

Señores

Superintendencia de Industria y Comercio

Dirección de Nuevas Creaciones

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

**No. 11-133080- -00006-0000**Fecha: 2013-09-03 15:27:32 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 41**Ref: Expediente No. 11-133080****Solicitud de registro de patente de invención denominada
“CONTROL DE TORQUE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN EN
UN SISTEMA DE BOMBEO”****Solicitante: UNICO, INC.**

Yo **Darío Cárdenas Navas**, identificado como aparece al pie de mi firma, y obrando en mi condición de apoderado de **UNICO, INC.**, solicitante de la patente en referencia, a continuación doy respuesta al Oficio **No. 9958** que fue notificado por fijación en lista el 11 de Junio de 2013.

Nota: Como respuesta a las objeciones presentadas por el Examinador se modificó el capítulo reivindicatorio, eliminando y modificando algunas de las reivindicaciones presentadas inicialmente. Como consecuencia de lo anterior, se generó una nueva numeración en el nuevo capítulo reivindicatorio; para efectos de claridad al momento de referirse a las reivindicaciones de acuerdo con la Nueva Numeración y Antigua Numeración se opta por utilizar la abreviación (NN) y (AN), respectivamente.

1. Respecto a las Objeciones a la Claridad y Concisión de las reivindicaciones (Art. 30 D486 y Art 22 PCT).

En el numeral 4 del oficio No. **9958**, se presentan las siguientes objeciones a la claridad de las reivindicaciones:

- *“Se sugiere al solicitante que incluya en las reivindicaciones independientes un preámbulo en donde se indican aquellas características técnicas conocidas en el estado de la técnica y una parte caracterizadora en donde se indican las características esenciales de la invención.”*

- *“Se le sugiere al solicitante que indique al frente de la característica o del elemento, el número de referencia guardando correspondencia con el capítulo descriptivo, las gráficas o dibujos y dicho capítulo reivindicatorio, con el objetivo de comprender mejor la invención al momento de hacer el análisis y distinguir los elementos de dicha invención.”*
- *“Las reivindicaciones 1, 5, 11 a 13, 15 y 16 no son claras porque mencionan: “configurado/a” y “configuran”, siendo términos de carácter general que sugieren de forma imprecisa que la protección se extiende a otras posibles variaciones o modificaciones. Se sugiere definir un rango preciso.”*
- *“Las reivindicaciones 4, 7, 8, 10 a 12 y 16 no son claras porque los términos: “sustancialmente”, “estimado”, “por lo menos”, “pluralidad”, “selectivamente”, son imprecisos, por lo cual no permiten distinguir la invención del estado de la técnica. Se sugiere sustituirlos por términos precisos o rango concreto.”*
- *“Las reivindicaciones 2 a 7 y 10 a 16 no son claras porque caracterizan las partes de la invención en términos de su funcionalidad, resultados a obtener y efectos esperados, así: “...para mantener por lo tanto un torque sustancialmente constante desde el motor”, “...el nivel de comando de flujo magnético se reduce durante el arranque del sistema, reduciendo por lo tanto la carga del motor”, “...el nivel de comando de flujo magnético se reduce sustancialmente a cero durante el arranque del sistema”, “...generar una señal que representa un estimado del flujo del rotor del motor con base en las mediciones de voltaje...”, “...generar una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor”, “...generar una señal que representa el estimado de la velocidad del motor con base en las mediciones del voltaje...”, “...generar una señal de comando de posición de obturador basado en la señal que representa el error de velocidad de motor”, “En donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima”, “...dicho generador tiene un campo controlable”, “...para proporcionar un estimado de error de flujo acoplado, al modelo de vector del motor...”, “...para proporcionar un comando de corriente de excitación al generador...”, “...para proporcionar un comando de posición de obturador para el motor”, “...para linealizar un comando de torque del motor”, “...para*

fijar un nivel de flujo magnético para reducir la carga sobre el motor", "...para programar parámetros de operación para los dispositivos de interfaz", "...para que se programe selectivamente por parte del controlador supervisor", lo cual no define la invención y no determina las características técnicas esenciales o estructurales, además que estas reivindicaciones incluirían no sólo la solución propuesta por el solicitante, sino todas las alternativas presentes o futuras que lleguen a ese resultado.

De igual forma, se le recuerda al señor solicitante que las características técnicas esenciales son las que definen la invención, que la hacen (o deberían hacerla) diferente del estado de la técnica y, por tanto, constituyen la solución al problema técnico que intenta resolver la invención. Para una mayor claridad, se definen los siguientes conceptos:

Las características técnicas esenciales que definen la invención son las características estructurales. Las características técnicas funcionales son las que describen su uso o función, esta no definen la invención, solo explican la relación que hay entre las diversas características técnicas estructurales, pueden estar en la reivindicación pero no le dan la novedad ni el nivel inventivo a la invención."

Con el fin de superar las objeciones presentadas con respecto a la claridad y concisión de las reivindicaciones, **es deseo del solicitante presentar un nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 11 reivindicaciones**, que encuentran su debido sustento en las reivindicaciones y la descripción originalmente presentadas, sin que ello conlleve ampliación de la invención.

A continuación se explicará cómo este nuevo capítulo reivindicatorio busca superar cada una de las objeciones de claridad expuestas previamente:

- Con respecto a la sugerencia de separar las reivindicaciones independientes en un preámbulo y una parte caracterizadora, se le indica al Examinador que las reivindicaciones independientes ya poseen dicha estructura.
- Se le indica al Examinador que se agregaron al capítulo reivindicatorio los números de referencia de los elementos de los dibujos.
- Con respecto a las reivindicaciones 1, 5, 11 a 13, 15 y 16 (AN), que presentan los términos "configurado/a" y "configuran", se le indica al

Examinador que dichos términos fueron eliminados del capítulo reivindicatorio a fin de superar la objeción presentada.

- Con respecto a las reivindicaciones 4, 7, 8, 10 a 12 y 16 (AN), las cuales no son claras porque los presentan los términos imprecisos "sustancialmente", "estimado", "por lo menos", "pluralidad" y "selectivamente", se le indica al Examinador que dichos términos fueron eliminados del capítulo reivindicatorio a fin de superar la objeción presentada.

- Con respecto a las objeciones de las reivindicaciones 2 a 7 y 10 a 16 (AN), en las cuales el Examinador indica que se trata de caracterizar la invención por sus resultados a alcanzar, se modificaron las mismas a fin de superar las objeciones presentadas.

Adicionalmente se le aclara al Examinador que las reivindicaciones 11 a 16 (AN), ya poseen características estructurales definidas, por lo que las funcionalidades objetadas son utilizadas sólo para darle mayor claridad a las reivindicaciones.

Más detalladamente, la reivindicación independiente 11 (AN) incluye una unidad de control (20) y un control supervisor (38), como lo ilustra la Figura 1 de la aplicación. Las características técnicas y estructurales de dichos elementos son descritas en la especificación y operan a través de los dos bucles de retroalimentación como se describe en los párrafos 31 y 37 y en la Figura 1.

Se define de manera completa en la especificación que la unidad de control de error (20) recibe lecturas de voltaje V_m y corriente I_m de los cables de conexión del generador (14) al motor (16), de las cuales la velocidad y torque del motor son derivadas con el torque T_{xc} del motor (12) y la corriente de excitación E_{ic} para el generador (14) son realimentadas de la unidad de control (20) como es instruido por el controlador supervisor (38).

2. Respecto a las Objeciones a la Descripción (Art. 28 D486).

En el numeral 4 del oficio citado se presentan las siguientes objeciones a la claridad de la descripción:

- *Error en la digitación, redacción y/o traducción de la descripción, según los siguientes fragmentos: "un linealizar un comando de torque" (Fl. 13, línea*

8), "forma operativa a, e impulsa" (Fl. 14, línea 31). Se sugiere al solicitante hacer las aclaraciones necesarias.

