

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 948**

51 Int. Cl.:

B66B 1/30 (2006.01)

H02P 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2009 E 09779628 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2015 EP 2303744**

54 Título: **Procedimiento de ajuste del lazo de velocidad de un variador de velocidad**

30 Prioridad:

30.06.2008 FR 0854388

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2015

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
(100.0%)
33, rue André Blanchet
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**CAPITANEANU, STÉFAN;
BASIC, DURO y
MALRAIT, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 550 948 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

Procedimiento de ajuste del lazo de velocidad de un variador de velocidad

La presente invención se refiere a un procedimiento de ajuste de un lazo de regulación de velocidad de un variador de velocidad, controlando el variador de velocidad un motor eléctrico síncrono o asíncrono destinado a arrastrar una carga de elevación, en particular una cabina de ascensor.

Para controlar un motor eléctrico, un variador de velocidad consta habitualmente de un sistema de control que presenta un lazo de regulación de la velocidad del motor y un lazo de regulación de la corriente enviada en las diferentes fases del motor. En una aplicación de elevación, en particular en un ascensor, es especialmente importante ajustar bien los parámetros de los lazos de regulación de corriente y de regulación de velocidad del variador de velocidad que controla el motor de elevación de la cabina. En efecto, el correcto ajuste de estos lazos de regulación influye directamente, por una parte, en los rendimientos globales del ascensor y, por otra parte, en las sensaciones de confort y de seguridad que perciben los usuarios del ascensor. Sin embargo, esta regulación se muestra a veces larga y/o complicada de implementar en el momento de la puesta en servicio del variador de velocidad.

El documento US 5 929 400 describe ya un procedimiento que permite una puesta en servicio automática de un variador de velocidad en una aplicación de elevación. Sin embargo, este método consta de una fase de precalibrado antes del arranque durante la cual es en particular necesario inyectar corriente en el motor manteniendo el rotor bloqueado.

El documento JP 08 012206 muestra un dispositivo que permite ajustar el lazo de regulación de velocidad de un ascensor. Este dispositivo necesita sin embargo la utilización de un sensor de carga que permita determinar la masa real de la cabina de ascensor, de tal modo que se ajuste automáticamente la ganancia proporcional del lazo de regulación de velocidad.

La invención tiene, por lo tanto, como objetivo facilitar y simplificar la puesta en servicio de un variador de velocidad que controla un motor de elevación, ofreciendo una estimación de la ganancia proporcional y de la ganancia integral del lazo de regulación de velocidad. Estas ganancias se calculan basándose únicamente en un reducido número de parámetros de usuario que hay que introducir, sin necesitar unas etapas de inyección de corriente, lo que permite tener simplemente un ajuste previo del lazo de regulación de velocidad. De manera ventajosa, este ajuste se hace *off-line*, es decir que las ganancias se calculan una única vez a partir de unos parámetros introducidos, y ya no necesita ajuste de las ganancias en función de la masa real de la carga durante el funcionamiento del ascensor. El procedimiento es, por lo tanto, simple y económico, ya que no necesita sensor de carga.

Además, dichos parámetros que hay que introducir corresponden de manera ventajosa a unas magnitudes físicas conocidas de la aplicación. Como se pueden identificar fácilmente, estas magnitudes físicas las puede introducir por lo tanto muy fácilmente un usuario. La invención permite, por lo tanto, reducir el tiempo y el coste de la implementación de un variador de velocidad en una aplicación de elevación, por ejemplo de tipo ascensor.

Para ello, la invención describe un procedimiento de ajuste de un lazo de regulación de velocidad de un variador de velocidad que está destinado a controlar un motor conectado a una carga de elevación que consta de una cabina de ascensor. El procedimiento consta de una etapa de cálculo de una ganancia proporcional y de una ganancia integral del lazo de regulación de velocidad, en función de la velocidad nominal lineal de la cabina, de la frecuencia nominal de rotación del motor, del número de pares de polos del motor y de la masa total de la carga. La masa total es un parámetro predeterminado no medido por el sensor.

