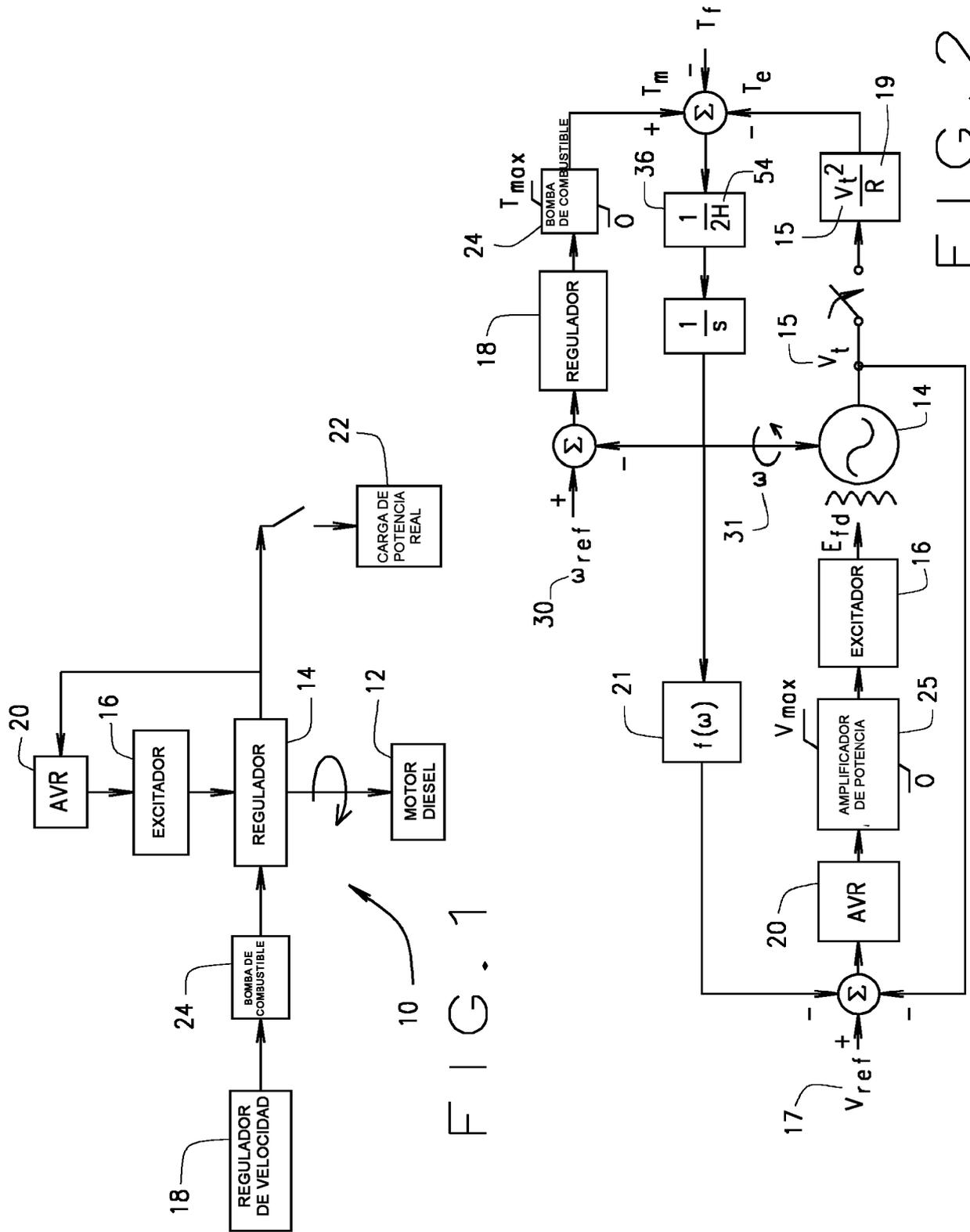


FIG. 2

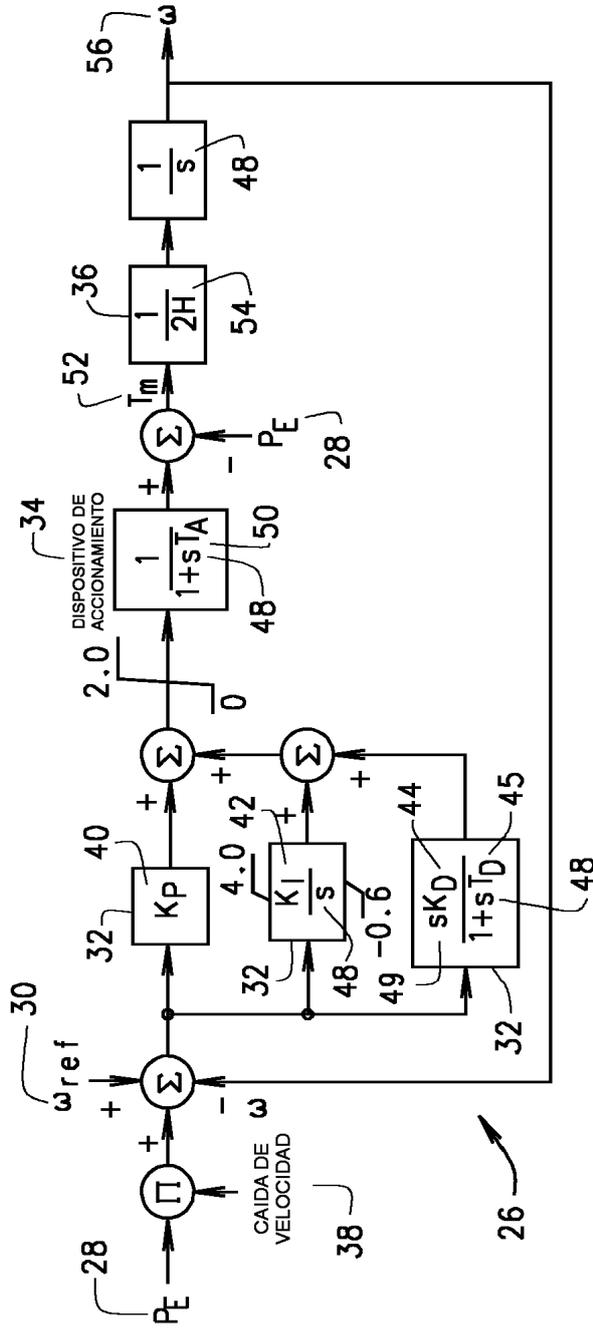


