

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 592**

51 Int. Cl.:

**H02P 3/14**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2020** E 20305905 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024** EP 3952099

54 Título: **Control de motor de retroceso**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.08.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DUTREY, ALAIN;**  
**DEVOS, THOMAS y**  
**MALRAIT, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 976 592 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**

Control de motor de retroceso

**Campo de la invención**

5 La presente divulgación se refiere a un procedimiento de control para un motor eléctrico que funciona en condiciones de retroceso. La presente divulgación también se refiere a un variador de velocidad capaz de controlar el motor eléctrico que funciona en condiciones de retroceso.

**Antecedentes**

10 Los sistemas que implican una carga motriz, tales como los sistemas de bombeo utilizados en la extracción de petróleo y otros líquidos, por ejemplo, pueden incluir un motor eléctrico y un variador de velocidad. El variador de velocidad controla la cantidad de energía eléctrica enviada al motor. A continuación, el motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica para accionar la carga, tal como la elevación de una columna de fluido en el caso de los sistemas de bombeo.

15 Cuando se interrumpe el suministro de energía eléctrica al variador de velocidad, tal como durante un corte de potencia, el motor comienza un procedimiento de frenado. Inicialmente, el impulso de la carga hace que el motor continúe girando en una dirección de avance durante un breve periodo de tiempo. A partir de entonces, bajo la acción de la carga motriz, el motor dejará de girar en una dirección de avance y comenzará el retroceso.

20 Durante un tal procedimiento de frenado, el giro del motor generará energía eléctrica, la cual se enviará de nuevo al variador de velocidad. Esta energía eléctrica puede ser utilizada por el variador de velocidad para seguir funcionando y controlar la velocidad de retroceso del motor, evitando así un retroceso incontrolado, el cual podría alcanzar velocidades superiores a la nominal del sistema. El documento US 2005/281680 describe un procedimiento para hacer funcionar el motor de una bomba de cavidad progresiva en condiciones de perturbación de la potencia.

25 La energía eléctrica generada por el motor durante el frenado puede exceder las necesidades del variador de velocidad. En algunos casos, el exceso de energía puede disiparse a través de una resistencia, transformando el exceso de energía eléctrica en calor. Sin embargo, esta es una solución ineficaz, ya que la energía disipada no es aprovechada por el sistema. La compra y el mantenimiento de la resistencia también aumentan el coste general del sistema.

**Sumario**

30 Un objeto de la presente divulgación es mantener el motor de retroceso en un estado en el que la energía eléctrica producida por el motor sea comparable a la utilizada por el variador de velocidad, con el fin de reducir o incluso eliminar la necesidad de disipación de energía.

La presente divulgación describe un procedimiento de control implementado en un variador de velocidad para controlar un motor eléctrico durante el retroceso, en el que el procedimiento comprende:

- determinar, mediante el variador de velocidad, un valor de potencia mecánica que se produce a una velocidad de retroceso y un par de carga estimado;
- 35 - determinar, mediante el variador de velocidad, un perfil específico de pérdidas eléctricas que se produzcan en un nivel de flujo del motor, en el que el perfil específico de pérdidas eléctricas coincida con el valor de potencia mecánica;
- determinar, mediante el variador de velocidad, una referencia de flujo y una referencia de velocidad que deben aplicarse al motor para que coincidan con el perfil específico de pérdidas eléctricas;
- 40 - controlar, mediante el variador de velocidad, la velocidad de retroceso del motor para mantener la coincidencia con el perfil específico de pérdidas eléctricas.

45 Un tal procedimiento de control permite que el motor de retroceso funcione en un estado en el que la potencia producida por el motor sea comparable con la potencia utilizada para mantener el variador de velocidad en funcionamiento y controlar el motor, teniendo en cuenta las pérdidas eléctricas del sistema. Se genera poco o ningún exceso de potencia, y el sistema puede no utilizar una resistencia disipadora.

De manera opcional, el control de la velocidad de retroceso del motor comprende la redeterminación del perfil específico de pérdidas eléctricas para actualizar la referencia de flujo. La actualización de la referencia de flujo permite que el motor se mantenga a una velocidad de retroceso deseada a la vez que varían las pérdidas eléctricas que se

producen. La actualización de la referencia de flujo permite optimizar la coincidencia en caso de que varíe el par de carga.

5 De manera opcional, el control de la velocidad de retroceso del motor comprende la extracción, a partir del perfil específico de pérdidas eléctricas, de un valor de pérdidas eléctricas que se produce en el par de carga estimado, y la actualización de la referencia de velocidad a la velocidad de retroceso correspondiente al valor de pérdidas eléctricas. La actualización de la referencia de velocidad permite utilizar un único perfil específico de pérdidas eléctricas para el control de la velocidad. Una tal actualización permite mejorar la coincidencia en caso de que varíe el par de carga.

10 De manera opcional, el procedimiento puede comprender la redeterminación del perfil específico de pérdidas eléctricas para actualizar la referencia de flujo, extrayendo, a partir del perfil específico de pérdidas eléctricas, el valor de pérdidas eléctricas que se produce en el par de carga estimado, y actualizando la referencia de velocidad a la velocidad de retroceso correspondiente al valor de pérdidas eléctricas. La combinación de la actualización tanto de la referencia de flujo como de la referencia de velocidad puede aumentar la robustez y el rendimiento del control de velocidad de retroceso.

15 De manera opcional, el procedimiento comprende la determinación de un perfil de pérdidas eléctricas máximas, y la verificación de que un valor de pérdidas eléctricas que se produce a la velocidad de retroceso y el par de carga estimado estén por debajo del perfil de pérdidas eléctricas máximas. Tal verificación garantiza que el control de la velocidad de retroceso funciona dentro de unas pérdidas eléctricas factibles. Se puede encontrar una coincidencia entre el valor de potencia mecánica y un perfil específico de pérdidas eléctricas.

20 De manera opcional, el control de la velocidad de retroceso del motor se lleva a cabo hasta que se alcanza un umbral predefinido. Una tal configuración permite controlar la velocidad de retroceso que se lleva a cabo hasta que el control de velocidad sea prescindible o el funcionamiento del motor sea incompatible con el procedimiento.

25 De manera opcional, el umbral predefinido es al menos uno de un grupo que comprende: un par de carga mínimo, un valor de potencia mecánica mínimo, una velocidad de retroceso máxima. Un par de carga mínimo puede indicar que la potencia mecánica producida para mantener en funcionamiento el variador de velocidad se proporciona a una velocidad de retroceso superior a una velocidad nominal del sistema. Puede ser preferente desconectar el variador de velocidad. Un valor mínimo de potencia mecánica puede indicar que el motor no está sometido a un par de carga elevado. Es posible que el motor no acelere si se le priva del control de velocidad de retroceso. Una velocidad de retroceso máxima puede indicar que la velocidad necesaria para mantener la coincidencia entre el perfil específico de pérdidas eléctricas y el valor de potencia mecánica sea superior a una velocidad nominal del sistema. Puede ser preferente desconectar el variador de velocidad.