De acuerdo con una característica, la carga consta de una cabina de ascensor y la masa total de la carga es proporcional a la capacidad nominal de la cabina de ascensor, a la masa de la cabina de ascensor o a la masa de un contrapeso de la cabina de ascensor. De manera ventajosa, el procedimiento tiene, por lo tanto, en cuenta no solo la masa de la cabina de ascensor sino la masa total del conjunto del sistema.

De acuerdo con otra característica, el procedimiento consta también de una etapa de cálculo de una inercia del motor en función del par nominal del motor y del número de pares de polos del motor, para afinar el cálculo de la ganancia proporcional y de la ganancia integral del lazo de regulación de velocidad.

De acuerdo con otra característica, el procedimiento consta también de una etapa de cálculo de una constante de tiempo de filtrado de la medición de velocidad en función del par nominal del motor y de una información representativa de la resolución de un codificador de medición de velocidad del motor, para afinar el cálculo de la ganancia proporcional y de la ganancia integral del lazo de regulación de velocidad.

La invención también se refiere a un variador de velocidad que consta de un sistema de control que realiza un lazo de regulación de velocidad y destinado a controlar un motor conectado a una carga de elevación, constando el sistema de control del variador de velocidad de unos bloques de cálculo que implementan dicho procedimiento de ajuste.

Se van a mostrar otras características y ventajas en la descripción detallada que viene a continuación haciendo referencia a una forma de realización dada a título de ejemplo y representada en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa una vista parcial de un sistema de control de un variador de velocidad que controla un motor;
- 5 - la figura 2 muestra un cuadro sinóptico simplificado de acuerdo con la invención del cálculo de la ganancia K_P proporcional y de la ganancia K_I integral del lazo de regulación de velocidad.

En referencia a la figura 1, un variador de velocidad consta de un sistema de control con el objetivo de controlar un motor M eléctrico. El motor M es un motor síncrono o asíncrono que está destinado a arrastrar una carga de tipo elevación, por ejemplo una aplicación de tipo ascensor. En este tipo de aplicación, la carga (no representada en las figuras) consta por tanto principalmente de una cabina de ascensor, de su contrapeso y de los cables asociados.

El sistema de control del variador consta de un regulador 5 de velocidad que realiza un lazo de regulación de velocidad. De forma conocida, el regulador 5 de velocidad recibe en la entrada una consigna procedente de una desviación entre una referencia V_{ref} de velocidad de rotación del motor M y una medición V_{med} de velocidad de rotación del motor M. El regulador 5 de velocidad utiliza una ganancia K_P proporcional y una ganancia K_I integral para realizar el lazo de regulación de velocidad. La salida del regulador 5 de velocidad proporciona una referencia I_{qref} de la corriente del par motor. La medición M_{med} de velocidad la proporciona por ejemplo un módulo 9 de medición.

El sistema de control del variador realiza también un lazo de regulación de la corriente. Para ello, consta de un regulador 6 de corriente de par I_q y de un regulador 7 de corriente de flujo I_d . El regulador 6 de corriente de par recibe en la entrada una consigna procedente de una desviación entre la referencia I_{qref} de la corriente de par y una medición I_{qmed} de la corriente de par. Las salidas de los reguladores 6 y 7 de corriente se transforman a continuación en corrientes variables enviadas en cada fase del motor M por un módulo 8 de transformación.

La figura 2 presenta un cuadro sinóptico que muestra diferentes bloques de cálculo del sistema de control del variador de velocidad, lo que permite hacer una estimación de una ganancia K_P proporcional y de una ganancia K_I integral del lazo de regulación de velocidad, de acuerdo con la invención. Estas ganancias K_P y K_I las utiliza el regulador 5 de velocidad para realizar el lazo de regulación de velocidad.

Un primer bloque 10 de cálculo tiene como función determinar la masa M_{tot} total de la carga desplazada. Un segundo bloque 20 de cálculo tiene como función determinar la inercia J_{load} de la carga utilizando la masa M_{tot} total calculada en el primer bloque 10. Un tercer bloque 30 de cálculo tiene como función determinar K_P y K_I utilizando la inercia J_{load} de la carga calculada en el segundo bloque 20.