- Hay inconsistencia entre el número de referencia 16 de los dibujos (Fl. 33) y la descripción (Fl. 14, línea 28). Se sugiere realizar la corrección correspondiente.

Con el fin de superar las objeciones presentadas con respecto a la claridad y concisión de la descripción, **es deseo del solicitante presentar un nuevo capítulo descriptivo**, que encuentra su debido sustento en la descripción previamente presentada.

- Con respecto a los errores de traducción, se realizaron las siguientes modificaciones:
 - El fragmento "un linealizar un comando de torque" fue reemplazado por "linealizar un comando de torque".
 - El fragmento "forma operativa a, e impulsa" fue reemplazado por "forma operativa, e impulsa".
- Con respecto a la inconsistencia entre los números de referencia de la descripción y los dibujos, se le indica al Examinador que se reemplazó en número 16 (Fl. 14, línea 28), por el número 12.

3. Con respecto a la Determinación del Estado de la Técnica y al Examen de Patentabilidad

En los numerales 5, 6 y 7 del oficio citado, ese Despacho concluye que las reivindicaciones de la presente solicitud de patente carecen de novedad frente a las enseñanzas de los documentos **US 2003/0216215 (D1)** y **WO 2006/125184 (D2)**.

Nivel Inventivo

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 1 (AN), está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas

las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

Características esenciales	D1	D2
Un motor que se conecta eléctricamente a un generador.	Un motor eléctrico (4) conectado a un generador (7), por un cable (9) (Fig. 1, Párr. 70).	Un transformador (210) proporciona la energía a una carga (230) tal como un motor (Párr. 36).
Un motor.	Un motor (15) (Fig. 1).	No se menciona.
Un bucle de retroalimentación configurado para limitar la diferencia entre el flujo magnético en el rotor del motor y un nivel comandado de flujo magnético.	No se menciona.	Un generador de referencia de flujo (805) que proporciona la señal de referencia de flujo (803). La señal de flujo real de realimentación (809) medida por el voltaje del motor y la velocidad del estator. Se comparan las señales (809) y (803) y el regulador de flujo (820) compensa la diferencia entre la referencia de flujo y la realimentación de flujo (Párr. 66).
Un bucle de retroalimentación configurado para limitar la diferencia entre la velocidad del rotor del motor y una velocidad comandada.	Un controlador que mantiene el valor de voltaje del motor (4) constante, que es proporcional al valor absoluto de la diferencia entre la velocidad del motor (26) y el valor deseado de la velocidad del motor (Párr. 370, Figs. 1 y 2).	La referencia de velocidad (802), se compara con la velocidad del motor (850), en el regulador de velocidad (855), que proporciona el par de referencia de corriente del motor (858) (Párr. 67).

Aunque el Examinador haya citado los documentos D1 y D2 para objetar la novedad y la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que estos no enseñan las características esenciales de la invención, como será demostrado a continuación:

A fin de superar las objeciones por nivel inventivo en la reivindicación 1 (AN), a dicha reivindicación se le agregaron las características técnicas esenciales de las reivindicaciones 5 (AN) y 6 (AN), convirtiéndose así en la reivindicación 1 (NN).

Ni el control de tren de potencia del documento D1, ni la unidad de frecuencia variable con capacidad de regeneración del documento D2, por separado o en una combinación lineal de ellos, da a conocer el uso de un generador para regular la velocidad del motor como lo revela la reivindicación 1 (NN).

D2 usa celdas de poder monofásicas y un set de capacitores en configuración de puente invertido para detener el motor. D1 da a conocer un vehículo dual de tren de poder. Cualquier combinación razonable entre D1 y D2 no puede resultar en lo reivindicado por la presente solicitud.

Se evidencia que ninguno de ellos sugiere el uso de un generador para regular la velocidad del motor, ni cita acoplar directamente el generador a un motor de carga como es requerido en la presente solicitud.

Por todo lo anterior, los documentos de la técnica citada, ya sea solos o en cualquier combinación razonable, son estructural y funcionalmente diferentes de lo que se describe y reivindica en la presente solicitud. En consecuencia, el solicitante solicita respetuosamente que el Examinador retire su objeción y el rechazo de las alegaciones en su versión modificada, expresada por medio de la reivindicación 1 (NN), y se le reconozca a ésta novedad y altura inventiva sobre el estado de la técnica.

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 7 (AN), está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

Características esenciales	D1	D2
Medir las entradas de voltaje y corriente para los cables del motor.	Medición de las entradas del motor desde y hacia el controlador (8) a través de la caja de conexión del motor (10). Estas señales son del sensor de corriente (23) y del sensor de velocidad (26) (Párr. 70 a 76).	No se menciona.
Generar una señal que representa un estimado del flujo de rotor del motor con base en las mediciones de las entradas de corriente y voltaje para los cables de motor y comparar esta señal con una señal de comando del rotor de flujo para generar una señal que representa el error de flujo de rotor.	No se menciona.	Un generador de referencia de flujo (805) que proporciona la señal de referencia de flujo (803). La señal de flujo real de realimentación (809) medida por el voltaje del motor y la velocidad del estator. Se comparan las señales (809) y (803) y el regulador de flujo (820) compensa la diferencia entre la referencia de flujo y la realimentación de flujo (Párr. 66).

Generar una señal que representa un estimado de la velocidad del motor con base en las mediciones de las entradas de voltaje y corriente al motor, comparar esta señal con una señal de comando de velocidad para generar una señal que representa el error de velocidad de motor.	Un controlador que mantiene el valor de voltaje del motor (4) constante, que es proporcional al valor absoluto de la diferencia entre la velocidad del motor (26) y el valor deseado de la velocidad del motor (Párr. 370, Figs. 1 y 2).	La referencia de velocidad (802), se compara con la velocidad del motor (850), en el regulador de velocidad (855), que proporciona el par de referencia de corriente del motor (858) (Párr. 67).
--	--	--

Aunque el Examinador haya citado los documentos D1 y D2 para objetar la novedad y la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que estos no enseñan las características esenciales de la invención, como será demostrado a continuación:

A fin de superar las objeciones por nivel inventivo en la reivindicación 7 (AN), a dicha reivindicación se le agregaron las características técnicas esenciales de la reivindicación 6 (AN), convirtiéndose así en la reivindicación 2 (NN), dicha característica es la siguiente:

*“generar un comando de torque del motor (36); y
linealizar el comando de torque del motor,
en donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante
y más fácil de ajustar para respuesta óptima.”*

En ningún momento, en los documentos citados, se dan a conocer tales limitaciones manifestadas como pasos del método reivindicado, ni tampoco los documentos sugieren el uso de un generador para regular la velocidad del motor, o acoplar directamente el generador a un motor de carga como es requerido en la presente solicitud.

Al no haber sido afectada la reivindicación 6 (AN) en el Examen de Patentabilidad del oficio 9958, se entiende que el Examinador concuerda con el solicitante en que dicha reivindicación presenta novedad y altura inventiva sobre el estado de la técnica, y por ende, al insertar sus características técnicas esenciales a la

reivindicación 7 (AN), se garantiza que ésta, la reivindicación 2 (NN), posea del mismo modo novedad y altura inventiva.

Por ende, como los documentos D1 y D2 no se anticipan o dan a conocer de manera obvia los conceptos definidos por la reivindicación independiente 2 (NN), la solicitud puede catalogarse novedosa y con nivel inventivo sobre el estado de la técnica presentado.

4. Conclusión

Las modificaciones realizadas a las reivindicaciones de la presente solicitud de patente y las aclaraciones presentadas a lo largo del presente escrito, permiten superar completamente las objeciones realizadas a la claridad de las reivindicaciones, por lo cual, la presente solicitud cumple a cabalidad las exigencias establecidas por el artículo 30 de la Decisión 486 y el artículo 22 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT, según los requerimientos del Examinador.