35 De manera opcional, la velocidad de retroceso es una velocidad de retroceso predefinida. La velocidad de retroceso predefinida puede permitir a un operador seleccionar una velocidad de retroceso deseada que se aplicará al motor durante el retroceso. La velocidad de retroceso predefinida puede seleccionarse en base a la aplicación. De manera opcional, la velocidad de retroceso predefinida se elige a partir de un grupo que comprende una velocidad de retroceso más lenta, media y rápida. Tales opciones pueden facilitar la selección de la velocidad de retroceso predefinida.

De manera opcional, determinar el perfil específico de pérdidas eléctricas comprende seleccionar el perfil específico de pérdidas eléctricas a partir de una pluralidad de perfiles de pérdidas eléctricas que se producen en una pluralidad de niveles de flujo del motor. Limitar el número de perfiles de pérdidas eléctricas disponibles puede facilitar la determinación de un perfil específico de pérdidas eléctricas.

40 De manera opcional, la pluralidad de niveles de flujo del motor está en el intervalo del 10 % de un flujo nominal al 150 % del flujo nominal. Tales niveles de flujo del motor pueden corresponder a perfiles de pérdidas eléctricas que muy probablemente coincidan con un valor de potencia mecánica.

45 De manera opcional, el procedimiento comprende seleccionar si el control de la velocidad de retroceso del motor incluye cambiar la referencia de flujo y/o la referencia de velocidad. Por lo tanto, un operador puede seleccionar si el control del motor se produce a una referencia de velocidad fija o si la velocidad de retroceso puede variar. Un operador también puede seleccionar si el motor funciona con una referencia de flujo fija o si el flujo puede variar. Se mejora la flexibilidad del procedimiento.

De manera opcional, el procedimiento comprende detectar, mediante el variador de velocidad, el retroceso del motor. Tal detección permite que el variador de velocidad aplique el procedimiento cuando se produce el retroceso.

50 De manera opcional, el procedimiento comprende aplicar el procedimiento después de un corte de potencia. Se puede detectar un corte de potencia, y puede indicar que el motor puede retroceder. Tal detección permite que el variador de velocidad aplique el procedimiento cuando se produce el retroceso.

La presente divulgación también describe un variador de velocidad de un motor eléctrico que comprende un procesador y una memoria, estando el procesador configurado para funcionar de acuerdo con cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria.

5 La presente divulgación también describe un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones las cuales, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un variador de velocidad conectado a una red eléctrica y a un motor.

10 La Figura 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un variador de velocidad que controla la velocidad de retroceso de un motor después de un corte de potencia eléctrica.

La Figura 3 ilustra un ejemplo de procedimiento.

La Figura 4 ilustra otro ejemplo de procedimiento.

La Figura 5 ilustra aún otro ejemplo de procedimiento.

15 La Figura 6 ilustra aún otro ejemplo de procedimiento.

La Figura 7 ilustra un ejemplo de un sistema de control para la implementación de los procedimientos de la presente divulgación.

La Figura 8 ilustra un ejemplo de una etapa ilustrada en la Figura 7.

La Figura 9 ilustra un ejemplo de otra etapa que se muestra en la Figura 7.

20 La Figura 10 ilustra un ejemplo de otra etapa que se muestra en la Figura 7.

La Figura 11 ilustra otro ejemplo de una etapa de la Figura 7.

**Descripción detallada**

25 La presente divulgación se aplica al control de un motor eléctrico mediante un variador de velocidad. Un variador de velocidad debe entenderse en la presente divulgación como una unidad de control electrónica, virtual o implementada en software para un motor eléctrico.

Como en el ejemplo ilustrado en la Figura 1, el variador 10 de velocidad puede estar conectado, por un lado, a una red N eléctrica y, por otro lado, al motor M eléctrico. El variador 10 de velocidad puede comprender un módulo 12 inversor, un bus 14 de potencia de CC (corriente continua) y un módulo 16 convertidor.

30 El módulo 12 inversor puede comprender un puente de diodos configurado para convertir una tensión de CA (corriente alterna) trifásica suministrada por la red N eléctrica en una tensión de CC. La tensión de CC emitida por el módulo 12 inversor puede aplicarse al bus 14 de potencia de CC.

El bus 14 de potencia de CC puede comprender dos líneas de potencia conectadas entre sí por un condensador  $C_{bus}$  de bus configurado para estabilizar la tensión del bus 14. La salida del bus 14 de potencia de CC puede conectarse al módulo 16 convertidor.

35 El módulo 16 convertidor puede comprender varios brazos de conmutación, comprendiendo cada uno transistores de potencia, por ejemplo, del tipo IGBT (transistor Bipolar de Puerta Aislada). El módulo 16 convertidor puede estar destinado a cortar la tensión suministrada por el bus 14 de potencia de CC, para lograr una tensión de salida variable aplicada al motor M eléctrico.

40 El variador 10 de velocidad puede comprender un procesador PROC, estando el procesador PROC configurado para funcionar de acuerdo con cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria. El procesador PROC puede incluir circuitos electrónicos de cálculo gestionados por un sistema operativo.

45 El variador 10 de velocidad puede comprender un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina o por ordenador, tal como, por ejemplo, una memoria o unidad de almacenamiento MEM, donde el medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina está codificado con instrucciones ejecutables por un procesador tal como el procesador PROC, comprendiendo el medio de almacenamiento legible por máquina instrucciones para

operar el procesador PROC para realizar cualquiera de los procedimientos de ejemplo descritos en la presente memoria. Un almacenamiento legible por ordenador de acuerdo con la presente divulgación puede ser cualquier dispositivo de almacenamiento electrónico, magnético, óptico u otro dispositivo de almacenamiento físico que almacene instrucciones ejecutables. El almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, una Memoria de Acceso Aleatorio (RAM), una Memoria de Sólo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente (EEPROM), una unidad de almacenamiento, un disco óptico, y similares. Como se describe en la presente memoria, el almacenamiento legible por ordenador puede codificarse con instrucciones ejecutables de acuerdo con los procedimientos descritos en la presente memoria. El almacenamiento o la memoria pueden incluir cualquier dispositivo de almacenamiento electrónico, magnético, óptico o físico de otro tipo que almacene instrucciones ejecutables como las descritas en la presente memoria.

El variador 10 de velocidad de acuerdo con la presente divulgación está conectado a una carga accionada. Por carga accionada, se debe entender que el motor M puede accionar la carga, o recíprocamente, la carga puede accionar el motor M. Cuando el motor acciona la carga, el motor M consume potencia eléctrica para producir potencia mecánica. Recíprocamente, cuando la carga acciona el motor M, la carga aplica un par de carga sobre el motor para hacer girar el motor M, para producir potencia eléctrica. La potencia eléctrica puede entenderse como una combinación de tensión y corriente. La potencia mecánica puede entenderse como una combinación de velocidad y par.

La Figura 2 ilustra el comportamiento del motor M eléctrico en caso de corte de potencia eléctrica. Los cortes potencia eléctrica se producen cuando se corta la tensión suministrada por la red N eléctrica al variador 10 de velocidad. Es posible que se produzca un corte de potencia antes de aplicar los procedimientos descritos en la presente memoria. Se puede detectar un corte de potencia y activar los procedimientos descritos en la presente memoria.