Opcionalmente, el tercer bloque 30 de cálculo puede utilizar un valor de la inercia J_{mot} del motor calculada en un cuarto bloque 40 de cálculo. Del mismo modo, el tercer bloque 30 de cálculo puede utilizar un valor de coeficiente de ancho de banda calculado en un quinto bloque 50 de cálculo (véanse los detalles más adelante).

En el caso de un ascensor, la inercia J_{load} de la carga tiene en cuenta la inercia de la cabina de ascensor cuando esta está cargada con una capacidad nominal del ascensor así como la inercia del contrapeso de la cabina, fuera de la inercia del motor. La inercia de los cables del ascensor se considera insignificante. La inercia J_{load} de la carga se calcula a partir de los siguientes parámetros: M_{tot} = masa total de la carga desplazada, F_{nom} = frecuencia nominal de rotación del motor, P_N = número de pares de polos del motor, V_{nom} = velocidad lineal nominal de la cabina, por medio de la siguiente fórmula:

$$J_{load} = M_{tot} * (V_{nom} * P_N / (2\pi * F_{nom}))^2$$

La frecuencia F_{nom} nominal de rotación del motor representa la frecuencia nominal de rotación del rotor del motor. En el caso de un motor síncrono, la frecuencia F_{nom} nominal de rotación del motor corresponde a la frecuencia de alimentación eléctrica del estator. En el caso de un motor asíncrono, la frecuencia F_{nom} nominal de rotación del motor corresponde a la frecuencia de alimentación eléctrica del estator multiplicada por un coeficiente de deslizamiento que es inferior a 1. Este coeficiente de deslizamiento se puede considerar fijo para el punto nominal de funcionamiento.

De acuerdo con una primera forma de realización simple, la inercia J_{mot} del motor de elevación se selecciona como un valor fijo que se determina previamente en el variador de velocidad sin la intervención de un usuario. La inercia J_{tot} total de la aplicación se determina por tanto de la siguiente forma:

$$J_{tot} = J_{mot} + J_{load} = J_{mot} + M_{tot} * (V_{nom} * P_N / (2\pi * F_{nom}))^2$$

El tercer bloque 30 calcula a continuación la ganancia K_P proporcional y la ganancia K_I integral del lazo de regulación de velocidad. Para ello, el tercer bloque 30 utiliza las siguientes fórmulas:

$$K_P = \alpha * \xi * J_{tot} / P_N$$

$$K_I = \alpha^2 * J_{tot} / P_N$$

5 en las que α corresponde a un coeficiente de ancho de banda del lazo de regulación de velocidad (a veces designado por ω_{BP}) y ξ corresponde a un coeficiente de atenuación (también llamado coeficiente de estabilidad) del lazo de regulación de velocidad. En la primera forma de realización, los valores de estos coeficientes α y ξ son fijos y se determinan previamente en el variador de velocidad, en unos valores respectivamente de α_0 y ξ_0 .

10 El procedimiento de ajuste del lazo de regulación de velocidad consta, por lo tanto, de una etapa de cálculo de las ganancias K_P y K_I . De manera ventajosa, las K_P y K_I se calculan únicamente en función de los siguientes parámetros de usuario: velocidad V_{nom} nominal lineal de la carga, frecuencia F_{nom} nominal de rotación del motor, número de pares de polos P_N del motor y masa M_{tot} total de la carga desplazada. Los parámetros F_{nom} , P_N y V_{nom} corresponden a unas magnitudes físicas que conoce fácilmente un usuario para una aplicación dada, mientras que la masa M_{tot} total puede ser más difícil de conocer para un usuario. La invención propone, por lo tanto, también una estimación simple de la masa M_{tot} total.

15 La masa M_{tot} total de la carga desplazada es igual a la suma de la masa M_{cab} de cabina vacía, de la masa M_{ctp} del contrapeso de la cabina y de la masa M_{load} que corresponde a la capacidad nominal instalada a bordo en la cabina del ascensor, pasando por alto la masa de los cables.

$$M_{tot} = M_{cab} + M_{ctp} + M_{load}$$

20 De manera preferente, la masa M_{tot} total es proporcional a la capacidad M_{load} nominal de la cabina de ascensor que corresponde a una magnitud física que conoce fácilmente un usuario para un ascensor dado. De este modo, indicando únicamente esta capacidad nominal de la cabina, el primer bloque 10 es capaz de hacer una estimación de masa M_{tot} total de la carga. Indistintamente, esta capacidad M_{load} nominal de la cabina la puede introducir el usuario a partir de un número máximo de personas (por ejemplo 8 personas) o directamente a partir del peso equivalente (por ejemplo 600 kg, considerando una media de 75 kg por persona).