FIG. 3

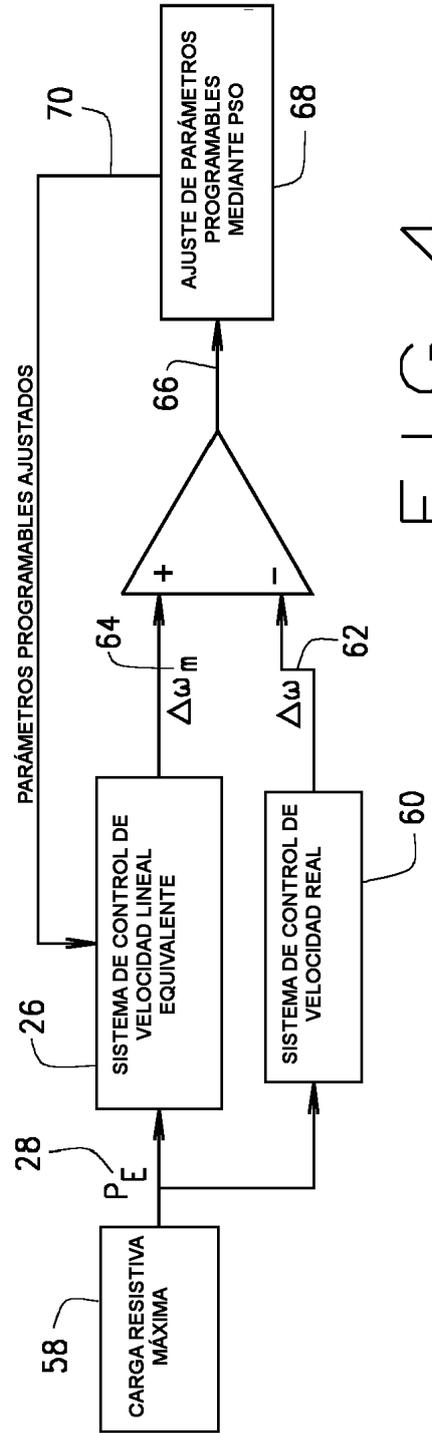


FIG. 4

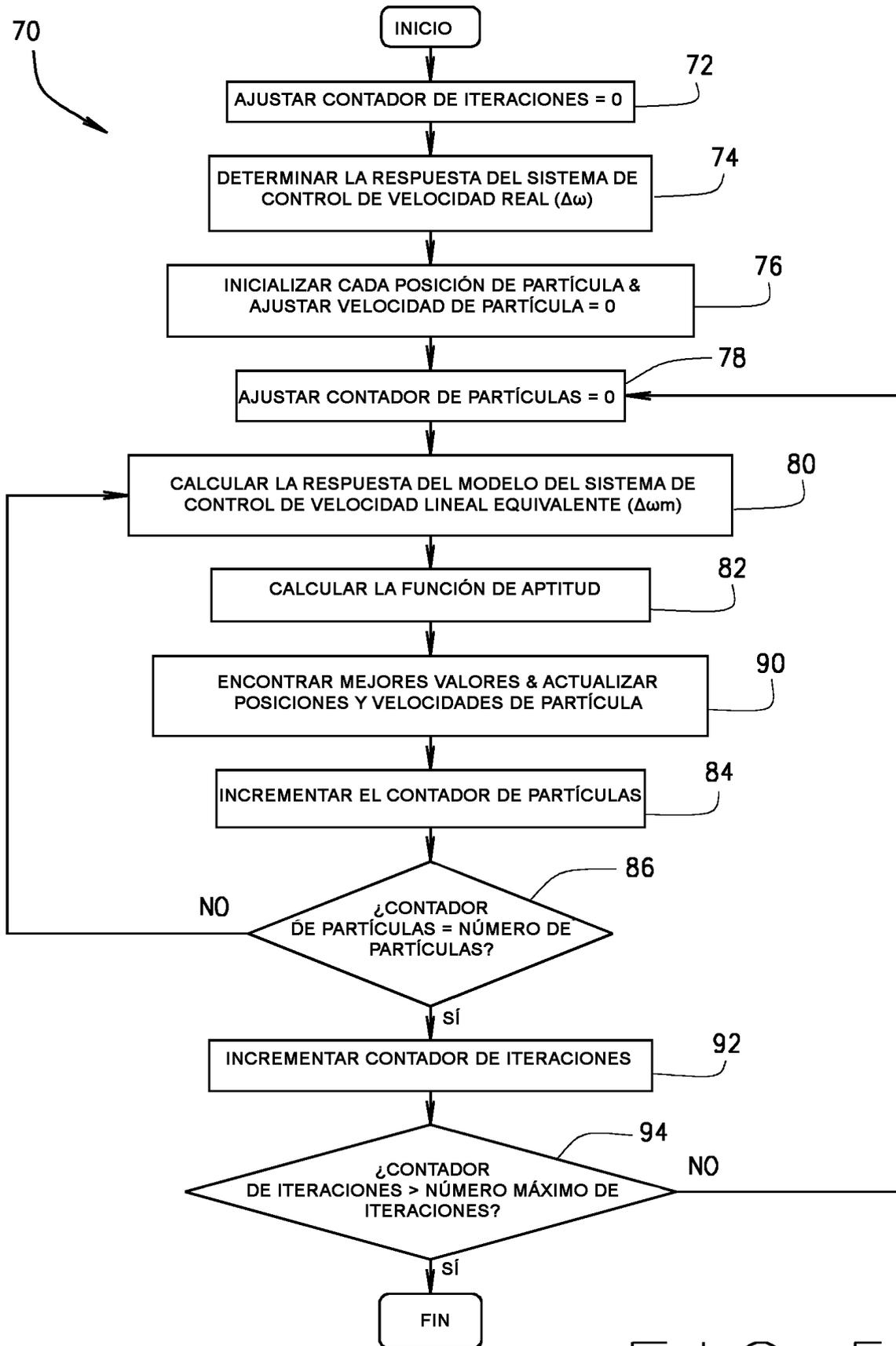


