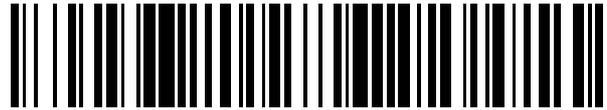


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 355**

51 Int. Cl.:

B21D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011 E 11770655 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2624978**

54 Título: **Aparato y métodos para aumentar la eficiencia de sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos y de nivelación**

30 Prioridad:

06.10.2010 US 390467 P

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

10.09.2015

73 Titular/es:

**THE BRADBURY COMPANY, INC. (100.0%)
1200 East Cole
Moundridge, Kansas 67107, US**

72 Inventor/es:

**SMITH, GREGORY S.;
WILLIAMS, ZACHARY y
DOWNING, ROGER**

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 545 355 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

Aparato y métodos para aumentar la eficiencia de sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos y de nivelación

5

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**Campo de la divulgación**

La presente divulgación se refiere, en general, a sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos, y más en particular, a un aparato y métodos para aumentar la eficiencia de sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos y de nivelación.

Antecedentes

Los sistemas de producción o procesos de formación de perfiles por medio de rodillos (por ejemplo, formación de perfiles por medio de rodillos, nivelación, etc.) por lo general se usan para fabricar componentes tales como paneles de construcción, vigas estructurales, puertas de garaje y / o cualquier otro componente que tenga un perfil formado. El material en movimiento puede ser, por ejemplo, un material en tiras (por ejemplo, un metal) que se saca de un rollo o bobina del material en tiras y se procesa usando una máquina o sistema de formación de perfiles por medio de rodillos, o puede ser un material en tiras pre-cortado que se corta en unas longitudes o tamaños previamente determinados.

Ya se use un material en tiras en el proceso de precorte o en el proceso de postcorte, por lo general el material en tiras se nivela, se aplanan o se acondiciona de otro modo antes de la introducción de la máquina o sistema de formación de perfiles por medio de rodillos para retirar o reducir características sustancialmente indeseables del material en tiras debido a defectos de forma y tensiones residuales internas que resultan del proceso de fabricación del material en tiras y / o de almacenar el material en tiras en una configuración bobinada. Por ejemplo, un acondicionador de material se emplea a menudo para acondicionar el material en tiras (por ejemplo, un metal) para retirar determinadas características no deseables tales como, por ejemplo, deformación en bobina, arqueado, ondulación en los bordes y pandeo central, etc. Las niveladoras son unas máquinas bien conocidas que pueden aplanar de forma sustancial un material en tiras (por ejemplo, eliminar defectos de forma y liberar las tensiones residuales internas) a medida que el material en tiras se saca del rollo de bobina.

El resumen del documento JP 60 099430 A divulga un dispositivo de accionamiento de una niveladora de rodillos. Rodillos de trabajo divididos en un lado de entrada, un lado central y un lado de salida. Un motor eléctrico acciona el lado de entrada a través de engranajes, el motor eléctrico acciona los rodillos de trabajo a través de engranajes, y el motor acciona unos rodillos de trabajo a través de engranajes. Los motores están conectados con los sistemas de unidad de accionamiento divididos y el dispositivo se controla para hacer el par de torsión de eje de cada sistema de unidad de accionamiento positivo.

La presente invención proporciona un aparato y método de procesamiento en tiras de acuerdo con las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A es una vista lateral de un sistema de producción a modo de ejemplo que está configurado para procesar un material en tiras en movimiento usando una niveladora de unidad de accionamiento doble o partida a modo de ejemplo.

La figura 1B ilustra una vista parcial ampliada de la niveladora de unidad de accionamiento partida a modo de ejemplo de la figura 1A.

La figura 2 ilustra un sistema a modo de ejemplo que puede usarse para accionar la niveladora de unidad de accionamiento doble o partida de la figura 1A.

La figura 3 es un diagrama de bloques de un aparato a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos a modo de ejemplo que se describen en el presente documento.

Las figuras 4A y 4B representan un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo que puede implementarse para controlar la niveladora de unidad de accionamiento doble o partida a modo de ejemplo de las figuras 1A, 1B y 2.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema de procesador a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos y aparato a modo de ejemplo que se describen en el presente documento.

La figura 6 es un diagrama esquemático eléctrico que representa un primer sistema de unidad de accionamiento que puede usarse para implementar la niveladora de unidad de accionamiento doble o partida a modo de ejemplo de las figuras 1A y 2.

La figura 7 es otro diagrama esquemático eléctrico que representa un segundo sistema de unidad de accionamiento que puede usarse para implementar la niveladora de unidad de accionamiento doble o partida a modo de ejemplo de las figuras 1A y 2.

La figura 8 es una porción ampliada del diagrama esquemático eléctrico de la figura 6.

La figura 9 es un sistema a modo de ejemplo que puede usarse para accionar un aparato de formación de perfiles por medio de rodillos.

5 La figura 10 es un diagrama de bloques de un aparato a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos a modo de ejemplo que se describen en el presente documento.

La figura 11 es un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo que puede implementarse para controlar la niveladora de unidad de accionamiento partida a modo de ejemplo de las figuras 1A, 1B y 2 o el aparato de formación de perfiles por medio de rodillos de la figura 9.

10 La figura 12 es una gráfica que ilustra una comparación de una cantidad de energía que se consume por un sistema de formación de perfiles por medio de rodillos conocido y sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos que se describen en el presente documento.

La figura 13 es una gráfica que ilustra unos costes de energía a modo de ejemplo para una niveladora conocida que tiene un único motor.

15 La figura 14 es una gráfica que ilustra unos costes de energía a modo de ejemplo para un aparato de nivelación a modo de ejemplo que tiene un módulo de regeneración que se describe en el presente documento.

Descripción detallada

20 Los procesos de fabricación de formación de perfiles por medio de rodillos por lo general se usan para fabricar componentes tales como paneles de construcción, vigas estructurales, puertas de garaje y/o cualquier otro componente que tenga un perfil formado. Un proceso de producción de formación de perfiles por medio de rodillos puede implementarse mediante el uso de una máquina de formación de perfiles por medio de rodillos que tiene una pluralidad en secuencia de rodillos de trabajo que reciben y forman un material en movimiento. Cada rodillo de trabajo por lo general está configurado para contornear, conformar, doblar, cortar y/o plegar de forma progresiva un material en movimiento. Por lo general, un material en movimiento tal como, por ejemplo, un material en tiras (por ejemplo, un metal) se saca de un rollo o bobina del material en tiras y se procesa usando una máquina o sistema de formación de perfiles por medio de rodillos o puede ser un material en tiras pre-cortado que se corta en unas longitudes o tamaños previamente determinados.

30 Por lo general el material en tiras se nivela, se aplanan o se acondiciona de otro modo antes de la introducción de la máquina de formación de perfiles por medio de rodillos del sistema de producción o de procesamiento. En un sistema de producción de procesamiento, por lo general el material en tiras (por ejemplo, un metal) se acondiciona por medio de un sistema de nivelación para retirar determinadas características no deseables tales como, por ejemplo, deformación en bobina, arqueado, ondulación en los bordes y pandeo central, etc. debido a defectos de forma y tensiones residuales internas que resultan del proceso de fabricación del material en tiras y/o de almacenar el material en tiras en una configuración bobinada. Para preparar un material en tiras para su uso en la producción cuando el material en tiras se retira de una bobina, la tira puede acondicionarse antes del procesamiento subsiguiente (por ejemplo, estampado, punzonado, corte por plasma, corte por láser, formación de perfiles por medio de rodillos, etc.). Las niveladoras son unas máquinas bien conocidas que pueden aplanar de forma sustancial un material en tiras (por ejemplo, eliminar defectos de forma y liberar las tensiones residuales internas) a medida que el material en tiras se saca del rollo de bobina.

45 Las niveladoras y/o formadoras de perfiles por medio de rodillos convencionales pueden ser accionadas por medio de un sistema de unidad de accionamiento único o un sistema de unidad de accionamiento múltiple. No obstante, a diferencia de los métodos y sistemas a modo de ejemplo que se describen en el presente documento, los sistemas de unidad de accionamiento único y/o múltiple de las niveladoras y/o formadoras de perfiles por medio de rodillos convencionales por lo general usan una velocidad de referencia para controlar las unidades de accionamiento del sistema. Por ejemplo, un sistema de unidad de accionamiento múltiple puede controlarse mediante la operación de las unidades de accionamiento (por ejemplo, un primer motor y un segundo motor) a una velocidad que es sustancialmente equivalente a una velocidad de línea del material en tiras que se mueve a través del proceso de formación de perfiles por medio de rodillos.

55 Los métodos, aparato y sistemas a modo de ejemplo que se describen en el presente documento mejoran de forma significativa la eficiencia de un sistema de unidad de accionamiento (por ejemplo, conserve energía) de un proceso de formación de perfiles por medio de rodillos (por ejemplo, máquinas de nivelación y/o máquinas de formación de perfiles por medio de rodillos) que emplean un sistema de unidad de accionamiento múltiple para procesar una operación de formación de perfiles por medio de rodillos. Adicionalmente o como alternativa, los métodos, aparato y sistemas a modo de ejemplo que se describen en el presente documento pueden regenerar energía durante un proceso de formación de perfiles por medio de rodillos y/o de nivelación.

60 En general, el aparato, métodos y sistemas a modo de ejemplo que se describen en el presente documento emplean un valor de par de torsión o referencia de vectorización de par de torsión (en contraposición a una velocidad de referencia) para controlar un sistema de unidad de accionamiento múltiple. El control de un sistema de unidad de accionamiento múltiple con una referencia de par de torsión en contraposición a una referencia de velocidad mejora de forma significativa la efectividad del sistema mediante la reducción del consumo de potencia del sistema de unidad de accionamiento múltiple. Por ejemplo, la vectorización de par de torsión usa una referencia o valor de par

de torsión de una unidad de accionamiento maestra en lugar de un valor de velocidad como una referencia de instrucción para una unidad de accionamiento esclava del sistema de unidad de accionamiento múltiple. Cuando múltiples unidades de accionamiento se controlan mediante una referencia o valor de par de torsión, las velocidades de los motores del sistema de unidad de accionamiento múltiple se ajustan para cumplir esa referencia de par de torsión.

En algunos ejemplos, una salida de par de torsión de una unidad de accionamiento maestra puede usarse como una referencia de instrucción para dar lugar a que una unidad de accionamiento esclava genere un par de torsión de salida que es diferente de (por ejemplo, relativamente menor que) el par de torsión de salida de la unidad de accionamiento maestra (es decir, una puesta en no concordancia de par de torsión). En algunos ejemplos, una salida de par de torsión de una unidad de accionamiento maestra puede usarse como una referencia de instrucción para dar lugar a que una unidad de accionamiento esclava genere un par de torsión de salida que es sustancialmente igual al par de torsión de salida de la unidad de accionamiento maestra (es decir, una puesta en concordancia de par de torsión).

Por ejemplo, el uso de una referencia o aplicación de puesta en concordancia de par de torsión para accionar un sistema de unidad de accionamiento múltiple, en contraposición al uso de una referencia de velocidad, aumenta de forma significativa la eficiencia y / o la efectividad de una máquina de formación de perfiles por medio de rodillos debido a que los efectos de no concordancias mecánicas entre las unidades de accionamiento del sistema de unidad de accionamiento múltiple se reducen o se eliminan de forma sustancial. En particular, un primer motor (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) del sistema no genera más trabajo para trabajar contra otro motor (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) del sistema debido a las no concordancias mecánicas de la línea de proceso. Por lo tanto, el efecto neto es un menor uso de potencia para operar la totalidad del sistema debido a que se está desperdiciando significativamente menos potencia como resultado de las no concordancias o pérdidas mecánicas en el sistema. Por lo tanto, la aplicación de puesta en concordancia de par de torsión que se describe en el presente documento evitar que una primera unidad de accionamiento del sistema de unidad de accionamiento múltiple trabaje contra otra unidad de accionamiento del sistema de unidad de accionamiento múltiple. En su lugar, las unidades de accionamiento o motores (por ejemplo, una unidad de accionamiento maestra y / o una unidad de accionamiento esclava) del sistema de unidad de accionamiento múltiple tendrán una no concordancia de velocidad, que se mantiene dentro de un intervalo aceptable. Si las velocidades de los motores del sistema de unidad de accionamiento múltiple se encuentran fuera del intervalo aceptable, los motores del sistema de unidad de accionamiento múltiple se accionan con un valor de velocidad concordante hasta que las velocidades de los motores se encuentran dentro de un intervalo aceptable.

En algunos ejemplos, una aplicación de puesta en no concordancia de par de torsión se emplea de tal modo que la salida de par de torsión no se distribuirá de manera uniforme entre las unidades de accionamiento de un sistema de unidad de accionamiento múltiple. La no concordancia de par de torsión entre dos unidades de accionamiento, por ejemplo, puede dar lugar a que una primera unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) produzca más trabajo, lo que puede dar lugar a que una segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, una unidad de accionamiento esclava) opere como un freno de tal modo que se regenera energía en la segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava). La energía regenerada puede usarse para alimentar o accionar la primera unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra), aumentando de ese modo la eficiencia global del sistema de unidad de accionamiento.

En general, durante el funcionamiento, una primera unidad de accionamiento (por ejemplo, una unidad de accionamiento maestra) de un sistema de unidad de accionamiento múltiple que se describe en el presente documento recibe una instrucción para operar a un valor de velocidad de referencia (por ejemplo, una velocidad de línea de material de proceso). Una referencia de par de torsión de la primera unidad de accionamiento se mide cuando la primera unidad de accionamiento está operando a la velocidad de referencia. Una segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, una unidad de accionamiento esclava) recibe una instrucción para generar una salida de par de torsión que se mide o está basada en la referencia de par de torsión de la primera unidad de accionamiento. Por ejemplo, en una aplicación de puesta en concordancia de par de torsión, la unidad de accionamiento esclava puede recibir una instrucción para generar un par de torsión de salida que es igual a la referencia o salida de par de torsión de la primera unidad de accionamiento (es decir, una relación de uno a uno). Por ejemplo, un aparato de nivelación y / o un aparato de formadora de perfiles por medio de rodillos de un sistema de formación de perfiles por medio de rodillos pueden estar configurados para operar por medio de la aplicación de puesta en concordancia de par de torsión.

En contraste, en una aplicación de puesta en no concordancia de par de torsión, la unidad de accionamiento esclava recibe una instrucción para generar un par de torsión de salida que se encuentra dentro de aproximadamente un uno por ciento y un cinco por ciento de la referencia o salida de par de torsión de la primera unidad de accionamiento. Por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava recibe una instrucción para generar un par de torsión de salida que se encuentra entre un uno por ciento y un cinco por ciento menor que el par de torsión de salida que se genera por la unidad de accionamiento maestra. Por ejemplo, en un aparato de nivelación, una pluralidad de rodillos de salida puede ser accionada por una unidad de accionamiento maestra y una pluralidad de rodillos de entrada puede ser accionada por una unidad de accionamiento esclava, en la que la salida de par de torsión que se genera por la

unidad de accionamiento esclava es relativamente menor que la salida de par de torsión que se genera por la unidad de accionamiento maestra para proporcionar una no concordancia de salida de par de torsión entre la unidad de accionamiento maestra y la unidad de accionamiento esclava. De esta forma, la unidad de accionamiento maestra imparte un par de torsión rotacional negativo a la unidad de accionamiento esclava, en la que el par de torsión rotacional tiene una magnitud más grande que una magnitud de una salida de par de torsión del sistema de unidad de accionamiento esclavo. Como resultado, la no concordancia de par de torsión (por ejemplo, un par de torsión más grande que se imparte a los rodillos de salida que a los rodillos de entrada) da lugar a que la unidad de accionamiento esclava produzca o regenere energía eléctrica. Esta energía eléctrica regenerada puede realimentarse de vuelta al sistema por medio de, por ejemplo, un bus y usarse por una cualquiera y / o ambas de las unidades de accionamiento.

Adicionalmente o como alternativa, los sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos a modo de ejemplo que se describen en el presente documento pueden incluir un sistema de realimentación para detectar si una velocidad de la segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) se encuentra dentro de un límite o intervalo aceptable cuando la primera unidad de accionamiento o unidad de accionamiento maestra está operando a un valor de velocidad de referencia y la unidad de accionamiento esclava está operando o bien al valor de no concordancia de par de torsión o bien al valor de puesta en concordancia de par de torsión. Por ejemplo, si la velocidad de la segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) se encuentra dentro de un intervalo o límite de velocidad aceptable cuando se produce una salida de par de torsión que se mide o está basada en la referencia o salida de par de torsión de la primera unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra), entonces el sistema continúa operando la segunda unidad de accionamiento sobre la base de la referencia de par de torsión de la primera unidad de accionamiento. Si la velocidad de la segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) no se encuentra dentro de un intervalo o límite de velocidad aceptable cuando se le indica que opere sobre la base de la referencia de par de torsión de la primera unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra), entonces el sistema opera la segunda unidad de accionamiento (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) sobre la base de una referencia de velocidad de la primera unidad de accionamiento (por ejemplo, la velocidad de la unidad de accionamiento maestra) (es decir, una puesta en concordancia de velocidad).

La figura 1A es una vista lateral de un sistema de producción 10 a modo de ejemplo que está configurado para procesar un material en tiras en movimiento 100 usando un sistema de niveladora de unidad de accionamiento doble o partida 102 a modo de ejemplo (es decir, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102). En algunas implementaciones a modo de ejemplo, el sistema de producción 10 a modo de ejemplo puede ser parte de un sistema de fabricación de material en tiras en movimiento continuo, que puede incluir una pluralidad de subsistemas que modifican, acondicionan o alteran el material en tiras 100 usando procesos que, por ejemplo, nivelan, aplanan, punzonan, cizallan y / o pliegan el material en tiras 100. Por ejemplo, el material en tiras 100 puede procesarse subsiguientemente para dar un panel de construcción, una viga estructural y / o cualquier otro componente que tenga un perfil formado por medio de una máquina de formación de perfiles por medio de rodillos tal como, por ejemplo, la máquina de formación de perfiles por medio de rodillos 900 de la figura 9. En unas implementaciones a modo de ejemplo alternativas, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 puede implementarse como un sistema autónomo.

En el ejemplo ilustrado, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 puede estar colocada entre una desbobinadora 103 y una unidad operativa subsiguiente 104. El material en tiras 100 viaja desde la desbobinadora 103, a través de la niveladora 102, y a la unidad operativa subsiguiente 104 en un sentido que se indica en general por la flecha 106. La unidad operativa subsiguiente 104 puede ser un sistema de entrega de material continuo que transporta el material en tiras 100 desde la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 hasta un proceso operativo subsiguiente tal como, por ejemplo, una prensa de punzonado, una prensa de cizalla, una formadora de perfiles por medio de rodillos, etc. En otras implementaciones a modo de ejemplo, hojas precortadas a partir de, por ejemplo, el material en tiras 100 pueden alimentarse por hojas a través de la niveladora 102.

La niveladora de unidad de accionamiento partida 102 tiene un bastidor superior 105 y un bastidor de debajo 107. El bastidor superior 105 incluye un soporte superior 109 que está montado sobre el mismo y el bastidor de debajo 107 incluye un soporte ajustable 111 que está montado sobre el mismo. El soporte ajustable 111 puede ajustarse en relación con el soporte superior 109 por medio de un sistema hidráulico 113 que incluye, por ejemplo, unos cilindros hidráulicos 113a y 113b. Tal como se muestra en la figura 1A, el soporte superior 109 es no ajustable y está fijado al bastidor superior 105. No obstante, en otras implementaciones a modo de ejemplo, el soporte superior 109 puede ser ajustable. Tal como se muestra de la forma más clara en la figura 1B, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 incluye una pluralidad de rodillos de trabajo 108 que están dispuestos entre el bastidor superior 105 y el bastidor de debajo 107. En el presente ejemplo, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 incluye una pluralidad de rodillos de trabajo de soporte 108a y una pluralidad de rodillos de trabajo intermedios 108b.

La figura 1B ilustra la pluralidad de rodillos de trabajo 108 de la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 dispuestos como una pluralidad de rodillos de trabajo superiores 110 y rodillos de trabajo inferiores 112. Los rodillos de trabajo 108 pueden implementarse usando acero o cualquier otro material adecuado. Los rodillos de trabajo superiores 110 están desplazados en relación con los rodillos de trabajo inferiores 112 de tal modo que el material

en tiras 100 se alimenta a través de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 de una forma alterna. En el ejemplo ilustrado, los rodillos de trabajo 110 y 112 están divididos en una pluralidad de rodillos de trabajo de entrada 114 y una pluralidad de rodillos de trabajo de salida 116. Tal como se describe con mayor detalle en lo sucesivo, los rodillos de trabajo de entrada 114 se accionan con independencia de los rodillos de trabajo de salida 116 y los rodillos de trabajo de entrada 114 pueden controlarse con independencia de los rodillos de trabajo de salida 116. De esta forma, los rodillos de trabajo de salida 116 pueden aplicar relativamente más par de torsión de formación de perfiles al material en tiras 100 que la cantidad de par de torsión de formación de perfiles que se aplica por los rodillos de trabajo de entrada 114. Adicionalmente o como alternativa, los rodillos de trabajo de salida 116 pueden operarse a una velocidad relativamente más alta que los rodillos de trabajo de entrada 114. En otras implementaciones a modo de ejemplo, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 a modo de ejemplo puede estar provisto con una pluralidad de rodillos de trabajo locos 115 que pueden estar situados entre y en línea con los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116. Los rodillos de trabajo locos 115 por lo general son no accionados pero pueden ser accionados en algunas implementaciones.

Las técnicas de nivelación y / o de aplanamiento se implementan sobre la base de las formas en las que el material en tiras 100 reacciona a las tensiones que se imparten sobre el mismo (por ejemplo, la cantidad de carga o fuerza que se aplica al material en tiras 100). Por ejemplo, la medida en la que cambian la estructura y / o las características del material en tiras 100 es, en parte, dependiente de la cantidad de carga, fuerza o tensión que se aplica al material en tiras 100. Para impartir una carga, fuerza o tensión al material en tiras 100, los rodillos de trabajo 108 aplican una fuerza de hundimiento al material en tiras 100 para dar lugar a que el material 100 se enrolle (por lo menos en parte) en torno a los rodillos de trabajo 108. Un hundimiento de rodillo de trabajo puede hacerse variar al cambiar una distancia entre unos ejes centrales 117 y de los rodillos de trabajo 108 por medio de, por ejemplo, el soporte ajustable 111 y el sistema hidráulico 113. Por ejemplo, una fuerza de hundimiento puede aumentarse mediante la disminución de la distancia entre los ejes centrales 117 de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 respectivos a lo largo de un plano vertical. De forma similar, una fuerza de hundimiento puede disminuirse mediante el aumento de la distancia entre los ejes centrales 117 de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 respectivos a lo largo del plano vertical.