Seguido de un corte de potencia eléctrica, que se produce en (0) en la Figura 2, el par producido por el motor M eléctrico puede disminuir. Como se ilustra en (1) en la Figura 2, el motor M eléctrico puede desacelerar bajo la acción del par de carga. El motor M puede generar potencia eléctrica, la cual puede ser almacenada por el condensador  $C_{bus}$  de bus de potencia de CC, dando lugar a un aumento de la tensión de bus de CC.

El motor M puede alcanzar un área cercana a la velocidad cero, en (2) en la Figura 2, en la que el motor M eléctrico ya no puede generar potencia eléctrica. La tensión de bus puede disminuir debido a las pérdidas eléctricas que se producen en el variador 10 de velocidad y en el motor M eléctrico. Para evitar la desconexión del variador 10 de velocidad, cuando la tensión de bus disminuye por debajo de un nivel crítico, la potencia eléctrica almacenada por el condensador  $C_{bus}$  de bus de potencia de CC puede utilizarse para establecer el retroceso. El retroceso debe entenderse como el giro en sentido inverso del motor M. El retroceso puede establecerse mediante la producción de potencia mecánica por parte del motor M para aumentar la velocidad del motor M en la dirección inversa, como se ilustra en (3) en la Figura 2.

Durante el retroceso, el motor M eléctrico puede acelerar bajo la acción del par de carga. El motor M puede generar potencia eléctrica, la cual puede ser almacenada por el condensador  $C_{bus}$  de bus, dando lugar a un aumento de la tensión de bus de CC. Un retroceso descontrolado puede ser indeseable por una serie de razones. Por ejemplo, una tal razón puede ser alcanzar velocidades de retroceso superiores a la velocidad nominal del motor M, lo cual podría ser perjudicial para el equipo o inseguro para el personal. Parte de la potencia generada por el motor M eléctrico puede ser utilizada por el variador 10 de velocidad para controlar la velocidad de retroceso del motor M. El control de la velocidad de retroceso puede lograrse mediante la producción de potencia mecánica por parte del motor M para oponerse a la acción de la carga. La potencia mecánica puede formar un par resistivo aplicado para mantener la velocidad de retroceso del motor M en un valor deseado. Esto se ilustra en (4) en la Figura 2. Sin embargo, puede generarse un exceso de potencia, correspondiente a la potencia eléctrica producida por el motor M durante el retroceso que no se almacena ni utiliza el variador 10 de velocidad para controlar la velocidad de retroceso.

La Figura 3 ilustra un ejemplo de un procedimiento 100 de acuerdo con la presente divulgación. El procedimiento ilustrado en la Figura 3 se lleva a cabo, por ejemplo, mediante el variador 10 de velocidad para controlar el motor M eléctrico durante el retroceso.

Como se ilustra en el bloque 101, el procedimiento 100 comprende determinar un valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica. Por valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica se debe entender la potencia producida por el motor M eléctrico. El valor de potencia mecánica puede calcularse a partir de una velocidad  $\omega$  de retroceso de motor y un par  $T_{est}$  de carga estimado.

Como se ilustra en el bloque 102, el procedimiento 100 comprende la determinación de un perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. Por pérdidas eléctricas deben entenderse las pérdidas de potencia que se producen en el motor M y en el variador 10 de velocidad. Las pérdidas eléctricas pueden comprender las pérdidas del motor y las pérdidas del variador de velocidad. Las pérdidas eléctricas pueden calcularse a partir de las características del motor. Las pérdidas eléctricas pueden variar con la velocidad del motor, el par y el nivel de flujo. Por lo tanto, un perfil  $P_{eléc}$  de pérdidas eléctricas puede representar las pérdidas eléctricas que se producen en un nivel de flujo para cualquier

velocidad y par del motor. El perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas es el perfil de pérdidas eléctricas para el cual el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica puede coincidir con las pérdidas eléctricas que se producen. Por lo tanto, la potencia producida por el motor M eléctrico es comparable a la requerida por el variador 10 de velocidad para mantenerse en funcionamiento y controlar la velocidad de retroceso del motor M.

5 Como se ilustra en el bloque 103, el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas puede utilizarse para determinar una referencia  $\phi_{ref}$  de flujo y una referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad. La referencia  $\phi_{ref}$  de flujo puede corresponder al nivel de flujo asociado al perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. La referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad puede corresponder a la velocidad de retroceso a la cual el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica coincide con el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas.

10 Como se ilustra en el bloque 104, la velocidad de retroceso del motor M puede controlarse para mantener la coincidencia con el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. Al controlar la velocidad de retroceso del motor M, se entiende que el variador 10 de velocidad puede regular el motor M para lograr la coincidencia entre el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica y el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas.

15 El procedimiento 100 ilustrado en la Figura 3 permite que el motor retroceda en un estado en el que la potencia mecánica producida por el motor M es comparable a la potencia eléctrica requerida por el variador 10 de velocidad para hacer funcionar y controlar el motor M. Puede producirse poco o ningún exceso de potencia, reduciendo o incluso eliminando la necesidad de disipación de potencia.

20 En algunos ejemplos, el par de carga aplicado al motor por la carga puede permanecer constante en el tiempo. En tales casos, el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica y las pérdidas eléctricas que se produzcan también pueden permanecer constantes. La referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad y la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo pueden, en tales ejemplos, permanecer constantes.

En algunos ejemplos, el par de carga puede variar con el tiempo. En tales casos, el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica y las pérdidas eléctricas que se producen también pueden variar con el tiempo. Como resultado, el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica puede no coincidir continuamente con el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas.

25 La Figura 4 ilustra un procedimiento 200, el cual puede llevarse a cabo dentro del bloque 104, tal como se discute en la Figura 3. El procedimiento 200 consiste en actualizar la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo. En la presente divulgación, un mismo bloque puede aparecer en diferentes Figuras, en cuyo caso tal bloque se numera de la misma manera en las diferentes Figuras.

30 El procedimiento 200 comprende, en el bloque 201, la actualización del valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica para tener en cuenta un cambio en el par  $T_{est}$  de carga estimado. Como se ilustra en el bloque 202, se puede volver a determinar el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. El perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas redeterminado puede coincidir con el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica actualizado. Como se ilustra en el bloque 203, se puede determinar una referencia  $\phi_{ref}$  de flujo actualizada a partir del perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas redeterminado. La actualización de la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo puede permitir mantener la coincidencia entre el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica y el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas incluso cuando varía el par de carga aplicado al motor M durante el retroceso. La referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad, en tales ejemplos, puede permanecer constante.

La Figura 5 ilustra un procedimiento 300, el cual puede llevarse a cabo dentro del bloque 104 tal como se discute en la Figura 3. El procedimiento 300 consiste en actualizar la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad.