De otra parte, los argumentos expuestos en el numeral 3 del presente escrito, ponen de manifiesto de una manera clara y contundente, que lo revelado en las nuevas reivindicaciones de la presente solicitud, resulta completamente NOVEDOSO E INVENTIVO sobre las enseñanzas del estado del arte más cercano representado por los documentos D1 y D2, toda vez que nada dentro de dichos documentos revela en forma directa o al menos llega a sugerir un control de torque del motor de inducción en un sistema de bombeo. Por consiguiente, no se puede derivar la inexistencia de los requisitos de ley para la concesión del privilegio de patentabilidad.

En consecuencia, me permito solicitar a ese Despacho, proceder con la revisión de las modificaciones y de los argumentos aquí presentados, para conceder el privilegio de patente solicitado para la materia objeto de las 11 reivindicaciones ahora presentadas en el capítulo reivindicatorio modificado, y que de subsistir alguna duda o inquietud con respecto a la patentabilidad de la presente invención, a pesar de las modificaciones y argumentos técnicos ahora presentados, sin apartarse del espíritu inventivo originalmente revelado en la solicitud internacional, se le brinde la oportunidad al solicitante de aclararla o de limitar aún más la invención, mediante la emisión de un segundo examen de fondo, teniendo en cuenta el nuevo capítulo reivindicatorio que se somete a revisión, antes de que se

emita una decisión definitiva por parte de ese Despacho, de conformidad con lo dispuesto en 1.2.2.5.1 del artículo primero de la Resolución 54093 de 2012.

5. Anexos

- Capítulo reivindicatorio modificado, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.
- Descripción modificada, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.
- Recibo de caja No. _____ por concepto de reivindicaciones adicionales.

6. Petición

Solicito al Despacho que proceda a emitir un segundo examen de fondo sobre el nuevo capítulo reivindicatorio, en el evento en que el Examinador considere que pese a las modificaciones presentadas, aún persisten las objeciones planteadas.

Atentamente,



DARÍO CÁRDENAS NAVAS

C.C 17.066.629 de Bogotá

T.P. 1.250 C.S.J.

ABM

P-601

LHA

NUEVO CAPÍTULO REIVINDICATORIO CON MARCAS

1. Un sistema (10) para controlar la velocidad de un motor (16) que impulsa una carga, en donde el motor (16) se conecta eléctricamente a un generador (14) que es impulsado por un motor (12), dicho generador (14) tiene un campo controlable, dicho sistema (10) comprende:

~~Un~~ un primer bucle de retroalimentación ~~configurado para~~ que limitar la diferencia entre el flujo magnético en el rotor del motor (16) y un nivel comandado de flujo magnético en donde el flujo magnético en el rotor se estima con base en la medición de las entradas eléctricas a los cables del motor (16); y

~~Un~~ un segundo bucle de retroalimentación ~~configurado para~~ que limitar la diferencia entre la velocidad del rotor del motor (16) y una velocidad comandada en donde la velocidad del motor se estima con base en la medición de las entradas eléctricas a los cables del motor (16);

en donde, el primer y segundo bucles de retroalimentación se conectan operativamente y: -

meden el voltaje y la entrada de corriente a los cables del motor;

generan una señal que representa un valor calculado del flujo del rotor del motor con base en las mediciones de voltaje y las entradas de corriente a los cables de motor;

comparan una señal de comando del rotor con la señal que representa un valor calculado de flujo del rotor del motor para generar una señal que representa el error de flujo del rotor;

generan una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor, la señal de comando de excitación de flujo controla la excitación del campo del generador;

generan una señal que representa un valor calculado de la velocidad del motor con base en las mediciones del voltaje y las entradas de corriente al motor;

comparan una señal de comando de velocidad con la señal que representa un valor calculado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor;

generan una señal de comando de posición de obturador basado en la señal que representa el error de velocidad de motor, la señal de comando de posición de obturador controla la posición del obturador del motor (12); y

Generan un comando de torque del motor (36); y

Linealizan el comando de torque del motor,

En donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima.

- ~~2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el motor suministra torque y el nivel del comando de flujo magnético se mantiene sustancialmente constante durante la operación regular del sistema, para mantener por lo tanto un torque sustancialmente constante desde el motor.~~
- ~~3. El sistema de la reivindicación 1, en donde el motor suministra torque y el nivel de comando de flujo magnético se reduce durante el arranque del sistema, reduciendo por lo tanto la carga sobre el motor.~~
- ~~4. El sistema de la reivindicación 3, en donde, el nivel de comando de flujo magnético se reduce sustancialmente a cero durante el arranque del sistema.~~
- ~~5. El sistema de la reivindicación 1, en donde el primer y segundo bucles de retroalimentación se configuran y conectan operativamente para:~~

~~Medir el voltaje y la entrada de corriente a los cables del motor;~~

~~Generar una señal que representa un estimado del flujo del rotor del motor con base en las mediciones de voltaje y las entradas de corriente a los cables de motor;~~

- ~~— Comparar una señal de comando del rotor con la señal que representa un estimado de flujo del rotor del motor para generar una señal que representa el error de flujo del rotor;~~
- ~~— Generar una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor, la señal de comando de excitación de flujo controla la excitación del campo del generador;~~
- ~~— Generar una señal que representa un estimado de la velocidad del motor con base en las mediciones del voltaje y las entradas de corriente al motor;~~
- ~~— Comparar una señal de comando de velocidad con la señal que representa un estimado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor; y~~
- ~~— Generar una señal de comando de posición de obturador basado en la señal que representa el error de velocidad de motor, la señal de comando de posición de obturador controla la posición del obturador del motor.~~

6. ~~El sistema de la reivindicación 5, comprende adicionalmente:~~

- ~~— Generar un comando de torque del motor; y~~
- ~~— Linealizar el comando de torque del motor;~~
- ~~— En donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima.~~

7.2. Un método para controlar la velocidad de un motor (16) que impulsa una carga, en donde el motor se conecta eléctricamente a un generador (14) que es impulsado por un motor (12), dicho generador (14) tiene un campo controlable y dicho motor (12) tiene un obturador, que comprende realizar periódicamente las etapas de:

Medir las entradas de voltaje y corriente para los cables del motor (16);

Generar una señal que representa un ~~estimado~~ valor calculado del flujo de rotor del motor con base en las mediciones de las entradas de corriente y voltaje para los cables de motor;

Comparar una señal de comando de rotor de flujo con la señal que representa un ~~estimado~~ valor calculado del flujo de rotor del motor para generar una señal que representa el error de flujo de rotor;

Generar una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor, la señal de comando de excitación de flujo que controla la excitación del campo del generador (14);

Generar una señal que representa un ~~estimado~~ valor calculado de la velocidad del motor con base en las mediciones de las entradas de voltaje y corriente al motor;

Comparar una señal de comando de velocidad con la señal que presenta un ~~estimado~~ valor calculado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor; y

Generar una señal de comando de posición de obturador con base en la señal que representa el error de velocidad del motor, la señal de comando de posición de obturador que controla la posición del obturador del motor; y

generar un comando de torque del motor (36); y

linealizar el comando de torque del motor,

en donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima.

8.3. El método de la reivindicación 72, en donde, el motor suministra torque y el método comprende adicionalmente, sostener la señal de comando de excitación de flujo ~~sustancialmente~~ constante durante la operación regular del sistema, manteniendo por lo tanto un torque ~~sustancialmente~~ constante desde el motor.

9.4. El método de la reivindicación 72, en donde, el motor suministra torque y el método comprende adicionalmente, reducir la señal de comando de excitación de flujo durante el arranque del sistema, para reducir por lo tanto la carga sobre el motor.

40-5. El método de la reivindicación 94, que comprende adicionalmente, reducir la señal de comando de excitación de flujo durante el arranque del sistema a sustancialmente-cero.