FIG. 5

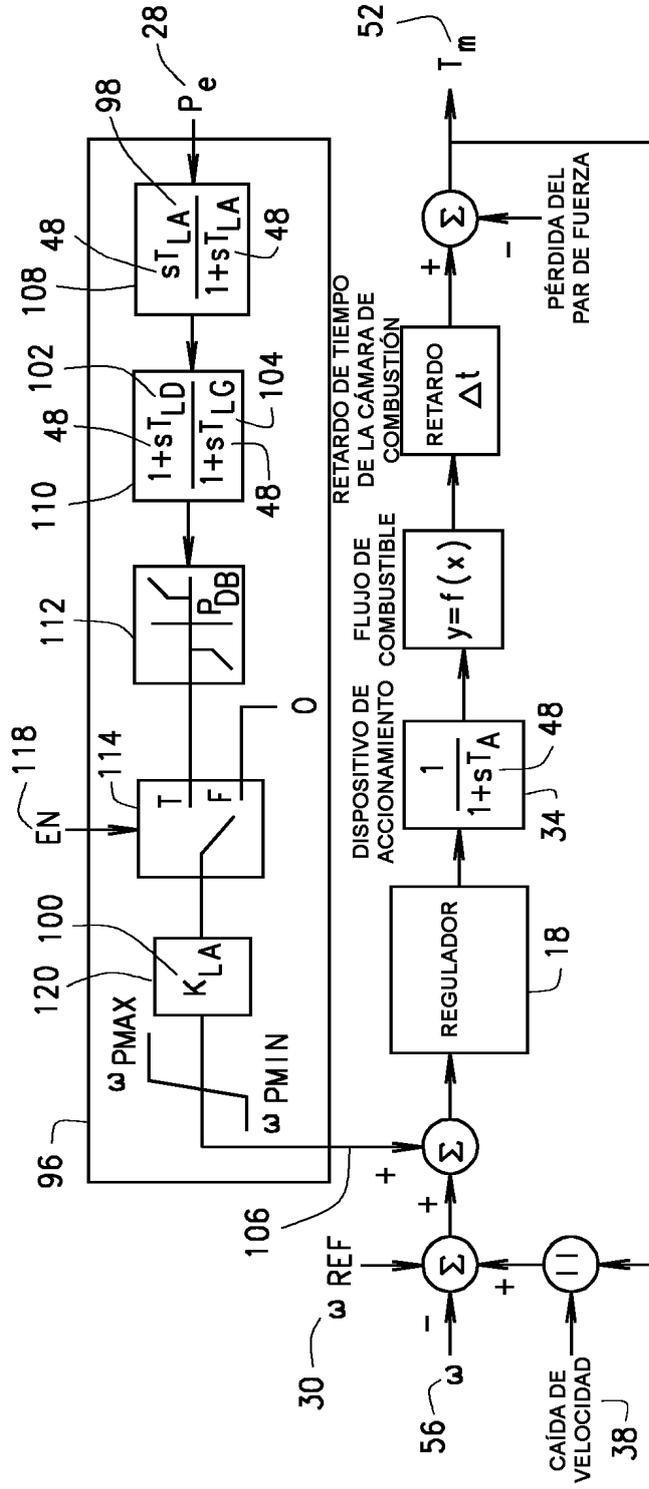


FIG. 6