40 El procedimiento 300 comprende, además, en el bloque 201, la actualización del valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica. El procedimiento 300 comprende, además, en el bloque 301, la extracción, a partir del perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas, de un valor de pérdidas eléctricas que se produce en el par  $T_{est}$  de carga estimado. El valor de pérdidas eléctricas corresponde a las pérdidas eléctricas que se producen en el par  $T_{est}$  de carga estimado a la vez que se sigue el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. En el bloque 302, se puede determinar la velocidad de retroceso a la cual se realiza el valor de pérdidas eléctricas. La velocidad de retroceso determinada puede indicar una nueva referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad en la cual la potencia  $P_{mecá}$  mecánica actualizada puede coincidir con el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas. Como se ilustra en el bloque 303, la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad puede actualizarse a partir de la velocidad determinada en el bloque 302. Se puede utilizar un único perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas para controlar la velocidad de retroceso del motor M. La actualización de la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad puede permitir mantener la coincidencia entre el valor  $P_{mecá}$  de potencia mecánica y el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas incluso a la vez que el par de carga aplicado al motor M varía durante el retroceso. La referencia  $\phi_{ref}$  de flujo puede, en tales ejemplos, permanecer constante.

50 En algunos casos, pueden actualizarse tanto la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo como la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad. La referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad puede actualizarse cuando el flujo está por debajo de un umbral. La referencia  $\phi_{ref}$  de flujo

puede actualizarse para limitar o eliminar las oscilaciones de velocidad a bajas velocidades de retroceso. La combinación de la actualización tanto de la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo como de la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad puede aumentar la robustez y el rendimiento del control de velocidad de retroceso.

5 La Figura 6 ilustra un procedimiento 400 que comprende los bloques 101-104 tal como se discute en la Figura 3, en el que se determina un perfil  $P_{m\acute{a}x}$  de pérdidas eléctricas máximas, en el bloque 401. Las pérdidas eléctricas pueden estar limitadas por la corriente la cual se puede aplicar al motor M eléctrico. Por lo tanto, por perfil  $P_{m\acute{a}x}$  de pérdidas eléctricas máximas se debe entender las pérdidas eléctricas máximas alcanzables a cualquier velocidad y par dados, y para cualquier nivel de flujo.

10 En el bloque 402, el valor de pérdidas eléctricas, comparable al valor  $P_{mec\acute{a}}$  de potencia mecánica a través de la aplicación del procedimiento 100, puede compararse con el perfil  $P_{m\acute{a}x}$  de pérdidas eléctricas máximas. El valor de pérdidas eléctricas puede estar por debajo de las pérdidas eléctricas máximas, lo que sugiere que se puede encontrar un perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas que coincida con el valor  $P_{mec\acute{a}}$  de potencia mecánica. El valor de pérdidas eléctricas puede estar por encima de las pérdidas eléctricas máximas, lo que sugiere que ningún perfil  $P_{el\acute{e}c}$  de pérdidas eléctricas puede coincidir con el valor  $P_{mec\acute{a}}$  de potencia mecánica. El valor de pérdidas eléctricas puede reducirse, por ejemplo, disminuyendo la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad. Por lo tanto, el valor  $P_{mec\acute{a}}$  de potencia mecánica también puede reducirse siguiendo el procedimiento 100 y coincidir con un perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas.

En algunos ejemplos, el bloque 104 de control de la velocidad de retroceso del motor puede llevarse a cabo hasta que se alcance un umbral predefinido.

20 El umbral predefinido puede ser un par  $T_{min}$  de carga mínimo. Con el par  $T_{min}$  de carga mínimo, la velocidad de retroceso necesaria para mantener la coincidencia con el perfil  $P_{ref}$  específico de pérdidas eléctricas puede superar la velocidad nominal del sistema. En otras palabras, producir suficiente potencia mecánica para mantener en funcionamiento el variador de velocidad puede requerir una velocidad de retroceso excesiva. En un tal caso, puede ser preferente retirar el control del variador 10 de velocidad y dejar que se apague.

25 El umbral predefinido puede ser un valor  $P_{min}$  de potencia mecánica mínimo. En el valor  $P_{min}$  de potencia mecánica mínimo, se puede aplicar una carga insignificante al motor M. La velocidad de retroceso puede permanecer a una velocidad por debajo de la velocidad nominal del motor M sin control del variador 10 de velocidad.

30 El umbral predefinido puede ser una velocidad  $\omega_{m\acute{a}x}$  máxima de retroceso. Alcanzar la velocidad de retroceso máxima puede indicar que se aplica un par de carga bajo al motor. A la velocidad  $\omega_{m\acute{a}x}$  máxima de retroceso, la velocidad de retroceso necesaria para mantener la coincidencia con el perfil específico de pérdidas eléctricas puede exceder la velocidad nominal del sistema. En un tal caso, puede ser preferente retirar el control del variador 10 de velocidad y dejar que se apague.

35 En algunos ejemplos, los procedimientos descritos en la presente memoria pueden comprender seleccionar si el control de la velocidad de retroceso del motor actualiza la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad, de acuerdo con el procedimiento 300, o la referencia  $\phi_{ref}$  de flujo, de acuerdo con el procedimiento 200. En algunos casos, la selección puede ser realizada por un operario. La selección puede depender de la aplicación. La selección puede mejorar la flexibilidad de los procedimientos descritos en la presente memoria.

40 En algunos ejemplos, los procedimientos descritos en la presente memoria pueden comprender la detección del retroceso del motor M. La detección de retroceso puede activar el control de la velocidad de retroceso del motor M. La detección de retroceso puede lograrse mediante una velocidad medida a partir de mediciones de velocidad o corriente en el motor M.

La Figura 7 ilustra un sistema de control configurado para llevar a cabo los procedimientos descritos en la presente memoria.

45 Como se ilustra, el valor  $P_{mec\acute{a}}$  de potencia mecánica puede determinarse en el bloque 101 a partir de la velocidad  $\omega$  de retroceso y el par  $T_{est}$  de carga estimado. El par  $T_{est}$  de carga estimado puede determinarse a partir de mediciones en el motor. El par  $T_{est}$  de carga estimado puede determinarse tomando mediciones de corriente y calculando el par  $T_{est}$  de carga estimado. El par  $T_{est}$  de carga estimado puede determinarse tomando mediciones de par en el motor. Las mediciones pueden realizarse mediante sensores en el motor.

50 En algunos ejemplos, la velocidad  $\omega$  de retroceso puede ser una velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida. La velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida puede asignarse dependiendo de una velocidad de retroceso deseada del motor M. La velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida puede elegirse dependiendo de la aplicación. La velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida puede ser elegida por un operador. La velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida puede, por ejemplo, elegirse entre una velocidad de retroceso media, más rápida y lenta. En tales casos, la velocidad  $\omega_{asignada}$  de retroceso predefinida puede ser comparable a la referencia  $\omega_{ref}$  de velocidad. El motor puede funcionar a

la velocidad  $\omega_{\text{asignada}}$  de retroceso predefinida. El control del motor en el bloque 104 puede lograrse aplicando el procedimiento 200.

5 En algunos ejemplos, la velocidad  $\omega$  de retroceso puede ser una velocidad de retroceso estimada. La velocidad de retroceso estimada puede establecerse por las mediciones tomadas en el motor M. Las mediciones pueden realizarse mediante sensores en el motor.