41-6. Un sistema (10) de control de bomba (18) para controlar las entradas mecánicas a una bomba, la bomba se acopla a un motor eléctrico (16), el motor eléctrico se acopla a un generador (14) impulsado por un motor (12), el sistema de control de bomba comprende:

Una unidad de control de error (20) que incluye:

~~Una pluralidad de dispositivos~~ Dispositivos de interfaz (24);

Un modelo de vector (26) del motor acoplado a ~~por lo menos dos de los~~ dispositivos de interfaz (24);

Un dispositivo de suma de flujo de rotor (28) ~~configurado para proporcionar~~ que proporciona un ~~estimado valor calculado de~~ error de flujo acoplado al modelo de vector del motor y uno de los dispositivos de interfaz (24);

Un dispositivo de suma de velocidad de motor (32) acoplado al modelo de vector del motor; y

Un control de error de velocidad de motor (34) acoplado al dispositivo de suma de velocidad de motor (32) y uno de los dispositivos de interfaz (24); y

Un controlador supervisor (38) acoplado al dispositivo de suma de velocidad de motor, el modelo de vector del motor, y el dispositivo de suma de flujo de rotor,

En donde la velocidad del motor acoplado a la bomba se controla mediante un primer bucle de retroalimentación ~~configurado para proporcionar~~ que proporciona un comando de corriente de excitación E_{IC} al generador (14) y un segundo bucle de retroalimentación ~~que proporciona~~ configurado para proporcionar un comando de posición I_{XC} de obturador para el motor.

42-7. El sistema de control de bomba de la reivindicación 41-6, que comprende adicionalmente un linealizador de torque del motor (36) ~~configurado para linealizar~~ que linealiza un comando de torque del motor, el linealizador se acopla a ~~por lo menos uno de los~~ dispositivos de interfaz, el control de velocidad del motor y el modelo de vector del motor, en donde la ganancia del sistema del control de posición de obturador es casi constante.

13.8. El sistema de control de bomba de la reivindicación 146, en donde durante el arranque del sistema el controlador supervisor ~~se configura para~~ fijar un nivel de flujo magnético para reducir la carga sobre el motor.

14.9. El sistema de control de bomba de la reivindicación 813, en donde el flujo magnético se fija a cero durante el arranque del sistema.

15.10. El sistema de control de bomba de la reivindicación 146, que comprende adicionalmente el controlador supervisor ~~configurado para que~~ programar parámetros de operación para los dispositivos de interfaz, el modelo de vector del motor, el control de error de flujo de rotor, y el control de error de velocidad de motor.

16.11. El sistema de control de bomba de la reivindicación 127, en donde el linealizador de torque del motor ~~se configura para que se~~ es programe programado selectivamente por parte del controlador supervisor.

NUEVO CAPÍTULO REIVINDICATORIO.

1. Un sistema (10) para controlar la velocidad de un motor (16) que impulsa una carga, en donde el motor (16) se conecta eléctricamente a un generador (14) que es impulsado por un motor (12), dicho generador (14) tiene un campo controlable, dicho sistema (10) comprende:

un primer bucle de retroalimentación que limita la diferencia entre el flujo magnético en el rotor del motor (16) y un nivel comandado de flujo magnético en donde el flujo magnético en el rotor se estima con base en la medición de las entradas eléctricas a los cables del motor (16); y

un segundo bucle de retroalimentación que limita la diferencia entre la velocidad del rotor del motor (16) y una velocidad comandada en donde la velocidad del motor se estima con base en la medición de las entradas eléctricas a los cables del motor (16);

en donde, el primer y segundo bucles de retroalimentación se conectan operativamente y:

meden el voltaje y la entrada de corriente a los cables del motor;

generan una señal que representa un valor calculado del flujo del rotor del motor con base en las mediciones de voltaje y las entradas de corriente a los cables de motor;

comparan una señal de comando del rotor con la señal que representa un valor calculado de flujo del rotor del motor para generar una señal que representa el error de flujo del rotor;

generan una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor, la señal de comando de excitación de flujo controla la excitación del campo del generador;

generan una señal que representa un valor calculado de la velocidad del motor con base en las mediciones del voltaje y las entradas de corriente al motor;

comparan una señal de comando de velocidad con la señal que representa un valor calculado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor;

generan una señal de comando de posición de obturador basado en la señal que representa el error de velocidad de motor, la señal de comando de posición de obturador controla la posición del obturador del motor (12); y

generan un comando de torque del motor (36); y

linealizan el comando de torque del motor,
en donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima.

2. Un método para controlar la velocidad de un motor (16) que impulsa una carga, en donde el motor se conecta eléctricamente a un generador (14) que es impulsado por un motor (12), dicho generador (14) tiene un campo controlable y dicho motor (12) tiene un obturador, que comprende realizar periódicamente las etapas de:

Medir las entradas de voltaje y corriente para los cables del motor (16);

Generar una señal que representa un valor calculado del flujo de rotor del motor con base en las mediciones de las entradas de corriente y voltaje para los cables de motor;

Comparar una señal de comando de rotor de flujo con la señal que representa un valor calculado del flujo de rotor del motor para generar una señal que representa el error de flujo de rotor;

Generar una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor, la señal de comando de excitación de flujo que controla la excitación del campo del generador (14);

Generar una señal que representa un valor calculado de la velocidad del motor con base en las mediciones de las entradas de voltaje y corriente al motor;

Comparar una señal de comando de velocidad con la señal que presenta un valor calculado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor; y

Generar una señal de comando de posición de obturador con base en la señal que representa el error de velocidad del motor, la señal de comando de posición de obturador que controla la posición del obturador del motor; y

generar un comando de torque del motor (36); y

linealizar el comando de torque del motor,

en donde la ganancia del control de posición de obturador es casi constante y más fácil de ajustar para respuesta óptima.

3. El método de la reivindicación 2, en donde, el motor suministra torque y el método comprende adicionalmente, sostener la señal de comando de excitación de flujo constante durante la operación regular del sistema, manteniendo por lo tanto un torque constante desde el motor.
4. El método de la reivindicación 2, en donde, el motor suministra torque y el método comprende adicionalmente, reducir la señal de comando de excitación de flujo durante el arranque del sistema, para reducir por lo tanto la carga sobre el motor.
5. El método de la reivindicación 4, que comprende adicionalmente, reducir la señal de comando de excitación de flujo durante el arranque del sistema a cero.
6. Un sistema (10) de control de bomba (18) para controlar las entradas mecánicas a una bomba, la bomba se acopla a un motor eléctrico (16), el motor eléctrico se acopla a un generador (14) impulsado por un motor (12), el sistema de control de bomba comprende:

Una unidad de control de error (20) que incluye:

Dispositivos de interfaz (24);

Un modelo de vector (26) del motor acoplado a dispositivos de interfaz (24);

Un dispositivo de suma de flujo de rotor (28) que proporciona un valor calculado de error de flujo acoplado al modelo de vector del motor y uno de los dispositivos de interfaz (24);

Un dispositivo de suma de velocidad de motor (32) acoplado al modelo de vector del motor; y

Un control de error de velocidad de motor (34) acoplado al dispositivo de suma de velocidad de motor (32) y uno de los dispositivos de interfaz (24); y

Un controlador supervisor (38) acoplado al dispositivo de suma de velocidad de motor, el modelo de vector del motor, y el dispositivo de suma de flujo de rotor,

En donde la velocidad del motor acoplado a la bomba se controla mediante un primer bucle de retroalimentación que proporciona un comando de corriente de excitación E_{IC} al generador (14) y un segundo bucle de retroalimentación que proporciona un comando de posición T_{XC} de obturador para el motor.