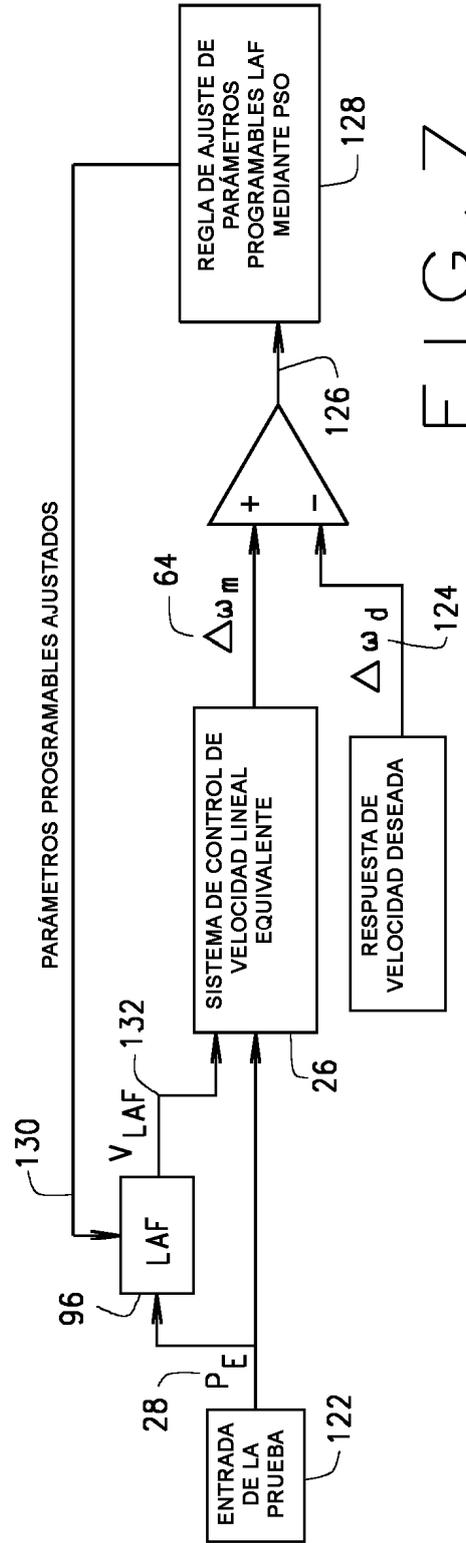


FIG. 7

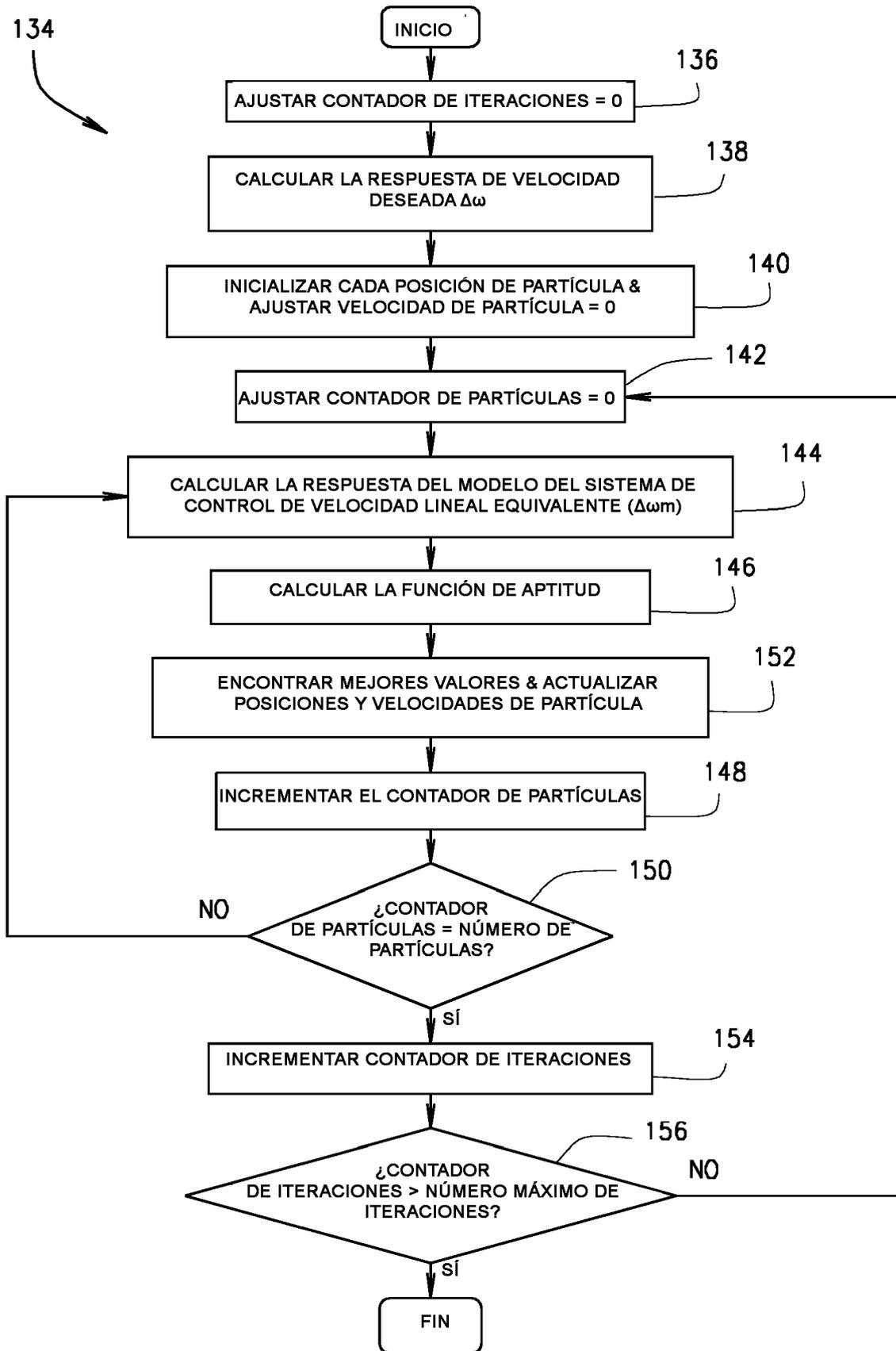


FIG. 8