10 Como se ilustra, la determinación del perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas en el bloque 102 puede comprender la identificación del perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas a partir de una pluralidad de perfiles  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas. Los perfiles  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas pueden corresponder a los perfiles de pérdidas eléctricas que se producen entre el 10 % y el 150 % de un flujo nominal. Los perfiles  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas pueden corresponder a los perfiles de pérdidas eléctricas que se producen entre el 20 % y el 120 % de un flujo nominal. El flujo nominal puede corresponder a un flujo nominal del motor M eléctrico. Las pérdidas eléctricas que se producen entre el 10 % y el 150 % del flujo nominal pueden corresponder a valores probables de potencia mecánica. Las pérdidas eléctricas que se producen entre el 10 % y el 150 % del flujo nominal también pueden corresponder a niveles de flujo del motor alcanzables para preservar el motor M eléctrico.

15 En algunos ejemplos, la determinación del perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas puede comprender el cálculo del perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas a partir del valor  $P_{\text{mecá}}$  de potencia mecánica determinado, los datos del motor y el par  $T_{\text{est}}$  de carga estimado.

20 Además, el bloque 500 ilustra el cálculo, por parte del variador 10 de velocidad, de las tensiones que deben aplicarse al motor M. Las tensiones pueden calcularse utilizando leyes de control vectorial. La referencia  $\omega_{\text{ref}}$  de velocidad y la referencia  $\phi_{\text{ref}}$  de flujo pueden convertirse en una tensión productora de flujo y una tensión productora de par. La tensión productora de flujo y la tensión productora de par pueden convertirse en tensiones trifásicas para enviarlas a cada bobinado del motor. Las mediciones de corriente en el motor M pueden utilizarse en los cálculos de tensión para mejorar la precisión de los cálculos de tensión.

25 La Figura 8 ilustra un ejemplo de cálculo del valor  $P_{\text{mecá}}$  de potencia mecánica. La velocidad  $\omega$  de retroceso puede estimarse o asignarse, en este ejemplo, como -10 Hz, o aproximadamente 62 rad/s. El par  $T_{\text{est}}$  de carga estimado puede estimarse, en este ejemplo, como el 80 % de un par nominal. Si el par nominal del motor M es de 135 Nm en este ejemplo, la carga  $T_{\text{est}}$  estimada puede ser de 108 Nm. Por lo tanto, el valor  $P_{\text{mecá}}$  de potencia mecánica puede calcularse en 6,7 kW.

30 La Figura 9 ilustra un ejemplo de identificación de un perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas y de utilización del perfil  $P_{\text{máx}}$  de pérdidas eléctricas máximas. Como se ilustra, se han determinado seis perfiles  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas, en función de la velocidad y del par, para niveles de flujo que van del 20 % del flujo nominal al 120 % del flujo nominal. El perfil  $P_{\text{máx}}$  de pérdidas eléctricas máximas ilustra las pérdidas eléctricas máximas alcanzables. En este ejemplo, las pérdidas eléctricas máximas que se producen a la velocidad  $\omega$  de retroceso de -10 Hz son de 9,3 kW. En este caso, el valor  $P_{\text{mecá}}$  de potencia mecánica de 6,7 kW es inferior a las pérdidas eléctricas máximas. El perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas que coincide con el valor  $P_{\text{mecá}}$  de potencia mecánica a la velocidad de retroceso de -10 Hz es, en este caso, el perfil  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas al 80 % del flujo nominal. La referencia de flujo del 80 % del flujo nominal puede aplicarse al motor M. Además, en este ejemplo, la referencia  $\omega_{\text{ref}}$  de velocidad puede fijarse en -10 Hz, comparable a la velocidad  $\omega$  de retroceso.

40 Las Figuras 10 y 11 ilustran ejemplos en los que el par  $T_{\text{est}}$  de carga estimado se reduce del 80 % del par nominal al 25 % del par nominal. El cambio en el par  $T_{\text{est}}$  de carga estimado conduce a un valor  $P_{\text{mecá-nuevo}}$  de potencia mecánica actualizado. El valor  $P_{\text{mecá-nuevo}}$  de potencia mecánica actualizado puede calcularse a partir de la referencia  $\omega_{\text{ref}}$  de velocidad y del par  $T_{\text{est}}$  de carga estimado reducido. De acuerdo con este ejemplo, el nuevo valor  $P_{\text{mecá-nuevo}}$  de potencia mecánica puede ser de 2,1 kW. Sin embargo, las pérdidas eléctricas que se producen en el valor  $\omega_{\text{ref}}$  de referencia de velocidad se mantienen en 9,3 kW. El motor M puede generar un exceso de potencia de 7,2 kW.

45 La Figura 10 ilustra un ejemplo en el que se actualiza la referencia  $\phi_{\text{ref}}$  de flujo. El variador 10 de velocidad puede seleccionar una nueva curva  $P_{\text{ref}}$  de pérdidas eléctricas específicas. En este ejemplo, el nuevo perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas que coincide con el nuevo valor  $P_{\text{mecá-nuevo}}$  de potencia mecánica es el perfil  $P_{\text{eléc}}$  de pérdidas eléctricas al 20 % del flujo nominal. La referencia  $\omega_{\text{ref}}$  de velocidad puede permanecer como -10 Hz, comparable a la velocidad  $\omega$  de retroceso anterior. La referencia de flujo actualizada del 20 % del flujo nominal puede aplicarse al motor M.

50 La Figura 11 ilustra un ejemplo en el que se actualiza la referencia  $\omega_{\text{ref}}$  de velocidad. El variador 10 de velocidad puede determinar una nueva referencia  $\omega_{\text{ref-nueva}}$  de velocidad. De acuerdo con el perfil  $P_{\text{ref}}$  específico de pérdidas eléctricas al 80 % del flujo nominal, pueden producirse pérdidas eléctricas de 2,1 kW a una nueva referencia  $\omega_{\text{ref-nueva}}$  de