25 Del mismo modo, la masa M_{tot} total es proporcional a la masa M_{cab} de la cabina de ascensor vacío o a la masa M_{ctp} del contrapeso de la cabina de ascensor. Estos dos parámetros corresponden también a unas magnitudes físicas fácilmente conocidas por un usuario para una aplicación dada. Las reglas de cálculo utilizadas son, en efecto, las siguientes:

- se considera que el ascensor está equilibrado, por lo tanto la masa M_{ctp} del contrapeso es aproximadamente igual a la masa M_{cab} de la cabina vacía incrementada con la mitad de la capacidad M_{load} nominal de la cabina;
- 30 – la masa M_{cab} de la cabina vacía es aproximadamente igual a la capacidad M_{load} nominal de la cabina;
- la masa de los cables del ascensor es insignificante.

Se obtiene, por tanto:

$$M_{tot} \cong 3,5 * M_{load} \text{ o } M_{tot} \cong 3,5 * M_{cab} \text{ o } M_{tot} \cong 2,33 * M_{ctp}$$

35 La masa M_{tot} total es, por lo tanto, proporcional a cada una de las tres magnitudes físicas, lo que permite hacer rápidamente una estimación de esta. El usuario tiene la elección de introducir solo una de estas magnitudes físicas, para que el primer bloque 10 de cálculo calcule una estimación de la masa M_{tot} total de la carga desplazada.

40 Evidentemente se podrán utilizar otras reglas similares para hacer la estimación de la masa M_{tot} total. Por otra parte, si el usuario es capaz de conocer cada una de las tres magnitudes físicas: masa M_{cab} de la cabina vacía, masa M_{ctp} del contrapeso y capacidad M_{load} nominal de la cabina, entonces estas tres magnitudes se pueden introducir evidentemente de manera individual para calcular de manera más precisa la masa M_{tot} total en el primer bloque 10. En todos los casos, se comprueba que la masa M_{tot} total es un parámetro fijo y predeterminado, que no necesita medirse en tiempo real por un sensor que da la masa real de la cabina durante la utilización del ascensor, para tener en cuenta por ejemplo el número de personas dentro de la cabina.

45 De acuerdo con una segunda forma de realización, la inercia J_{mot} del motor de elevación no es fija y predeterminada, sino que se puede calcular en el cuarto bloque 40 de cálculo, como una función del número de pares de polos P_N del motor y del par T_N nominal del motor. Para calcular una inercia J_{mot} del motor de elevación, el usuario debe por lo tanto introducir un parámetro adicional, esto es el par T_N nominal del motor que es un parámetro fácil de introducir ya que corresponde también a una magnitud física conocida del motor. Esta segunda forma de realización permite mejorar el valor de la inercia J_{tot} total de la aplicación y, por lo tanto, afinar el cálculo de las ganancias K_P y K_I . En el
50 cuarto bloque 40, la inercia J_{mot} del motor se calcula como igual a:

$$J_{mot} = J_0 * (T_N / T_0)^{1,5} * P_N / 2$$

donde T_0 representa un par de base constante igual a 1 N.m y donde J_0 representa un coeficiente de inercia fijo que se selecciona como sustancialmente igual a 10^{-5} kg.m².

5 Una tercera forma de realización permite afinar también el cálculo de las ganancias K_P y K_I . Para ello, el procedimiento de ajuste calcula un valor α_{cal} del coeficiente α de ancho de banda, en lugar de tomar el valor fijo predeterminado α_0 . Para ello, el quinto bloque 50 de cálculo calcula una constante T_{fit} de tiempo para el filtrado de la medición de velocidad realizada por el módulo 9 de medición. Esta constante T_{fit} de tiempo está comprendida entre un valor T_{fitmin} mínimo y un valor T_{fitmax} máximo.