En el ejemplo ilustrado, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 usa el soporte ajustable 111 (es decir, unos recorridos ajustables) para aumentar o disminuir la profundidad de hundimiento entre los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112. En concreto, los cilindros hidráulicos 113a y 113b mueven el soporte de debajo 111 por medio de unos recorridos ajustables para aumentar o disminuir el hundimiento de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112. En otras implementaciones a modo de ejemplo, el hundimiento de los rodillos de trabajo 110 y 112 puede ajustarse mediante el movimiento del soporte superior 109 con respecto al soporte de debajo 111 usando, por ejemplo, configuraciones de motor y husillo (por ejemplo, husillo de bolas, gato de husillo, etc.).

Para reducir o eliminar de forma sustancial las tensiones residuales, el material en tiras 100 se estira más allá de una fase elástica hasta una fase plástica del material en tiras 100. Es decir, el material en tiras 100 se estira de tal modo que la región plástica se extiende a través de la totalidad del espesor del material en tiras 100. De lo contrario, cuando la fuerza de hundimiento F que se aplica a una porción del material en tiras 100 se retira sin tener porciones estiradas de este hasta la fase plástica, las tensiones residuales permanecen en esas porciones del material en tiras 100 dando lugar a que el material 100 vuelva a su forma antes de que se aplique la fuerza. En un caso de este tipo, el material en tiras 100 se ha flexionado pero no se ha curvado.

La cantidad de fuerza que se requiere para dar lugar a que un material en tiras cambie de un estado elástico a un estado plástico se conoce comúnmente como límite elástico. Los límites elásticos de metales que tienen la misma formulación de material por lo general son los mismos, mientras que metales con diferentes formulaciones tienen diferentes límites elásticos. La cantidad de fuerza de hundimiento F que es necesaria para superar el límite elástico de un material puede determinarse sobre la base de los diámetros de los rodillos de trabajo 108, la separación horizontal entre los rodillos de trabajo 108 cercanos, un módulo de elasticidad del material, un límite elástico del material o materiales, un espesor del material, etc.

Haciendo referencia a las figuras 1A y 1B, el hundimiento de los rodillos de trabajo de entrada 114 se establece para deformar el material en tiras 100 más allá de su límite elástico. En el ejemplo ilustrado, el hundimiento de los rodillos de trabajo de entrada 114 es relativamente más grande que el hundimiento de los rodillos de trabajo de salida 116. En algunas implementaciones a modo de ejemplo, el hundimiento de los rodillos de trabajo de salida 116 puede ajustarse para no deformar el material en tiras 100 en cantidad sustancial alguna sino, en su lugar, para solo ajustar la forma del material en tiras 100 a una forma plana. Por ejemplo, el hundimiento de los rodillos de trabajo de salida 116 puede establecerse de tal modo que un espacio de separación entre superficies opuestas de los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 es sustancialmente igual al espesor del material en tiras 100.

Durante el funcionamiento, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 recibe el material en tiras 100 a partir de la desbobinadora 103 y / u hojas precortadas pueden alimentarse por hojas a través de la niveladora 102. Un usuario puede proporcionar datos de límite elástico y de espesor de material por medio de, por ejemplo, una interfaz de usuario de controlador (por ejemplo, una interfaz de usuario del controlador 302 de la figura 3) para dar

lugar a que un controlador ajuste de forma automática los rodillos de trabajo 110 y 112 a una profundidad de hundimiento previamente determinada de rodillos de trabajo de entrada y de salida que se corresponde con los datos de material en tiras particulares que se proporcionan por el usuario. Por ejemplo, un controlador puede controlar los cilindros hidráulicos 113a y 113b para ajustar el soporte ajustable 111 para controlar la posición de deflexión y / o de inclinación de los rodillos de trabajo 112 en relación con los rodillos de trabajo 110 para determinar la ubicación y la forma en la que se acondiciona el material en tiras 100. De esta forma, puede aplicarse menos presión a los extremos de los rodillos de trabajo 112 de tal modo que los centros de los rodillos de trabajo 112 aplican más presión al material en tiras 100 que la que se aplica a los bordes. Mediante el ajuste del soporte inferior 111 de forma diferente a través de la anchura de los rodillos de trabajo inferiores 112, diferentes fuerzas de hundimiento pueden aplicarse a través de la anchura del material en tiras 100 para corregir diferentes defectos (por ejemplo, deformación en bobina, arqueado, ondulación en los bordes y pandeo central, etc.) en el material en tiras 100.

Además, los rodillos de trabajo de salida 116 se accionan para proporcionar un par de torsión de formación de perfiles mayor al material en tiras 100 que los rodillos de trabajo de entrada 114, dando lugar de ese modo a que los rodillos de trabajo de salida 116 tiren de, o estiren, el material en tiras 100 a través de la niveladora 102 y acondicionen de forma más efectiva el material en tiras 100. El material en tiras 100 puede sacarse o alejarse de una forma continua de la niveladora 102 por la segunda unidad operativa 104.

Como alternativa, los rodillos de trabajo de salida 116 pueden ser accionados para proporcionar un par de torsión de formación de perfiles al material en tiras 100 que es sustancialmente igual a un par de torsión de formación de perfiles que se proporciona al material en tiras 100 por los rodillos de trabajo de entrada 114. De esta forma, el accionamiento del primer y el segundo rodillos de trabajo 114 y 116 a sustancialmente el mismo par de torsión aumenta de forma significativa la eficiencia de la niveladora 102.

Cuando el material en tiras 100 se está moviendo a través de la niveladora 102, factores externos imparten una carga sobre el sistema de nivelación 102. Por ejemplo, la fuerza de hundimiento que se proporciona por los rodillos de trabajo 108, el espesor del material en tiras 100, el límite de elasticidad del material en tiras 100, freno de rueda de material, rozamiento del tren de engranajes etc., imparten o ejercen una carga sobre el sistema 10. El sistema 10 supera esta carga para mover el material en tiras 10 a través de la niveladora 102.

La figura 2 ilustra un sistema de unidad de accionamiento 200 a modo de ejemplo para accionar la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 de la figura 1A. En el ejemplo ilustrado, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 (la figura 1) incluye un sistema de unidad de accionamiento múltiple que tiene un primer sistema de unidad de accionamiento 201 y un segundo sistema de unidad de accionamiento 202. El primer sistema de unidad de accionamiento 201 incluye un primer motor 203 (por ejemplo, un motor esclavo) para accionar los rodillos de trabajo de entrada 114 y el segundo sistema de unidad de accionamiento 202 incluye un segundo motor 204 (por ejemplo, una unidad de accionamiento maestra) para accionar los rodillos de trabajo de salida 116. El primer motor 203 y / o el segundo motor 204 pueden implementarse usando cualquier tipo adecuado de motor tal como, por ejemplo, un motor de CA (por ejemplo, un motor de inducción trifásico), un motor de frecuencia variable, un motor de CC, un motor paso a paso, un motor servo, un motor hidráulico, etc. A pesar de que no se muestra, el sistema de unidad de accionamiento 200 y / o la niveladora 102 puede incluir uno o más sistemas de unidad de accionamiento o motores adicionales (es decir, además de los sistemas de unidad de accionamiento 201 y 202 y los motores 203 y 204).

En el ejemplo ilustrado, para transferir el par de torsión rotacional de los motores 203 y 204 a los rodillos de trabajo 108, el sistema de unidad de accionamiento 200 a modo de ejemplo está provisto con una caja de engranajes 205. La caja de engranajes 205 incluye dos ejes de entrada 206a y 206b, cada uno de los cuales está acoplado de forma operativa con uno respectivo de los motores 203 y 204. La caja de engranajes 205 también incluye una pluralidad de ejes de salida 208, cada uno de los cuales se usa para acoplar de forma operativa uno respectivo de los rodillos de trabajo 108 con la caja de engranajes 205 por medio de una conexión 210 respectivo (por ejemplo, un eje de accionamiento, un sistema de transmisión por engranajes, etc.). En otras implementaciones a modo de ejemplo, las conexiones 210 pueden usarse como alternativa para acoplar de forma operativa los ejes de salida 208 de la caja de engranajes 205 con los rodillos de soporte 108a de la niveladora 102 y / o los rodillos de trabajo intermedios 108b de la niveladora 102 que, a su vez, accionan los rodillos de trabajo 108.

Los ejes de salida 208 de la caja de engranajes 205 incluyen un primer conjunto de ejes de salida 212a y un segundo conjunto de ejes de salida 212b. El primer motor 203 acciona el primer conjunto de ejes de salida 212a y el segundo motor 204 acciona el segundo conjunto de ejes de salida 212b. En concreto, los ejes de entrada 206a y 206b transfieren los pares de torsión rotacionales de salida y las velocidades rotacionales de los motores 203 y 204 a la caja de engranajes 205, y cada uno de los ejes de salida 212a y 212b de la caja de engranajes 205 transmite los pares de torsión y velocidades de salida a los rodillos de trabajo 108 por medio de unos respectivos de las conexiones 210. De esta forma, los pares de torsión y velocidades de salida de los motores 203 y 204 pueden usarse para accionar los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116 a diferentes pares de torsión y velocidades de formación de perfiles.

Adicionalmente, a pesar de que se ilustra una caja de engranajes 205, la caja de engranajes 205 no acopla mecánicamente el primer motor 203 con el segundo motor 204. En su lugar, el primer motor 203 del primer sistema de unidad de accionamiento 201 solo está acoplado mecánicamente con el segundo motor 204 del sistema de unidad de accionamiento 202 por medio del material en tiras 100 que se mueve entre los rodillos de entrada 114 y los rodillos de salida 116.

En otras implementaciones a modo de ejemplo, dos cajas de engranajes pueden usarse para accionar los rodillos de trabajo de entrada y de salida 114 y 116. En tales implementaciones a modo de ejemplo, cada caja de engranajes tiene un único eje de entrada y un único eje de salida. En esta implementación, cada eje de entrada se acciona por uno respectivo de los motores 203 y 204, y cada eje de salida acciona su conjunto respectivo de los rodillos de trabajo 108 por medio de, por ejemplo, un sistema de unidad de accionamiento de cadena, un sistema de unidad de accionamiento por engranajes, etc. En aún otras implementaciones a modo de ejemplo, cada rodillo de trabajo 108 puede ser accionado por un sistema de unidad de accionamiento separado y respectivo (por ejemplo, los sistemas de unidad de accionamiento 201 o 202) o motor por medio de, por ejemplo, un eje, un árbol, un husillo, etc., o cualquier otra unidad de accionamiento adecuada. Por lo tanto, cada rodillo de trabajo de los rodillos de trabajo de entrada 114 y cada rodillo de trabajo de los rodillos de trabajo de salida 116 puede ser accionado de forma independiente por un motor separado, en el que cada motor separado puede ser accionado en relación directa o estar basado en un parámetro de salida de uno o más de los otros motores tal como se describe en el presente documento. En aún otros ejemplos, cada uno de los sistemas de unidad de accionamiento 201 y 202 puede incluir una pluralidad de motores, en el que un motor de la pluralidad de motores es una unidad de accionamiento maestra y los otros de la pluralidad de motores son unas unidades de accionamiento esclavas.

En el ejemplo ilustrado de la figura 2, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 está provisto con unos sensores de par de torsión 213 y 214 para supervisar los pares de torsión de salida del primer motor 203 y el segundo motor 204, respectivamente. El sensor de par de torsión 213 puede estar situado sobre o acoplado con el eje 206a del primer motor 203, y el sensor de par de torsión 214 puede estar situado sobre o acoplado con el eje 206b del segundo motor 204. Los sensores de par de torsión 213 y 214 pueden implementarse usando, por ejemplo, galgas extensométricas de rotación, transductores de par de torsión, encóderes, sensores de par de torsión rotatorio, medidores de par de torsión, etc. En otras implementaciones a modo de ejemplo, pueden usarse otros dispositivos de detección en lugar de unos sensores de par de torsión para supervisar los pares de torsión del primer y el segundo motores 203 y 204. En algunas implementaciones a modo de ejemplo, los sensores de par de torsión 213 y 214 pueden estar situados como alternativa sobre ejes o husillos de los rodillos de trabajo 108 para supervisar los pares de torsión de formación de perfiles de los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116. Como alternativa, el sistema de unidad de accionamiento 201 y / o 202 (por ejemplo, un controlador) puede recibir una señal directamente a partir de la unidad de accionamiento del motor que se corresponde con los pares de torsión de salida del segundo motor 204 o el primer motor 203.

Como alternativa o adicionalmente, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 puede estar provisto con unos sensores de velocidad o encóderes 215 y / o 216 para supervisar las velocidades de salida del primer motor 203 y / o el segundo motor 204. Los encóderes 215 y 216 pueden estar engranados con y / o acoplados con los ejes 206a y 206b, respectivamente. Los encóderes 215 y 216 pueden implementarse usando, por ejemplo, un encóder óptico, un encóder magnético, etc. En aún otras implementaciones a modo de ejemplo, pueden usarse otros dispositivos de detección en lugar de un encóder para supervisar las velocidades de los motores 203 y 204 y / o los rodillos de trabajo de entrada y de salida 114 y 116.

En el ejemplo ilustrado, el sistema de unidad de accionamiento 200 a modo de ejemplo incluye un sistema de control 218 para controlar el par de torsión y / o velocidad del primer y / o el segundo motores 203 y 204. En el presente ejemplo, el sistema de control 218 incluye un primer controlador 219 (por ejemplo, una unidad de accionamiento de frecuencia variable) para controlar el par de torsión y / o velocidad del primer motor 203 y un segundo controlador 220 (por ejemplo, una unidad de accionamiento de frecuencia variable) para controlar el par de torsión y / o velocidad del segundo motor 204. El primer y el segundo controladores 219 y 220 están acoplados de forma comunicativa por medio de un bus común 223.

Tal como se analiza con mayor detalle en lo sucesivo, el segundo controlador 220 supervisa el par de torsión de salida del segundo motor 204 (por ejemplo, el motor maestro) e indica al segundo motor 204 que opere a una primera referencia de instrucción tal como un valor de velocidad de referencia que se recibe por el segundo controlador 220. El primer controlador 219 o determina una segunda referencia de instrucción sobre la base del primer parámetro de salida o par de torsión de salida del segundo motor. El primer controlador 219 controla o da lugar a que el primer motor 203 produzca relativamente menos par de torsión de salida que el segundo motor 204 (por ejemplo, un par de torsión significativamente menor en comparación con la salida de par de torsión del segundo motor 204). Dicho de otra forma, las salidas de par de torsión del primer y el segundo motores 203 y 204 se controlan para proporcionar diferentes pares de torsión de salida (es decir, una no concordancia de par de torsión) de tal modo que el par de torsión de salida del segundo motor 204 es más grande que el par de torsión de salida del primer motor 203 por un porcentaje o valor previamente determinado. Por ejemplo, el primer motor 203 puede controlarse para producir un primer par de torsión de salida igual a un valor de relación de par de torsión que es menor que uno multiplicado por el par de torsión de salida del segundo motor 204. Adicionalmente o como

alternativa, el sistema de control 218 puede controlar las velocidades de salida del primer y el segundo motores 203 y 204 para controlar las velocidades de los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116. Por ejemplo, el primer controlador 219 puede controlar la velocidad del primer motor 203 de tal modo que este opera a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del segundo motor 204, o una velocidad que es menor que la velocidad del segundo motor 204 (por ejemplo, un valor de relación de primera velocidad con respecto a segunda velocidad que es menor que uno o algún otro valor previamente determinado o relación de no concordancia de velocidad).

Tal como se muestra, el primer controlador 219 está acoplado eléctricamente con el segundo controlador 219. Además, el sistema de control 218 a modo de ejemplo también incluye un módulo de regeneración de energía 224 (por ejemplo, implementado por medio de un circuito eléctrico 800 de la figura 8).

Durante el funcionamiento, una no concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204, en la que el segundo motor 204 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) se controla para proporcionar una salida de par de torsión relativamente más grande que el primer motor 203 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava), da lugar a que el segundo motor 204 imparta una fuerza o efecto de tracción sobre el primer motor 203 debido a que el segundo motor 204 está acoplado con los rodillos de salida 116 y el primer motor 203 está acoplado con los rodillos de entrada 114. Debido a la no concordancia de par de torsión entre el primer motor 203 y el segundo motor 204, el segundo motor 204 puede dar lugar a que el primer motor 203 se adelante y actúe como un freno. Dicho de otra forma, el segundo motor 204 proporciona un efecto de tracción al material en tiras 100 que, a su vez, proporciona un efecto de tracción sobre el primer motor 203 (por medio de los rodillos de entrada 114) debido a que el segundo motor 204 está acoplado de forma operativa con el primer motor 203 por medio del material en tiras 100 del que se está tirando a través de la niveladora 102. Como resultado, el primer motor 203 se opera como un generador durante el frenado y la salida de energía eléctrica se suministra a una carga eléctrica (por ejemplo, el segundo motor 204) por medio de, por ejemplo, el circuito 800 de la figura 8.

Un efecto de frenado de este tipo puede tener lugar durante el funcionamiento debido a que el efecto de tracción puede impartir una fuerza rotacional o par de torsión negativo al eje 206a del primer motor 203. Dicho de otra forma, el segundo motor 204 proporciona una fuente mecánica de entrada de par de torsión de vuelta al primer motor 203 (o el sistema 200). La magnitud de este par de torsión negativo puede ser más grande que una magnitud de salida de par de torsión positiva (o el par de torsión de instrucción) del primer motor 203 que se proporciona por la extracción de corriente del primer motor 203. Dicho de otra forma, el primer controlador 219 puede indicar al primer motor 203 que proporcione un par de torsión de salida de instrucción (un par de torsión positivo) que es menor que la salida de par de torsión del segundo motor 204 (es decir, el par de torsión de no concordancia). Por lo tanto, el primer motor 203 extrae una corriente para proporcionar el par de torsión de salida de instrucción. Una diferencia en este par de torsión proporciona un par de torsión de entrada mecánica al eje 206a del primer motor 203. Por lo tanto, este par de torsión de entrada mecánica da lugar a que el primer motor 203 funcione como un freno cuando la magnitud de un par de torsión negativo sobre el eje 206a es más grande que la magnitud de un par de torsión de instrucción que se produce por el primer motor 203 sobre la base de la extracción de corriente eléctrica. Esta acción de frenado crea un efecto de generador que da lugar a que el primer motor 203 produzca o regenere potencia eléctrica.

La transferencia de energía (por ejemplo, la potencia eléctrica regenerada) a una carga proporciona el efecto de frenado. El módulo de regeneración de energía 224 está acoplado eléctricamente con el segundo sistema de unidad de accionamiento 202 por medio de los controladores 219 y 220 para transferir la corriente regenerada al segundo motor 204 y / o el primer motor 203, aumentando de ese modo la eficiencia del sistema de unidad de accionamiento 200. Por ejemplo, el primer sistema de unidad de accionamiento 201 regenera energía eléctrica e incluye el módulo de regeneración de energía 224 para proporcionar la energía eléctrica regenerada al segundo sistema de unidad de accionamiento 202, conservando de ese modo energía y proporcionando un sistema más eficiente (por ejemplo, un sistema de un quince a un cincuenta por ciento más eficiente) además de mejorar la efectividad de la nivelación del material en tiras 100 cuando se acciona el segundo motor 204 a un par de torsión de salida más alto que el primer motor 201.

Además, el accionamiento de los rodillos de salida 116 a un par de torsión que es más grande que el par de torsión del rodillo de entrada 114 da lugar a que el segundo motor 204 tire de, o estire adicionalmente, el material en tiras 100 a través de la niveladora 102. Tal estiramiento del material en tiras 100 aumenta la efectividad de la niveladora 102 para nivelar el material en tiras 100 al retirar una cantidad relativamente más grande de las tensiones residuales y / o defectos que pueden estar atrapados en el interior del material en tiras 100. En particular, al mantener la tensión de esta forma, los rodillos de trabajo de entrada 114 pueden aplicar una fuerza de hundimiento suficiente contra el material en tiras 100 para estirar el material más allá de la fase elástica hasta la fase plástica, disminuyendo o eliminando de ese modo las tensiones internas del material en tiras 100. El control del sistema de unidad de accionamiento 200 de esta forma posibilita un acondicionamiento más efectivo (por ejemplo, nivelación) del material en tiras 100 que muchos sistemas conocidos.

La carga que se imparte al segundo motor 204 puede supervisarse de tal modo que una carga que se imparte sobre el segundo motor 204 no es sustancialmente más grande que unas características asignadas de corriente a plena

carga del segundo motor 204. Por ejemplo, la carga que se imparte sobre el segundo motor de accionamiento 204 puede ser directamente proporcional a una cantidad de fuerza de hundimiento que se ejerce sobre el primer y el segundo rodillos de trabajo 114 y 116. El par de torsión rotacional que se requiere para rotar los rodillos de trabajo 108 es directamente proporcional a la fuerza de hundimiento de los rodillos de trabajo 108 debido a que el aumento de la fuerza de hundimiento aumenta las fuerzas de rozamiento entre los rodillos de trabajo 108 y el material 100. Por lo tanto, el aumento de la fuerza de hundimiento, a su vez, aumenta una carga sobre el sistema de unidad de accionamiento 200.

Para superar la carga que resulta de la fuerza de hundimiento, el motor (por ejemplo, el segundo motor 204) produce suficiente potencia mecánica (por ejemplo, caballos de potencia) para proporcionar un par de torsión de salida que es más grande que la carga para girar el rodillo de trabajo hundido. Cuanto más grande sea el hundimiento de los rodillos de trabajo 108, más grande será la cantidad de potencia mecánica que ha de producir un motor para deformar el material en tiras 100 hasta su fase plástica. Adicionalmente, otros factores contribuyen a una carga que ha de superar el sistema de unidad de accionamiento 200. Por ejemplo, junto con la fuerza de hundimiento que se ejerce sobre el material en tiras 100, otros factores externos que contribuyen a la carga del sistema 200 pueden incluir, por ejemplo, freno de rueda de material, espesor de material en tiras, rozamiento, pérdidas mecánicas, etc. Por lo tanto, el sistema de unidad de accionamiento 200 supera esta carga para procesar el material en tiras 100 a través de la niveladora 102.