## ES 2 976 592 T3

velocidad de -5 Hz. La referencia de flujo puede permanecer al 20 % del flujo nominal. La referencia de velocidad actualizada de -5 Hz puede aplicarse al motor M.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control implementado en un variador (10) de velocidad para controlar un motor (M) eléctrico durante el retroceso, en el que el procedimiento comprende:
  - 5       - determinar, mediante el variador (10) de velocidad, un valor ( $P_{mecá}$ ) de potencia mecánica que se produce a una velocidad ( $\omega$ ) de retroceso y un par ( $T_{est}$ ) de carga estimado; **caracterizado porque**
  - determinar, mediante el variador (10) de velocidad, un perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas que se produce en un nivel de flujo del motor, en el que el perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas coincide con el valor ( $P_{mecá}$ ) de potencia mecánica;
  - 10       - determinar, mediante el variador (10) de velocidad, una referencia ( $\phi_{ref}$ ) de flujo y una referencia ( $\omega_{ref}$ ) de velocidad que deben aplicarse al motor (M) para que coincidan con el perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas; y
  - controlar, mediante el variador (10) de velocidad, la velocidad de retroceso del motor (M) para mantener la coincidencia con el perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas.
- 15       2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el control de la velocidad de retroceso del motor (M) comprende la redeterminación del perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas para actualizar la referencia ( $\phi_{ref}$ ) de flujo.
- 20       3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el control de la velocidad de retroceso del motor (M) comprende extraer, a partir del perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas, un valor de pérdidas eléctricas que se produce en el par ( $T_{est}$ ) de carga estimado, y actualizar la referencia ( $\omega_{ref}$ ) de velocidad a la velocidad de retroceso correspondiente al valor de pérdidas eléctricas.
- 25       4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende determinar un perfil ( $P_{máx}$ ) de pérdidas eléctricas máximas, y verificar que un valor de pérdidas eléctricas que se produce a la velocidad ( $\omega$ ) de retroceso y el par ( $T_{est}$ ) de carga estimado están por debajo del perfil ( $P_{máx}$ ) de pérdidas eléctricas máxima.
- 30       5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el control de la velocidad de retroceso del motor (M) se lleva a cabo hasta que se alcanza un umbral predefinido.
6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el umbral predefinido es al menos uno de un grupo que comprende: un par ( $T_{min}$ ) de carga mínimo, un valor ( $P_{min}$ ) de potencia mecánica mínimo, una velocidad ( $\omega_{máx}$ ) de retroceso máxima.
- 35       7. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad ( $\omega$ ) de retroceso es una velocidad ( $\omega_{asignada}$ ) de retroceso predefinida.
- 40       8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la velocidad ( $\omega_{asignada}$ ) de retroceso predefinida se elige a partir de un grupo que comprende una velocidad de retroceso más lenta, media y rápida.
9. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación del perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas comprende la selección del perfil ( $P_{ref}$ ) específico de pérdidas eléctricas a partir de una pluralidad de perfiles de pérdidas eléctricas ( $P_{eléc}$ ) que se producen en una pluralidad de niveles de flujo del motor.
- 45       10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la pluralidad de niveles de flujo del motor está en el intervalo del 10 % de un flujo nominal al 150 % del flujo nominal.
- 50       11. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además seleccionar si el control de la velocidad de retroceso del motor (M) incluye cambiar la referencia ( $\phi_{ref}$ ) de flujo y/o la referencia ( $\omega_{ref}$ ) de velocidad.
12. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además detectar, mediante el variador (10) de velocidad, el retroceso del motor (M).
- 55       13. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende aplicar el procedimiento seguido de un corte de energía.

14. Un variador (10) de velocidad de un motor (M) eléctrico que comprende un procesador (PROC) y una memoria (MEM), estando el procesador configurado para funcionar de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones del procedimiento anterior.
- 5 15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones las cuales, cuando son ejecutadas por un procesador (PROC), hacen que el procesador lleve a cabo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones del procedimiento anterior.