7. El sistema de control de bomba de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente un linealizador de torque del motor (36) que linealiza un comando de torque del motor, el linealizador se acopla a los dispositivos de interfaz, el control de velocidad del motor y el modelo de vector del motor, en donde la ganancia del sistema del control de posición de obturador es casi constante.
8. El sistema de control de bomba de la reivindicación 6, en donde durante el arranque del sistema el controlador supervisor fija un nivel de flujo magnético para reducir la carga sobre el motor.
9. El sistema de control de bomba de la reivindicación 8, en donde el flujo magnético se fija a cero durante el arranque del sistema.
10. El sistema de control de bomba de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente el controlador supervisor que programa parámetros de operación para los dispositivos de interfaz, el modelo de vector del motor, el control de error de flujo de rotor, y el control de error de velocidad de motor.

- 11.El sistema de control de bomba de la reivindicación 7, en donde el linealizador de torque del motor es programado por parte del controlador supervisor.

CONTROL DE TORQUE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN EN UN SISTEMA DE BOMBEO

CAMPO DE LA INVENCION

5 Esta invención se relaciona de manera general con el control del desempeño de un motor de inducción y, más particularmente, con métodos para controlar el desempeño de un motor de inducción utilizado en un sistema de bombeo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 En la industria del gas y el petróleo, se utiliza en ocasiones un motor (por ejemplo un motor diesel, a gasolina, a gas natural, o propano) para energizar un generador de tres fases. El generador, a su vez, suministra potencia a un motor
15 de inducción de tres fases utilizado para impulsar un aparato de bombeo mecánico. Si se opera el motor de inducción en tal sistema a velocidades variables, la capacidad de bombeo del sistema se expande enormemente. Sin embargo, métodos anteriores proporcionaban velocidad de operación variable de
20 la bomba en tales sistemas de bombeo que no han sido completamente satisfactorios. En un método utilizado anteriormente para operar una bomba a una velocidad variable en un sistema de bombeo impulsado por motor, se suministra potencia de voltaje y frecuencia variable a un motor de tres
25 fases que impulsa la bomba. Normalmente, en un sistema que utiliza un generador como la fuente de potencia eléctrica, se interpone un impulso de velocidad variable electrónico (a.k.a., un variador de frecuencia o VFD) entre el generador y el motor de inducción para proporcionar frecuencias y
30 voltajes variables al motor. Existen muchas desventajas potenciales de utilizar una impulsión de velocidad variable, que incluye armónicos de voltaje generados sobre los cables del motor que pueden dañar al motor, los armónicos actuales generados en la entrada del VFD pueden ocasionar problemas
35 para el generador, la complejidad en el diseño VFD y/o la necesidad de un transformador de salida costoso cuando se

utilizan mayores voltajes (más frecuentemente cuando los cables del motor son muy largos).

Para eliminar la necesidad de un variador de velocidad, algunos métodos anteriores emplean un sistema de potencia de frecuencia variable que varía la velocidad y excitación de un generador de tres fases para producir un voltaje y frecuencia de salida deseados en un intento por alcanzar la operación deseada del motor de tres fases en la bomba. La patente Estadounidense No. 7,170,262, otorgada a Pettigrew describe un sistema variador de velocidad de este tipo, y describe la operación de tal sistema en comparación con los sistemas anteriores del tipo que utilizan un variador de velocidad como se describió aquí anteriormente.

Desafortunadamente, los sistemas de potencia de frecuencia variable, del tipo ejemplificado por Pettigrew, tienen desventajas significativas, por ejemplo, intentar simplemente controlar la salida del generador de tres fases puede no producir la operación deseada de la bomba. La velocidad de salida del motor de inducción que impulso la bomba variará con base en factores tales como la carga de la bomba. Cuando eso ocurre, el usuario de tal sistema de potencia de frecuencia variable no tendrá el control preciso de la velocidad de la bomba y puede encontrar una variedad de situaciones indeseables. Por ejemplo, la bomba puede operar a una menor velocidad que la esperada, lo que resulta en una producción menos que óptima o la bomba puede operar a una mayor velocidad de la deseada y experimentar un "secado de bomba" o una condición de "bomba apagada" que hace que la bomba funcione sin fluido para ampliarse y lubricarse o la bomba se apagará para permitir que el fluido recargue la carcasa, haciendo que se decante el sedimento en la bomba. Estas condiciones resultarán en el daño de la bomba, lo que resulta en una vida reducida.

La presente invención se dirige a superar las desventajas descritas aquí, y adicionalmente, a mejorar el estado de la técnica en la industria del gas y petróleo.

5

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

En una realización, se proporciona un sistema y método para controlar la velocidad rotacional de un motor que impulsa una bomba. Al controlar la velocidad rotacional del motor en lugar de la frecuencia del generador, la operación de la
10 bomba se hace más precisa y se controla en forma exacta.

Se proporciona un sistema para controlar la velocidad de un motor que impulsa una carga. El motor se conecta eléctricamente a un generador que es impulsado por un motor.
15 El generador incluye un campo controlable. El sistema incluye un primer bucle de retroalimentación configurado para limitar la diferencia entre el flujo magnético en el rotor del motor y un nivel comandado de flujo magnético, en donde el flujo magnético en el rotor se estima con base en la medición de
20 las entradas eléctricas a los cables del motor. Se configura un segundo bucle de retroalimentación para limitar la diferencia entre la velocidad del rotor del motor y una velocidad comandada en donde la velocidad del motor se estima con base en una medición de las entradas eléctricas a los
25 cables del motor.

Se proporciona un método para controlar la velocidad de un motor que impulsa una carga. El motor se conecta eléctricamente a un generador que es controlado por un motor.
30 El generador incluye un campo controlable y el motor tiene un obturador. El método incluye realizar periódicamente las etapas de medición de voltaje y entrada de corriente a los cables del motor. Con base en las mediciones de voltaje en las entradas de corriente a los cables del motor, se genera
35 una señal que representa un estimado de flujo del rotor del motor. El estimado del flujo del rotor del motor se compara con una señal de comando de flujo de rotor que se utiliza

para generar una señal que representa el error de flujo del rotor. El método incluye adicionalmente la generación de una señal de comando de excitación de flujo con base en la señal que representa el error de flujo de rotor con la señal de comando de excitación de flujo que controla la excitación del campo del generador. Se genera una señal que representa un estimado de la velocidad del motor con base en las mediciones del voltaje y las entradas de corriente al motor. Se utiliza una comparación de la señal de comando de velocidad con la señal que representa un estimado de la velocidad del motor para generar una señal que representa el error de velocidad de motor. Se genera una señal de comando de posición de obturador con base en la señal que representa el error de velocidad de motor. Se genera una señal de comando de posición de obturador con base en la señal que representa el error de velocidad de motor con la señal de comando de posición de obturador que controla la posición del obturador del motor.

Se proporciona adicionalmente un sistema de control de bomba para controlar las entradas mecánicas a la bomba. La bomba se acopla a un motor eléctrico y el motor eléctrico se acopla a un generador controlado por un motor. El sistema de control de bomba incluye una unidad de control de error que tiene una pluralidad de dispositivos de interfaz. Un modelo de vector del motor se acopla a por lo menos dos de los dispositivos de interfaz. Un dispositivo de suma de flujo de rotor se configura para proporcionar un estimado de error de flujo acoplado al modelo de vector del motor y uno de los dispositivos de interfaz. Un dispositivo de suma de velocidad de motor se acopla al modelo de vector del motor y un control de error de velocidad de motor se acopla al dispositivo de suma de velocidad de motor y uno de los dispositivos de interfaz. El sistema de control de bomba incluye adicionalmente un controlador supervisor acoplado al dispositivo de suma de velocidad de motor, el modelo de vector del motor, y el dispositivo de suma de flujo de rotor,

en donde la velocidad del motor acoplado a la bomba se controla mediante un primer bucle de retroalimentación configurado para proporcionar un comando de corriente de excitación al generador y un segundo bucle de retroalimentación configurado para proporcionar un comando de posición de obturador para el motor. En otra realización, el sistema de control de bomba incluye un linealizador de torque del motor que se configura para linealizar un comando de torque del motor. El linealizador se acopla a por lo menos uno de los dispositivos de interfaz, al control de velocidad del motor y al modelo de vector del motor, en donde la ganancia del sistema de la posición del obturador es casi constante. Durante el arranque del sistema, se configura el control supervisor para fijarse a un nivel de flujo magnético para reducir la carga sobre el motor. En una realización, el controlador supervisor fija el flujo magnético a cero durante el arranque del sistema.