10 El valor T_{fitmin} mínimo se determina a partir del par T_N nominal del motor y de la resolución N_S de un codificador que sirve para medir la velocidad V_{med} de rotación del motor, en el caso de que se mida esta velocidad de rotación. Este valor T_{fitmin} se selecciona, por ejemplo, para tener un ruido máximo del 2 % añadido al par T_N nominal. Por otra parte, el valor T_{fitmax} máximo viene impuesto por los límites de estabilidad del sistema de control del variador.

Para tener un ajuste óptimo se debe garantizar que T_{fit} es igual a T_{fitmin} y que T_{fitmax} es superior o igual a T_{fitmin} . Estas condiciones llevan a un valor α_{cal} calculado del coeficiente α de ancho de banda que es igual a:

$$\alpha_{cal} = ((N_S * T_N) / (1000 * \pi * J_{tot}))^{1/2}$$

15 Además, se puede encuadrar el valor α_{cal} entre dos valores extremos, mínimo y máximo, predeterminados.

De este modo, para calcular un valor α_{cal} del coeficiente α de ancho de banda, el usuario debe por lo tanto introducir un parámetro adicional, esto es la resolución N_S del codificador que es un parámetro fácil de introducir ya que también corresponde a una magnitud física conocida de la aplicación.

20 De este modo, la invención determina la ganancia K_P proporcional y la ganancia K_I integral del lazo de regulación de velocidad utilizando unos parámetros funcionales predeterminados y conocidos, sin necesitar un sensor de medición. El procedimiento es, por lo tanto, muy simple ya que el cálculo de las ganancias K_P y K_I se puede realizar una única vez de forma "off line", es decir antes de la utilización real del ascensor, dado que no es necesario volver a calcular o a ajustar las ganancias en tiempo real.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de ajuste de un lazo de regulación de velocidad de un variador de velocidad que está destinado a controlar un motor (M) conectado a una carga de elevación que comprende una cabina de ascensor, **caracterizado porque** el procedimiento comprende una etapa de cálculo de una ganancia (K_P) proporcional y de una ganancia (K_I) integral del lazo de regulación de velocidad, en función de la velocidad (V_{nom}) nominal lineal de la carga, de la frecuencia (F_{nom}) nominal de rotación del motor, del número de pares de polos (P_N) del motor y de la masa (M_{tot}) total de la carga, siendo la masa (M_{tot}) total un parámetro predeterminado no medido por un sensor.
- 5
2. Procedimiento de ajuste de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la masa (M_{tot}) total de la carga es proporcional a la capacidad nominal de la cabina de ascensor.
- 10
3. Procedimiento de ajuste de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la masa (M_{tot}) total de la carga es proporcional a la masa de la cabina de ascensor.
4. Procedimiento de ajuste de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la masa (M_{tot}) total de la carga es proporcional a la masa de un contrapeso de la cabina de ascensor.
- 15
5. Procedimiento de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento comprende también una etapa de cálculo de una inercia (J_{mot}) del motor en función del par (T_N) nominal del motor y del número de pares de polos (P_N) del motor, para afinar el cálculo de la ganancia (K_P) proporcional y de la ganancia (K_I) integral del lazo de regulación de velocidad.
- 20
6. Procedimiento de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento comprende también una etapa de cálculo de un coeficiente de ancho de banda del lazo de regulación de velocidad en función del par (T_N) nominal del motor y de la resolución (N_S) de un codificador de medición de velocidad del motor, para afinar el cálculo de la ganancia (K_P) proporcional y de la ganancia (K_I) integral del lazo de regulación de velocidad.
- 25
7. Variador de velocidad que comprende un sistema de control que realiza un lazo de regulación de velocidad y destinado a controlar un motor conectado a una carga de elevación que comprende una cabina de ascensor, **caracterizado porque** el sistema de control del variador de velocidad comprende unos bloques de cálculo (10, 20, 30, 40, 50) que implementan un procedimiento de ajuste del lazo de regulación de velocidad del variador de velocidad, comprendiendo el procedimiento de una etapa de cálculo de una ganancia (K_P) proporcional y de una ganancia (K_I) integral del lazo de regulación de velocidad, en función de la velocidad (V_{nom}) nominal lineal de la carga, de la frecuencia (F_{nom}) nominal de rotación del motor, del número de pares de polos (P_N) del motor y de la
- 30
- masa (M_{tot}) total de la carga, siendo la masa (M_{tot}) total un parámetro predeterminado no medido por un sensor.