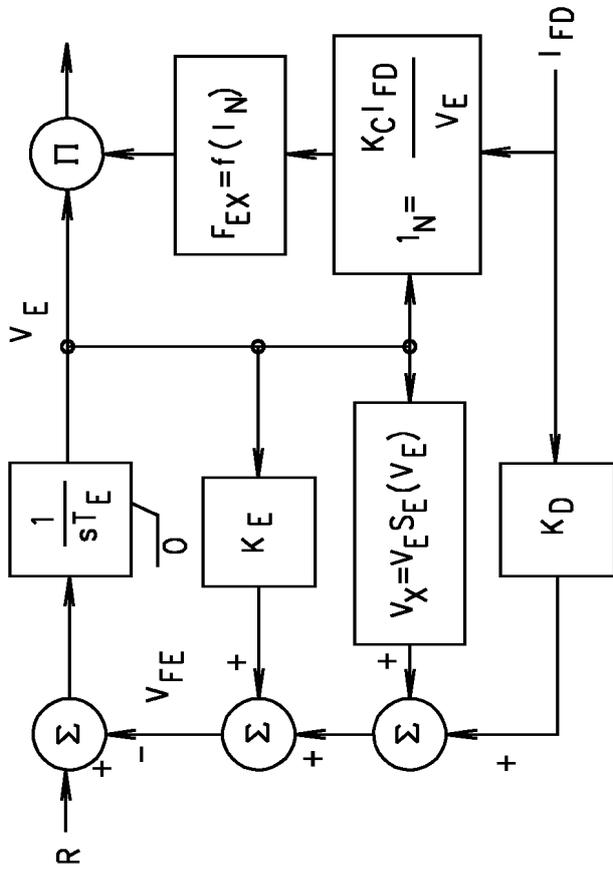


FIG. 9A

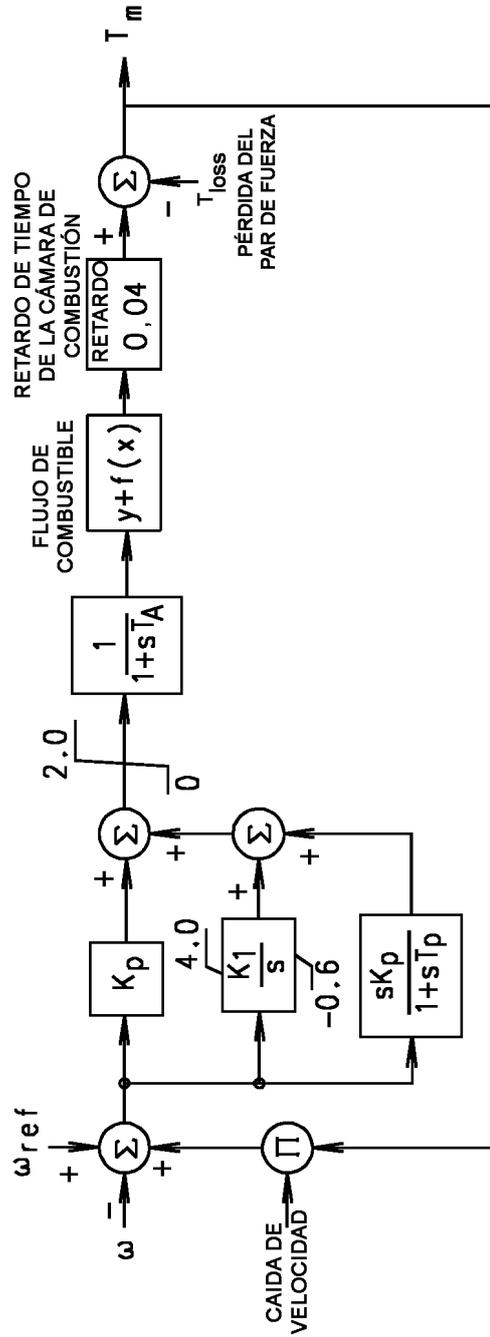