Otras realizaciones de la invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toman en conjunto con los dibujos acompañantes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos acompañantes se incorporan y forman parte de los diversos aspectos ilustrativos de la descripción de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La FIGURA 1 es una realización de ejemplo de un sistema de control de motor de inducción que tiene una unidad de control de error de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención:

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques de una simulación de software Simulink realizado sobre un sistema similar al sistema de la figura 1; y

La FIGURA 3A-3D son descripciones gráficas de los resultados de la simulación realizada en el sistema de la figura 2.

Aunque la invención se describirá en relación con ciertas realizaciones preferidas, no hay un intento por limitarla a aquellas realizaciones. Por el contrario, se intenta que cubra todas las alternativas, modificaciones y equivalentes como se incluye dentro del espíritu y alcance de la invención según se define por las reivindicaciones adjuntas.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Ahora con referencia a la figura 1, se ilustra un sistema de control de bomba 10. Como se explicará más completamente adelante, el sistema de control de error 20 del sistema de control de bomba 10 monitorea una o más características de la entrada eléctrica a los cables y al motor 16 y, basado en lo que se observa, calcula las entradas mecánicas a la bomba 18 y ajusta la operación del motor 12 y el generador 14. Al controlar las entradas mecánicas a la bomba 18, la operación de la bomba es más precisa, exacta y depende de lo que se proporcionaría por un sistema que solo controla las salidas eléctricas de un generador.

En la entrada 12 del motor ingresa aire y combustible y, al quemar la mezcla de los mismos, genera una salida de motor mecánica rotatoria 22. La salida del motor mecánica rotatoria 22 depende de la posición T_{xc} , el combustible utilizado, la densidad y la temperatura del aire, etc. El motor 12 puede operar utilizando combustible diesel, gasolina, propanol líquido, gas natural u otros tipos de combustibles. El motor 12 se acopla en forma operativa, e impulsa, al generador 14. A este respecto, la salida de motor mecánica giratoria 22 se acopla normalmente en forma directa a la entrada del mecanismo de generador 14. Aún así, otros tipos de conexiones tal como las cajas de engranajes, correas, acoplamientos de potencia hidráulica y similares se pueden emplear dependiendo de la aplicación particular. El generador 14 es un generador

de tres fases sincrónico, que tiene un campo que se puede controlar.

El generador 14 se acopla eléctricamente mediante cables eléctricos a un motor, que se representa colectivamente en 16. En el sistema mostrado, la bomba es una bomba centrífuga del tipo conocido como una bomba eléctrica sumergible (ESP), así tanto el motor 16 como la bomba 18 están dispuestos dentro de una carcasa por debajo del nivel terrestre y los cables 16 son de una longitud considerable. En un pozo de petróleo típico, por ejemplo, los cables 16 pueden tener miles de pies de largo. A través de los cables 16, el generador 14 suministra al motor 16 potencia eléctrica. En la realización ilustrada de la figura 1, el motor 16 es un motor de inducción de tres fases. Las entradas eléctricas del motor 16 se pueden caracterizar por los voltajes (V_m) y las corrientes (I_m). El motor 16 genera una salida mecánica rotatoria que se puede caracterizar mediante la velocidad de bomba (U_p) y el torque de bomba (T_p).

El motor 16 se acopla mecánicamente a, e impulsa, la bomba 18, que se sitúa en o cerca a la parte inferior de la carcasa del pozo o se sumerge parcialmente en el fluido que se bombea (por ejemplo, petróleo y/o agua). La bomba 18 genera una salida de fluido que se puede caracterizar por, entre otros parámetros, la cabeza de bomba (H_p) y el flujo de bomba (Q_p).

La unidad de control de error 20 está, en general, en comunicación eléctrica con el motor 12 y el generador 14. La unidad de control de error 20 también se configura para monitorear las entradas de voltaje (V_m) y las entradas de corriente (I_m) a los cables y al motor 16. La unidad de control de error 20 incluye dispositivos de interfaz 24, un modelo de vector del motor 26, un dispositivo de suma de flujo de motor 28, un control de error de flujo de rotor 30, un dispositivo de suma de velocidad de motor 32, y un control de error de velocidad de motor 34. La unidad de control de

error 20 también puede incluir opcionalmente un linealizador de torque del motor 36. El dispositivo de interfaz 24 se emplea de manera general para manipular o convertir las señales y datos enviados o recibidos mediante la unidad de control de error 20. A este respecto, el dispositivo de interfaz 24 puede incluir numerosos componentes eléctricos tal como, por ejemplo, dispositivos de entrada/salida en paralelo, convertidos análogos a digital (A/D), convertidores digital a análogo (D/A), sensores de voltaje y corriente, estimadores de flujo, filtros, integradores y similares.

En la realización mostrada, los dispositivos de interfaz 24 tienen dos salidas. La primera salida es el comando de posición de obturador (T_{xc}), que se convierte desde el comando de error de torque (T_{ec}) del control de error de velocidad de motor 34 o, en sistemas en donde se utiliza el linealizador de torque del motor 36, la salida de comando de torque linealizado (T_{lc}) del linealizador de torque del motor 36. La segunda salida es el comando actual de excitación (E_{lc}) que se convierte desde el comando de error de flujo generado (λ_{ec}) por el control de error de flujo de rotor 30.

Para las entradas, los dispositivos de interfaz 24 generan tres señales de medición de voltaje de motor (V_{mm}) para representar los voltajes (V_m) en cada fase de los cables y motor 16 y dos señales de medición de corriente de motor (I_{mm}) para representa las corrientes (I_m) en dos de las tres fases. La corriente de la tercera fase se calcula fácilmente, debido a que las corrientes de las tres fases deben sumar cero, pero también se pueden medir.

El modelo de vector del motor 26 está en comunicación eléctrica con los dispositivos de interfaz 24, el dispositivo de suma de flujo de rotor 28, el controlador supervisor 38, el dispositivo de suma de velocidad de motor 32, y, cuando se emplea, el linealizador de torque del motor 36. El modelo de vector del motor 26 realiza diversas funciones matemáticas

utilizando las señales de medición de voltaje de motor (V_{mm}) y las señales de medición de corriente de motor (I_{mm}) con el fin de proporcionar estimaciones como se describe en la Patente Estadounidense No. 7,117,120 otorgada a Beck et al., (la Patente '120), que se incluye aquí como referencia. Por ejemplo, el modelo de vector del motor 26 calcula y genera los estimados del desempeño del motor de inducción 16 que incluye la velocidad de motor en el eje del motor (U_{me}), el flujo magnético del rotor (λ_{re}), y el torque mecánico del eje del motor (T_{me}).

El dispositivo de suma de flujo de rotor 28 descrito en la figura 1 recibe dos entradas, a saber el estimado de flujo de rotor (λ_{re}) del modelo de vector de rotor 26 y el comando de flujo de rotor (λ_{rc}) desde el controlador supervisor 38. Durante la operación regular, el comando de flujo de rotor (λ_{rd}) se mantiene de manera general en un valor constante para mantener el torque apropiado (T_p) del motor. Sin embargo, durante el arranque del motor 12, el comando de flujo de rotor (λ_{rc}) se puede reducir enormemente o aún mantener en cero para reducir la carga del motor 12. Basado en las entradas recibidas, el dispositivo de suma de flujo de rotor 25 genera una salida, a saber, el estimado de error de flujo (λ_{ee}).