FIG. 1

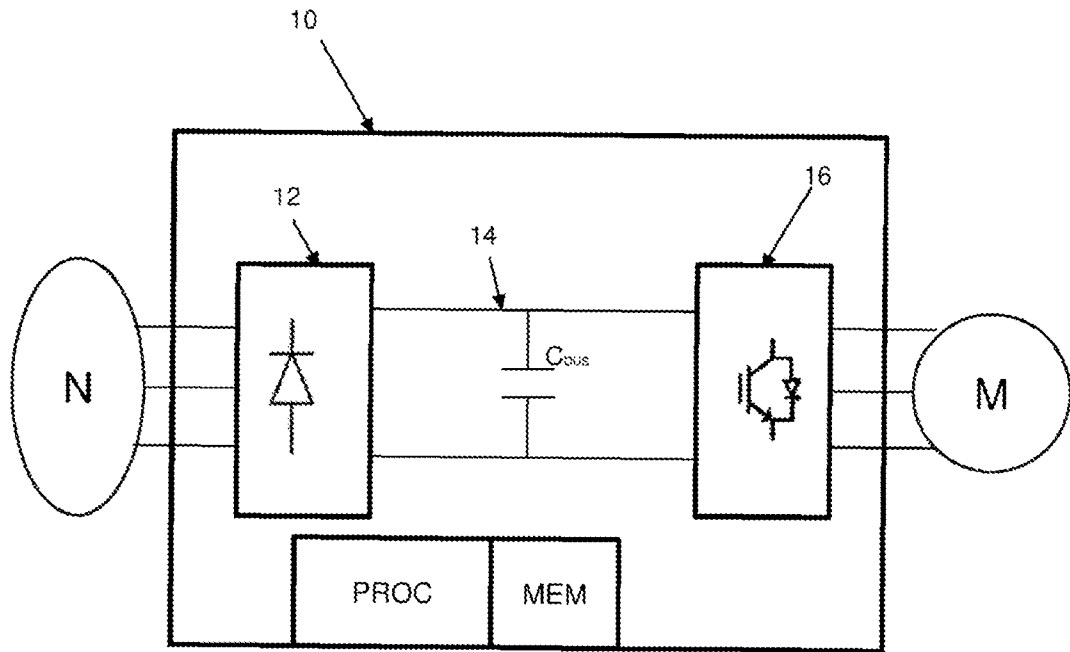


FIG. 2

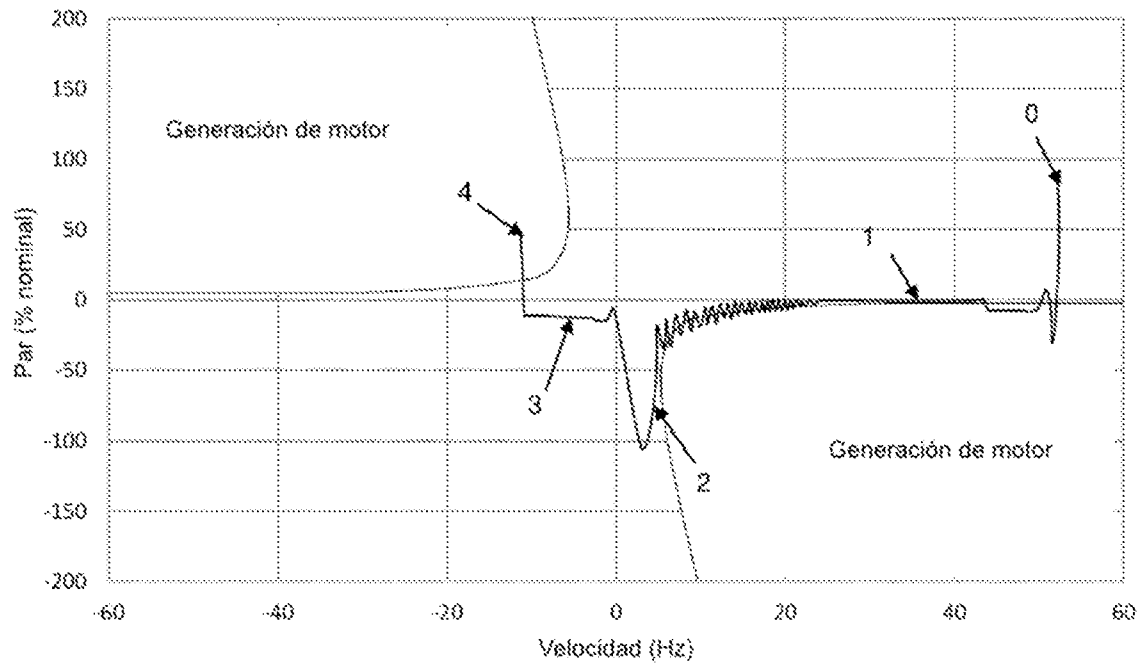


FIG. 3

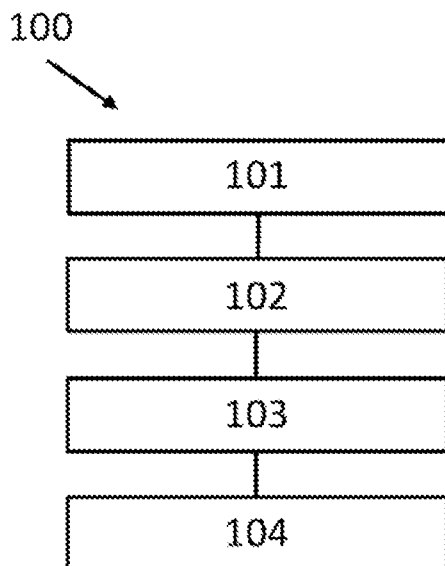


FIG. 4

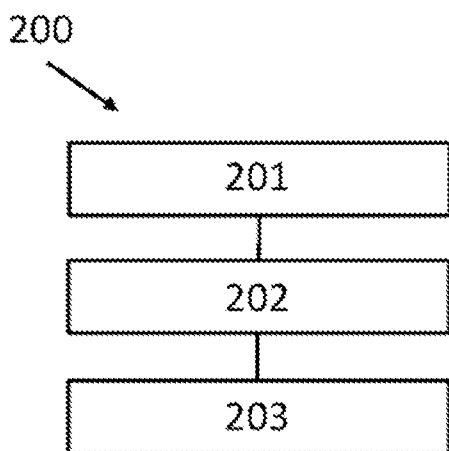


FIG. 5

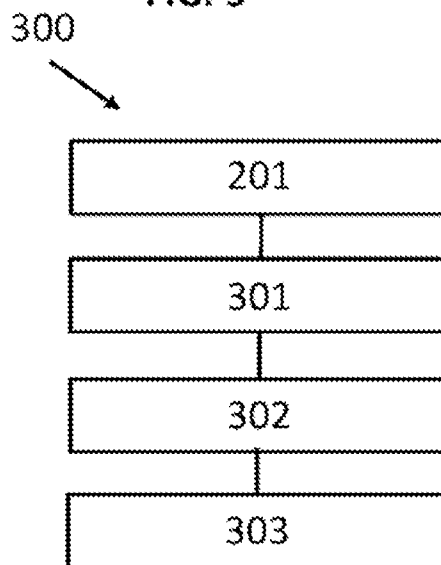


FIG. 6

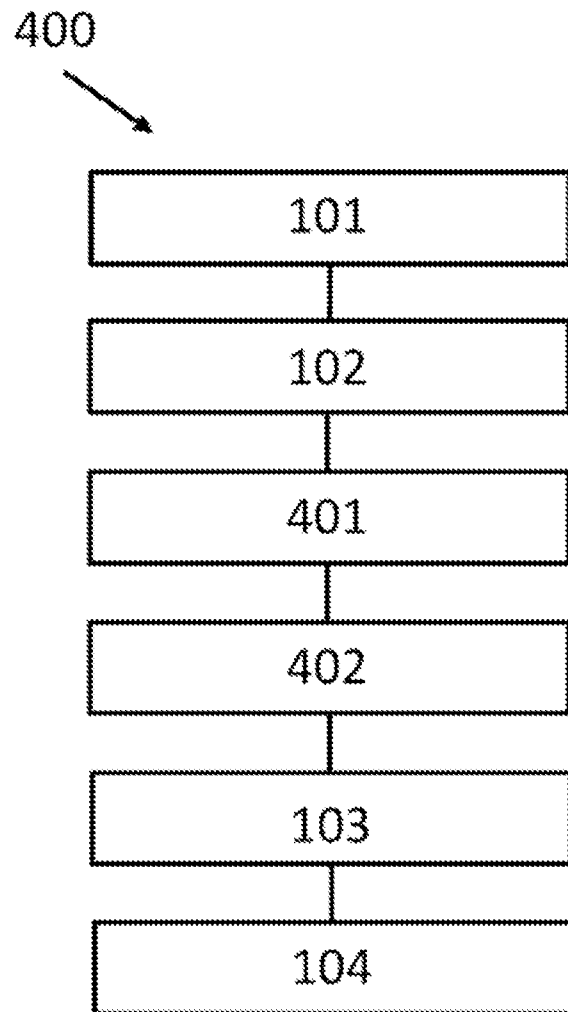
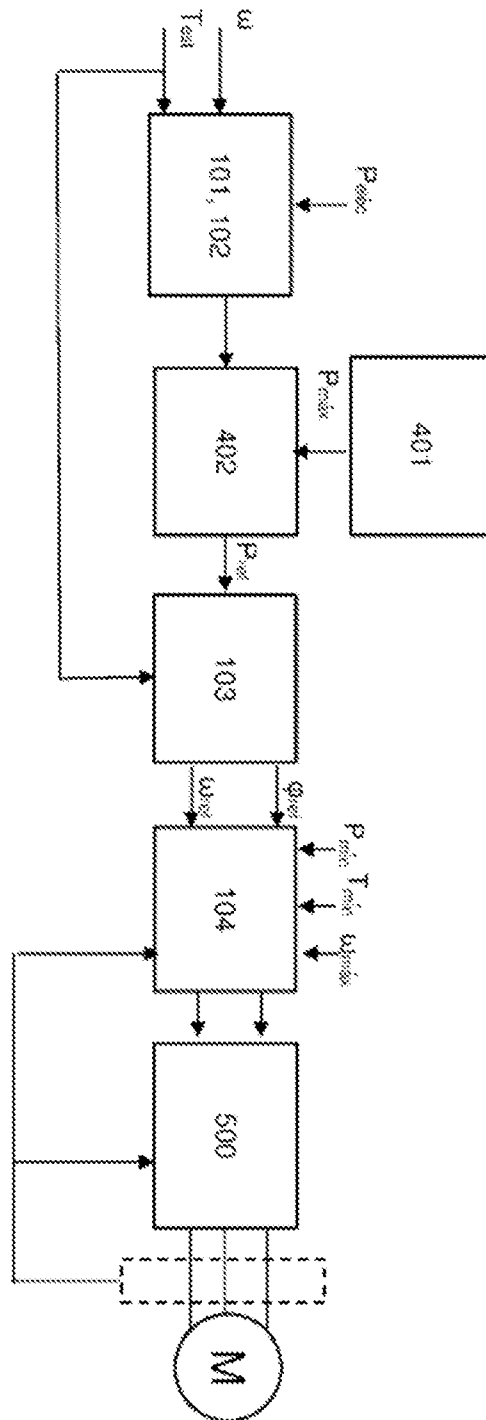
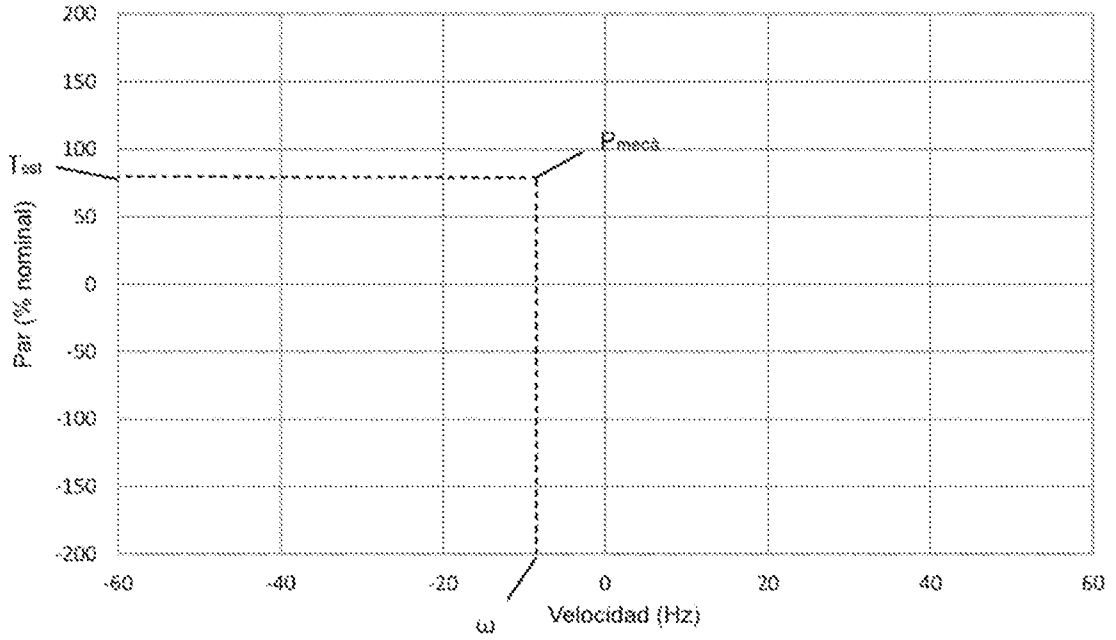