La potencia mecánica que se genera por un motor es directamente proporcional al consumo de potencia eléctrica del motor, que puede determinarse sobre la base del voltaje constante que se aplica al motor y la corriente variable que es extraída por el motor de acuerdo con sus necesidades de potencia mecánica. Por consiguiente, el par de torsión de salida de un motor puede controlarse mediante el control de una corriente eléctrica de entrada del motor. Bajo el mismo principio, el par de torsión de salida de un motor puede determinarse mediante la medición de la corriente eléctrica que es extraída por el motor.

Para supervisar la extracción de corriente del segundo motor 204, un sensor de corriente 222 está dispuesto entre una fuente de alimentación (que no se muestra) y el segundo motor 204 para medir la corriente del segundo motor 204. De esta forma, una carga que se imparte sobre el segundo motor 204 puede compararse con la corriente eléctrica medida que es extraída por el segundo motor 204. Por ejemplo, para determinar si una carga que se imparte sobre el segundo motor 204 se encuentra dentro de un intervalo deseado o aceptable, la extracción de corriente del segundo motor 204 puede medirse cuando el segundo motor 204 está operando a un par de torsión específico y en comparación con las características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204. Por ejemplo, la carga que se ejerce sobre el segundo motor 204 puede encontrarse dentro de un intervalo aceptable si la corriente que es extraída por el segundo motor 204 a esa salida de par de torsión particular se encuentra dentro de un porcentaje deseado o previamente determinado (por ejemplo, dentro de un 5 por ciento) de las características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204. Adicionalmente o como alternativa, en otros ejemplos, la extracción de corriente del primer motor 203 también puede medirse para determinar la carga del primer motor 203.

La figura 3 es un diagrama de bloques de un aparato 300 a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos a modo de ejemplo que se describen en el presente documento. En particular, el aparato 300 a modo de ejemplo puede usarse en conexión con y / o puede usarse para implementar el sistema 200 a modo de ejemplo de la figura 2 o porciones del mismo para proporcionar una no concordancia de salida de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204 de tal modo que el segundo motor 204 puede generar relativamente más par de torsión que el primer motor 203 (por ejemplo, un valor de relación de segundo par de torsión de salida con respecto a primer par de torsión de salida que es más grande que uno y / o un valor previamente determinado). El aparato 300 a modo de ejemplo también puede usarse para implementar un sistema de realimentación para ajustar la relación de par de torsión de no concordancia del primer y el segundo motores 203 y 204 si la carga sobre el segundo motor 204 no se encuentra dentro de un intervalo previamente determinado sobre la base de una comparación de características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204. Por ejemplo, el sistema de realimentación garantiza que el segundo motor 204 no opera por encima de unas características asignadas operativas específicas (por ejemplo, unas características asignadas de corriente a plena carga) del segundo motor 204. Adicionalmente o como alternativa, el aparato 300 a modo de ejemplo puede usarse para ajustar la velocidad de salida del segundo motor 204 de tal modo que el segundo motor 204 puede operar a una velocidad relativamente más rápida que el primer motor 203 (es decir, un valor de relación de segunda velocidad con respecto a primera velocidad que es más grande que uno y / o un valor previamente determinado). Por ejemplo, si la relación de no concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204 se encuentra fuera de un intervalo deseado o previamente determinado, entonces se controlan las velocidades del primer y el segundo motores 203 y 204. Por ejemplo, el primer motor 203 puede controlarse para operar a una velocidad relativamente menor que la velocidad del segundo motor 204 o, como alternativa, a una velocidad sustancialmente igual a la velocidad del segundo motor 204.

El aparato 300 a modo de ejemplo puede implementarse usando cualquier combinación deseada de soporte físico, soporte lógico inalterable y / o soporte lógico. Por ejemplo, pueden usarse uno o más circuitos integrados, componentes semiconductores discretos, y / o componentes electrónicos pasivos. Adicionalmente o como

- alternativa, algunos o la totalidad de los bloques del aparato 300 a modo de ejemplo, o partes de los mismos, pueden implementarse usando instrucciones, código y / u otro soporte lógico y / o soporte lógico inalterable, etc. que están almacenadas en un medio legible o accesible por máquina que, cuando se ejecutan por, por ejemplo, un sistema de procesador (por ejemplo, el sistema de procesador 510 de la figura 5) realizan las operaciones que se representan en el diagrama de flujo de las figuras 4A y 4B. A pesar de que el aparato 300 a modo de ejemplo se describe como que tiene uno de cada bloque que se describe en lo sucesivo, el aparato 300 a modo de ejemplo puede estar provisto con dos o más de cualquier bloque que se describe en lo sucesivo. Además, algunos bloques pueden deshabilitarse, omitirse o combinarse con otros bloques.
- 5
- 10 Tal como se muestra en la figura 3, el aparato 300 a modo de ejemplo incluye una interfaz de entrada de usuario 302, un elemento de ajuste de posición de hundimiento 304, un detector de posición de hundimiento 306, un comparador 308, una interfaz de almacenamiento 310, un detector de velocidad de referencia 312, una primera interfaz de sensor de par de torsión 314, una segunda interfaz de sensor de par de torsión 316, un elemento de ajuste de par de torsión 318, una interfaz de sensor de corriente 320, una primera interfaz de sensor de velocidad 322, una segunda interfaz de sensor de velocidad 324, un elemento de ajuste de velocidad 326, una primera interfaz de controlador 328, una segunda interfaz de controlador 330, y un módulo de regeneración de corriente 332, la totalidad de los cuales puede acoplarse de forma comunicativa tal como se muestra o de cualquier otra forma adecuada.
- 15
- 20 La interfaz de entrada de usuario 302 puede estar configurada para determinar características de material en tiras tales como, por ejemplo, un espesor del material en tiras 100, el tipo de material (por ejemplo, aluminio, acero, etc.), etc. Por ejemplo, la interfaz de entrada de usuario 302 puede implementarse usando una interfaz gráfica de usuario mecánica y / o electrónica por medio de la cual un operador puede introducir las características del material en tiras 100 tales como, por ejemplo, el tipo de material, el espesor del material, el límite elástico del material, etc.
- 25
- 30 El elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 puede estar configurado para ajustar la posición de hundimiento de los rodillos de trabajo 108. El elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 puede estar configurado para obtener características de material en tiras a partir de la interfaz de entrada de usuario 302 para establecer las posiciones verticales de los rodillos de trabajo 108. Por ejemplo, el elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 puede recuperar unos valores de posición de hundimiento previamente determinados a partir de la interfaz de almacenamiento 310 y determinar la posición de hundimiento de los rodillos de trabajo 108 sobre la base de las características de entrada del material en tiras a partir de la interfaz de entrada de usuario 302 y los valores de profundidad de hundimiento correspondientes que están almacenados en la estructura de datos de fuerza de hundimiento. El elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 puede ajustar los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 para aumentar o disminuir la cantidad de hundimiento entre los rodillos de trabajo superiores e inferiores 110 y 112 por medio de, por ejemplo, el sistema hidráulico 113 (la figura 2). Adicionalmente o como alternativa, un operador puede seleccionar de forma manual la profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo 108 mediante la introducción de un valor de profundidad de hundimiento por medio de la interfaz de entrada de usuario 302.
- 35
- 40 Adicionalmente o como alternativa, el detector de posición de hundimiento 306 puede estar configurado para medir los valores de posición de profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo 108. Por ejemplo, el detector de posición de hundimiento 306 puede medir la posición vertical de los rodillos de trabajo 108 para lograr una profundidad de hundimiento particular (por ejemplo, la distancia entre los centros de los rodillos de trabajo 108). El detector de posición de hundimiento 306 entonces puede comunicar este valor al comparador 308. Sobre la base de los valores de profundidad de hundimiento que están almacenados en una tabla de consulta (que no se muestra) en asociación con las características del material en tiras 100 que se reciben a partir de la interfaz de entrada de usuario 302, el elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 ajusta la profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo 108. La profundidad de hundimiento contribuye a una carga externa que se imparte sobre el sistema de unidad de accionamiento 200 de la figura 2.
- 45
- 50 La interfaz de almacenamiento 310 puede configurarse para almacenar valores de datos en una memoria tal como, por ejemplo, la memoria de sistema 524 y / o la memoria de almacenamiento de gran capacidad 525 de la figura 5. Adicionalmente, la interfaz de almacenamiento 310 puede estar configurada para recuperar valores de datos a partir de la memoria (por ejemplo, a partir de la estructura de datos). Por ejemplo, la interfaz de almacenamiento 310 puede acceder a la estructura de datos para obtener unos valores de posición de hundimiento a partir de la memoria y comunicar los valores al elemento de ajuste de posición de hundimiento 304.
- 55
- 60 El detector de velocidad de referencia 312 puede estar acoplado de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad que mide un valor de velocidad de referencia. Por ejemplo, el detector de velocidad de referencia 312 puede obtener, recuperar o medir una velocidad de referencia sobre la base de la velocidad del material en tiras 100 que viaja a través de la niveladora 102 (por ejemplo, una velocidad de línea). Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 312 recibe una velocidad de referencia del material en tiras 100 a partir de la interfaz de usuario 302. Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 312 puede estar configurado para enviar el valor de medición de velocidad de referencia al comparador 308. Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 312 entonces puede enviar el valor de
- 65

medición de velocidad de referencia a la segunda interfaz de controlador 330 y la segunda interfaz de controlador 330 entonces puede indicar al segundo motor 204 que opere al valor de medición de velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 312.

5 La primera interfaz de sensor de par de torsión 314 puede estar acoplada de forma comunicativa con un sensor de par de torsión o dispositivo de medición de par de torsión tal como, por ejemplo, el sensor de par de torsión 213 de la figura 2. La primera interfaz de sensor de par de torsión 314 puede estar configurada para obtener el valor de par de torsión de, por ejemplo, el primer motor 203 y puede leer (por ejemplo, recuperar o recibir) de forma periódica unos valores de medición de par de torsión a partir del sensor de par de torsión 213. La primera interfaz de sensor
10 de par de torsión 314 puede estar configurada para enviar entonces el valor de medición de par de torsión al comparador 308. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 314 puede estar configurada para enviar los valores de medición de par de torsión a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330.

15 La segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 puede estar acoplada de forma comunicativa con un sensor de par de torsión o dispositivo de medición de par de torsión tal como, por ejemplo, el segundo sensor de par de torsión 214 de la figura 2. La segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 puede estar configurada para obtener el valor de par de torsión de, por ejemplo, el segundo motor 204 y puede leer de forma periódica unos valores de medición de par de torsión a partir del sensor de par de torsión 214. Por ejemplo, la segunda interfaz de sensor de
20 par de torsión 316 puede estar configurada para enviar entonces los valores de medición de par de torsión al comparador 308 cuando el segundo motor 204 está operando a la velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 312. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 puede estar configurada para enviar los valores de medición de par de torsión a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330.

25 El comparador 308 puede estar configurado para realizar unas comparaciones sobre la base de los valores de par de torsión que se reciben a partir de la primera interfaz de sensor de par de torsión 314 y la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 para determinar si el primer motor 203 está operando dentro de un valor o relación de no concordancia de par de torsión previamente determinado del par de torsión de salida medido del segundo motor
30 204 cuando el segundo motor 204 está operando a la velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 312. Por ejemplo, el comparador 308 puede estar configurado para comparar los valores de par de torsión que se miden por la primera interfaz de sensor de par de torsión 314 con los valores de par de torsión que se miden por la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 para determinar si el primer motor 203 está generando una salida de par de torsión que se encuentra dentro del valor o relación de no concordancia de par de
35 torsión previamente determinado. Por ejemplo, el comparador 308 compara los valores de medición de par de torsión que se proporcionan por la primera y la segunda interfaces de sensor de par de torsión 314 y 316 para determinar si el primer motor 203 está operando a un par de torsión de salida relativamente menor que el segundo motor 204 (por ejemplo, un valor de relación de segunda salida de par de torsión con respecto a primera salida de par de torsión que es más grande que uno). El comparador 308 entonces puede comunicar los resultados de las
40 comparaciones al elemento de ajuste de par de torsión 318.

El elemento de ajuste de par de torsión 318 puede estar configurado para ajustar (por ejemplo, aumentar o disminuir) el par de torsión del primer motor 203 sobre la base de los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 308. Por ejemplo, si los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador
45 308 indican que una relación de no concordancia de par de torsión entre el valor de medición de par de torsión que se mide por la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 y el valor de medición de par de torsión que se mide por la primera interfaz de sensor de par de torsión 314 es menor que o más grande que un valor de relación de par de torsión previamente determinado (por ejemplo, un valor de relación de no concordancia de par de torsión de entre más grande que uno), el elemento de ajuste de par de torsión 318 puede ajustar el par de torsión del primer motor
50 203 hasta que una relación de no concordancia de par de torsión entre el valor de medición de par de torsión que se mide por la primera interfaz de sensor de par de torsión 314 y el valor de medición de par de torsión que se mide por la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 se encuentra dentro del intervalo o valor de relación de par de torsión previamente determinado.

55 Adicionalmente o como alternativa, la interfaz de sensor de corriente 320 puede estar acoplada de forma comunicativa con un dispositivo de detección de corriente tal como, por ejemplo, el sensor de corriente 222 de la figura 2. La interfaz de sensor de corriente 320 puede estar configurada para obtener el valor de medición de extracción de corriente de, por ejemplo, el segundo motor 204 y puede leer (por ejemplo, recuperar o recibir) de forma periódica valores de medición de extracción de corriente a partir del sensor de corriente 222. La interfaz de
60 sensor de corriente 320 puede estar configurada para enviar entonces el valor de medición de extracción de corriente al comparador 308. Adicionalmente o como alternativa, la interfaz de sensor de corriente 320 puede estar configurada para enviar los valores de medición de extracción de corriente a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330. Adicionalmente o como alternativa, la interfaz de sensor de corriente 320 puede estar configurada para enviar los valores de extracción de corriente al elemento de ajuste de par de torsión 318.

65

La primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330 y / o el elemento de ajuste de par de torsión 318 pueden ajustar (por ejemplo, aumentar o disminuir) los valores de salida de par de torsión del primer y / o el segundo motores 203 y 204 sobre la base de los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 308. Por ejemplo, si los resultados de comparación que se obtienen por el comparador 308 indican que el segundo motor 204 está proporcionando un par de torsión de salida que es insuficiente para accionar una carga (por ejemplo, una fuerza de hundimiento) que se requiere para acondicionar el material en tiras 100 sobre la base de la medición de extracción de corriente del segundo motor 204, el elemento de ajuste de par de torsión 318 puede aumentar la salida de par de torsión del segundo motor 204.

Adicionalmente o como alternativa, para proteger al segundo motor 204 frente a sobrecargarse o verse sometido a un exceso de trabajo, la primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330 y / o el elemento de ajuste de par de torsión 318 pueden ajustar (por ejemplo, disminuir) los valores de salida de par de torsión del primer y / o el segundo motores 203 y 204 si los resultados que se obtienen por el comparador 308 indican que el segundo motor 204 está proporcionando un par de torsión de salida que es más grande que un par de torsión de salida deseado sobre la base del valor de medición de extracción de corriente del segundo motor 204 que se proporciona por la interfaz de sensor de corriente 320. Por ejemplo, el elemento de ajuste de par de torsión 318 puede disminuir el par de torsión de salida del primer y / o el segundo motores 203 y 204 hasta que el valor de extracción de corriente medido del segundo motor 204 se encuentra dentro de un intervalo deseado. Por ejemplo, el comparador 308 puede recibir valores de medición de extracción de corriente del segundo motor 204 a partir de la interfaz de sensor de corriente 320 y comparar los valores de medición de extracción de corriente con unas características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204 para determinar si la extracción de corriente del segundo motor 204 se encuentra dentro de un intervalo deseado (por ejemplo, dentro de un intervalo de un 5 %) de las características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204.

Adicionalmente o como alternativa, la primera interfaz de sensor de velocidad 322 puede estar acoplada de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad tal como, por ejemplo, el encóder 215 de la figura 2. La primera interfaz de sensor de velocidad 322 puede estar configurada para obtener unos valores de velocidad del primer motor 203 mediante, por ejemplo, la lectura de los valores de medición de velocidad a partir del encóder 215. La primera interfaz de sensor de velocidad 322 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad al comparador 308. El comparador 308 puede estar configurado para comparar los valores de velocidad que se obtienen a partir de la primera interfaz de sensor de velocidad 322 y los valores de velocidad que se obtienen a partir de la segunda interfaz de sensor de velocidad 324 y comunicar los resultados de las comparaciones al elemento de ajuste de velocidad 326.

La segunda interfaz de sensor de velocidad 324 puede estar acoplada de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad tal como, por ejemplo, el encóder 216 de la figura 2. La segunda interfaz de sensor de velocidad 324 puede estar configurada para obtener unos valores de velocidad del segundo motor 204 mediante, por ejemplo, la lectura de unos valores de medición a partir del encóder 216. La segunda interfaz de sensor de velocidad 324 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad al comparador 308. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de velocidad 324 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 328 y 330.

El elemento de ajuste de velocidad 326 puede estar configurado para ajustar la velocidad del primer motor 203 de tal modo que el primer motor 203 opera a una velocidad relativamente más lenta que el segundo motor 204 (por ejemplo, un porcentaje o valor de velocidad previamente determinado). Por ejemplo, los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 308 pueden indicar que una relación entre el valor de medición de velocidad que se mide por la segunda interfaz de sensor de velocidad 324 y el valor de medición de velocidad que se mide por la primera interfaz de sensor de velocidad 322 es menor que o más grande que un valor de relación de velocidad previamente determinado. El elemento de ajuste de velocidad 326 entonces puede ajustar la velocidad del primer motor 203 sobre la base de los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 308 hasta que una relación entre el valor de medición de velocidad que se mide por la segunda interfaz de sensor de velocidad 324 y el valor de medición de velocidad que se mide por la primera interfaz de sensor de velocidad 322 es sustancialmente igual al valor de relación de velocidad previamente determinado (por ejemplo, una relación de un primer motor 203 con respecto a un segundo motor 204 de aproximadamente un 3 por ciento).

Adicionalmente o como alternativa, el elemento de ajuste de velocidad 326 puede estar configurado para ajustar la velocidad del primer motor 203 de tal modo que el primer motor 203 opera a una velocidad sustancialmente igual del segundo motor 204 si el comparador 308 determina que la no concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204 está dando lugar a que el segundo motor 204 opere fuera de un intervalo previamente determinado de las características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204.

El aparato 300 a modo de ejemplo también está provisto con la interfaz de módulo de regeneración de corriente 332 que puede implementarse por medio de, por ejemplo, el circuito 800 a modo de ejemplo de la figura 8. La interfaz de módulo de regeneración de corriente 332 proporciona una circuitería para transferir la energía que se regenera por el primer motor 203 al segundo motor 204.

A pesar de que el aparato 300 a modo de ejemplo se muestra como que tiene solo un comparador 308, en otras implementaciones a modo de ejemplo, una pluralidad de comparadores pueden usarse para implementar el aparato 300 a modo de ejemplo. Por ejemplo, un primer comparador puede recibir los valores de medición de velocidad a partir de la primera interfaz de sensor de velocidad 322 y los valores de medición de velocidad a partir de la segunda interfaz de sensor de velocidad 324. Un segundo comparador puede recibir los valores de medición de par de torsión a partir de la primera interfaz de sensor de par de torsión 314 y comparar los valores con los valores de medición de par de torsión que se reciben a partir de la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316.

Las figuras 4A y 4B ilustran un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo que puede usarse para implementar la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 de la figura 1A. En algunas implementaciones a modo de ejemplo, el método a modo de ejemplo de las figuras 4A y 4B puede implementarse usando unas instrucciones legibles por máquina que comprenden un programa para la ejecución por un procesador (por ejemplo, el procesador 512 del sistema 510 a modo de ejemplo de la figura 5). Por ejemplo, las unas instrucciones legibles por máquina pueden ejecutarse por el sistema de control 218 (la figura 6) para controlar el funcionamiento del sistema de unidad de accionamiento 200 a modo de ejemplo. El programa puede realizarse en soporte lógico que está almacenado en un medio tangible tal como un CD-ROM, un disco flexible, una unidad de disco duro, un disco versátil digital (DVD, DVD, *digital versatile disk*), o una memoria que está asociada con el procesador 512 y / o realizarse en soporte lógico inalterable y / o soporte físico dedicado. A pesar de que el programa a modo de ejemplo se describe con referencia al diagrama de flujo que se ilustra en las figuras 4A y 4B, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que pueden usarse como alternativa muchos otros métodos de implementación de la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 a modo de ejemplo. Por ejemplo, el orden de ejecución de los bloques puede cambiarse, y / o algunos de los bloques que se describen pueden cambiarse, eliminarse o combinarse.

Para fines de análisis, el método a modo de ejemplo de las figuras 4A y 4B se describe en conexión con el aparato 300 a modo de ejemplo de la figura 3. De esta forma, cada una de las operaciones a modo de ejemplo del método a modo de ejemplo de las figuras 4A y 4B es una forma a modo de ejemplo de implementación de una correspondiente una o más operaciones que se realizan por uno o más de los bloques del aparato 300 a modo de ejemplo de la figura 3.

Pasando en detalle a las figuras 4A y 4B, inicialmente, la interfaz de entrada de usuario 302 recibe una información de características de material para ajustar la profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo 108 (el bloque 402). Las características de material pueden incluir, por ejemplo, el espesor del material, el tipo de material, etc. El elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 determina la profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116 que se requiere para procesar el material en tiras 100 sobre la base de las características de material que se reciben en el bloque 402. Por ejemplo, el elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 puede recuperar valores de profundidad de hundimiento a partir de una tabla de consulta u otra estructura de datos que tenga ajustes de profundidad de hundimiento de inicio para diferentes tipos de material sobre la base de, por ejemplo, los límites elásticos del material. En otras implementaciones a modo de ejemplo, un operador u otro usuario puede establecer de forma manual la profundidad de hundimiento inicial de los rodillos de trabajo de entrada 114 y los rodillos de trabajo de salida 116. El material en tiras 100 puede alimentarse continuamente a la niveladora 102 a partir de una desbobinadora (por ejemplo, la desbobinadora 103 de la figura 1A). Durante la operación de nivelación, las operaciones subsiguientes (por ejemplo, una operación de formación de perfiles por medio de rodillos) pueden realizarse a medida que el material en tiras 100 se mueve continuamente a través de la niveladora 102.