FIG. 9B

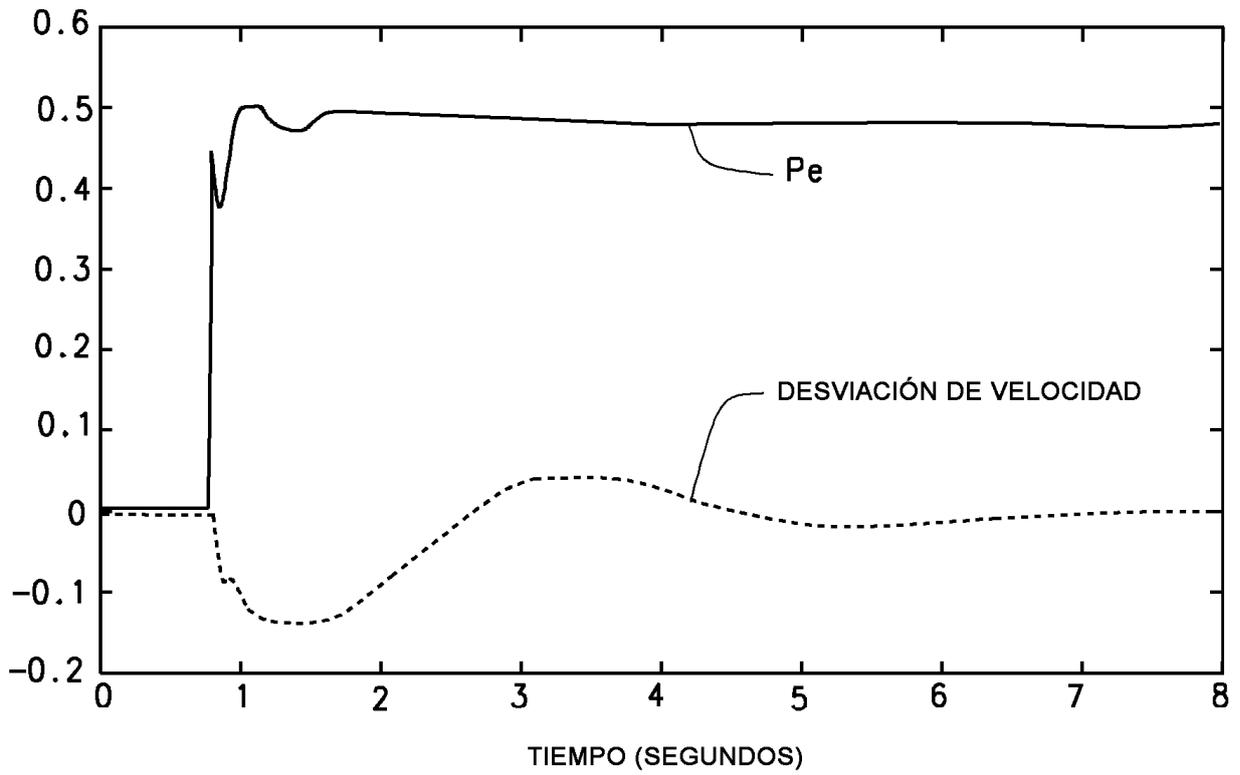


FIG. 10

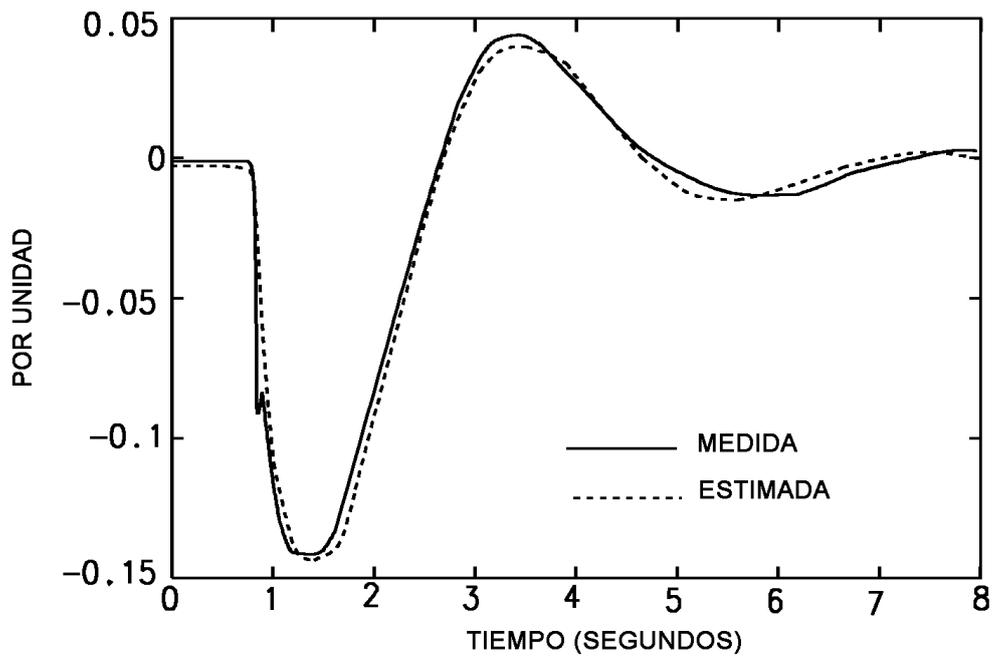