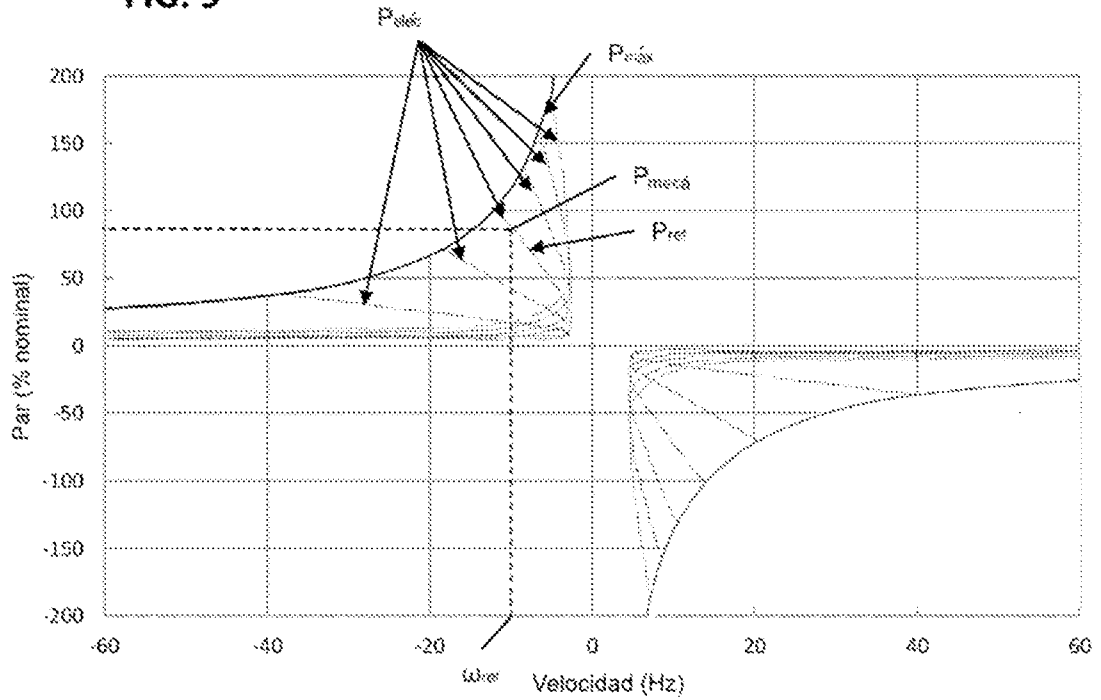
FIG. 7



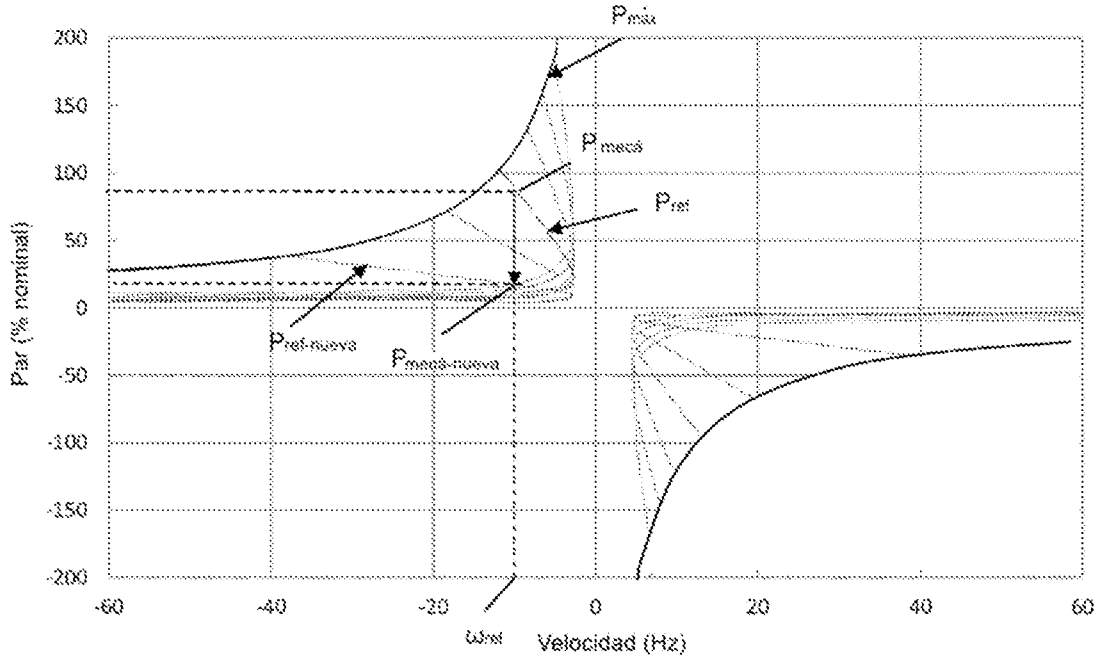
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG. 10**



**FIG. 11**