Después de que el elemento de ajuste de posición de hundimiento 304 ajuste el hundimiento de los rodillos de trabajo 114 y 116, la velocidad de referencia se obtiene, se recupera o se determina por el detector de velocidad de referencia 312. Por ejemplo, el detector de velocidad de referencia 312 mide el valor de velocidad del material en tiras 100 que se mueve a través de la niveladora 102 y envía el valor de medición de velocidad de referencia a la segunda interfaz de controlador 330 (el bloque 404). Adicionalmente o como alternativa, la velocidad de referencia puede proporcionarse por medio de la interfaz de usuario 302. El segundo controlador 220 entonces puede indicar al segundo motor 204 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra o motor) que opere al valor de velocidad de referencia (el bloque 404).

La segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 mide un par de torsión que se corresponde con el segundo motor 204 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra o motor) por medio de, por ejemplo, el sensor de par de torsión 214 (la figura 2) cuando el segundo motor 204 está operando a la velocidad de referencia (el bloque 406).

Además, la segunda interfaz de sensor de velocidad 324 mide un valor de velocidad que se corresponde con el segundo motor 204 por medio de, por ejemplo, el sensor de velocidad 216 (la figura 2) cuando el segundo motor 204 está operando al valor de velocidad de referencia (el bloque 408).

Un valor de no concordancia de par de torsión se determina sobre la base de la salida de par de torsión del segundo motor 204 (por ejemplo, el motor maestro) cuando el segundo motor 204 está operando a la velocidad de referencia (el bloque 410). Por ejemplo, una relación o par de torsión de salida de no concordancia puede encontrarse dentro

de un intervalo previamente determinado de la salida de par de torsión del segundo motor 204 cuando el segundo motor 204 está operando a la velocidad de referencia. Por lo tanto, en algunos ejemplos, el valor de no concordancia de par de torsión puede ser un tres por ciento menor que la salida de par de torsión que se proporciona por el segundo motor en el bloque 404.

5 El primer controlador 219 entonces indica al primer motor 203 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava o motor) que genere un par de torsión de salida sustancialmente igual al valor de par de torsión de no concordancia (el bloque 412). Por ejemplo, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 316 envía el valor de medición de par de torsión del segundo motor 204 al comparador 308. El comparador 308 entonces compara el valor de medición de par de torsión del primer motor 203 con la relación de no concordancia de par de torsión (por ejemplo, una relación de
10 segundo par de torsión con respecto a primer par de torsión que es más grande que uno). El primer controlador 219 puede recibir el valor de no concordancia de par de torsión y acciona el primer motor 203 (por ejemplo, el motor esclavo) para generar el valor de no concordancia de par de torsión.

15 Dicho de otra forma, el comparador 308 compara el valor de medición de par de torsión del primer motor 203 con el valor de medición de par de torsión del segundo motor 204, y el elemento de ajuste de par de torsión 318 ajusta el primer motor 203 para generar relativamente menos par de torsión (por ejemplo, un valor de par de torsión de salida previamente determinado que es menor que el par de torsión de salida del segundo motor 204) que el segundo motor 204 (el bloque 412).

20 La primera interfaz de sensor de velocidad 322 entonces mide una velocidad que se corresponde con el primer motor 203 por medio de, por ejemplo, el encóder 215 (la figura 2). El comparador 308 puede comparar el valor de medición de velocidad del primer motor 203 con el valor de medición de velocidad del segundo motor 204 para determinar si el primer motor 203 se encuentra dentro de un límite o intervalo de velocidad aceptable cuando el primer motor 203 está operando al valor de no concordancia de par de torsión (el bloque 414). Si el valor de medición de velocidad del primer motor 203 se encuentra fuera del intervalo de límites de velocidad (por ejemplo, un valor de intervalo de velocidad menor que o más grande que el valor de medición de velocidad del segundo motor 204), el elemento de ajuste de velocidad 326 puede ajustar la velocidad del primer motor 203 para operar a una
25 velocidad que es sustancialmente similar o igual a la medición de velocidad del segundo motor 204 (el bloque 416). El sistema 400 entonces vuelve al bloque 414 para determinar si la velocidad del primer motor 203 se encuentra dentro de un intervalo aceptable del segundo motor 204.

30 Si el valor de medición de velocidad del primer motor 203 se encuentra dentro del intervalo o límite aceptable (el bloque 414), el sistema 400 entonces determina si la carga sobre el segundo motor se encuentra dentro de un intervalo específico cuando el primer y el segundo motores 203 y 204 están operando al valor de no concordancia de par de torsión (el bloque 418). Si la carga sobre el segundo motor 204 se encuentra dentro del intervalo específico, entonces el sistema de unidad de accionamiento continúa operando el primer y el segundo motores 203 y 204 al valor de par de torsión de no concordancia y determina si continuar supervisando el primer y el segundo motores 203 y 204 (el bloque 428).

35 Para determinar si la carga sobre el segundo motor 204 se encuentra dentro de un intervalo específico o previamente determinado, la interfaz de sensor de corriente 320 mide la extracción de corriente del segundo motor 204 cuando el primer y el segundo motores 203 y 204 están operando al valor de par de torsión de no concordancia. Si el comparador 308 determina que el valor de medición de extracción de corriente del segundo motor 204 que se proporciona por el sensor de corriente 322 se encuentra dentro de un intervalo previamente determinado (por ejemplo, un porcentaje previamente determinado) de las características asignadas de corriente a plena carga del segundo motor 204, entonces la carga sobre el segundo motor 204 se encuentra dentro de un intervalo previamente determinado. Por ejemplo, el segundo motor 204 está operando dentro del intervalo previamente determinado si la extracción de corriente del segundo motor 204 se encuentra dentro de un 5 % de las características asignadas de
40 corriente a plena carga del segundo motor 204.

45 Si la carga sobre la segunda unidad de accionamiento se encuentra fuera del intervalo específico o previamente determinado, entonces el controlador determina si la carga sobre el segundo motor 204 es menor que el intervalo previamente determinado (el bloque 420). Si la carga sobre el segundo motor 204 es menor que el intervalo previamente determinado, el elemento de ajuste de par de torsión 318 aumenta la salida de par de torsión del segundo motor 204 y / o aumenta el valor o relación de no concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204 (el bloque 426).

50 Si la carga sobre el segundo motor 204 es más grande que el intervalo previamente determinado, el elemento de ajuste de par de torsión 318 disminuye la salida de par de torsión del segundo motor 204 y / o disminuye el valor de no concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 203 y 204 (el bloque 424).

55 El método 400 a modo de ejemplo entonces determina si este debería continuar supervisando el proceso de no concordancia de par de torsión (el bloque 428). Por ejemplo, si el material en tiras 100 ha salido de la niveladora 102 y ningún otro material en tiras se ha realimentado a la niveladora 102, entonces el método 400 a modo de ejemplo puede determinar que este no debería continuar supervisando por más tiempo y el método 400 a modo de ejemplo
60

ha finalizado. De lo contrario, el control vuelve al bloque 402 y el método 400 a modo de ejemplo continúa supervisando y / o ajustando los valores de par de torsión de no concordancia de los motores 203 y 204 y dando lugar a que el segundo motor 204 mantenga un par de torsión de salida relativamente más alto que el primer motor 203 (por ejemplo, un valor de relación de segundo par de torsión de salida con respecto a primer par de torsión de salida más grande que uno).

Tal como se ha analizado en lo que antecede, el accionamiento del segundo motor 204 usando relativamente más par de torsión que el primer motor 203 da lugar a que los rodillos de trabajo de salida 116 tiren del material en tiras 100 a través de la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 durante el proceso de hundimiento de los rodillos de trabajo de entrada 114. De esta forma, tirar del material en tiras 100 a la vez que este se estira o se alarga por los rodillos de trabajo de entrada 114 facilita una flexión adicional del eje neutro del material en tiras 100 hacia el ángulo de contacto de los rodillos de trabajo 108 para dar lugar a que sustancialmente la totalidad del espesor del material en tiras 100 supere su punto de elasticidad y entre en una fase plástica dando como resultado una deformación más grande del material en tiras 100. De esta forma, los métodos y aparato a modo de ejemplo que se describen en el presente documento pueden usarse para producir un material en tiras relativamente más plano o más nivelado 100 mediante la liberación de sustancialmente la totalidad de las tensiones residuales que están atrapadas en el material en tiras 100, o por lo menos liberar relativamente más tensiones residuales que muchas técnicas conocidas.

Además, tal como se ha analizado en lo que antecede, el accionamiento del segundo motor 204 con un par de torsión 204 relativamente más grande que el primer motor 203 durante el funcionamiento puede dar lugar a que el primer motor 203 proporcione un efecto de frenado y actúe como un generador, regenerando de ese modo energía. La energía regenerada se realimenta al segundo motor 204 por el módulo de regeneración de corriente 332, aumentando de ese modo la eficiencia del sistema de unidad de accionamiento 200. En algunos ejemplos, el sistema de unidad de accionamiento 200 que se divulga en el presente documento puede ser hasta un cincuenta por ciento más eficiente que muchas niveladoras conocidas.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema de procesador 510 a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos y aparato a modo de ejemplo que se describen en el presente documento. Tal como se muestra en la figura 5, el sistema de procesador 510 incluye un procesador 512 que está acoplado con un bus de interconexión 514. El procesador 512 incluye un conjunto de registros o espacio de registros 516, que se representa en la figura 5 como encontrándose en su totalidad en la microplaca, pero que podría estar ubicado como alternativa en su totalidad o en parte fuera de la microplaca y directamente acoplado con el procesador 512 por medio de conexiones eléctricas dedicadas y / o por medio del bus de interconexión 514. El procesador 512 puede ser cualquier procesador, unidad de procesamiento o microprocesador adecuado. A pesar de que no se muestra en la figura 5, el sistema 510 puede ser un sistema de múltiples procesadores y, por lo tanto, puede incluir uno o más procesadores adicionales que son idénticos o similares al procesador 512 y que están acoplados de forma comunicativa con el bus de interconexión 514.

El procesador 512 de la figura 5 está acoplado con un conjunto de microplacas 518, que incluye un controlador de memoria 520 y un controlador de entrada / salida (E / S) 522. Como es bien conocido, un conjunto de microplacas por lo general proporciona funciones de gestión de memoria y de E / S así como una pluralidad de registros de propósito general y / o de propósito especial, temporizadores, etc. A los que puede acceder o que se usan por uno o más procesadores que están acoplados con el conjunto de microplacas 518. El controlador de memoria 520 realiza unas funciones que posibilitan que el procesador 512 (o procesadores si hay múltiples procesadores) accedan a una memoria de sistema 524 y una memoria de almacenamiento de gran capacidad 525.

La memoria de sistema 524 puede incluir cualquier tipo deseado de memoria volátil y / o no volátil tal como, por ejemplo, memoria estática de acceso aleatorio (SRAM, *static random access memory*), memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM, *dynamic random access memory*), memoria flash, memoria de solo lectura (ROM *read-only memory*), etc. La memoria de almacenamiento de gran capacidad 525 puede incluir cualquier tipo deseado de dispositivo de almacenamiento de gran capacidad incluyendo unidades de disco duro, unidades de disco óptico, dispositivos de almacenamiento en cinta, etc.

El controlador de E / S 522 realiza unas funciones que posibilitan que el procesador 512 se comunice con dispositivos periféricos de entrada / salida (E / S) 526 y 528 y una interfaz de red 530 por medio de un bus de E / S 532. Los dispositivos de E / S 526 y 528 pueden ser cualquier tipo deseado de dispositivo de E / S tal como, por ejemplo, un teclado, un monitor o pantalla de vídeo, un ratón, etc. La interfaz de red 530 puede ser, por ejemplo, un dispositivo de Ethernet, un dispositivo de modo de transferencia asíncrona (ATM, *asynchronous transfer mode*), un dispositivo de 802.11, un módem de DSL, un módem por cable, un módem celular, etc. que posibilita que el sistema de procesador 510 se comunice con otro sistema de procesador.

A pesar de que el controlador de memoria 520 y el controlador de E / S 522 se representan en la figura 5 como unos bloques funcionales separados dentro del conjunto de microplacas 518, las funciones que se realizan por estos bloques pueden estar integradas dentro de un único circuito semiconductor o pueden implementarse usando dos o más circuitos integrados separados.

Las figuras 6 y 7 ilustran unos diagramas esquemáticos 600 y 700 de un sistema de unidad de accionamiento que puede usarse para implementar el sistema de unidad de accionamiento 200 de la figura 2. En particular, el diagrama eléctrico 600 de la figura 6 ilustra un sistema de unidad de accionamiento a modo de ejemplo que puede usarse para implementar el primer sistema de unidad de accionamiento 201 de la figura 2 y el diagrama eléctrico 700 de la figura 7 ilustra un sistema de unidad de accionamiento a modo de ejemplo que puede usarse para implementar el segundo sistema de unidad de accionamiento 202 de la figura 2.

La figura 8 ilustra una porción ampliada de la ilustración de diagrama esquemático eléctrico a modo de ejemplo de la figura 6 que muestra un circuito electrónico 800 a modo de ejemplo que puede usarse para implementar el módulo de regeneración de corriente 332 a modo de ejemplo de la figura 3 o 224 de la figura 2.

La figura 9 es un sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo que puede usarse para fabricar componentes a partir del material en tiras 100. El sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo puede ser parte de, por ejemplo, un sistema de fabricación de material en movimiento continuo tal como, por ejemplo, el sistema 10 de la figura 1A. Por ejemplo, el sistema de fabricación de material continuo 10 puede incluir el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo, que puede estar configurado para formar un componente o correa tal como, por ejemplo, una vigueta o viga de metal que tenga cualquier perfil deseado (por ejemplo, un componente con forma de C), un panel de construcción, una viga estructural, etc. En otros ejemplos, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo puede ser un sistema autónomo.

El sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo incluye una primera pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y una segunda pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 904, que ejercen de forma secuencial unas fuerzas de flexión sobre el material 100 con el fin de deformar el material y obtener el perfil deseado del componente o correa. Las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904 trabajan de forma cooperativa para plegar y / o curvar el material en tiras 100 para formar un componente o correa. Cada una de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904 puede incluir una pluralidad de rodillos de trabajo de formación de perfiles (que no se muestran) (por ejemplo, soportados por unos árboles superior e inferior) que pueden estar configurados para aplicar unas fuerzas de flexión al material en tiras 100 en unas líneas de plegado previamente determinadas a medida que el material en tiras 100 se impulsa, se mueve y / o se traslada a través de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904 en un sentido 905. Más en concreto, a medida que el material 100 se mueve a través del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo, cada una de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904 realiza una operación de formación de perfiles o de flexión incremental sobre el material 100 para crear una forma o configuración deseada. Una profundidad, espacio o relación de posición de los rodillos de trabajo puede ajustarse para proporcionar o crear una forma o perfil deseado para el material 100 a medida que el material 100 pasa a través del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900. Por ejemplo, representando cada uno de los rodillos de trabajo un paso, la operación de formación de perfiles o de flexión incremental puede ajustarse en relación con otro de los rodillos de trabajo sobre la base de las características de material tales como, por ejemplo, espesor, curvatura, abocinamiento, dureza, etc. El ajuste de la profundidad o relación de posición de los rodillos de trabajo puede afectar a los requisitos de par de torsión del sistema de unidad de accionamiento 906.

En el presente ejemplo, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 incluye un sistema de unidad de accionamiento múltiple 906 que tiene un primer sistema de unidad de accionamiento 908 para accionar las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y un segundo sistema de unidad de accionamiento 910 para accionar las formadoras de perfiles por medio de rodillos 904. En el presente ejemplo, el primer sistema de unidad de accionamiento 908 incluye un primer motor 912 (por ejemplo, una unidad de accionamiento maestra) para accionar las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y el segundo sistema de unidad de accionamiento 910 incluye un segundo motor 914 (por ejemplo, una unidad de accionamiento esclava) para accionar las formadoras de perfiles por medio de rodillos 904. El primer motor 912 y / o el segundo motor 914 pueden implementarse usando cualquier tipo adecuado de motor tal como, por ejemplo, un motor de CA (por ejemplo, un motor de inducción trifásico), un motor de frecuencia variable, un motor de CC, un motor paso a paso, un motor servo, un motor hidráulico, etc. A pesar de que no se muestra, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 puede incluir uno o más motores adicionales. Por ejemplo, el sistema de unidad de accionamiento 906 puede incluir un tercer motor.

El primer motor 912 y / o el segundo motor 914 pueden estar acoplados de forma operativa con, y estar configurados para accionar, porciones de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904 respectivas por medio de, por ejemplo, engranajes, poleas, cadenas, correas, etc. En aún otros ejemplos, cada rodillo de trabajo de la pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y / o cada rodillo de trabajo de la pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 904 pueden ser accionados de forma independiente por un sistema de unidad de accionamiento dedicado tal como, por ejemplo, los sistemas de unidad de accionamiento 908 o 910. Por lo tanto, cada rodillo de trabajo de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y cada rodillo de trabajo de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 904 pueden ser accionados de forma independiente por un motor separado, en el que cada motor separado puede ser accionado en relación directa o sobre la base de un parámetro de salida de uno o más de los otros motores tal como se describe en el presente documento. Además, el sistema de

unidad de accionamiento 906 puede incluir una unidad de accionamiento maestra y una pluralidad de unidades de accionamiento esclavas.

Un eje de salida 916 del primer motor 912 está acoplado de forma operativa con la primera pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 por medio de, por ejemplo, un eje de accionamiento, un sistema de transmisión por engranajes, una caja de engranajes, etc. Un eje de salida 918 del segundo motor 914 está acoplado de forma operativa con la primera pluralidad de formadoras de perfiles por medio de rodillos 904 por medio de, por ejemplo, un eje de accionamiento, un sistema de transmisión por engranajes, una caja de engranajes, etc. En particular, el primer motor 912 del primer sistema de unidad de accionamiento 908 solo está acoplado mecánicamente con el segundo motor 914 del sistema de unidad de accionamiento 910 por medio del material en tiras 100 que se mueve entre las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y las formadoras de perfiles por medio de rodillos 904.

En el ejemplo ilustrado de la figura 9, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 está provisto con unos sensores de par de torsión 920 y 922 para supervisar los pares de torsión de salida del primer motor 912 y el segundo motor 914, respectivamente. El sensor de par de torsión 920 puede estar situado sobre o acoplado con el eje 916 del primer motor 912, y el sensor de par de torsión 922 puede estar situado sobre o acoplado con el eje 918 del segundo motor 914. Los sensores de par de torsión 920 y 922 pueden implementarse usando, por ejemplo, galgas extensométricas de rotación, transductores de par de torsión, encóderes, sensores de par de torsión rotatorio, medidores de par de torsión, etc. En otras implementaciones a modo de ejemplo, pueden usarse otros dispositivos de detección en lugar de unos sensores de par de torsión para supervisar los pares de torsión del primer y el segundo motores 920 y 922. En algunas implementaciones a modo de ejemplo, los sensores de par de torsión 920 y 922 pueden estar situados como alternativa sobre ejes o husillos de los rodillos de trabajo de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y / o 904 para supervisar los pares de torsión de formación de perfiles de los rodillos de trabajo de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y / o 904. En algunos ejemplos, el sistema de unidad de accionamiento 906 (por ejemplo, por medio de un controlador) puede recibir una señal a partir de la unidad de accionamiento del motor (por ejemplo, los motores 912 y 914) que se correlaciona con el valor de par de torsión de salida de cada uno de los motores 912 y / o 914. Como alternativa, el sistema de unidad de accionamiento 201 y / o 202 (por ejemplo, un controlador) puede recibir una señal directamente a partir de la unidad de accionamiento del motor que se corresponde con los pares de torsión de salida del segundo motor 204 o el primer motor 203.

En aún otras implementaciones a modo de ejemplo, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 puede estar provisto con unos encóderes 924 y / o 926 para supervisar las velocidades de salida del primer motor 912 y / o el segundo motor 914. Los encóderes 924 y 926 pueden estar engranados con y / o acoplados con los ejes 916 y 918, respectivamente. Cada uno de los encóderes 924 y 926 puede implementarse usando, por ejemplo, un encóder óptico, un encóder magnético, etc. En aún otras implementaciones a modo de ejemplo, pueden usarse otros dispositivos de detección en lugar de un encóder para supervisar las velocidades de los motores 912 y 914 y / o los rodillos de trabajo de la formadora de perfiles por medio de rodillos 902 y / o 904.

En el ejemplo ilustrado, el sistema de unidad de accionamiento 906 a modo de ejemplo incluye un sistema de control 928 para controlar el par de torsión y / o velocidad del primer y el segundo motores 912 y 914. En el presente ejemplo, el sistema de control 218 incluye un primer controlador 930 (por ejemplo, una unidad de accionamiento de frecuencia variable) para controlar el par de torsión y / o velocidad del primer motor 912 y un segundo controlador 932 (por ejemplo, una unidad de accionamiento de frecuencia variable) para controlar el par de torsión y / o velocidad del segundo motor 914. El primer y el segundo controladores 930 y 932 están acoplados de forma comunicativa por medio de un bus común 934.

Tal como se analiza con mayor detalle en lo sucesivo, el primer controlador 930 supervisa el par de torsión de salida del primer motor 912 (por ejemplo, el motor maestro) e indica al primer motor 912 que opere a un valor de velocidad de referencia que se recibe por el primer controlador 930. El segundo controlador 932 indica a, o controla, el segundo motor 914 para que produzca un par de torsión de salida sustancialmente similar al par de torsión de salida del primer motor 912 cuando el primer motor 912 está operando a la velocidad de referencia (es decir, una puesta en concordancia de par de torsión). Dicho de otra forma, las salidas de par de torsión del primer y el segundo motores 912 y 914 se controlan para proporcionar sustancialmente los mismos valores de par de torsión de salida. Como resultado, las salidas de velocidad del primer y el segundo motores 912 y 914 pueden ser diferentes cuando el primer y el segundo motores 912 y 914 están generando unos valores de par de torsión de salida sustancialmente similares. Dicho de otra forma, la velocidad del primer motor 912 puede estar operando a una velocidad que es menor que la velocidad del segundo motor 914 sobre la base de la carga que se imparte sobre el primer motor 912 cuando se operan el primer y el segundo motores 930 y 932 al valor de par de torsión concordante.

Adicionalmente o como alternativa, el sistema de control 928 puede controlar las velocidades de salida del primer y el segundo motores 912 y 914 de tal modo que tanto el primer como el segundo motores 912 y 914 operan a sustancialmente la misma velocidad de salida (por ejemplo, el valor de velocidad de referencia). Por ejemplo, el sistema de control 928 opera el primer y el segundo motores 912 y 914 a las mismas velocidades que la velocidad de referencia cuando el valor de salida de velocidad del segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) se encuentra fuera de un valor o intervalo de velocidad previamente determinado cuando el

primer y el segundo motores 912 y 914 están operando al valor de puesta en concordancia de par de torsión. Por ejemplo, el segundo controlador 932 puede controlar la velocidad del segundo motor 914 para operar a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del primer motor 912.