FIG. 11

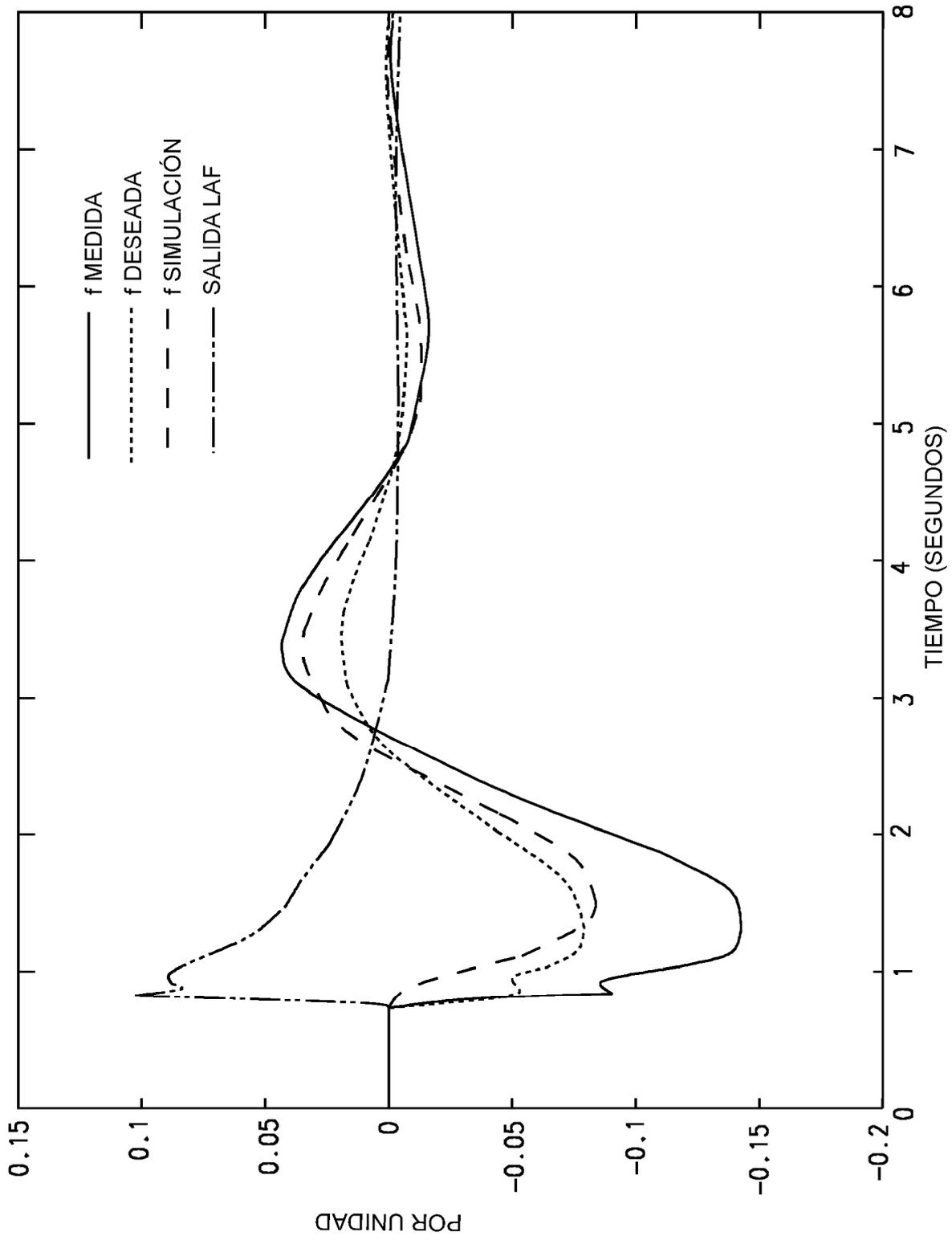


FIG. 12