El estimado de error de flujo (λ_{ee}) se recibe por parte del control de error de flujo de rotor 30. En general, el control de error de flujo de rotor 30 es una estructura de bucle de control diseñada para ajustar su salida para forzar el término de error a cero. En la realización de la figura 1, el control de error de flujo de rotor 30 es un controlador derivado integral proporcional (PID). Sin embargo, se pueden utilizar otros tipos de estructuras de control, tal como integral-proporcional (PI), controladores lógicos difusos, y similares, se pueden utilizar como se conocen en la técnica.

El control de error de flujo de rotor 30 extrae el comando de excitación de flujo (λ_{ec}) a los dispositivos de interfaz 24.

5 El dispositivo de suma de velocidad de motor 32 ilustrado en la figura 1 recibe dos entradas, a saber el estimado de velocidad de motor (U_{me}) del modelo de vector del motor 26 y el comando de velocidad de motor (U_{mc}) del controlador supervisor 38. Basado en las entradas recibidas, el dispositivo de suma de velocidad de motor 32 genera una
10 salida, a saber el estimado de error de velocidad (U_{ee}).

El estimado de error de velocidad (U_{ee}) es recibido por el control de error de velocidad de motor 34. En general, el control de error de velocidad de motor 34 es una estructura
15 de bucle de control diseñada para ajustar su salida para forzar el término de error a cero. En la realización ilustrada de la figura 1, el control de error de velocidad de motor 34 es un controlador derivado integral proporcional (PIB). Sin embargo, los otros tipos de estructuras de
20 control, tal como el integral-proporcional (PI), controladores lógicos de pulsos, y similares, se pueden utilizar como se conocen en la técnica. Como se muestra en la figura 1, el controlador de error de velocidad de motor 34 genera y envía el comando de torque del motor (T_{ec}) al
25 linealizador de torque del motor opcional 36. Si el linealizador de torque del motor 36 es omitido desde la unidad de control de error 20, el comando de torque del motor (T_{ec}) se proporciona directamente a los dispositivos de interfaz 24.

30

Cuando se utiliza, el linealizador de torque del motor 36 se utiliza para asegurar que se correlaciona una entrada particular con la acción correctiva deseada y apropiada. Por ejemplo, cuando se necesita un cambio de tres por ciento (3%)
35 de cambio en el torque del motor, se puede requerir un cambio de obturador del diez por ciento (10%). En tales circunstancias, el linealizador de torque del motor 36

manipula el comando de torque del motor (T_{ec}) recibido desde el controlador de error de velocidad de motor 34 de tal manera que se produce un comando de torque linealizado (T_{lc}). La linealización del comando de torque asegura que la ganancia de sistema del control de posición de obturador sea casi constante y, por lo tanto, más fácil de ajustar para una respuesta óptima. El comando de torque linealizado (T_{lc}) se genera a los dispositivos de interfaz 24 y se proporciona al motor 12. Como tal, se cambia la posición del obturador según se necesite para corresponder en forma correcta al comando de torque del motor (T_{ec}). Como se muestra en la figura 1, el linealizador de torque del motor 36 recibe dos entradas, a saber el comando de torque del motor (T_{ec}) desde el control de error de velocidad de motor 34 y el estimado de velocidad de motor (U_{me}) desde el modelo de vector del motor 26.

Con referencia aún a la figura 1, la mayor parte de los componentes de la unidad de control de error 20 están en comunicación eléctrica con el controlador supervisor 38. En particular, el control supervisor 38 suministra el comando de velocidad de motor (U_{mc}) al dispositivo de suma de velocidad de motor 32 y al comando de flujo de rotor (λ_{rc}) al dispositivo de suma de rotor de flujo 28. Los valores de estos dos comandos se pueden derivar mediante la entrada de operador manual, derivada de acuerdo con los métodos descritos en la patente '120, o derivada mediante otros medios automáticos. El controlador supervisor 38 recibe señales que representan estimados de la velocidad de motor en el eje del motor (U_{me}) en el torque mecánico del eje del motor (T_{me}). El controlador supervisor 38 también fija los parámetros de operación programables (designados por la letra "P" en un círculo) para los dispositivos de interfaz 24, en modelo de vector del motor 26, el control de error de flujo de rotor 30, el control de error de velocidad de motor 34 y, cuando se utiliza el linealizador de torque del motor 36. Los parámetros de operación programables incluyen ganancias, coeficientes de filtro, tabla de valores, parámetros de motor

y similares. El controlador supervisor 38 también puede recibir una variedad de otras entradas desde la unidad de control de error 20 y el sistema 10 y genera una variedad de otras salidas al sistema 10.

5

En operación, el motor 12 dentro del sistema 10 se arranca aunque mantiene el comando de flujo de rotor (λ_{rc}) en o casi cero. Algún comando de flujo es de manera general necesario para producir suficiente voltaje para el motor (I_m) para el
10 modelo de vector del motor 26 para que sea capaz de estimar la velocidad del motor (U_{me}). La velocidad del estator del motor 16 se determina mediante el módulo de vector del motor 26 utilizando señales de medición de voltaje de motor (V_{mm}) y (I_{mm}) que representa, respectivamente, los voltajes (V_m) y
15 corrientes (I_m) de las fases de los cables y motor 16. Inicialmente, el controlador supervisor 38 también limita el valor calculado de la pendiente del motor 16 a cero (0) de tal manera que el estimado calculado de la velocidad del motor (U_{me}) es la misma que la velocidad rotacional eléctrica
20 del estator del motor 16 y, por lo tanto, también proporcional a la velocidad rotacional del motor 12.

El modelo de vector del motor 26 proporciona el estimado de velocidad de motor (U_{me}) al controlador supervisor 38. Una vez
25 el estimado de velocidad de motor (U_{me}) alcanza un nivel deseado o predeterminado, el controlador aumenta el comando de flujo de rotor (λ_{rc}) a un índice deseado. En la determinación del nivel predeterminado o deseado, el controlador 38 puede tener acceso y utilizar un parámetro
30 fijo o una o más tablas de valores disponibles. Cuando se emplea una tabla de valores, el controlador supervisor 38 utiliza el estimado de velocidad de motor (U_{me}) para ubicar el comando de rotor de flujo apropiado y correspondiente (λ_{rc}) sobre la tabla de valores. En este momento, el controlador
35 supervisor 38 también aumenta, en un índice controlado, el límite del valor calculado de la pendiente del motor 16 de

tal manera que el estimado calculado de la velocidad de motor (U_{me}) llega a ser la velocidad rotacional actual del motor 16 y la bomba 18.

- 5 El dispositivo de suma de flujo de rotor 28 compara el comando de rotor de flujo (λ_{rc}) con el estimado de rotor de flujo (λ_{re}) suministrado por el modelo de vector del motor 26. Basado en esta comparación, el dispositivo de suma de flujo de rotor 28 genera el estimado de error de flujo (λ_{ee}). El
- 10 estimado de error de flujo (λ_{ee}) se utiliza por el control de error de flujo de rotor 30 en donde se determina el comando de excitación de flujo (λ_{ec}). Luego el comando de excitación de flujo (λ_{ec}) pasa a través de los dispositivos de interfaz 24 y son recibidos por el generador 14 en la forma de comando
- 15 de corriente excitación (E_{ic}). El comando de corriente de excitación (E_{ic}) es recibido por y determina la corriente de campo del generador 14 y cambia los voltajes (D_m) y corrientes (I_m) de las fases de los cables y motor 16. El proceso descrito anteriormente repite a una frecuencia
- 20 determinada. Como tal, se opera un primer bucle de retroalimentación.

En todo momento durante la operación, el dispositivo de suma de velocidad de motor 32 compara el comando de motor de velocidad (U_{mc}) con el estimado de motor de velocidad (U_{me}) recibido desde el modelo de vector del motor 26 y genera el estimado de error de velocidad (U_{ee}).