5 Durante el funcionamiento, a medida que el material 100 se mueve a través de las primeras formadoras de perfiles por medio de rodillos 902, el primer motor 912 (o unidad de accionamiento maestra) puede requerir más par de torsión para alimentar el material 100 hasta que el material 100 se impulsa hasta las segundas formadoras de perfiles por medio de rodillos 904. Una vez que el material se mueve (por ejemplo, se mueve continuamente) hasta las segundas formadoras de perfiles por medio de rodillos 904, el segundo controlador 932 indica al segundo motor 914 que funcione al par de torsión de salida del primer motor 912 cuando el primer motor 912 está operando al valor de velocidad de referencia. Cuando las salidas de par de torsión del primer y el segundo motores 912 y 914 son sustancialmente iguales, la puesta en concordancia de par de torsión da lugar a que el par de torsión a través del sistema de unidad de accionamiento 908 se distribuya de manera sustancialmente uniforme entre los sistemas de unidad de accionamiento 908 y 910. Como resultado, la pérdida de potencia entre el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento 908 y 910 se reduce o se elimina de forma sustancial debido a que el primer motor 912 y /o el segundo motor 914 uno trabajan uno contra otro debido a no concordancias mecánicas en el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900, reduciendo de forma significativa de ese modo el uso de potencia global del sistema 900.

20 En un aparato o sistema de formación de perfiles por medio de rodillos convencional, puede que la operación de múltiples sistemas de unidad de accionamiento o motores a unas velocidades similares o iguales no responda por las no concordancias o pérdidas mecánicas entre las formadoras de perfiles por medio de rodillos de aguas arriba y de aguas abajo. Por ejemplo, ajustar o dar lugar a que la totalidad de las unidades de accionamiento en un aparato de formación de perfiles por medio de rodillos convencional operen a la misma velocidad puede dar lugar a que la salida de par de torsión de cada una de las unidades de accionamiento en el sistema se ajuste para cumplir la referencia de velocidad particular. Como resultado, una no concordancia de par de torsión en un sistema de formación de perfiles por medio de rodillos puede dar lugar a que un motor del sistema produzca más trabajo contra otro motor del sistema desde lados opuestos de la no concordancia mecánica. Por ejemplo, un primer motor aguas abajo de un segundo motor puede generar un par de torsión de salida más grande para mantener la velocidad del motor de aguas abajo al valor de velocidad de referencia especificado. A medida que el material en tiras 100 se está curvando por medio de los rodillos de trabajo de formación de perfiles de la formadora de perfiles por medio de rodillos de aguas abajo, una carga más grande puede impartirse sobre el motor de aguas abajo para procesar el material en tiras 100 a la vez que se mantiene la velocidad de salida a la velocidad de referencia establecida. Un motor de aguas arriba también puede aumentar su par de torsión de salida para resistir que el motor de aguas abajo tire del material en tiras 100 a través de la formadora de perfiles por medio de rodillos de aguas arriba con un par de torsión o fuerza más alta.

Por lo tanto, a diferencia de los sistemas de formación de perfiles por medio de rodillos convencionales, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo que se describe en el presente documento usa una técnica de puesta en concordancia de par de torsión durante el funcionamiento. La técnica de puesta en concordancia de par de torsión mejora de forma significativa la eficiencia del sistema de unidad de accionamiento 906 al responder por o reducir de forma sustancial las pérdidas mecánicas debido a no concordancias mecánicas entre el primer y el segundo motores 912 y 914. Por ejemplo, el primer controlador 930 puede operar el primer motor o unidad de accionamiento maestra 912 a una velocidad de referencia y medir la salida de par de torsión del primer motor 912 cuando el primer motor 912 está operando a la velocidad de referencia. El segundo controlador 932 puede operar el segundo motor o la unidad de accionamiento esclava 914 al par de torsión de salida medido del primer motor 912 cuando el primer motor 912 está operando a la velocidad de referencia. Durante el funcionamiento y cuando el material en tiras 100 está pasando a través de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y 904, tanto el primer motor 912 como el segundo motor 914 operan a sustancialmente los mismos valores de par de torsión. Como resultado, las salidas de par de torsión del primer y el segundo motores 912 y 914 se distribuyen de manera sustancialmente uniforme entre la totalidad de las unidades de accionamiento 908 y 910. El uso de potencia global del primer y el segundo motores 912 y 914 se reduce debido a que no hay pérdida alguna de potencia a partir de que las unidades de accionamiento 908 y 910 trabajen uno contra otro a través de no concordancias mecánicas. Por lo tanto, el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 proporciona un sistema de unidad de accionamiento 906 más eficiente en comparación con un sistema de unidad de accionamiento de un sistema de formación de perfiles por medio de rodillos convencional.

La figura 10 es un diagrama de bloques de un aparato 1000 a modo de ejemplo que puede usarse para implementar los métodos a modo de ejemplo que se describen en el presente documento. En particular, el aparato 1000 a modo de ejemplo puede usarse en conexión con y / o puede usarse para implementar el sistema 900 a modo de ejemplo de la figura 9 o porciones del mismo para poner en concordancia una salida de par de torsión entre el primer y el segundo motores 912 y 914 de tal modo que el segundo motor 914 puede generar una salida de par de torsión que es sustancialmente igual a la salida de par de torsión del primer motor 912. Como alternativa, tal como se describe con mayor detalle en lo sucesivo, el aparato 1000 a modo de ejemplo puede usarse para implementar una niveladora a modo de ejemplo tal como, por ejemplo, el aparato de nivelación 102 de las figuras 1A y 1B. El aparato 1000 a modo de ejemplo también puede usarse para implementar un sistema de realimentación para ajustar la

relación de velocidad del primer y el segundo motores 912 y 914. Por ejemplo, el sistema de realimentación puede dar lugar a que el primer y el segundo motores 912 y 914 opere a una velocidad sustancialmente similar (una puesta en concordancia de velocidad) si la velocidad del segundo motor 914 no se encuentra dentro de un intervalo de velocidad previamente determinado cuando el primer motor 912 está operando a la salida de par de torsión sobre la base de la entrada de velocidad de referencia. Por ejemplo, el sistema de realimentación garantiza que el segundo motor 914 no opera por encima de un intervalo de velocidad operativo específico (por ejemplo, dentro de un 5 % de la velocidad de referencia) del primer motor 912 durante el funcionamiento. Por ejemplo, si la relación de puesta en concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 912 y 914 da lugar a que el segundo motor 914 opere fuera de un intervalo de velocidad deseado o previamente determinado, entonces las velocidades del primer y el segundo motores 203 y 204 se controlan para que sean sustancialmente las mismas (por ejemplo, la velocidad de la velocidad de referencia).

El aparato 1000 a modo de ejemplo puede implementarse usando cualquier combinación deseada de soporte físico, soporte lógico inalterable y/o soporte lógico. Por ejemplo, pueden usarse uno o más circuitos integrados, componentes semiconductores discretos, y/o componentes electrónicos pasivos. Adicionalmente o como alternativa, algunos o la totalidad de los bloques del aparato 1000 a modo de ejemplo, o partes de los mismos, pueden implementarse usando instrucciones, código y/u otro soporte lógico y/o soporte lógico inalterable, etc. que están almacenadas en un medio accesible por máquina que, cuando se ejecutan por, por ejemplo, un sistema de procesador (por ejemplo, el sistema de procesador 510 de la figura 5) realizan las operaciones que se representan en el diagrama de flujo de la figura 11. A pesar de que el aparato 1000 a modo de ejemplo se describe como que tiene uno de cada bloque que se describe en lo sucesivo, el aparato 1000 a modo de ejemplo puede estar provisto con dos o más de cualquier bloque que se describe en lo sucesivo. Además, algunos bloques pueden deshabilitarse, omitirse o combinarse con otros bloques.

Tal como se muestra en la figura 10, el aparato 1000 a modo de ejemplo incluye una interfaz de entrada de usuario 1002, un comparador 1004, una interfaz de almacenamiento 1006, un detector de velocidad de referencia 1008, una primera interfaz de sensor de par de torsión 1010, una segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012, un elemento de ajuste de par de torsión 1014, una primera interfaz de sensor de velocidad 1016, una segunda interfaz de sensor de velocidad 1018, un elemento de ajuste de velocidad 1020, una primera interfaz de controlador 1022, y una segunda interfaz de controlador 1024, la totalidad de los cuales puede acoplarse de forma comunicativa tal como se muestra o de cualquier otra forma adecuada.

La interfaz de entrada de usuario 1002 puede estar configurada para determinar las características o parámetros de los componentes formados. Por ejemplo, los componentes formados por lo general se fabrican para cumplir con los valores de tolerancia que están asociados con ángulos de codo, longitudes de material, distancias de un codo a otro para formar un perfil específico (por ejemplo, un perfil con forma de L, un perfil con forma de C, etc.). Por ejemplo, la interfaz de entrada de usuario 1002 puede implementarse usando una interfaz gráfica de usuario mecánica y/o electrónica por medio de la cual un operador puede introducir las características. El sistema 1000 también puede incluir un elemento de ajuste de posición de rodillos de trabajo 1026 para ajustar el ángulo y/o la posición de los rodillos de trabajo de formación de perfiles de las formadoras de perfiles por medio de rodillos 902 y/o las formadoras de perfiles por medio de rodillos 904 sobre la base de las características que se reciben por la interfaz de entrada de usuario 1002.

La interfaz de almacenamiento 1006 puede configurarse para almacenar valores de datos en una memoria tal como, por ejemplo, la memoria de sistema 524 y/o la memoria de almacenamiento de gran capacidad 525 de la figura 5. Adicionalmente, la interfaz de almacenamiento 1006 puede estar configurada para recuperar valores de datos a partir de la memoria (por ejemplo, a partir de la estructura de datos). Por ejemplo, la interfaz de almacenamiento 1006 puede acceder a la estructura de datos para obtener valores de posición de rodillos de formación de perfiles a partir de la memoria y comunicar los valores al elemento de ajuste de posición de rodillos de trabajo 1026.

El detector de velocidad de referencia 1008 puede estar acoplado de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad que mide un valor de velocidad de referencia. Por ejemplo, el detector de velocidad de referencia 1008 puede obtener, recuperar o medir una velocidad de referencia sobre la base de la velocidad del material en tiras 100 que viaja a través del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 (por ejemplo, una velocidad de línea del material). Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 1008 puede recibir una velocidad de referencia a partir de la interfaz de usuario 1002. Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 1008 puede estar configurado para enviar el valor de medición de velocidad de referencia al comparador 1004. Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 1008 entonces puede enviar el valor de velocidad de referencia a la primera interfaz de controlador 1022, que entonces puede indicar al primer motor 912 que opere al valor de medición de velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 1008. Adicionalmente o como alternativa, el detector de velocidad de referencia 1008 entonces puede enviar el valor de velocidad de referencia a la segunda interfaz de controlador 1024, que entonces puede indicar al segundo motor 914 que opere al valor de medición de velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 1008.

La primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 puede estar acoplada de forma comunicativa con un sensor de par de torsión o dispositivo de medición de par de torsión tal como, por ejemplo, el sensor de par de torsión 920 de la figura 9. La primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 puede estar configurada para obtener el valor de par de torsión de, por ejemplo, el primer motor o unidad de accionamiento maestra 912 y puede leer (por ejemplo, recuperar o recibir) de forma periódica unos valores de medición de par de torsión a partir del sensor de par de torsión 920. La primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 puede estar configurada para enviar entonces el valor de medición de par de torsión al comparador 1004. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 puede estar configurada para enviar los valores de medición de par de torsión a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 1022 y 1024.

La segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 puede estar acoplada de forma comunicativa con un sensor de par de torsión o dispositivo de medición de par de torsión tal como, por ejemplo, el segundo sensor de par de torsión 922 de la figura 9. La segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 puede estar configurada para obtener el valor de par de torsión de, por ejemplo, el segundo motor 914 y puede leer de forma periódica unos valores de medición de par de torsión a partir del sensor de par de torsión 922. Por ejemplo, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 puede estar configurada para enviar entonces los valores de medición de par de torsión al comparador 1004. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 puede estar configurada para enviar los valores de medición de par de torsión a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 1022 y 1024.

El comparador 1004 puede estar configurado para realizar unas comparaciones sobre la base de los valores de par de torsión que se reciben a partir de la primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 y la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 para determinar si el segundo motor 914 está operando dentro de un valor de puesta en concordancia de par de torsión. Dicho de otra forma, el comparador 1004 realiza unas comparaciones para determinar si el segundo motor 914 está generando un par de torsión de salida sustancialmente similar al par de torsión de salida del primer motor 912 cuando el primer motor 912 está operando a la velocidad de referencia que se proporciona por el detector de velocidad de referencia 1008. Por ejemplo, el comparador 1004 puede estar configurado para comparar los valores de par de torsión que se miden por la primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 con los valores de par de torsión que se miden por la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 para determinar si el primer motor 912 está generando una relación de una salida de par de torsión de primer motor con respecto a una salida de par de torsión de segundo motor que es sustancialmente uno a uno. El comparador 1004 entonces puede comunicar los resultados de las comparaciones al elemento de ajuste de par de torsión 1014.

La primera y / o la segunda interfaces de controlador 1022 y 1024 y / o el elemento de ajuste de par de torsión 1014 pueden estar configuradas para ajustar (por ejemplo, aumentar o disminuir) el par de torsión del segundo motor 914 (por ejemplo, el motor esclavo) sobre la base de los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 1004. Por ejemplo, si los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 1004 indican que una relación de par de torsión del valor de medición de par de torsión de la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 y el valor de medición de par de torsión que se mide por la primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 es menor que o más grande que un valor de relación de par de torsión previamente determinado (por ejemplo, una relación de puesta en concordancia de par de torsión de sustancialmente 1:1), el elemento de ajuste de par de torsión 1014 puede ajustar (por ejemplo, aumentar o disminuir) el par de torsión del segundo motor 914 hasta que una relación de par de torsión entre el valor de medición de par de torsión que se mide por la primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 y el valor de medición de par de torsión que se mide por la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012 se encuentra dentro del intervalo o valor de relación de par de torsión previamente determinado (una relación de par de torsión de 1:1).

Adicionalmente o como alternativa, la primera interfaz de sensor de velocidad 1016 puede estar acoplada de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad tal como, por ejemplo, el encóder 924 de la figura 9. La primera interfaz de sensor de velocidad 1016 puede estar configurada para obtener unos valores de velocidad del primer motor 912 mediante, por ejemplo, la lectura de los valores de medición de velocidad a partir del encóder 924. La primera interfaz de sensor de velocidad 1016 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad al comparador 1004. El comparador 1004 puede estar configurado para comparar los valores de velocidad que se obtienen a partir de la primera interfaz de sensor de velocidad 1016 y los valores de velocidad que se obtienen a partir de la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 y comunicar los resultados de comparación de las comparaciones al elemento de ajuste de velocidad 1020.

La segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 puede estar acoplada de forma comunicativa con un encóder o dispositivo de medición de velocidad tal como, por ejemplo, el encóder 926 de la figura 9. La segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 puede estar configurada para obtener unos valores de velocidad del segundo motor 914 mediante, por ejemplo, la lectura de unos valores de medición a partir del encóder 926. La segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad al comparador 1004. Adicionalmente o como alternativa, la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 puede estar configurada para enviar los valores de velocidad a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 1022 y 1024.

El elemento de ajuste de velocidad 1020 puede estar configurado para ajustar la velocidad del primer motor 912 y / o la velocidad del segundo motor 914 de tal modo que el primer motor 912 y el segundo motor 914 operan a aproximadamente la misma velocidad, o a una idéntica (por ejemplo, el valor de velocidad de referencia) cuando la velocidad del segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) se encuentra fuera de un intervalo previamente determinado cuando el primer motor 912 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) está operando a la velocidad de referencia. Por ejemplo, si los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 1008 indican que una relación entre el valor de medición de velocidad que se mide por la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 y el valor de medición de velocidad que se mide por la primera interfaz de sensor de velocidad 1020 es menor que o más grande que un valor de relación de velocidad previamente determinado (por ejemplo, un valor de relación previamente determinado menor que o más grande que la velocidad de la unidad de accionamiento maestra o primer motor 912), el elemento de ajuste de velocidad 1020 puede ajustar la velocidad del segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) sobre la base de los resultados de comparación que se obtienen a partir del comparador 1004 hasta que una relación entre el valor de medición de velocidad que se mide por la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 y el valor de medición de velocidad que se mide por la primera interfaz de sensor de velocidad 1020 es sustancialmente igual a la velocidad de referencia.

Adicionalmente o como alternativa, el elemento de ajuste de velocidad 1020 puede estar configurado para ajustar la velocidad del primer motor 912 de tal modo que el primer motor 912 opera a una velocidad sustancialmente igual a la velocidad del segundo motor 914 si el comparador 10048 determina que la puesta en concordancia de par de torsión entre el primer y el segundo motores 912 y 914 está dando lugar a que el segundo motor 914 opere fuera de un intervalo de velocidad previamente determinado. Por ejemplo, si el comparador 1004 determina que el valor de medición de velocidad que se mide por la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018 es mayor o menor que el valor de medición de velocidad que se mide por la primera interfaz de velocidad 1016 por un factor de, por ejemplo, entre un 1 por ciento y un 5 por ciento más grande que o menor que la velocidad del primer motor 912, el segundo controlador 932 puede indicar al segundo motor 914 que opere a la velocidad de referencia del primer motor 912 que se proporciona por la primera interfaz de sensor de velocidad 1016.

A pesar de que el aparato 1000 a modo de ejemplo se muestra como que tiene solo un comparador 1004, en otras implementaciones a modo de ejemplo, una pluralidad de comparadores pueden usarse para implementar el aparato 1000 a modo de ejemplo. Por ejemplo, un primer comparador puede recibir los valores de medición de velocidad a partir de la primera interfaz de sensor de velocidad 1016 y los valores de medición de velocidad a partir de la segunda interfaz de sensor de velocidad 1018. Un segundo comparador puede recibir los valores de medición de par de torsión a partir de la primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 y comparar los valores con los valores de medición de par de torsión que se reciben a partir de la segunda interfaz de sensor de par de torsión 1012.

La figura 11 ilustra un diagrama de flujo 1100 de un método a modo de ejemplo que puede usarse para implementar el sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 de la figura 9. En algunas implementaciones a modo de ejemplo, el método a modo de ejemplo de la figura 11 puede implementarse usando unas instrucciones legibles por máquina que comprenden un programa para la ejecución por un procesador (por ejemplo, el procesador 512 del sistema 510 a modo de ejemplo de la figura 5). Por ejemplo, las unas instrucciones legibles por máquina pueden ejecutarse por el sistema de control 918 (la figura 9) para controlar el funcionamiento del sistema de unidad de accionamiento 906 a modo de ejemplo. El programa puede realizarse en soporte lógico que está almacenado en un medio tangible tal como un CD-ROM, un disco flexible, una unidad de disco duro, un disco versátil digital (DVD, *digital versatile disk*), o una memoria que está asociada con el procesador 512 y / o realizarse en soporte lógico inalterable y / o soporte físico dedicado. A pesar de que el programa a modo de ejemplo se describe con referencia al diagrama de flujo que se ilustra en la figura 11, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que pueden usarse como alternativa muchos otros métodos de implementación del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 a modo de ejemplo. Por ejemplo, el orden de ejecución de los bloques puede cambiarse, y / o algunos de los bloques que se describen pueden cambiarse, eliminarse o combinarse.

Para fines de análisis, el método a modo de ejemplo de la figura 11 se describe en conexión con el aparato 1000 a modo de ejemplo de la figura 10. De esta forma, cada una de las operaciones a modo de ejemplo del método a modo de ejemplo de la figura 11 es una forma a modo de ejemplo de implementación de una correspondiente una o más operaciones que se realizan por uno o más de los bloques del aparato 1000 a modo de ejemplo de la figura 10.

Pasando en detalle a la figura 11, el método 1100 obtiene un valor de velocidad de referencia (el bloque 1102). Por ejemplo, la interfaz de velocidad de referencia 1008 mide, obtiene o recupera el valor de velocidad del material en tiras 100 que se mueve a través del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 y envía el valor de medición de velocidad de referencia a la primera interfaz de controlador 1022. Adicionalmente o como alternativa, la velocidad de referencia puede proporcionarse a la primera interfaz de controlador 1022 por medio de la interfaz de usuario 1002.

El primer controlador 220 puede indicar al primer motor o unidad de accionamiento maestra 912 que opere al valor de velocidad de referencia (el bloque 1104). Cuando el primer motor 912 está operando al valor de velocidad de referencia, se mide la salida de par de torsión del primer motor 912 (el bloque 1106). Por ejemplo, la salida de par de

torsión del primer motor 912 puede medirse por el sensor de par de torsión 920. La primera interfaz de sensor de par de torsión 1010 puede recibir este valor de medición de par de torsión y comunicar o enviar el valor de medición de par de torsión a la segunda interfaz de controlador 1024 y / o la primera interfaz de controlador 1022.

5 Cuando el primer motor 912 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) está operando a la velocidad de referencia, el sensor de velocidad 924 mide la salida de velocidad del primer motor 912 y comunica este valor de salida de velocidad a la primera interfaz de sensor de velocidad 1016 (el bloque 1108). La primera interfaz de sensor de velocidad 1016 puede almacenar este valor por medio de la interfaz de almacenamiento 1006, y / o enviar este al comparador 1004, la primera interfaz de controlador 1022 y / o la segunda interfaz de controlador 1024.

10 El segundo controlador 932 entonces indica al segundo motor o unidad de accionamiento esclava 914 que genere un par de torsión de salida sustancialmente igual al valor de par de torsión del primer motor 912 (el bloque 1110). Dicho de otra forma, el método 1100 proporciona un valor de puesta en concordancia de par de torsión de tal modo que el segundo motor o unidad de accionamiento esclava 914 opera a una salida de par de torsión sustancialmente similar al primer motor o unidad de accionamiento maestra 912. Por ejemplo, la primera interfaz de par de torsión 1010 envía el valor de medición de par de torsión del primer motor 912 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) al comparador 1004 y la segunda interfaz de par de torsión 1012 envía el valor de medición de par de torsión del segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) al comparador 1004. El comparador 1004 compara el valor de medición de par de torsión del primer motor 912 con el valor de medición de par de torsión del segundo motor 914 y envía una señal a la primera y / o la segunda interfaces de controlador 1022 y 1024 y / o el elemento de ajuste de par de torsión 1014 para ajustar el par de torsión de salida del segundo motor 914 hasta que el comparador 1004 determina que el segundo motor 914 está generando la misma salida de par de torsión que el primer motor 912 (el bloque 1110).