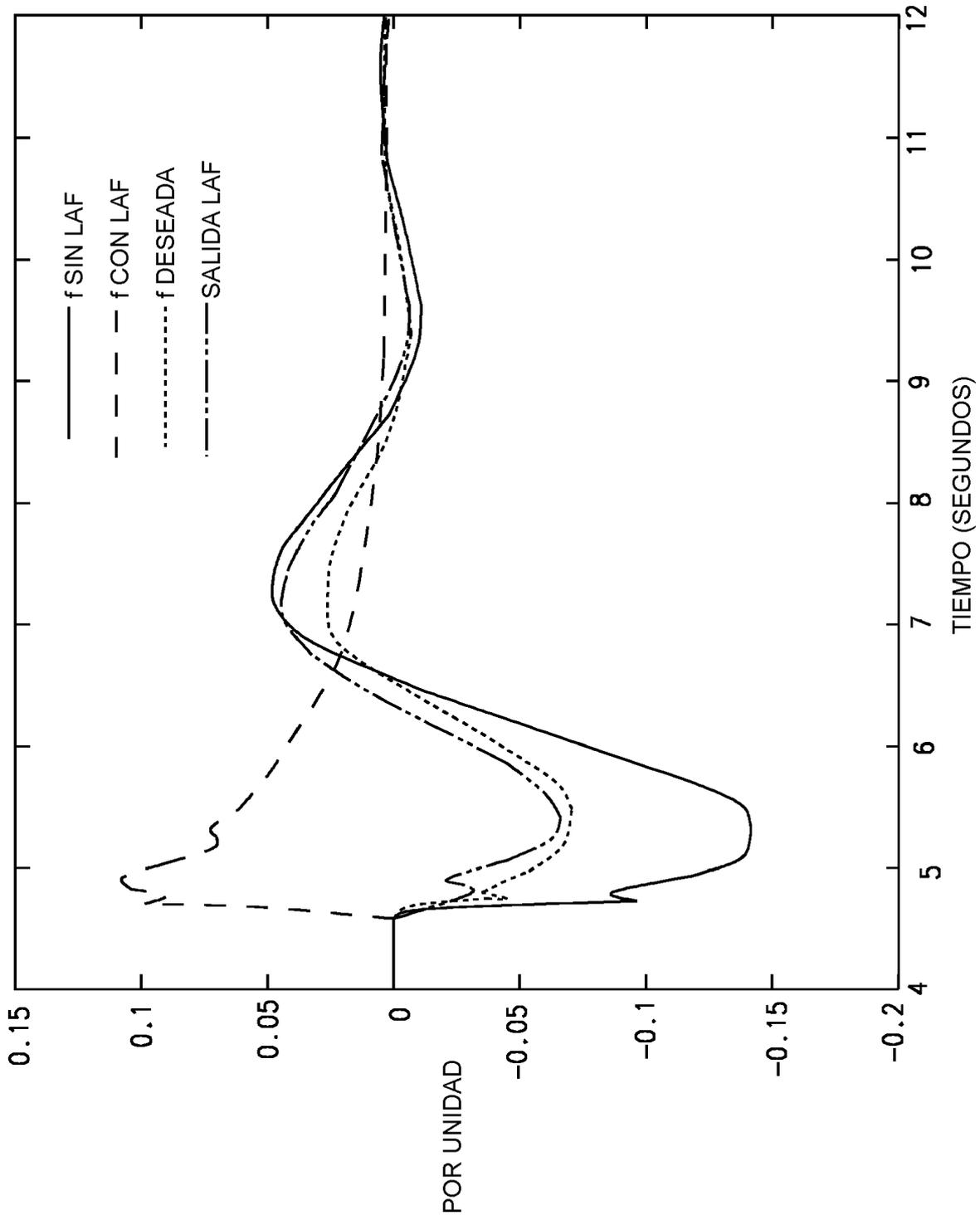


FIG. 13

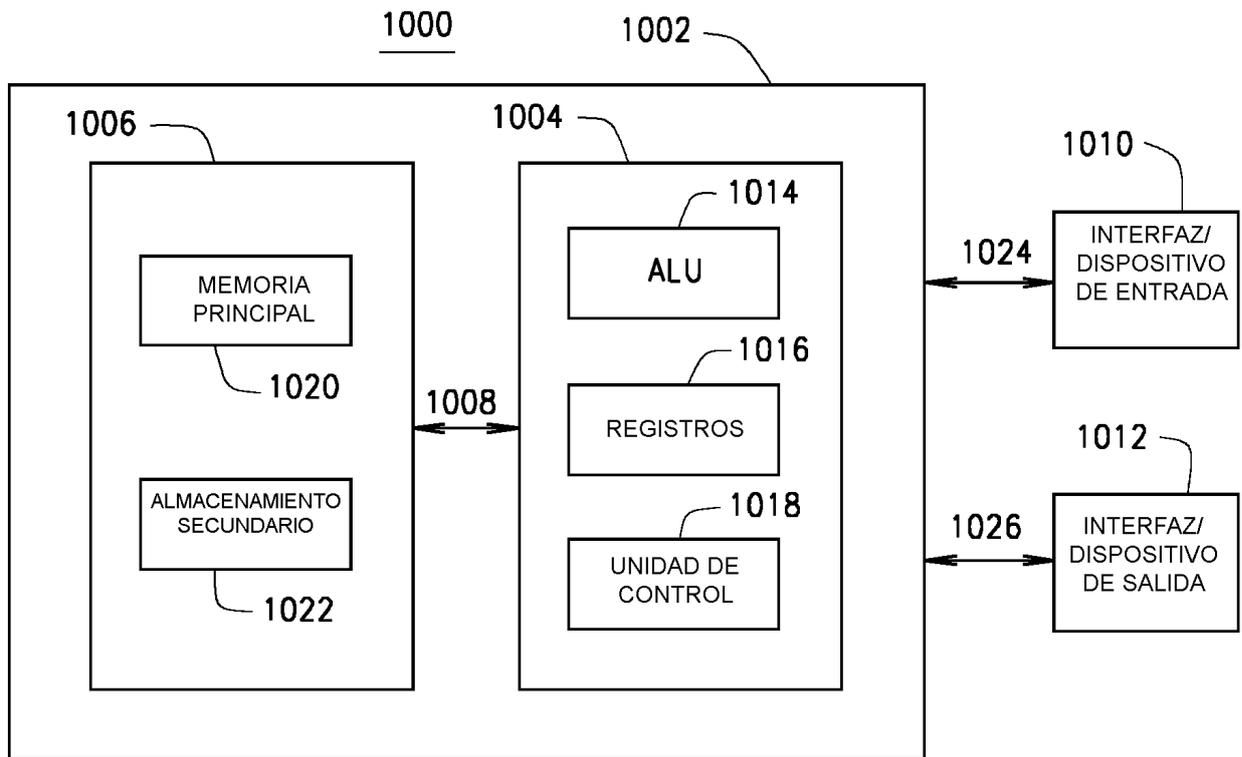


FIG. 14