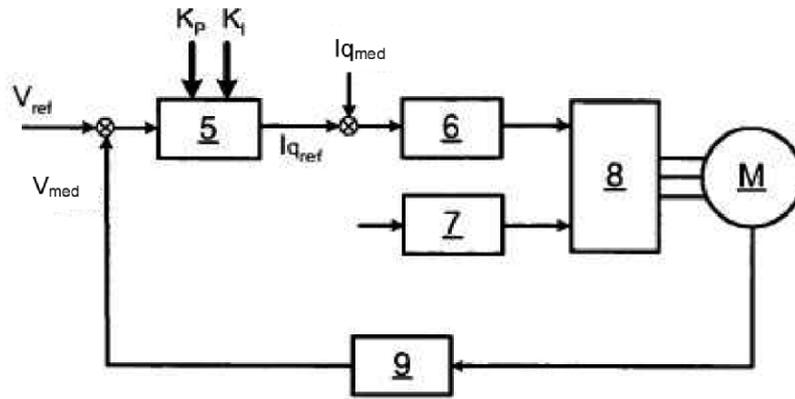


FIG. 1

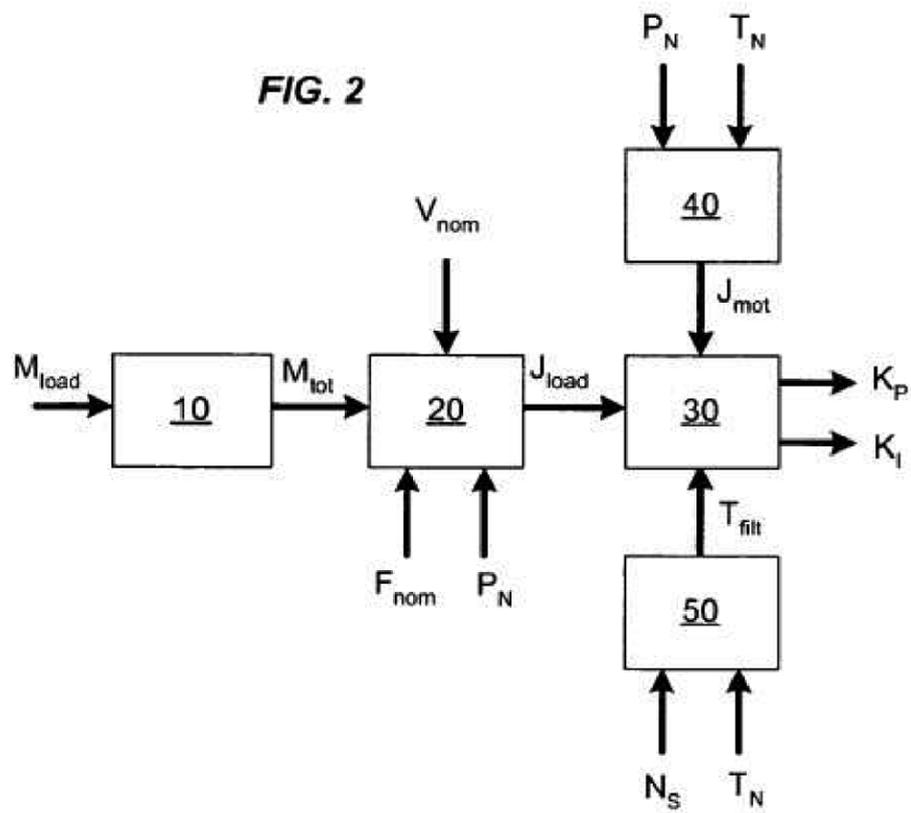


FIG. 2