25 Adicionalmente o como alternativa, la primera interfaz de sensor de velocidad 1016 puede medir una velocidad que se corresponde con el segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento maestra) por medio de, por ejemplo, el encóder 926 (la figura 9). El comparador 1004 puede comparar el valor de medición de velocidad del segundo motor 914 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) con el valor de medición de velocidad del primer motor 912 para determinar si la velocidad del segundo motor 914 se encuentra dentro de un límite o intervalo de velocidad aceptable de la velocidad del primer motor 912 cuando el primer motor y los segundos motores 912 y 914 están operando al valor de puesta en concordancia de par de torsión (el bloque 1112).

35 Si el valor de medición de velocidad del segundo motor 203 se encuentra fuera del intervalo de límites de velocidad (por ejemplo, un intervalo previamente determinado más grande que o menor que el valor de medición de velocidad del primer motor o unidad de accionamiento maestra 912), entonces el elemento de ajuste de velocidad 1020 puede ajustar la velocidad del segundo motor 914 para operar a una velocidad sustancialmente similar o igual como el valor de medición de velocidad del primer motor 912 (el bloque 1114). El método 1100 entonces vuelve al bloque 1112 para determinar si la velocidad del segundo motor 914 se encuentra dentro de un intervalo aceptable de la velocidad del primer motor 912.

40 Si el valor de medición de velocidad del segundo motor 912 se encuentra dentro del intervalo o límite aceptable (el bloque 1112), el método 1100 entonces continúa operando el primer y el segundo motores 912 y 914 al valor de puesta en concordancia de par de torsión (el bloque 1116).

45 El método 1100 entonces determina si continuar supervisando el primer y el segundo motores 912 y 914 (el bloque 1118). Por ejemplo, si el material en tiras 100 ha salido del sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900 y ningún otro material en tiras 100 se ha realimentado al sistema de formación de perfiles por medio de rodillos 900, entonces el método 1100 a modo de ejemplo puede determinar que este no debería continuar supervisando por más tiempo y el proceso a modo de ejemplo ha finalizado. De lo contrario, el control vuelve al bloque 1106 y el método 1100 a modo de ejemplo continúa supervisando y / u operando los valores de puesta en concordancia de par de torsión de los motores 912 y 914 y dando lugar a que el segundo motor 914 mantenga un par de torsión de salida relativamente similar en comparación con el primer motor 912.

55 Como alternativa, el aparato 1000 a modo de ejemplo de la figura 10 y el método 1100 a modo de ejemplo de la figura 11 pueden usarse para implementar un aparato de nivelación a modo de ejemplo tal como, por ejemplo, la niveladora 102 de las figuras 1A y 1B. Por ejemplo, la niveladora 102 puede estar configurada para proporcionar una aplicación de puesta en concordancia de par de torsión sobre la base del aparato 1000 a modo de ejemplo y el método 1100 a modo de ejemplo de las figuras 10 y 11 en lugar de la aplicación de puesta en no concordancia de par de torsión que se proporciona por el aparato 300 a modo de ejemplo de la figura 3 y el método 400 a modo de ejemplo de la figura 4. Dicho de otra forma, el primer motor 203 de la niveladora 102 a modo de ejemplo puede estar configurado para proporcionar un par de torsión de salida que es sustancialmente similar a un par de torsión de salida que se proporciona por el segundo motor 204.

65 Por ejemplo, el controlador 220 puede obtener un valor de velocidad de referencia (el bloque 1102) y accionar el segundo motor 204 la velocidad de referencia después de que la profundidad de hundimiento de los rodillos de trabajo 114 y 116 se haya establecido o ajustado (el bloque 1104). El sensor de par de torsión 214 puede medir el

par de torsión de salida del segundo motor 204 cuando el segundo motor 204 opera a la velocidad de referencia (el bloque 1106). El sensor de velocidad 216 puede medir la salida de velocidad del segundo motor 204 (el bloque 1108). El controlador 219 entonces puede recibir una referencia de instrucción o salida de par de torsión del segundo motor 204. El controlador 219 indica a, o acciona, el primer motor 203 (por ejemplo, la unidad de accionamiento esclava) al valor de salida de par de torsión del segundo motor 204 (el bloque 1110). Si la velocidad del primer motor 203 que se proporciona o que se mide por el sensor de velocidad 215 se encuentra dentro de un límite previamente determinado (el bloque 1112), entonces el controlador 219 continúa accionando u operando el primer motor 203 al mismo valor de par de torsión de salida del segundo motor 204 (el bloque 1116). Si la velocidad del primer motor 203 no se encuentra dentro del límite previamente determinado en el bloque 1112, entonces el controlador 219 ajusta la velocidad del primer motor 203 a la velocidad del segundo motor 204 y el sistema 400 vuelve al bloque 1112 (el bloque 1114).

La operación o el accionamiento del primer y el segundo motores 203 y 204 a sustancialmente el mismo par de torsión aumenta de forma significativa la eficiencia de la niveladora 102 cuando se compara con las niveladoras convencionales que tienen solo un motor o múltiples motores que se accionan de forma independiente a la misma referencia de velocidad.

La figura 12 es una gráfica que ilustra una comparación de una cantidad de energía que se consume por un sistema de producción 1202 conocido, un sistema de producción 1204 que se describe en el presente documento teniendo un sistema de unidad de accionamiento partida y un sistema de producción 1206 que se describe en el presente documento teniendo un sistema de unidad de accionamiento partida y un módulo de regeneración (por ejemplo, la niveladora 102). Haciendo referencia a la figura 12, cada gráfica 1208, 1210 y 1212 a modo de ejemplo representa una cantidad de Libras Procesadas por Kilowatio hora ("kWh") que se recogió a partir del aparato de nivelación 1202, 1204 y 1206 respectivo. Las libras de acero procesado por kilowatio hora pueden determinarse al dividir el peso total de acero procesado por los kilowatios hora totales que se consumen como resultado del procesamiento (por ejemplo, la nivelación) de ese acero. Por ejemplo, un medidor de kilowatios hora se acopló de forma operativa con cada uno de los diferentes aparatos de nivelación 1202, 1204 y 1206 para determinar los kilowatios hora y se pesó la cantidad total de acero procesado.

El primer aparato de nivelación 1202 es un aparato de nivelación convencional que tiene una única unidad de accionamiento o motor y produjo 1366 libras / kWh. El segundo aparato de nivelación 1204 es un aparato de nivelación de unidad de accionamiento partida tal como, por ejemplo, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 de la figura 1A sin tener un módulo de regeneración tal como el módulo de regeneración 224 de la figura 2. El segundo aparato de nivelación 1204 produjo aproximadamente 2069 libras / kWh, un ahorro de aproximadamente un 34 % en comparación con la niveladora 1202. El tercer aparato de nivelación 1206 es un aparato de nivelación de unidad de accionamiento partida tal como, por ejemplo, la niveladora de unidad de accionamiento partida 102 de la figura 1A que tiene un módulo de regeneración tal como el módulo de regeneración 224 de la figura 2. La energía regenerada se capturó y se realimentó al sistema por medio de un bus para volver a usarse por ambos motores en el sistema. El tercer aparato de nivelación produjo 4094 libras / kWh, un ahorro de aproximadamente un 333 % en comparación con la niveladora 1202. Además, a pesar de que no se muestra, en una aplicación de puesta en concordancia de par de torsión, la eficiencia y / o el ahorro de costes pueden ser más grandes que los que se muestran en la gráfica 1206.

La figura 13 es una gráfica 1300 que ilustra unos costes de energía a modo de ejemplo para una niveladora convencional que tiene un único motor tal como, por ejemplo, la niveladora 1202 de la figura 12.

La figura 14 es una gráfica 1400 que ilustra unos costes de energía a modo de ejemplo para un aparato de nivelación de unidad de accionamiento partida que se describe en el presente documento teniendo un módulo de regeneración tal como, por ejemplo, la niveladora 102 de las figuras 1A, 1B y 2 y la niveladora 1206 de la figura 12.

A pesar de que en el presente documento se han descrito determinados métodos y aparato, el alcance de cobertura de la presente patente no está limitado a los mismos. Por el contrario, la presente patente cubre todos los métodos y aparatos y artículos de fabricación que caigan razonablemente dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de procesamiento de material en tiras (200) que comprende:

5 un primer sistema de unidad de accionamiento (202) para accionar un primer rodillo de trabajo (108), en el que el primer sistema de unidad de accionamiento (202, 908) incluye un primer motor (204, 912);
 un segundo sistema de unidad de accionamiento (201) para accionar un segundo rodillo de trabajo (108), en el que el segundo sistema de unidad de accionamiento (201, 910) incluye un segundo motor (203, 914); y
 10 un controlador (219, 220) para proporcionar una primera referencia de instrucción al primer sistema de unidad de accionamiento (202), el controlador para medir un primer valor de salida de par de torsión (406) del primer sistema de unidad de accionamiento cuando el primer sistema de unidad de accionamiento opera a la primera referencia de instrucción,

caracterizado por que
 el controlador (219, 220) es para determinar un segundo valor de salida de par de torsión (410) de tal modo que
 15 el segundo valor de salida de par de torsión (410) es diferente del primer valor de salida de par de torsión (406) y que el segundo valor de salida de par de torsión (410) y el primer valor de salida de par de torsión (406) definen una relación de par de torsión (412), y el controlador (219, 220) es para accionar el segundo sistema de unidad de accionamiento al segundo valor de salida de par de torsión (410) para mantener la relación de par de torsión (412),

20 el primer motor (204, 912) es una unidad de accionamiento maestra, y el segundo motor (203, 914) es una unidad de accionamiento esclava.

2. Un aparato de procesamiento según la reivindicación 1, en el que el aparato de procesamiento de material en tiras comprende una niveladora (102) y el primer rodillo de trabajo comprende una primera pluralidad de rodillos de trabajo de salida (116) de la niveladora y el segundo rodillo de trabajo comprende una segunda pluralidad de rodillos de trabajo de entrada (114) de la niveladora.

3. Un aparato de procesamiento según la reivindicación 1, en el que la primera referencia de instrucción comprende un valor de velocidad de referencia (404).

4. Un aparato de procesamiento según la reivindicación 1, que comprende además un módulo de regeneración (224) que está acoplado eléctricamente con el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento por medio del controlador, el módulo de regeneración para transferir electricidad regenerada que se produce por el segundo sistema de unidad de accionamiento al primer sistema de unidad de accionamiento cuando el segundo sistema de unidad de accionamiento opera al segundo valor de salida de par de torsión.

5. Un aparato de procesamiento según la reivindicación 1, en el que el aparato de procesamiento comprende una máquina de formación de perfiles por medio de rodillos (900), en el que el primer rodillo de trabajo comprende una pluralidad de primeros rodillos de trabajo de una primera formadora de perfiles por medio de rodillos (902) y el segundo rodillo de trabajo comprende una pluralidad de segundos rodillos de trabajo de una segunda formadora de perfiles por medio de rodillos (904).

6. Un aparato de procesamiento según la reivindicación 1, en el que

45 - el controlador comprende además un sistema de realimentación (215, 216, 924, 926) para determinar si un valor de no concordancia de velocidad entre una primera velocidad del primer sistema de unidad de accionamiento y una segunda velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento se encuentra dentro de un intervalo aceptable,

50 y / o
 - el controlador es para dar lugar a que la primera velocidad del primer sistema de unidad de accionamiento sea sustancialmente igual a la segunda velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento cuando la relación de no concordancia de velocidad se encuentra fuera del intervalo aceptable.

7. Un método de accionamiento de un aparato de procesamiento de material en tiras (102), comprendiendo el método:

mover un material en tiras (100) a través de un primer rodillo de trabajo (108) y un segundo rodillo de trabajo (108);

60 accionar el primer rodillo de trabajo por medio de un primer sistema de unidad de accionamiento (202) y accionar el segundo rodillo de trabajo por medio de un segundo sistema de unidad de accionamiento (201) separado del primer sistema de unidad de accionamiento;

controlar el primer sistema de unidad de accionamiento sobre la base de un primer valor de referencia de instrucción (404); y

65 medir un primer valor de salida de par de torsión (406) del primer sistema de unidad de accionamiento cuando el primer sistema de unidad de accionamiento opera al primer valor de referencia de instrucción;

caracterizado por

- determinar un segundo valor de salida de par de torsión (410) de tal modo que el segundo valor de salida de par de torsión (410) es diferente del primer valor de salida de par de torsión (406) y que el segundo valor de salida de par de torsión (410) y el primer valor de salida de par de torsión (406) definen una relación de par de torsión (412),
- 5 accionar el segundo sistema de unidad de accionamiento sobre la base del segundo valor de salida de par de torsión (410) para mantener la relación de par de torsión (412),
accionar el primer rodillo de trabajo por medio de un primer motor (204, 912) del primer sistema de unidad de accionamiento (202), en el que el primer motor (204, 912) es una unidad de accionamiento maestra, y
10 accionar el segundo rodillo de trabajo por medio de un segundo motor (203, 914) del segundo sistema de unidad de accionamiento (201), en el que el segundo motor (203, 914) es una unidad de accionamiento esclava.
8. Un método según la reivindicación 7, en el que controlar el primer sistema de unidad de accionamiento sobre la base del primer valor de referencia de instrucción comprende accionar el primer sistema de unidad de accionamiento a un valor de velocidad de referencia (404).
- 15 9. Un método según la reivindicación 7, en el que determinar el segundo valor de salida de par de torsión (410) comprende multiplicar el primer valor de par de torsión de salida (406) del primer sistema de unidad de accionamiento por la relación de par de torsión (412).
- 20 10. Un método según la reivindicación 9, en el que la relación es menor que uno y el funcionamiento del segundo sistema de unidad de accionamiento sobre la base del segundo valor de par de torsión proporciona una no concordancia de salida de par de torsión entre el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento de tal modo que el primer sistema de unidad de accionamiento imparte un par de torsión rotacional negativo al segundo sistema de unidad de accionamiento que tiene una magnitud que es más grande que la magnitud de una segunda salida de par de torsión del segundo sistema de unidad de accionamiento para crear un efecto de generador y dar lugar a que el segundo sistema de unidad de accionamiento produzca o regenere energía eléctrica.
- 25 11. Un método según la reivindicación 10, que comprende además acoplar un módulo de regeneración (224, 322) con el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento para proporcionar la energía eléctrica regenerada al primer sistema de unidad de accionamiento.
- 30 12. Un método según la reivindicación 11, que comprende además
- 35 - supervisar el primer valor de par de torsión (406) del primer sistema de unidad de accionamiento de tal modo que una carga (418) que se imparte sobre el primer sistema de unidad de accionamiento no es sustancialmente más grande que unas características asignadas de corriente a plena carga del primer sistema de unidad de accionamiento,
 - o
 - 40 - supervisar la no concordancia de par de torsión del primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento y ajustar una primera velocidad del primer sistema de unidad de accionamiento y una segunda velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento cuando la relación de no concordancia de par de torsión se encuentra fuera de un intervalo aceptable.
- 45 13. Un método según la reivindicación 7, en el que el primer rodillo de trabajo es un rodillo de trabajo de salida (116) de un aparato de nivelación (102) y el segundo rodillo de trabajo es un rodillo de trabajo de entrada (114) del aparato de nivelación.
- 50 14. Un método según la reivindicación 13, que comprende además ajustar un valor de profundidad de hundimiento del rodillo de trabajo de entrada y el rodillo de trabajo de salida sobre la base de una característica de material del material en tiras antes de controlar el primer sistema de unidad de accionamiento sobre la base de la primera referencia de instrucción.
15. Un método según la reivindicación 8, que comprende además
- 55 - supervisar un valor de salida de velocidad (414) del segundo sistema de unidad de accionamiento y determinar si el valor de salida de velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento se encuentra dentro de un intervalo aceptable cuando el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento están operando a una no concordancia de par de torsión,
 - y / o
 - 60 - ajustar el valor de salida de velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento sobre la base de un valor de porcentaje de velocidad de una velocidad de maestro (416) del primer sistema de unidad de accionamiento cuando el valor de salida de velocidad del segundo sistema de unidad de accionamiento se encuentra fuera del intervalo aceptable.
- 65 16. Un método según la reivindicación 8, que comprende además

ES 2 545 355 T3

- supervisar una carga (418) sobre el primer sistema de unidad de accionamiento y determinar si la carga sobre el primer sistema de unidad de accionamiento se encuentra dentro de un intervalo de carga especificado, y / o
 - ajustar una no concordancia de par de torsión (424, 426) entre el primer y el segundo sistemas de unidad de accionamiento si la carga sobre el primer sistema de unidad de accionamiento se encuentra fuera del intervalo de carga especificado.
- 5