A continuación, el estimado de error de velocidad (U_{ee}) es

- 30 utilizado por el control de error de velocidad de motor 34 para generar el comando de torque del motor (T_{ec}). El comando de torque del motor (T_{ec}) se linealiza mediante linealizador de torque del motor 36 (cuando se utiliza la linealización para generar el comando linealizado del torque) (T_{lc}). El
- 35 comando linealizado de torque (T_{lc}) se transforma a través de los dispositivos de interfaz 24 y el comando de posición de

obturador (T_{xc}) se produce y suministra al motor 12. El proceso descrito anteriormente se repite a una frecuencia predeterminada. Como tal, se opera un segundo bucle de retroalimentación.

5

El motor 16 impulsa la bomba 18 que opera con base en el comando de posición de obturador (T_{xc}) y el comando de corriente de excitación (E_{ic}). Por lo tanto, la velocidad de la bomba (U_p) y el flujo de bomba (Q_p) se manipulan en forma
10 precisa o se mantienen constantes según se necesite para una aplicación particular mediante el uso de los primeros y segundos bucles de retroalimentación.

Aquellos expertos en la técnica apreciarán que la invención
15 supera así la desventaja experimentada en los métodos anteriores, tal como Pettigrew, que proporciona control de velocidad de bomba variable al remover o reducir sustancialmente la posibilidad de que el control de un generador no se traducirá en la operación deseada del motor y
20 la bomba. De hecho, la realización de ejemplo del sistema 10 de la figura 1, de acuerdo con la invención, se basa en controlar el torque del motor en lugar de asumir la falla frecuente de la salida de frecuencia deseada del generador lo que resultará en la operación deseada del motor y la bomba
25 como en sistemas anteriores.

Como una ventaja agregada, la presente invención, a través de control preciso y el aumento de flujo de rotor, reduce el pico partiendo de la corriente retirada por el motor y, en
30 forma correspondiente, la corriente que sea suministrada por el generador. En los sistemas anteriores en donde se opera un generador a una frecuencia y voltaje y luego se conmuta el motor en "a través de la línea", la corriente de motor aumentará a un valor tanto como un mil por ciento (1000 %) de
35 la corriente de operación del motor. Para manejar tales corrientes de partida grandes, los sistemas anteriores utilizan este método que requiere muchos componentes en el

sistema que son mucho mayores y más robustos de lo que ellos podrán haber necesitado. La presente invención reduce la corriente pico a menos de un ciento cincuenta por ciento (150 %) de la corriente de operación normal del motor, reduciendo sustancialmente por lo tanto el peso, la complejidad y el costo de los componentes requeridos para practicar la invención.

Con el fin de probar y evaluar el sistema 10 (o un casi equivalente del mismo), se realiza una simulación por computador utilizando el programa Simulink desarrollado por Math Works. La configuración y arquitectura de la simulación se describe esquemáticamente en el diagrama de bloques 40 de la figura 2.

El motor modelado en la simulación es un motor de cuatro cilindros de las partes de demostración Simulink. Adicionalmente, el control de error de velocidad de motor 34 y el control de error de flujo de rotor 30 son controladores integrales proporcionales (PI). La simulación produjo los resultados descritos en las figuras 3A a 3B. Como se puede ver en la figura 3B, la corriente máxima en el rotor generador y el estator del motor durante el arranque fue de aproximadamente 20 amperios, aunque las corrientes máximas constantes fueron aproximadamente de 14 amperios. En la figura 3C el flujo de rotor del motor (línea sólida) se ve que converge ligeramente sobre el comando de flujo de rotor (líneas discontinúas). Adicionalmente, en la figura 3D, la velocidad del motor (líneas sólidas) converge sobre y se mantiene en la velocidad comandada (líneas discontinúas).

Todas las referencias, que incluyen publicaciones, solicitudes de patente y patentes mencionadas aquí se incorporan por la presente como referencia al mismo grado como si cada referencia se hubiera indicado individual y específicamente para ser incorporada como referencia y se establece aquí en su totalidad.

Para propósitos de esta descripción, el término "acoplado" significa la unión de dos componentes (eléctricos o mecánicos) directa o indirectamente uno al otro. Tal unión puede ser de naturaleza móvil o estacionaria. Tal unión se puede lograr con dos componentes (eléctricos o mecánicos) y cualquier miembro intermedio adicional se forma integralmente como un único cuerpo individual con uno o los dos componentes y cualquier miembro adicional se une al otro. Tal unión puede ser de naturaleza permanente o alternativamente puede ser removible o liberable.

El uso de los términos "un" y "uno" y "el" y similares se refiere en este contexto de la descripción de la invención, especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones se debe constituir que cubre el singular y el plural a menos que se indique otra cosa aquí o se contradiga claramente por el contexto. Los términos "que comprenden" "que tienen", "que incluyen", y "que contienen" se constituyen como términos abiertos (es decir, significa "que incluyen, pero no se limitan a") a menos que se indique otra cosa. La descripción de los rangos de los valores aquí está únicamente destinado a servir como un método abreviado de referencia individual a cada valor separado que cae dentro del rango, a menos que se indique de otra forma aquí, y cada valor separado se incorpore en la descripción como si fuera mencionado individualmente aquí. El término señal se constituye por incluir todos los medios de datos de comunicación y/o información que incluyen, pero no se limitan a estructuras de datos comunicadas entre módulos y sus rutinas en uno o más programas de computador, transmisión de datos en serie o paralelo y señales análogas. Todos los métodos descritos aquí se pueden realizar en cualquier orden adecuado a menos que se indique de otra forma aquí o se contradiga claramente por el contexto. El uso de cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje de ejemplo (por ejemplo, "tal como") suministrado aquí, se pretende que aclare únicamente

la invención y no posee una limitación del alcance de la invención a menos que se reivindique de otra forma. Ningún lenguaje en la descripción se debe constituir como indicador de cualquier elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención.

Las realizaciones preferidas de esta invención se describen aquí, incluyendo la mejor forma conocida por los inventores para llevar a cabo la invención. Las variaciones de aquellas realizaciones preferidas pueden ser evidentes para aquellos medianamente versados en la técnica luego de la lectura de la anterior descripción. Los inventores esperan que los expertos empleen tales variaciones apropiadas, y los inventores pretenden que la invención no se practique de otra forma que la descrita específicamente aquí. De acuerdo con lo anterior, esta invención incluye las modificaciones y equivalentes de la materia objeto mencionada en las reivindicaciones adjuntas como lo permite la ley aplicable. Más aún, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles de la misma está abarcada por la invención a menos que se indique aquí de otra forma o se contradiga de otra forma claramente por el contexto.

25

30

35

RESUMEN

Se proporciona un sistema y método para controlar la velocidad de un motor que impulsa una carga que se conecta eléctricamente a un generador impulsado por un motor, a través del uso de un primer bucle de retroalimentación configurado para controlar el flujo de rotor del motor al controlar la excitación de campo del generador, y un segundo bucle de retroalimentación configurado para controlar la velocidad del motor al controlar la posición del obturador del motor.

46

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO NIT : 800.176.089-2 - / -					
Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA			No. 13 - 0087888	
	Bogotá D.C., Septiembre 03 de 2013 - 15:10:22				
RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA				NI 830.083.491	
*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
RECIBO DE CA	999999999	52652	30/05/2013		10.000.00
RECIBO DE CA	999999999	87022	30/08/2013		20.000.00
*** Conceptos Pagados ***					
CANT. RENTISTICO	CONCEPTO			Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC			30.000.00	30.000.00
					\$30.000.00
SON: **TREINTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**					
Responsable: _____			SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO		
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____					
			No. 11-133080- -00006-0000		
			Fecha: 2013-09-03 15:27:32 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR		
			Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI		
			Act. 523 RESPUESTA Folios: 41		
Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia					
Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240					
Septiembre 3 de 2013 - 15:10:22					