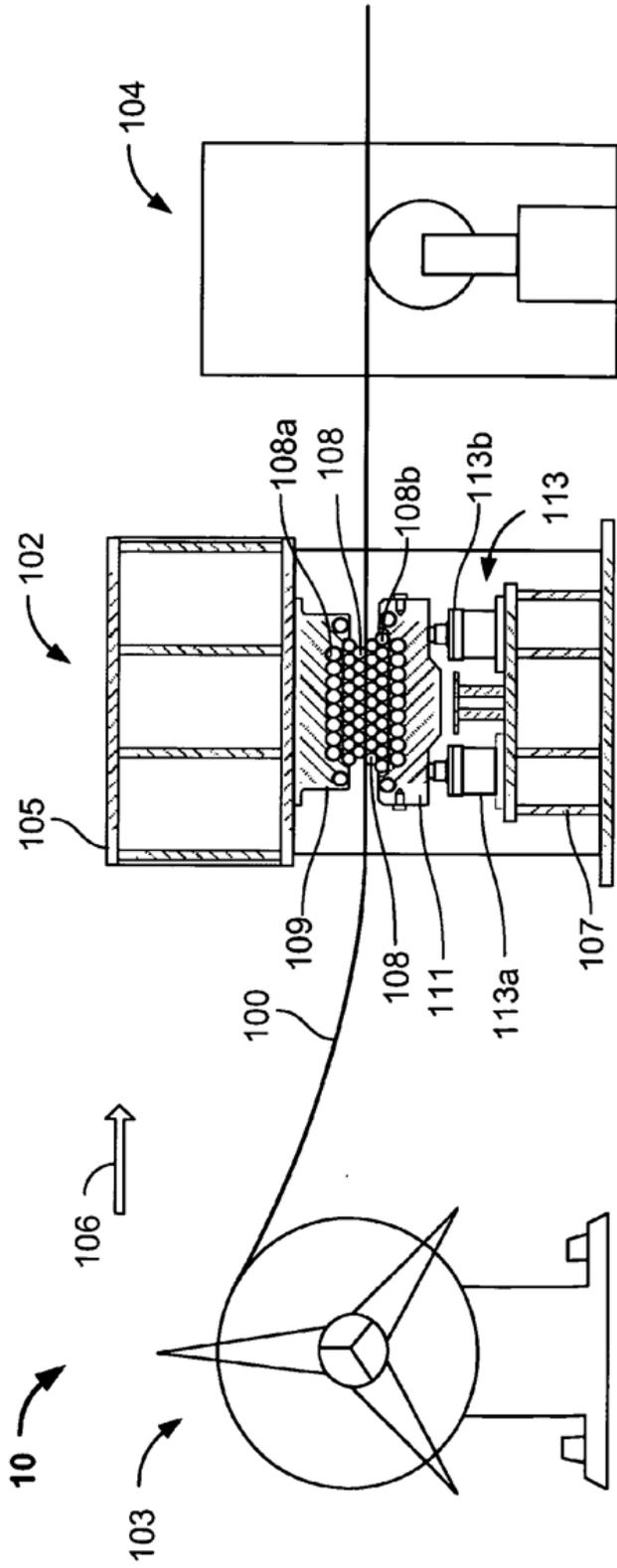


FIG. 1A

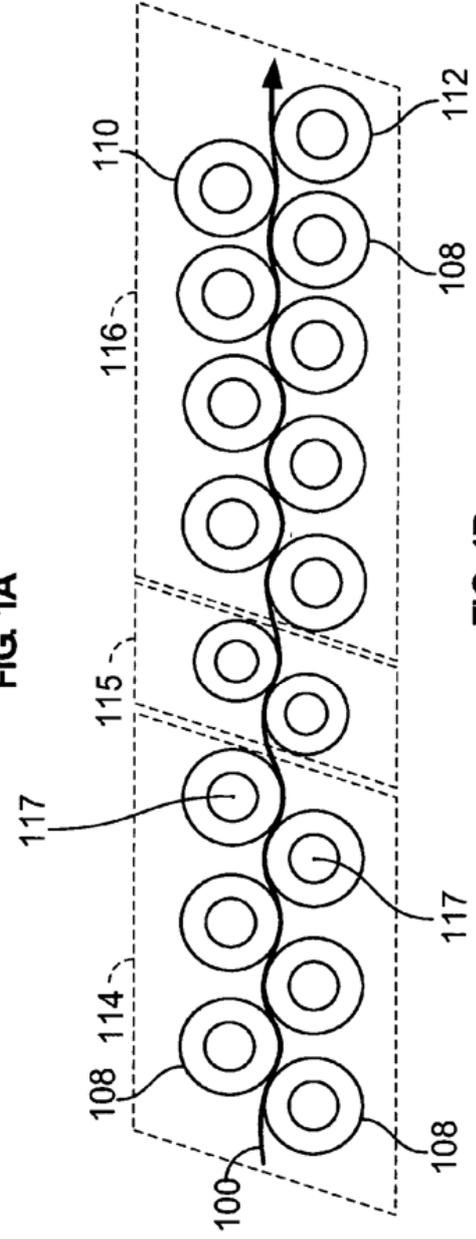


FIG. 1B

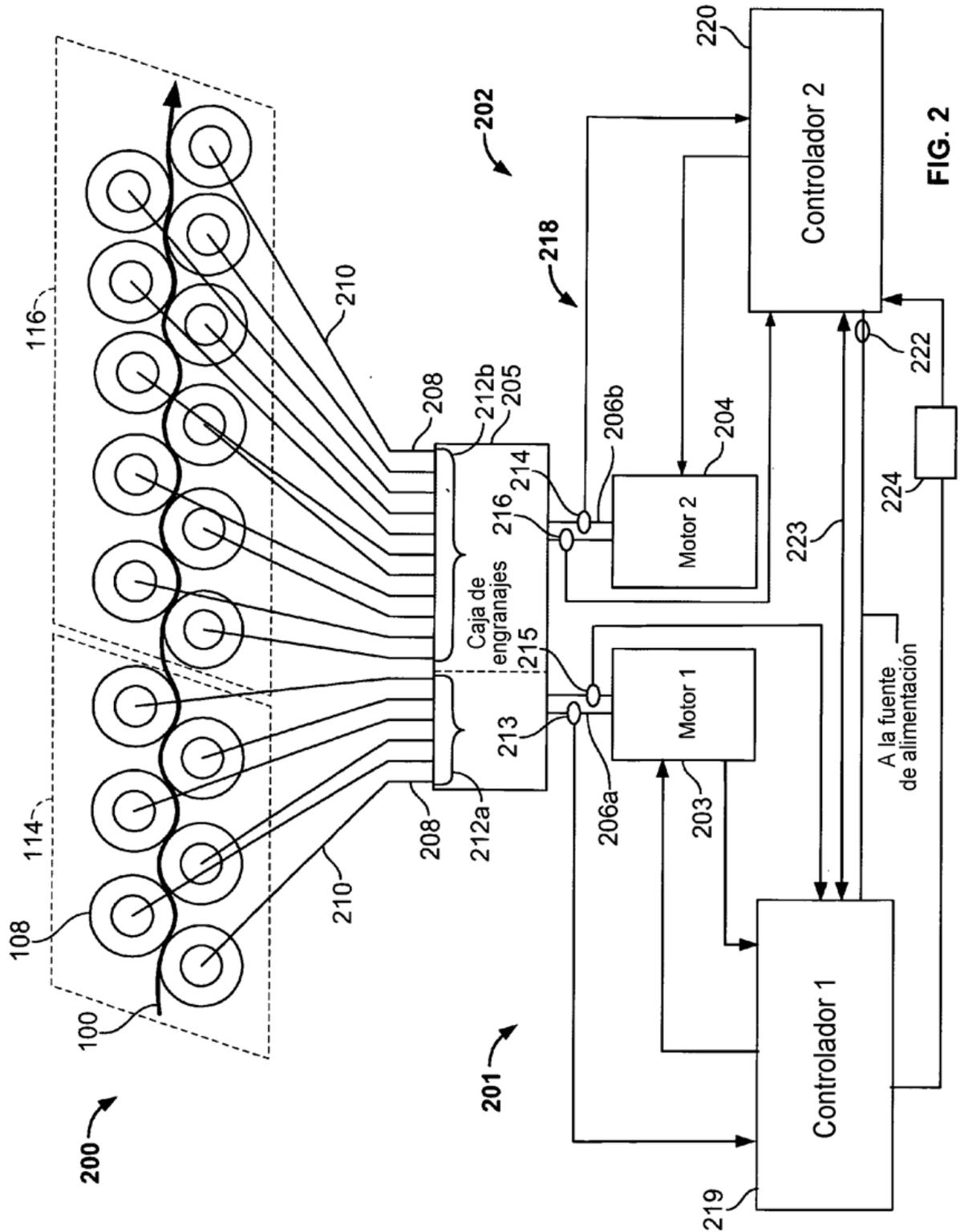


FIG. 2

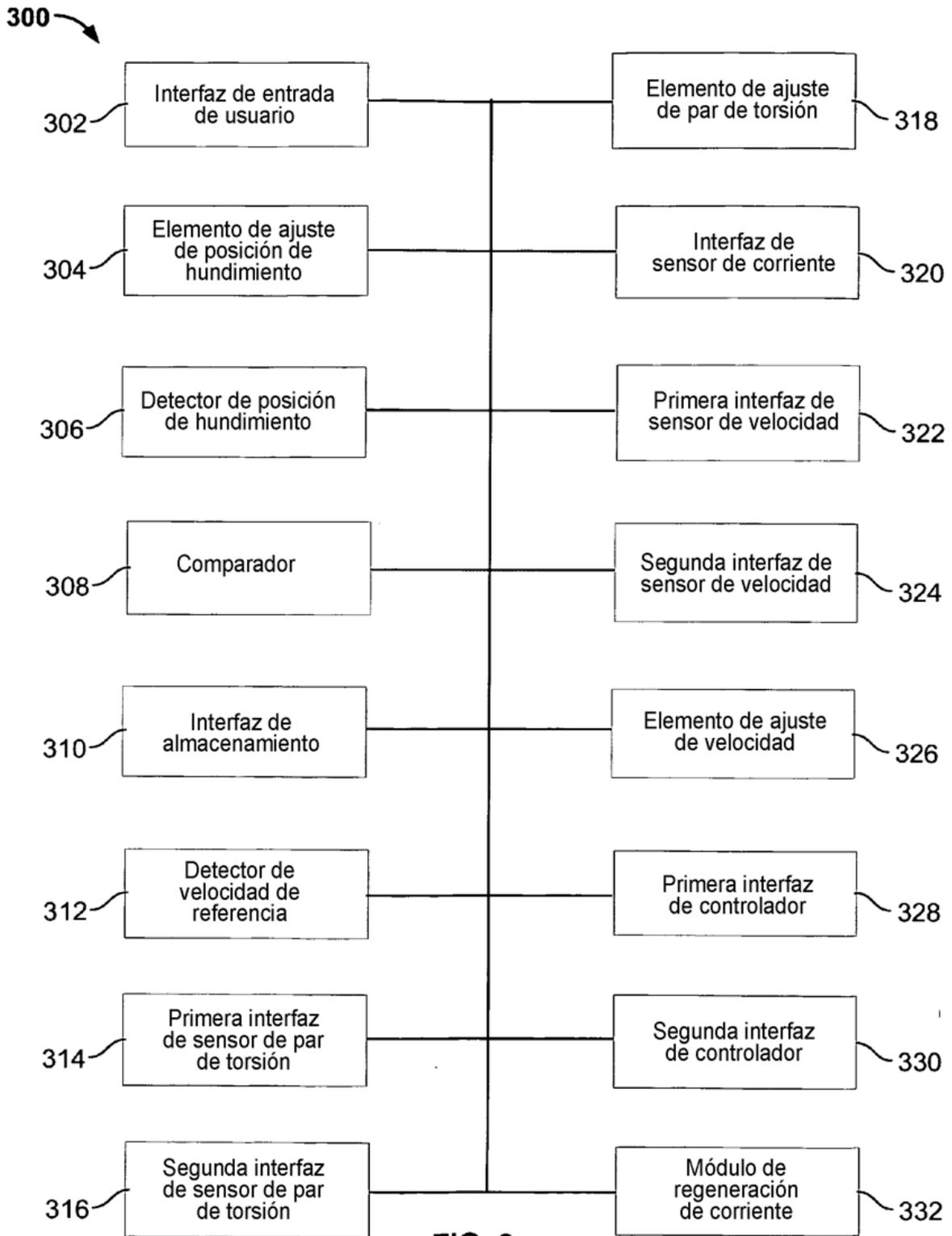


FIG. 3

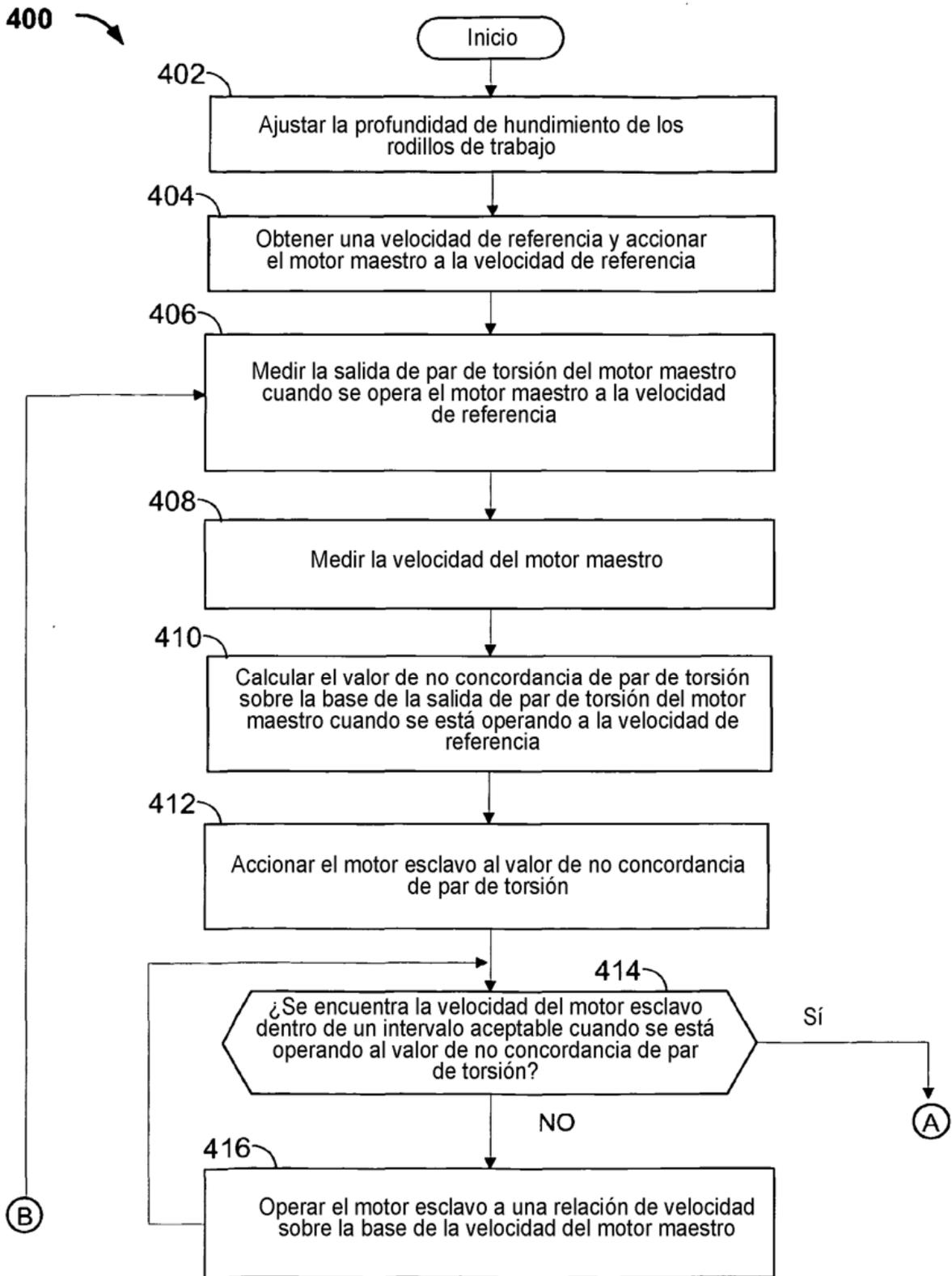


FIG. 4A

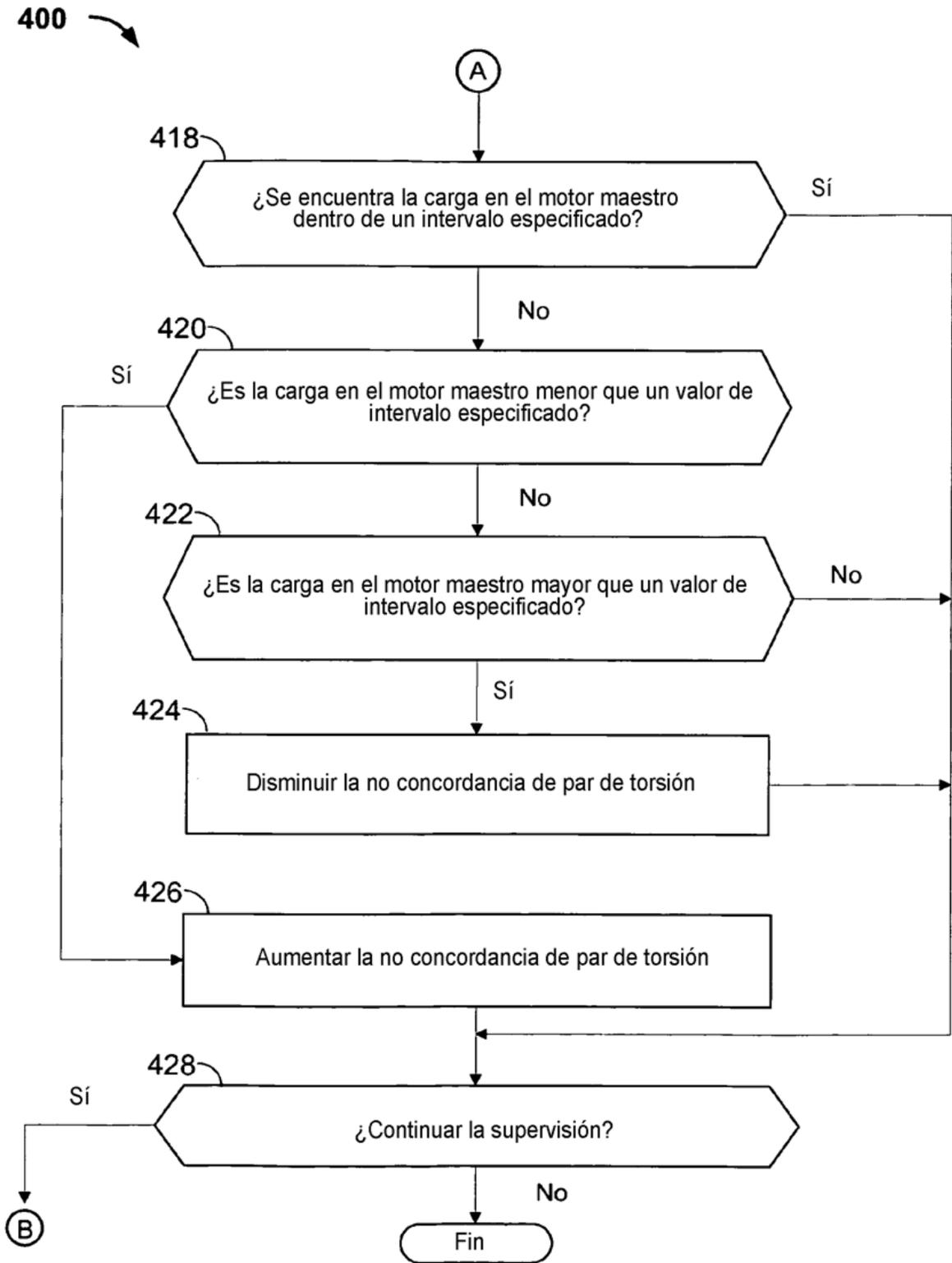


FIG. 4B

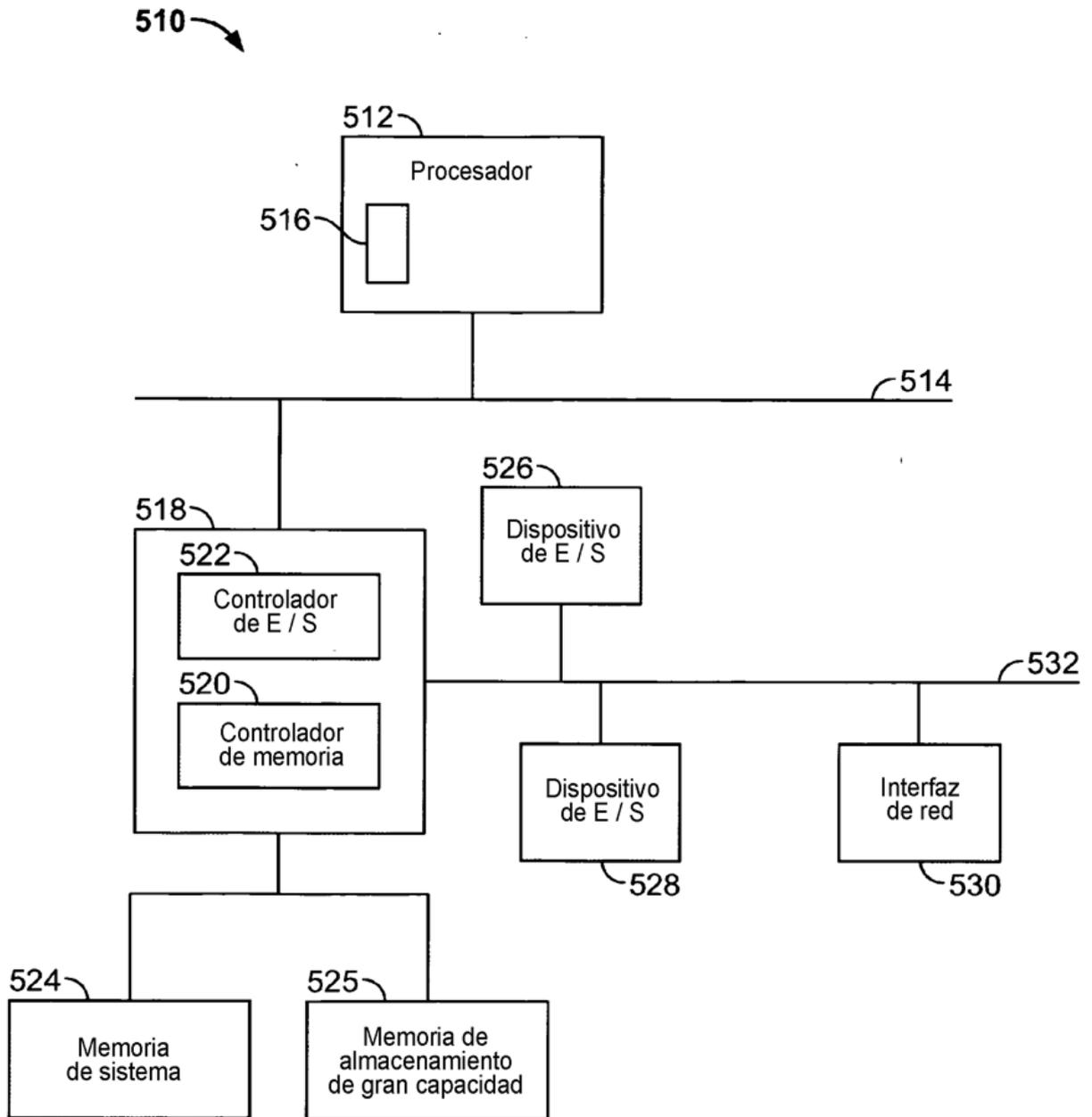


FIG. 5

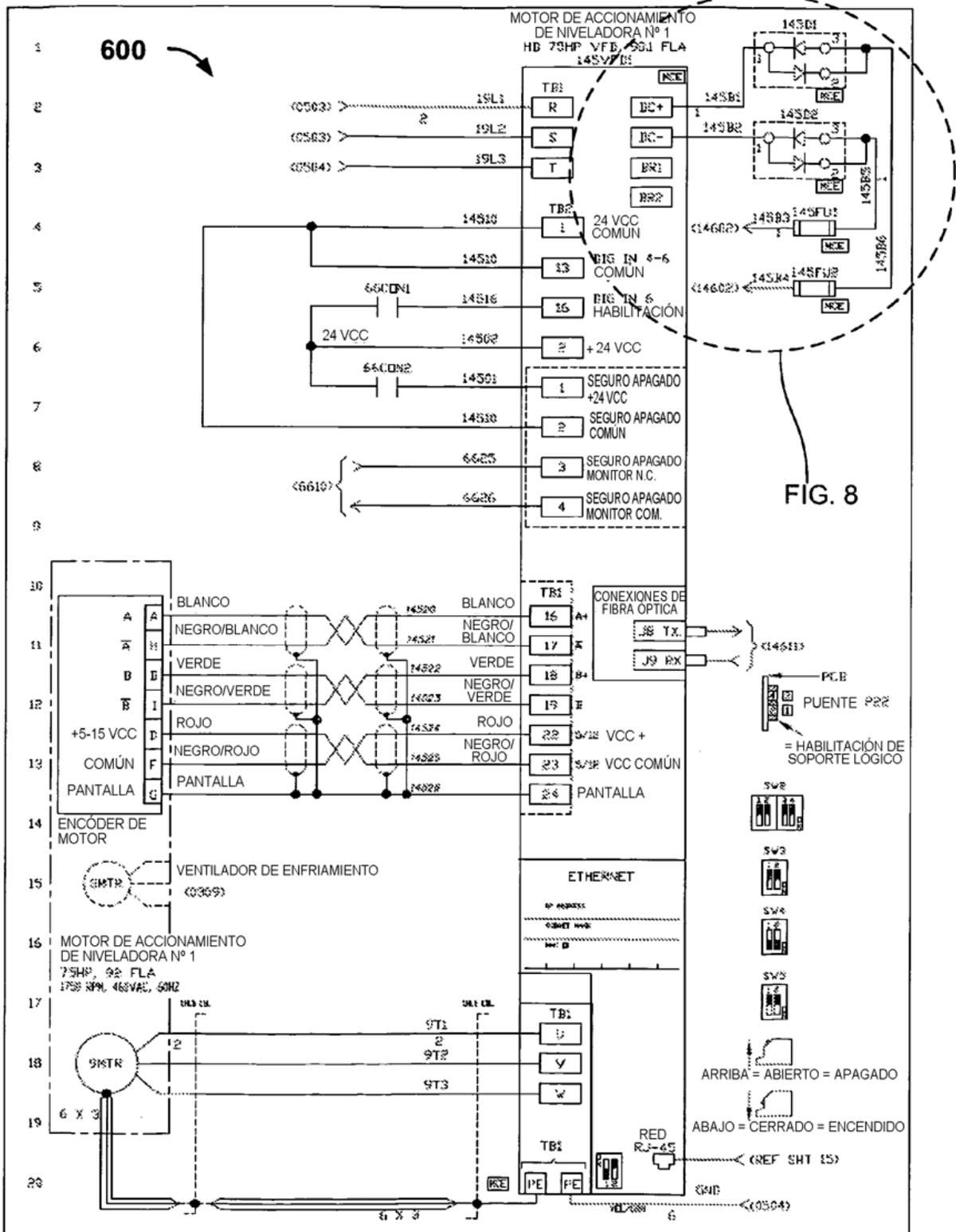


FIG. 6

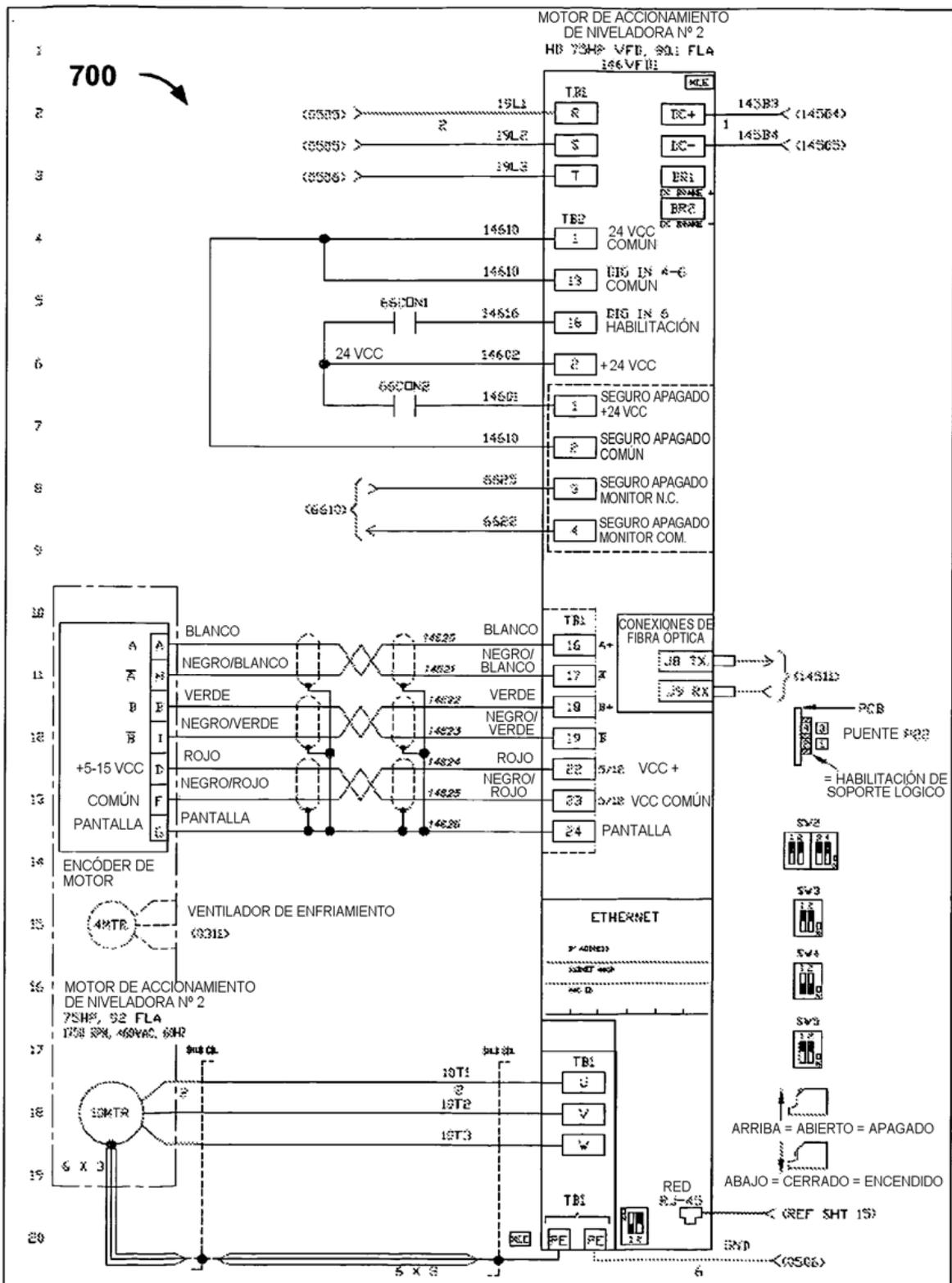


FIG. 7

800 ↘

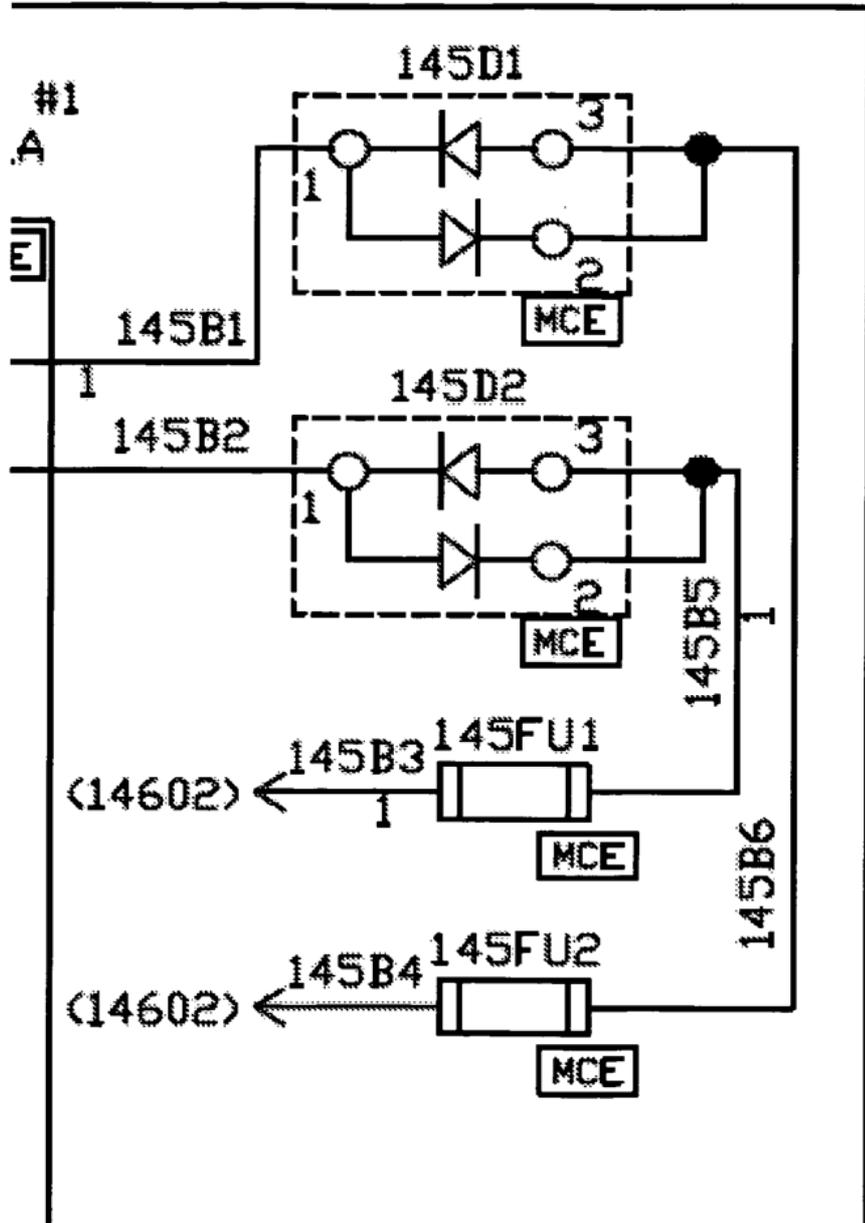


FIG. 8

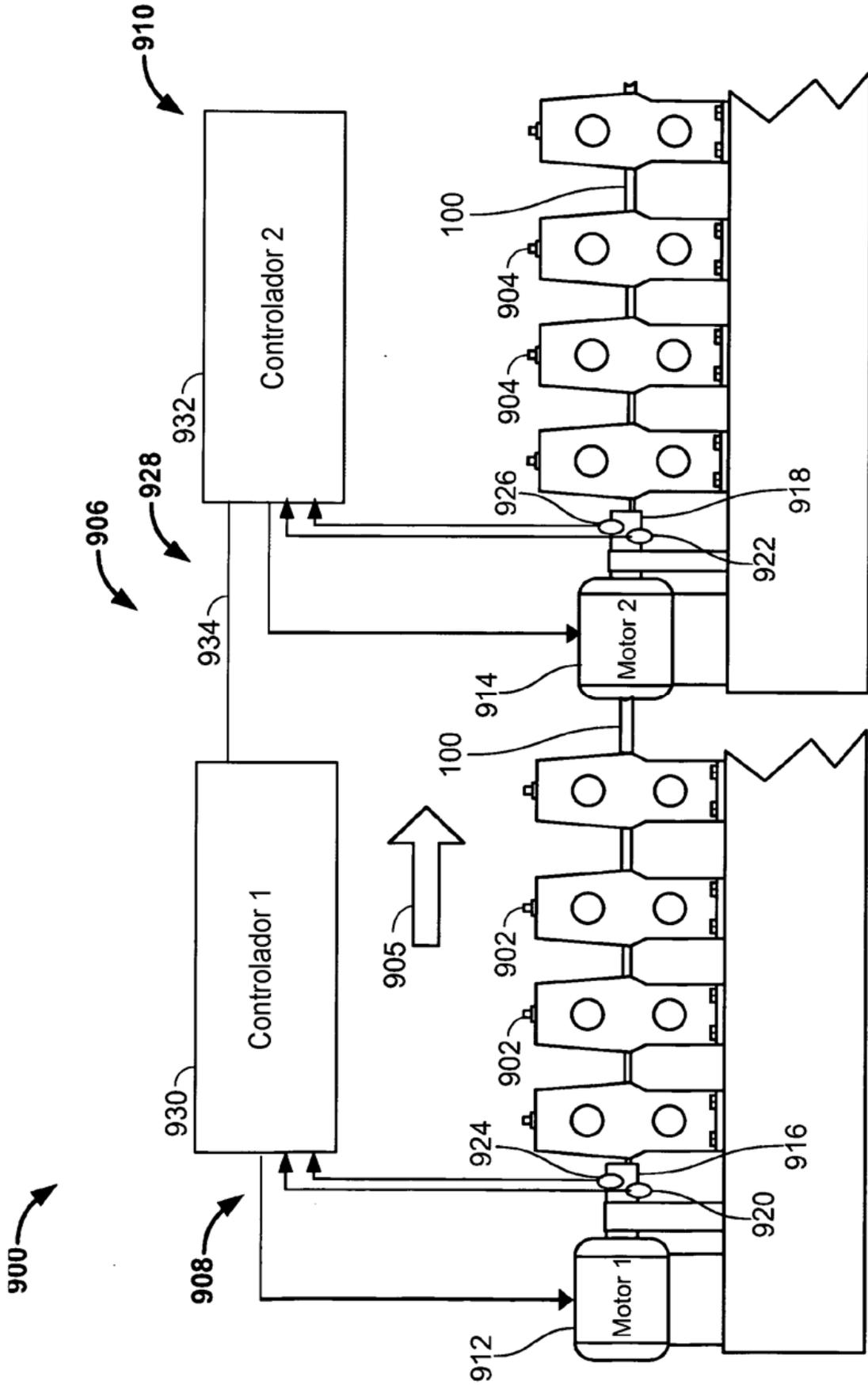


FIG. 9

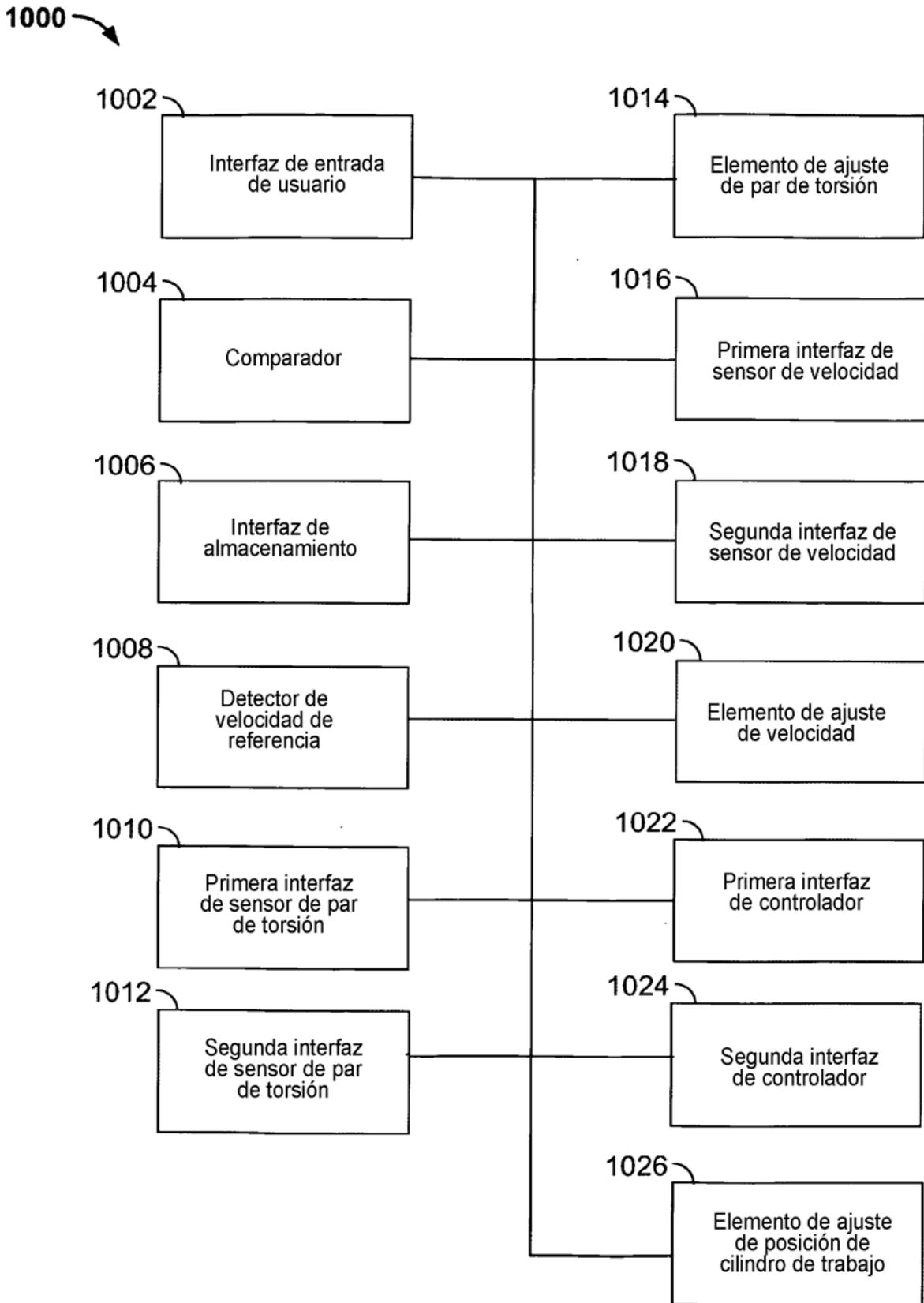


FIG. 10

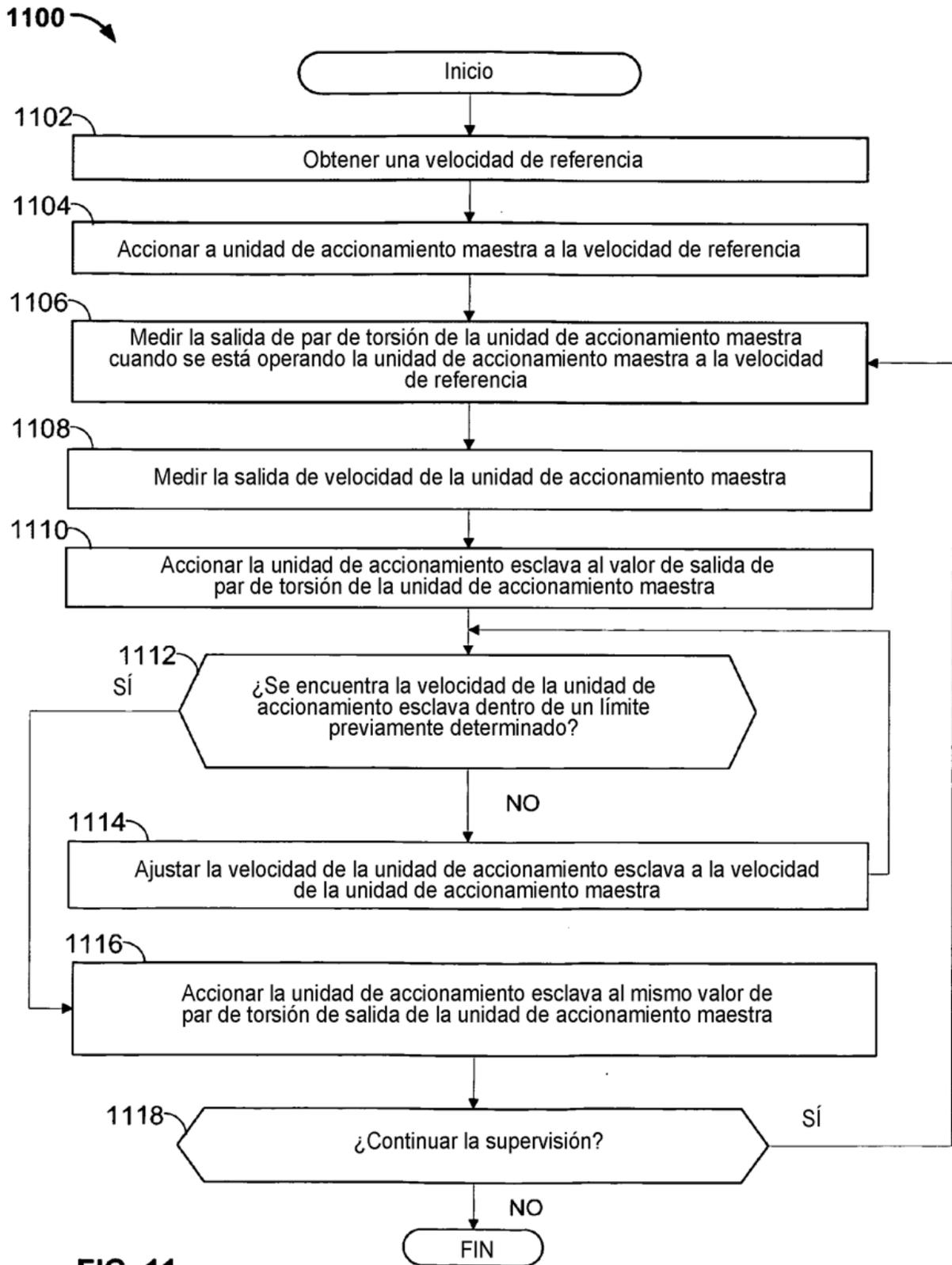


FIG. 11

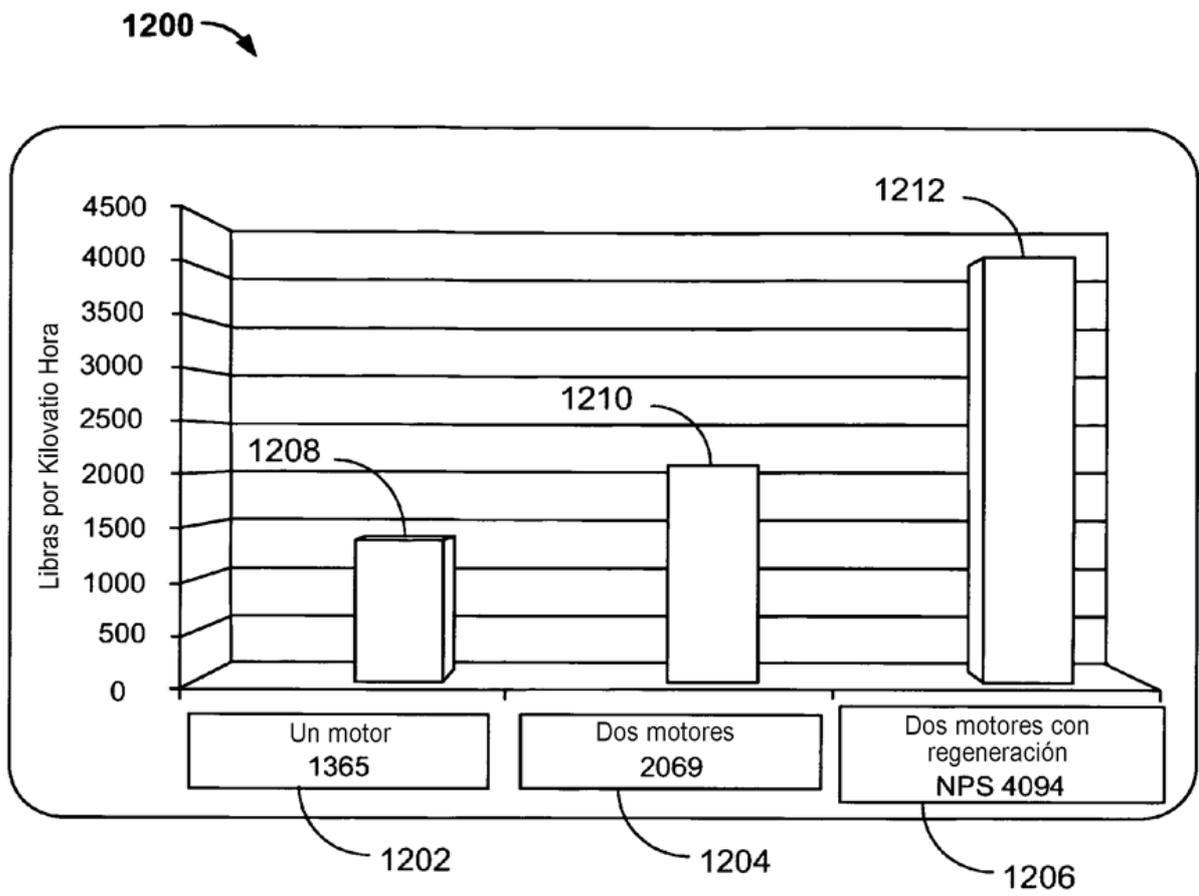


FIG. 12

1300 →

	Desbobinadora doble	Niv. Grande	Niv. Pequeña	horas/semana	Sistema convencional con configuración de único motor
Uso %	100%	50%	50%		
Turno de día kWh	965	3670	1465	40	
Segundo turno kWh	965	3670	1465	40	
Tercer turno kWh	965	3670	1465	40	
Uso de fin de semana kWh	97	370	147	4	
Nivel de referencia semanal kWh	2992	11380	4542	124	
				kWh/semana	Total/Semana
				19038	951,90 \$
					Coste/kWh
					0,05
					Semanas
					52
					Total/Año
					49.498,80 \$

FIG. 13

1400 →

	Desbobinadora doble	Niv. Grande	Niv. Pequeña	horas/semana	Niveladora con dos motores y módulo de regeneración
Uso %	100%	50%	50%		
Turno de día kWh	490	1225	490	40	
Segundo turno kWh	490	1225	490	40	
Tercer turno kWh	490	1225	490	40	
Uso de fin de semana kWh	49	123	49	4	
Nivel de referencia semanal kWh	1519	3798	1519	124	
				kWh/semana	Total/Semana
				6960	348,00 \$
					Coste/kWh
					0,05
					Semanas
					52
					Total/Año
					18.096,00 \$

FIG. 14